

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E DE AMBIENTE**  
**PARA MEDIDAS REPETIDAS DE PRODUÇÃO DE LEITE E DE**  
**GORDURA EM BOVINOS DAS RAÇAS SINDI E GUZERÁ**

**GEORGE RODRIGO BELTRÃO DA CRUZ**

**RECIFE – PE**

**2007**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E DE AMBIENTE PARA  
MEDIDAS REPETIDAS DE PRODUÇÃO DE LEITE E DE GORDURA EM  
BOVINOS DAS RAÇAS SINDI E GUZERÁ**

**GEORGE RODRIGO BELTRÃO DA CRUZ**

**RECIFE – PE  
MARÇO, 2007**

**GEORGE RODRIGO BELTRÃO DA CRUZ**

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E DE AMBIENTE  
PARA MEDIDAS REPETIDAS DE PRODUÇÃO DE LEITE E DE  
GORDURA EM BOVINOS DAS RAÇAS SINDI E GUZERÁ**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará – como requisito para a obtenção do grau de Doutor em Zootecnia

Orientadora: Maria Norma Ribeiro

Conselheiro: Edgard Cavalcanti Pimenta Filho

UFRPE – RECIFE

MARÇO – 2007

Ficha Catalográfica  
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

C957e Cruz, George Rodrigo Beltrão da  
Estimativas de parâmetros genéticos e de ambiente para medidas repetidas de produção de leite e de gordura em bovinos das raças Sindi e Guzerá / George Rodrigo Beltrão da Cruz. - 2007.  
129 f.: il.

Orientadora: Maria Norma Ribeiro  
Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Zootecnia.  
Inclui bibliografia.

CDD 636.2

1. Bovino
  2. Curva de lactação
  3. Parâmetro genético
  4. Modelos não lineares (Estatística)
  5. Modelos estatísticos
- I. Ribeiro, Maria Norma  
II. Título

GEORGE RODRIGO BELTRÃO DA CRUZ

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E DE AMBIENTE  
PARA MEDIDAS REPETIDAS DE PRODUÇÃO DE LEITE E DE  
GORDURA EM BOVINOS DAS RAÇAS SINDI E GUZERÁ**

Tese defendida e **Aprovada** pela banca examinadora em 19 de Março de 2007.

Orientadora: \_\_\_\_\_

Maria Norma Ribeiro

Conselheiro: Edgard Cavalcanti Pimenta Filho

Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_  
Edgard Cavalcanti Pimenta Filho - DSc (UFPB)

\_\_\_\_\_  
Lúcia Galvão de Albuquerque – DSc (UNESP)

\_\_\_\_\_  
Severino Benone Paes Barbosa – DSc (UFRPE)

\_\_\_\_\_  
Severino Gonzaga Neto - DSc (UFPB)



### **Biografia do Autor**

George Rodrigo Beltrão da Cruz, filho de Gilvan Ramos da Cruz e Rivanda Maria Beltrão da Cruz, natural de Campina Grande (PB), Engenheiro Agrônomo graduado pela Universidade Federal da Paraíba, em Janeiro de 1996, obteve o grau de Especialista em Caprinocultura em setembro de 1997 e Mestre em Zootecnia, pelo Programa de Pós Graduação em Zootecnia, em fevereiro de 2000 pela mesma instituição. Ingressou no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, na área de concentração de Produção Animal, submetendo-se à defesa de Tese em Março de 2007.

Celebrai com júbilo ao SENHOR, todos os moradores da terra.  
Servi ao SENHOR com alegria e apresentai-vos a ele com canto.  
Sabei que o SENHOR é Deus; foi ele, e não nós, que nos fez  
povo seu e ovelhas do seu pasto.  
Entrai pelas portas dele com louvor e em seus átrios, com hinos;  
louvai-o e bendizei o seu nome.  
Porque o SENHOR é bom, e eterna, a sua misericórdia; e a sua  
verdade estende-se de geração a geração.

**Salmo 100**



À minha esposa Judite e aos meus filhos Gilvan Neto e Geórgia,  
pelo amor, carinho e compreensão, **em amor...**

**Dedico.**

Ao meu pai, professor Gilvan; à minha mãe, professora Rivanda; aos meus irmãos Gilvan Júnior, Aloízio e Alexandre, prazerosamente...

**Ofereço.**

...mas há amigo mais chegado do que um irmão (Provérbio 18:24).  
A professora Maria Norma Ribeiro, pela confiança e dedicação...

**Ofereço.**

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pelo cuidado e por tudo que tem me concedido.

A professora Maria Norma Ribeiro, pela amizade, orientação, apoio, incentivo e confiança.

Aos irmãos e amigos Elias Lins Vilar e Rosa Maria Mendes Vilar (*in memoriam*), pela ajuda e principalmente pelas orações.

Aos professores Edgard Cavalcanti Pimenta Filho, Francisco Fernando Ramos de Carvalho, Marcílio de Azevedo, Lúcia Helena de Albuquerque Brasil, Antônia Sherlânia Chaves Veras, Marcelo Andrade Ferreira, Severino Benone Paes Barbosa, Marcelo Luiz Rodrigues e Marcos Paulo Carrera Menezes, pela ajuda.

Ao professor José Lindemberg Rocha Sarmiento, pela ajuda, orientação e principalmente pela sua amizade.

Ao professor Julio Francisco, diretor da rede Executivo de ensino, pela preciosa e imensurável colaboração nas correções ortográficas.

Aos amigos Julio César Vieira de Oliveira, Geovergue Rodrigues de Medeiros, Daniele Silva de Matos, Ednéia de Lucena Vieira, Oscar Roberto Martinez López, Regina Cely Benício da Silva e Laura Leandro da Rocha, pela amizade.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, especialmente ao secretário Nicácio, pela forma respeitosa e carinhosa com que sempre nos recebeu.

A Universidade Federal de Viçosa, ao Laboratório de Biotecnologia Animal (LABTEC), especialmente a Professora Simone Elisa Facione Guimarães, pelo curso oferecido.

A amiga Márcia Cândido, por acolher minha família em um momento de grande dificuldade.

Aos colegas do Laboratório de Biotecnologia Animal, em especial a Adriana Melo, Virgínia, Paula, Jane e André, pelo convívio agradável.

A coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

Aos amigos e “irmãos” Rubens e Roberto, companheiros de viagem, pela ajuda, apoio, amizade e companhia.

A todos os que fazem a Fazenda Carnaúba, pela concessão dos dados fornecidos e pelo pronto atendimento nos momentos necessários.

A todos os familiares, pela torcida e estímulo.

A todos que, traídos pela memória, foram esquecidos e que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho: minha eterna gratidão.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	xvi
INTRODUÇÃO.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
CAPÍTULO 1. Estimativas de parâmetros de curva de lactação de bovinos explorados no estado da Paraíba.....	24
Resumo.....	24
Summary.....	25
Introdução.....	26
Material e Métodos.....	28
1. Origem dos dados.....	28
2. Controle leiteiro e formação do arquivo.....	29
3. Funções utilizadas para o ajuste das lactações.....	30
4. Estatísticas usadas para a escolha da melhor função.....	31
4.1. Coeficiente de determinação ajustado.....	31
4.2. Gráfico de distribuição dos resíduos.....	32
4.3. Desvio entre as produções de leite totais observadas (PL) e estimadas (PLE).....	32
4.4. Estimativas de tempo de pico (TP), produção no pico (PP) e persistência de lactação (S).....	33
Resultados e Discussão.....	34
Conclusões.....	49
Literatura Citada.....	49
Apêndice.....	52

CAPÍTULO 2. Características genéticas e ambientais da curva de lactação de vacas das raças Guzerá e Sindi.....	62
Resumo.....	62
Summary.....	63
Introdução.....	64
Material e Métodos.....	66
1. Origem dos dados.....	66
2. Controle leiteiro e formação do arquivo.....	67
3. Funções utilizadas para o ajuste das lactações.....	68
4. Desvio entre as produções de leite totais observadas (PL) e estimadas (PLE)....	69
Resultados e Discussão.....	71
Conclusões.....	83
Literatura Citada.....	83
CAPÍTULO 3. Análise genética de bovinos Guzerá utilizando-se a produção de leite e de gordura no dia do controle.....	86
Resumo.....	86
Summary.....	87
Introdução.....	88
Material e Métodos.....	90
Resultados e Discussão.....	94
Conclusões.....	105
Literatura Citada.....	105
CAPÍTULO 4. Análise genética de bovinos Sindi utilizando-se a produção de leite e de gordura no dia do controle.....	108
Resumo.....	108
Summary.....	109
Introdução.....	110
Material e Métodos.....	112
Resultados e Discussão.....	115
Conclusões.....	126
Literatura Citada.....	126

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

---

Tabela 1.	Distribuição da produção média de leite (kg/dia) de vacas Guzerá por estágio de lactação no semi-árido paraibano.....	30
Tabela 2.	Distribuição da produção média de leite (kg/dia) de vacas Sindi por estágio de lactação no semi-árido paraibano.....	30
Tabela 3.	Médias dos coeficientes de determinação ajustados para as diferentes funções utilizadas para as raças Guzerá e Sindi no semi-árido paraibano.....	35
Tabela 4.	Frequência (%) de lactações de vacas Guzerá e Sindi ajustadas pelas funções Polinomial Inversa (FPI), Linear Hiperbólica (FLH), Gama Incompleta (FGI), Quadrática Logarítmica (FQL), Linear (FL) e Quadrática (FQ) de acordo com os valores de $R_a^2$ .....	37
Tabela 5.	Equações das curvas de lactação obtidas para a média dos estágios, produção inicial (PI), produção no pico (PP), tempo de pico (TP), produção total média de leite estimada (PLE), desvios entre as produções totais média observada e estimada e frequência de curvas típicas (CT), para cada função estudada, nas raças Guzerá e Sindi.....	38
Tabela 6.	Estimativas médias para os parâmetros da Função Polinomial Inversa (FPI).....	39
Tabela 7.	Estimativas médias para os parâmetros da função Linear Hiperbólica (FLH).....	44
Tabela 8.	Estimativas médias para os parâmetros da função Gama Incompleta (FGI).....	45
Tabela 9.	Estimativas médias para os parâmetros da função Quadrática Logarítmica (FQL).....	47
Tabela 10.	Estimativas médias para os parâmetros da função Linear (FL).....	48
Tabela 11.	Estimativas médias para os parâmetros da função Quadrática (FQ).....	49

## CAPÍTULO 2

---

Tabela 1.	Distribuição da produção média de leite (kg/dia) de vacas Guzerá por estágio de lactação.....	67
Tabela 2.	Distribuição da produção média de leite (kg) de vacas Sindi por estágio de lactação.....	68
Tabela 3.	Resumo das análises de variância da Produção de Leite Total (PLT), Produção de Gordura Total (PGT) e dos parâmetros estimados pela função Polinomial Inversa.....	73
Tabela 4.	Resumo das análises de variância da Produção de Leite Total (PLT), Produção de Gordura Total (PGT) e dos parâmetros estimados pela função Gama Incompleta.....	74
Tabela 5.	Estimativas da Produção de Leite Total (PLT), Produção da Gordura Total (PGT) e desvios da produção de leite e gordura para as raças estudadas de acordo com a função utilizada.....	75
Tabela 6.	Média da Produção de Leite Total (PLT), da Produção de Gordura Total (PGT) e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Polinomial Inversa de acordo com a estação de parto.....	76
Tabela 7.	Média da Produção de Leite Total (PLT), da Produção de Gordura Total (PGT) e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Gama Incompleta de acordo com a estação de parto.....	77
Tabela 8.	Médias da Produção de Leite Total (PLT), Duração de Lactação (DL) e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Polinomial Inversa, de acordo com a Ordem de Parto (OP).....	78
Tabela 9.	Médias da Produção de Gordura Total (PGT), Duração de Lactação (DL) e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Polinomial Inversa, de acordo com a Ordem de Parto (OP).....	79
Tabela 10.	Médias da Produção de Leite Total (PLT), Duração de Lactação (DL) e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Gama Incompleta, de acordo com a Ordem de Parto (OP).....	80
Tabela 11.	Médias da Produção Gordura Total (PGT), Duração de Lactação (DL) e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Gama Incompleta, de acordo com a Ordem de Parto (OP).....	81
Tabela 12.	Estimativas dos coeficientes de herdabilidade e repetibilidade para os parâmetros $a_0$ (produção inicial), $a_1$ , $a_2$ (taxa de declínio) e produção total (PT) estimados pela Função Gama Incompleta da curva de lactação de bovinos das raças Guzerá e Sindi.....	82



### CAPÍTULO 3

---

Tabela 1.	Número de observações, médias, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV) da produção de leite, de acordo com o controle e a produção até 322 dias de lactação de vacas Guzerá.....	91
Tabela 2.	Número de observações, médias, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV) da produção de gordura, de acordo com o controle e a produção até 322 dias de lactação de vacas Guzerá.....	92
Tabela 3.	Estimativas de variâncias*, herdabilidades ( $h^2$ ) e repetibilidade (t) para as produções de leite e gordura no dia de controle de vacas Guzerá.....	96
Tabela 4.	Correlações de ordem (acima da diagonal) e amostrais (abaixo da diagonal) entre os valores genéticos preditos para as produções de leite no dia controle e as produções totais de leite para lactações de vacas Guzerá.....	101
Tabela 5.	Correlações de ordem (acima da diagonal) e amostrais (abaixo da diagonal) entre os valores genéticos preditos para as produções de gordura no dia controle e as produções totais de gordura para lactações de vacas Guzerá.....	102
Tabela 6.	Classificações dos melhores touros Guzerás para as produções de leite e gordura total no dia do controle e para a produção acumulada até 322 dias, com base na classificação para produção total.....	104

### CAPÍTULO 4

Tabela 1.	Número de observações, médias, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV) da produção de leite, de acordo com o controle e a produção até 322 dias de lactação de vacas Sindi.....	113
Tabela 2.	Número de observações, médias, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV) da produção de gordura, de acordo com o controle e a produção até 322 dias de lactação de vacas Sindi.....	113
Tabela 3.	Estimativas de variâncias*, herdabilidades ( $h^2$ ) e repetibilidade (t) para as produções de leite e gordura no dia de controle de vacas Sindi.....	117
Tabela 4.	Correlações de ordem (acima da diagonal) e amostrais (abaixo da diagonal) entre os valores genéticos preditos para as produções de leite no dia do controle e as produções totais de leite para lactações de vacas Sindi.....	121

Tabela 5.	Correlações de ordem (acima da diagonal) e amostrais (abaixo da diagonal) entre os valores genéticos preditos para as produções de gordura no dia do controle e as produções totais de gordura para lactações de vacas Sindi.....	123
Tabela 6.	Classificações dos melhores touros Sindi para as produções de leite e gordura total no dia do controle e para a produção acumulada até 322 dias, com base na classificação para produção total.....	125

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

---

Figura 1.	Curvas de lactação médias observadas para vacas Guzerá e Sindi.....	35
Figura 2.	Curva de lactação média observada e estimada pela Função Polinomial Inversa para vacas Guzerá.....	41
Figura 3.	Distribuição dos resíduos estimados pela Função Polinomial Inversa para vacas Guzerá.....	41
Figura 4.	Curva de lactação média observada e estimada pela Função Polinomial Inversa para vacas Sindi.....	42
Figura 5.	Distribuição dos resíduos estimados pela Função Polinomial Inversa para vacas Sindi.....	42
Figura 6.	Curva de lactação média observada e estimada pela Função Linear Hiperbólica para vacas Guzerá.....	52
Figura 7.	Distribuição dos resíduos estimados pela Função Linear Hiperbólica para vacas Guzerá.....	52
Figura 8.	Curva de lactação média observada e estimada pela Função Linear Hiperbólica para vacas Sindi.....	53
Figura 9.	Distribuição dos resíduos estimados pela Função Linear Hiperbólica para vacas Sindi.....	53
Figura 10.	Curva de lactação média observada e estimada pela Função Gama Incompleta para vacas Guzerá.....	54
Figura 11.	Distribuição dos resíduos estimados pela Função Gama Incompleta para vacas Guzerá.....	54
Figura 12.	Curva de lactação média observada e estimada pela Função Gama Incompleta para vacas Sindi.....	55
Figura 13.	Distribuição dos resíduos estimados pela Função Gama Incompleta para vacas Sindi.....	55
Figura 14.	Curva de lactação média observada e estimada pela Função Quadrática Logarítmica para vacas Guzerá.....	56

Figura 15.	Distribuição dos resíduos estimados pela Função Quadrática Logarítmica para vacas Guzerá.....	56
Figura 16.	Curva de lactação média observada e estimada pela Função Quadrática Logarítmica para vacas Sindi.....	57
Figura 17.	Distribuição dos resíduos estimados pela Função Quadrática Logarítmica para vacas Sindi.....	57
Figura 18.	Curva de lactação média observada e estimada pela Função Linear para vacas Guzerá.....	58
Figura 19.	Distribuição dos resíduos estimados pela Função Linear para vacas Guzerá.....	58
Figura 20.	Curva de lactação média observada e estimada pela Função Linear para vacas Sindi.....	59
Figura 21.	Distribuição dos resíduos estimados pela Função Linear para vacas Sindi.....	59
Figura 22.	Curva de lactação média observada e estimada pela Função Quadrática para vacas Guzerá.....	60
Figura 23.	Distribuição dos resíduos estimados pela Função Quadrática para vacas Guzerá.....	60
Figura 24.	Curva de lactação média observada e estimada pela Função Quadrática para vacas Sindi.....	61
Figura 25.	Distribuição dos resíduos estimados pela Função Quadrática para vacas Sindi.....	61

## **CAPÍTULO 2**

Figura 1.	Curva de lactação média observada para as diferentes estações de parto de vacas Guzerá.....	72
Figura 2.	Curva de lactação média observada para as diferentes estações de parto de vacas Sindi.....	72
Figura 3.	Produção inicial de leite ( $a_0$ ) e taxa de declínio da produção ( $a_2$ ) estimadas pela Função Gama Incompleta, de acordo com a ordem de parto.....	77
Figura 4.	Produção inicial de gordura ( $a_0$ ) e taxa de declínio da produção ( $a_2$ ) estimadas pela Função Gama Incompleta, de acordo com a ordem de parto.....	78

**CAPÍTULO 03**

---

Figura 1.	Estimativas de $h^2$ para as produções de leite e de gordura no dia do controle pelo modelo unicaracterístico.....	98
Figura 2.	Correlações de ordem entre os valores genéticos de todos os animais, estimados para as produções totais de leite e de gordura em cada controle.....	101

**CAPÍTULO 4**

---

Figura 1.	Estimativas de $h^2$ para as produções de leite e de gordura no dia do controle pelo modelo unicaracterístico.....	119
Figura 2.	Correlações de ordem entre os valores genéticos de todos os animais, estimados para as produções de leite e de gordura em cada controle.....	123

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

$C_{1,\dots,8}$  = controle leiteiro;

CT = curvas típicas;

CV = coeficiente de variação;

DL = duração de lactação;

FGI = função gama incompleta;

FL = função linear;

FLH = função linear hiperbólica;

FPI = função polinomial inversa;

FQ = função quadrática;

FQL = função quadrática logarítmica;

GL = grau de liberdade;

$h^2$  = herdabilidade;

kg = quilogramas;

mm = milímetros;

OP = ordem de parto;

PGDC = produção de gordura no dia do controle;

PGE = produção de gordura estimada;

PGT = produção de gordura total;

PL = produção de leite observada;

PLDC = produção de leite no dia do controle;

PLE = produção de leite estimada;

PLT = produção de leite total;

PP = produção no pico;

PT = produção total;

P305 = produção de leite acumulada e corrigida para 305 dias de lactação;

$R_a^2$  = coeficiente de determinação ajustado;

$R^2$  = coeficiente de determinação;

S = persistência de lactação;

t = repetibilidade;

TDM = “test-day model”;

TP = tempo de pico;

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva;

$\sigma_e^2$  = variância residual;

$\sigma_{ep}^2$  = variância de ambiente permanente;

$\sigma_p^2$  = variância fenotípica.

## INTRODUÇÃO

A raça Guzerá foi a primeira raça zebuína introduzida no Brasil. Desde sua introdução, esta raça tem sido intensamente utilizada em cruzamentos com outras raças, tendo representado importante papel na formação de novas raças bem como influído geneticamente na população mestiça. O Guzerá é diferenciado por apresentar característica de dupla aptidão como boa produção de leite e excelente produção de carne.

A raça Sindi é pertencente ao terceiro grupo das raças indianas. É originária do Paquistão, numa região de clima semi-árido. O rebanho Sindi brasileiro está localizado principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Em função de ser uma das principais raças zebuínas leiteiras e de sua reputação em rusticidade, o Sindi constitui importante recurso genético a ser explorado no Brasil e em outros países tropicais. Esta raça tem se destacado, principalmente, pelo seu menor porte e maior rusticidade, o que tem favorecido a sua criação em regiões com escassez de recursos alimentares, como é o caso da região Nordeste.

Além da maior capacidade de adaptação em ambientes tropicais, e principalmente em regiões semi-áridas, trabalhos têm demonstrado que vacas Guzerás e Sindi têm se mostrado eficientes para a produção de leite e de carne, além de produzirem leite com maior teor de gordura.



Dados longitudinais consistem em observações classificadas em diversos fatores ao longo de diversas ocasiões de medidas. Planejamentos longitudinais constituem um caso especial dos chamados planejamentos em medidas repetidas os quais se caracterizam pela realização de duas ou mais medições no mesmo indivíduo.

Kirkpatrick e Heckman (1989) definem como caracteres oriundos de dados longitudinais aqueles nos quais o fenótipo de um indivíduo é descrito por uma função, em vez de um número finito de mensurações.

No melhoramento genético animal, a utilização de dados longitudinais, comparando-os a dados pontuais, apresenta algumas vantagens: permite melhor utilização das informações disponíveis, já que todas as medidas do animal são utilizadas, com potencial aumento na acurácia de seleção; permite quantificar fatores específicos de cada dia em que o animal foi mensurado, refletindo em maior precisão no controle dos efeitos de ambiente (Ptack e Schaeffer, 1993); dispensa o uso de fatores de ajuste ou projeção de lactações parciais para produção na lactação, pois estes pressupõem a mesma curva de lactação para todos os animais, com conseqüente a eliminação de alguma variação genética entre os animais; concorre para a diminuição de viés na estimação dos componentes de variância e, conseqüentemente, na predição dos valores genéticos (Swalve, 1995) e aumenta o ganho genético por unidade de tempo, uma vez que animais com poucas medidas podem ser avaliados mais precocemente.

As avaliações genéticas em bovinos de leite têm sido realizadas para produção de leite ajustada para 305 dias de lactação (P305) ou para a média de duração da lactação do rebanho. Nestes casos, os dados mensurados, ao longo de uma escala contínua, têm sido utilizados para ajustar as produções para dias em lactação. Essas medidas, no entanto, não são efetivamente aproveitadas nas avaliações genéticas dos animais.

A produção de leite pode ser também considerada como um caráter de dimensão infinita. Modelos que utilizam a produção de leite no dia do controle (PLDC), ao invés da produção acumulada até 305 dias, têm sido alvos de muitas pesquisas em sistemas de avaliações genética para bovinos leiteiros. Ultimamente, em muitos países, a avaliação genética de características produtivas dos animais é baseada em modelos que utilizam a informação da produção de leite ou gordura no dia do controle (Swalve 1995; Jamrozik e Schaeffer, 1997).

Vários estudos relatam a influência dos efeitos ambientais em registros de produção de leite no dia do controle (Meyer et al., 1989; Stanton et al., 1992; Machado, 1997; Rekaya et al., 1999; Wenceslau et al., 2000; Ferreira et al., 2002; Ledic et al., 2002; Ferreira et al., 2003). Em princípio, os efeitos ambientais que afetam a produção de leite no dia do controle não são diferentes dos que afetam a produção total (Balieiro et al., 2000). Devido a isto, os modelos para PLDC foram, inicialmente, definidos a partir dos modelos utilizados para P305. Para Ptack e Schaeffer (1993), as diferenças principais estão na inclusão dos efeitos associados a cada controle de produção. Rennó et al. (2002) cita que os fatores de maior impacto na produção de leite de bovinos são o ano e estação de parto, rebanho, grupo genético, número de ordenhas, estágio de lactação, idade da vaca e ordem de parto.

Muitos estudos têm sido realizados considerando cada controle individualmente, a fim de verificar a viabilidade da utilização de um menor número de controles por lactação, como critério de seleção para algumas características produtivas. Ptak e Schaeffer (1993) relataram que em casos onde se tem quatro ou mais controles por vaca em uma lactação, a acurácia nas avaliações destes animais pode ser melhor do que a baseada na produção acumulada e ajustada para 305 dias de lactação.

Através de modelos com PLDC tem-se observado que é possível reduzir o número de controles coletados ao longo da lactação. Estudos têm mostrado que é possível utilizar somente os controles em determinadas fases da lactação, pois estes podem apresentar alta correlação com produção total de leite.

A seleção baseada em produções com maiores estimativas de herdabilidades pode resultar em diminuição no intervalo de gerações, minimização dos vícios por descarte de novilhas e uma considerável redução no custo do controle leiteiro. Estes controles poderiam ser realizados em menor número, reduzindo a quantidade de trabalho e os custos, o que possibilitaria aumentar o número de rebanhos em controle.

Com o presente trabalho objetivou-se analisar dados de produção de leite e de gordura de bovinos das raças Guzerá e Sindi, explorados na região semi-árida do Estado da Paraíba, através de modelos matemáticos, estimar parâmetros genéticos para a produção de leite e de gordura no dia do controle e estudar critérios de seleção com base nessas produções em substituição à produção total acumulada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALIEIRO, E.S.; PEREIRA, J.C. C.; VALENTE, R.S. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e tendências fenotípica, genética e de ambiente de algumas características produtivas da raça Gir leiteiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n.3, p. 266-275, 2000.

FERREIRA, W.J.; TEIXEIRA, N.M.; TORRES, R.A. et al. Utilização da produção de leite no dia do controle na avaliação genética em gado de leite – uma revisão. **Archivos Latinoamericano de Producción Animal**, v.10, n.1, p.46-53, 2002.

FERREIRA, W.J.; TEIXEIRA, N.M.; EUCLYDES, R.F. et al. Avaliação genética de bovinos da raça Holandesa usando a produção de leite no dia do controle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.295-303, 2003.

JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L.R. Estimates of genetic parameters for a test day model with random regression for yield traits. **Journal of Dairy Science**, v.80, n. 4, p.762-770, 1997.

KIRKPATRICK, M.; HECKMAN, N.A. quantitative genetic model for growth, shape, reaction norms, and other infinite-dimensional characters. **Journal of Mathematical Biology**, v.27, n. 4, p. 429-450, 1989.

LEDIC, I.L.; VERNEQUE, R.S.; EL FARO, L. et al. Avaliação Genética de Touros da Raça Gir para Produção de Leite no Dia do Controle e em 305 Dias de Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1964-1972, 2002.

MACHADO, S.G. Parâmetros genéticos e de ambiente da produção de leite no dia do controle da primeira lactação de vacas da raça Holandesa. Jaboticabal: Unesp/FCAV, 75 p., 1997, Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

MEYER, K.; GRASER, H.; HAMMOND, K. Estimates of genetic parameters for first lactation test day production of Australian Black and White cows. **Livestock Production Science**, v.21, n. 3, p. 177-199, 1989.

PTACK, E.; SCHAEFFER, L.R. Use of test day yields for genetic evaluation of dairy sires and cows. **Livestock Production Science**, v.34, n. 1-2, p.23-34, 1993.

REKAYA, R.; CARABAÑO, M.J.; TORO, M.A. Use the test day yields for the genetic evaluation of production traits in Holstein-Friesian cattle. **Livestock Production Science**, v.57, p.203-217, 1999.

RENNÓ, F.P.; PEREIRA, J.C.; ARAÚJO, C.V. et al. Aspectos produtivos da raça Pardo-Suíça no Brasil. Fatores de ajustamento, produção de leite e de gordura, e parâmetros genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2043-2054, 2002.

STANTON, T.L.; JONES, L.R.; EVERETT, R.W. KACHMAN, S.D. Estimating milk, fat and protein lactation curves with a test day model. **Journal of Dairy Science**, v.75, n. 6, p.1691-1700, 1992.

SWALVE, H.H. The effect of test day models on the estimation of genetic parameters and breeding values for dairy yields traits. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.4, p.929-938, 1995.

WENCESLAU, A.A.; LOPES, P.S.; TEODORO, R.L. et al. Estimativa de parâmetros genéticos de medidas de conformação, produção de leite e idade ao primeiro parto em vacas da raça Gir leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.153-158, 2000.

## CAPÍTULO 1

### Estimativas de Parâmetros de Curvas de Lactação de Bovinos Explorados no Estado da Paraíba<sup>1</sup>

George Rodrigo Beltrão da Cruz<sup>2</sup>, Maria Norma Ribeiro<sup>3</sup>, Edgard Cavalcanti Pimenta Filho<sup>4</sup>

**Resumo:** Com este trabalho objetivou-se comparar algumas funções matemáticas citadas na literatura, identificar a que melhor descreve a produção de leite e estimar alguns componentes da curva de lactação de vacas Guzerá e Sindi criadas na região semi-árida do Estado da Paraíba. Foram utilizadas 840 lactações (467 - Guzerá; 373 - Sindi) de animais pertencentes à Fazenda Carnaúba, município de Taperoá, Paraíba. O controle leiteiro foi feito em intervalos de 35 dias, no período de 1986 a 2004. O ajuste foi feito para a curva média e para lactações individuais, utilizando-se seis funções matemáticas. As funções Polinomial Inversa (FPI), Linear Hiperbólica (FLH), Gama Incompleta (FGI), Quadrática Logarítmica (FQL), Linear (FL) e Quadrática (FQ) foram ajustadas usando-se processos iterativos por meio de regressão não-linear. Os critérios utilizados para verificar a qualidade do ajuste para cada função foram: coeficiente de determinação ajustado ( $R_a^2$ ), porcentagem de desvios entre as produções totais observadas e estimadas e porcentagem de curvas típicas. Os gráficos de distribuição de resíduos foram utilizados apenas para avaliar o ajuste para a curva média. Para a curva média, os valores de  $R_a^2$  foram superiores a 0,93 em todas as funções. Bons ajustes baseados nos  $R_a^2 > 0,80$  foram obtidos, respectivamente, para 61,4% e 66,7% das lactações ajustadas pelas funções FPI e FGI para vacas Guzerá. Para vacas Sindi, esses valores foram de 57,2% e 55,0%, respectivamente, indicando boa qualidade no ajuste. Para curva média, todas as funções poderiam ser utilizadas, pois os desvios foram muito próximos. Para as lactações individuais, melhores estimativas dos componentes da curva de lactação poderiam ser obtidos pelas funções FPI e FGI.

**Palavras-Chave:** Curvas típicas, funções matemáticas, Guzerá, Sindi

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor

<sup>2</sup>Bolsista CAPES. Pós-Graduando. Prog. Dout. Int. Zootecnia – DZ/UFRPE. E-mail: georgebeltrao@bol.com.br

<sup>3</sup>Prof. DZ/UFRPE. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n. Bairro Dois Irmãos. 52.171-900. Recife-PE. E-mail: mn.ribeiro@uol.com.br

<sup>4</sup>Prof. DZ/CCA/UFPB - Areia – PB. E-mail: edgard@cca.ufpb.br

## Estimates of Lactation Curve Parameters of Cattle Produced in the State of Paraíba

**Summary:** The objective of this research was to identify the mathematical function that best fits the lactation curve of Guzerá and Sindi cattle. 840 lactations records (467 – Guzerá, 373 – Sindi) were used from animals raised at Carnauba ranch, in the town of Taperoá, Paraíba. Milk production yield was recorded in 35 days intervals, between the years of 1986 and 2004. Six mathematical functions were used to perform fit to the mean curve and individual lactations: the Polynomial Inverse function (FPI), Hyperbolic lineal (FLH), Gamma incomplete (FGI), Quadratic Logarithmic (FQL), Lineal (FL) and Quadratic (FQ) were fitted using interactive processes through Non-linear regression. The criteria used to verify the fit quality for each function were: Fitted determination coefficient ( $R_a^2$ ), percent of deviation between the total production observed and estimated, and percent of typical curves. Residual distribution graphics were used only to evaluate the mean curve fit. In the mean curve, the values of  $R_a^2$  were more than 0,93 in all functions. Good fits were obtained based on  $R_a^2 > 0,80$ , respectively in 61,4% and 66.7% of the lactations fitted by FPI and FGI functions for Guzerá cattle. For Sindi cattle, these values were 57,2% and 50,0%, respectively, showing good quality of fit. FPI and FGI were closest to the production oscillations throughout lactation, even though estimated deviations between total productions were observed and estimated that were similar to the other functions. For mean curve, all functions could be used, because the functions were close. For individual lactations, better estimates of total milk production could be obtained by the FPI and FGI.

**Keywords:** Typical curves, mathematical functions, Guzerá, Sindi

## Introdução

A curva de lactação é a representação gráfica da produção de leite de uma vaca no decorrer de uma lactação. O estudo de curvas de lactação pode contribuir na tomada de decisões de manejo alimentar, reprodutivo, descarte de animais ou, até mesmo, em programas de seleção. A predição da produção total de leite de uma vaca em lactação facilita a escolha antecipada e precisa de machos através de seus descendentes, como também, a escolha de fêmeas dentro do rebanho (Bianchini Sobrinho, 1984).

Uma curva de lactação típica é composta de uma fase inicial, em que a produção aumenta do parto até a fase de pico, aproximadamente na oitava semana, caracterizada pela produção máxima observada e, por fim, uma fase de declínio continuado até o final da lactação (Cunha Filho, 2002). Nas raças zebuínas e seus cruzamentos, a curva de lactação é decomposta em dois segmentos: produção inicial e taxa de declínio da produção, os quais são influenciados por fatores genéticos e ambientais (Cobuci et al., 2001).

As funções matemáticas usadas para representar curvas de lactação são divididas em três tipos: linear, intrinsecamente linear e não linear (Afifi e Clark, 1984). As funções lineares são mais simples, apresentam estatísticas mais fáceis e podem ser estimadas por regressão linear simples; devido a sua característica linear, estas funções possuem limitação de sua utilização pelo fato de não acompanhar as oscilações de produção existentes no longo de uma lactação. As funções intrinsecamente lineares são aquelas que podem ser linearizadas por transformações logarítmicas. As funções não lineares são as que não podem ser transformadas em uma função linear; estas apresentam a vantagem de acompanhar as oscilações de produção ao longo da lactação,



porém, apresentam limitações pelo fato de ser necessário o uso de processos iterativos para estimar seus parâmetros.

Estudos com curvas de lactação em bovinos tiveram início em 1923 (Brody et al., 1923). Existem na literatura muitas funções matemáticas utilizadas para descrever a curva de lactação de bovinos, sendo que as mais utilizadas são as intrinsecamente lineares. Nelder (1966) propôs a função polinomial inversa, a qual foi posteriormente linearizada por Bianchini Sobrinho (1984) e os seus parâmetros estimados pelo método dos quadrados mínimos. Pineda (1987) e El Faro (1996) também usaram esse modelo para estimativas de curvas de lactação o qual apresentou bastante flexibilidade no ajuste dessas curvas.

A função gama incompleta, modelo intrinsecamente linear, foi proposta por Wood (1967), sendo bastante utilizada em estudos de lactação. Os maiores problemas no ajuste deste modelo são as superestimações de produção tanto no início como no final da lactação (Coby e LeDu, 1978).

Bianchini Sobrinho (1984) propôs as funções linear hiperbólica e quadrática logarítmica. A função quadrática logarítmica tem sido testada por alguns autores e apresentado bons resultados no ajuste (Pineda, 1987; Bianchini Sobrinho, 1988; Ribeiro, 1997).

A função quadrática permite ajuste simples e apresenta ponto máximo, quando o coeficiente quadrático é menor que zero. Esta função é de fácil utilização e seus parâmetros têm significado biológico. A função linear, apesar de representar a curva de lactação de alguns animais, possui a limitação de não acompanhar as oscilações existentes na produção de leite ao longo da lactação, subestimando e/ou superestimando a produção em vários estágios da lactação.

Alguns parâmetros práticos podem ser calculados a partir do modelo utilizado para estimar a curva de lactação de um rebanho. Estes parâmetros são: tempo de pico, produção no pico e persistência. O pico de produção pode ser definido como a produção máxima em uma lactação, ao passo que a persistência pode ser definida como a extensão em que o pico de lactação é mantido ou a taxa de declínio após o pico de produção (Bianchini Sobrinho, 1984).

Com o presente trabalho objetivou-se comparar algumas funções matemáticas citadas na literatura, a fim de identificar a que melhor descreve a produção de leite e estimar alguns componentes da curva de lactação de vacas Guzerá e Sindi criadas na região semi-árida do Estado da Paraíba.

## **Material e Métodos**

### **1. Origem dos dados**

Foram utilizados dados de 840 lactações de bovinos, sendo 467 lactações da raça Guzerá e 373 lactações da raça Sindi, obtidos no período de 1986 a 2004, pertencentes à Fazenda Carnáuba, município de Taperoá, Estado da Paraíba. A Fazenda está localizada na microrregião do Cariri Ocidental, a  $7^{\circ} 12' 23''$ , de latitude sul, e  $36^{\circ} 49' 25''$ , de longitude W.G., a uma altitude de 500 m (IBGE, 1990). O clima da região está inserido no subtipo B, sub-desértico quente, de tendência tropical, com precipitação anual média em torno de 300 mm, sendo caracterizado por apresentar uma curta estação chuvosa e estação seca prolongada, maior que oito meses, e umidade relativa do ar em torno de 65% (Governo do Estado da Paraíba/UFPB, 1985).

A fazenda Carnaúba possui uma área aproximada de 900 hectares cultivados, em sua grande parte, com capim Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill), além de capineiras formadas de capim elefante (*Penisetum purpureum* Shum).

Durante a época das chuvas, o rebanho é mantido em regime semi-extensivo, no pasto, com suplementação mineral em cocho coberto à vontade. No período de estiagem (segundo semestre do ano), os animais são submetidos à semi-estabulação e suplementados com volumoso ou ração balanceada, elaborada na própria fazenda.

A monta foi natural, a campo, com os reprodutores colocados em lotes de vacas previamente selecionadas de acordo com a descendência e com a condição corporal. As vacinações foram realizadas, sistematicamente, contra raiva e aftosa.

## **2. Controle leiteiro e formação do arquivo**

O controle leiteiro foi realizado a cada 35 dias, em duas ordenhas diárias, com intervalo aproximado de 12 horas entre as ordenhas. A produção de leite foi anotada em fichas individuais que continham dados referentes à vida reprodutiva de cada animal. A partir das fichas de produção e reprodução foi editado um arquivo contendo o número da vaca, data de nascimento, data de parto, produção de leite diária e a data do controle leiteiro. Foram eliminadas as lactações que iniciaram o controle de produção 35 dias após o parto e aquelas com menos de cinco controles, de modo a ter lactações com, no mínimo, 140 dias de duração.

Os dados foram classificados em estágios, de acordo com a periodicidade dos controles, conforme Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Distribuição da produção média de leite (kg/dia) de vacas Guzerá por estágio de lactação no semi-árido paraibano

*Table 1. Distribution of mean production of Guzerá cow milk (kg/day) according to stage of lactation in the semi-arid*

Estágios da Lactação <i>Lactation Stage</i>	Dias de Lactação <i>Days of Lactation</i>	Número de Observações <i>Number of Observations</i>	Produção Média <i>Mean Production</i>	Desvio Padrão <i>Standard Deviation</i>	CV <i>CV</i>	Mínimo <i>Minimum</i>	Máximo <i>Maximum</i>
1	1-35	467	12,64	2,91	22,99	6,70	24,00
2	36-71	467	11,45	2,61	22,79	5,00	20,10
3	72-107	467	10,14	2,36	23,27	2,40	17,70
4	108-143	457	8,99	2,21	24,69	3,40	16,40
5	144-179	436	8,17	2,14	26,29	2,40	15,20
6	180-215	426	7,50	2,08	27,71	2,40	14,20
7	216-251	404	6,86	1,94	28,19	2,00	12,80
8	252-287	386	6,37	1,85	29,02	2,40	13,10
9	288-323	355	5,84	1,70	29,31	2,10	15,50
10	324-359	252	5,70	1,63	28,78	2,00	10,90
11	360-395	122	5,69	1,73	30,44	2,00	10,30
12	396-431	041	5,94	1,61	27,13	2,70	10,30

Tabela 2. Distribuição da produção média de leite (kg/dia) de vacas Sindi por estágio de lactação no semi-árido paraibano

*Table 2. Distribution of mean production of Sindi cow milk (kg/day) according to stage of lactation in the semi-arid*

Estágios da Lactação <i>Lactation Stage</i>	Dias de Lactação <i>Days of Lactation</i>	Número de Observações <i>Number of Observations</i>	Produção Média <i>Mean Production</i>	Desvio Padrão <i>Standard Deviation</i>	CV <i>CV</i>	Mínimo <i>Minimum</i>	Máximo <i>Maximum</i>
1	1-35	373	11,75	2,79	23,73	4,10	19,30
2	36-71	373	10,77	2,49	23,70	5,30	19,40
3	72-107	373	9,74	2,26	23,16	4,00	17,20
4	108-143	361	8,88	2,04	22,94	3,30	14,40
5	144-179	350	8,11	1,98	24,40	3,30	13,90
6	180-215	332	7,37	1,88	25,51	2,30	14,20
7	216-251	307	6,65	1,88	28,27	2,00	13,20
8	252-287	288	6,08	1,75	28,71	2,00	12,80
9	288-323	246	5,81	1,46	25,12	2,50	10,90
10	324-359	157	5,45	1,44	26,54	2,50	9,80
11	360-395	089	5,21	1,35	26,04	2,50	8,50
12	396-431	028	5,36	1,27	23,84	3,30	8,30

### 3. Funções utilizadas para o ajuste das lactações

Seis funções matemáticas foram utilizadas para ajustar as lactações, tanto para a curva média como para as lactações individuais, a saber:

a) Função Polinomial Inversa – FPI – (Nelder, 1966);

$$y = x (a_0 + a_1x + a_2x^2)^{-1}$$

b) Função Linear Hiperbólica – FLH – (Bianchini Sobrinho, 1984);

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^{-1}$$

c) Função Gama Incompleta – FGI – (Wood, 1967);

$$y = a_0 x^{a_1} e^{-a_2 x}$$

d) Função Quadrática logarítmica – FQL – (Bianchini Sobrinho, 1984);

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3 \ln x$$

e) Função Linear – FL

$$y = a_0 + a_1x$$

f) Função Quadrática - FQ

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2$$

O ajuste para a curva média foi realizado usando-se a média diária de produção de leite em cada estágio da lactação e usando-se todas as produções em cada estágio. Para as lactações individuais, o ajuste foi realizado considerando a produção de leite em dias.

Para estas funções,  $y$  representa a produção de leite (kg);  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ , e  $a_3$  são parâmetros da curva a serem estimados e  $x$  é o estágio da lactação.

Os parâmetros das funções foram estimados por meio de técnicas não lineares, usando-se o método modificado de Gauss-Newton disponível no PROC NLIN (SAS, 1996).

#### **4. Estatísticas usadas para escolha da melhor função**

##### **4.1. Coeficiente de determinação ajustado**

Segundo Afifi e Clark (1984), quando se comparam modelos com diferentes números de parâmetros, é adequado utilizar o coeficiente de determinação ajustado ao

número de parâmetros de cada modelo, para que estes sejam comparados em iguais condições. De acordo com Draper e Smith (1981) a equação utilizada é:

$$R_a^2 = \frac{(n-1)R^2 - p}{n - p - 1}$$

Em que:

$R_a^2$  = coeficiente de determinação ajustado;

p = número de parâmetros do modelo;

n = número de observações;

$R^2$  = coeficiente de determinação;

$$R^2 = \frac{\text{Soma dos quadrados de regressão corrigidos}}{\text{Soma de quadrado total corrigido}}$$

#### 4.2. Gráfico de distribuição dos resíduos

Foi utilizado um gráfico de distribuição dos resíduos para mostrar a qualidade do ajuste proporcionado para cada função. Este gráfico mostra a dispersão dos resíduos em função do tempo. Se os resíduos apresentam-se distribuídos aleatoriamente em relação à variável classificatória t, é indicativo de um bom ajuste. Caso estes se apresentem em blocos de valores positivos ou negativos, é indicativo de auto-correlação residual, positiva ou negativa e, portanto, o ajuste não é adequado (Ribeiro, 1997).

#### 4.3. Desvios entre as produções de leite totais observadas (PL) e estimadas (PLE)

A produção total observada foi obtida pelo método escada corrigido (Bianchini Sobrinho, 1988) de acordo com:

$$PL = Y_1 X_1 + \sum y_i x_i + Y_n X_n$$

Em que:

$Y_1$  = produção diária de leite no primeiro controle;

$X_1$  = amplitude do intervalo entre o início da lactação e o primeiro controle;

$n$  = número de dias em lactação no último controle;

$y_i$  = produção diária de leite no  $i$ -ésimo controle;

$x_i$  = amplitude do intervalo entre controles;

$Y_n$  = produção diária de leite no último controle;

$X_n$  = amplitude do intervalo entre o último controle e o final da lactação.

As produções totais estimadas pelas funções foram obtidas pela somatória das produções estimadas em cada dia de lactação, sendo os desvios dados por:

$$Desvio(\%) = \frac{(PL - PLE) \times 100}{PL}$$

#### 4.4 – Estimativas de tempo de pico (TP), produção no pico (PP) e persistência de lactação (S)

As funções dos parâmetros como tempo de pico (TP), produção no pico (PP) e persistência de lactação (S) foram estimadas de acordo com cada modelo ajustado.

a) *Função Polinomial Inversa* (Nelder, 1966);

$$TP = \sqrt{a_0/a_2} ; PP = (2 \sqrt{a_0 a_2} + a_1)^{-1}$$

b) *Função Linear Hiperbólica* (Bianchini Sobrinho, 1984);

$$TP = \sqrt{a_1/a_2} ; PP = a_0 + 2 \sqrt{a_1 a_2}$$

c) *Função Gama Incompleta* (Wood, 1967);

$$TP = \frac{a_1}{a_2}; PP = a_0 \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^{a_1} e^{-a_1}; S = -(a_1 + 1) \ln a_2;$$

d) *Função Quadrática logarítmica* (Bianchini Sobrinho, 1984);

$$TP = \frac{-a_1 \pm \sqrt{a_1^2 - 8a_2a_3}}{4a_2}; PP = a_0 + a_1 (TP) + a_2 (TP)^2 + a_3 \ln (TP)$$

e) *Função Quadrática*;

$$TP = \frac{-a_1}{2a_2}; PP = a_0 + a_1 (TP) + a_2 (TP)^2$$

## Resultados e Discussão

A média de produção de leite por lactação para raça Guzerá, em um período médio de 275 dias, foi de 2.438 kg, com coeficiente de variação de 25,86%. Para vacas Sindí, a produção média foi de 2.346 kg, com coeficiente de variação de 27,29%. Esses valores são semelhantes aos obtidos por Cobuci et al. (2000), estudando lactação de vacas Guzerá.

As curvas médias de lactação do rebanho estudado estão representadas na Figura 1. De forma geral, o formato da curva apresentou tendência linear, com pico de produção no início da lactação, e tendência de queda contínua na produção diária. Esse formato foi semelhante ao obtido por Cobuci et al. (2000), para vacas Guzerá, Bianchini Sobrinho (1984), para vacas da raça Gir, e El Faro (1996), para vacas Caracu.



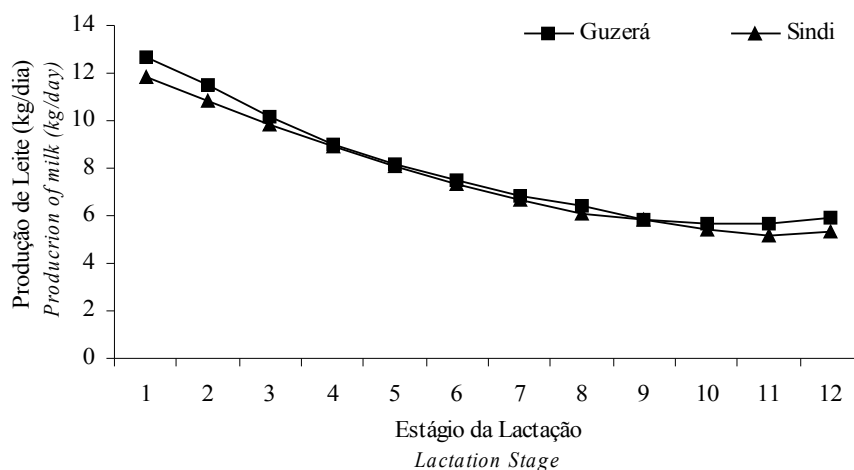


Figura 1. Curvas de lactação médias observadas para vacas Guzerá e Sindi.

Figure 1. Mean lactation curves observed for Guzerá and Sindi cows.

Constam na Tabela 3 os valores dos coeficientes de determinação ajustados para a curva média para as diferentes funções utilizadas. Observa-se que estes valores foram elevados, superiores a 0,93 para todas as funções, tanto para a raça Guzerá como para a raça Sindi, indicando boas aproximações e que, para a estimativa da curva média, todas as funções testadas poderiam ser aplicadas. Apesar desta tendência verificada na curva média, para as lactações individuais nem sempre foram obtidos ajustes satisfatórios.

Tabela 3. Médias dos coeficientes de determinação ajustado para as diferentes funções utilizadas para as raças Guzerá e Sindi no semi-árido paraibano

Table 3. Fit coefficient means for the different functions used for Guzerá and Sindi breeds in the semi-arid

Raça Breed	Média Mean					
	FPI	FLH	FGI	FQL	FL	FQ
Guzerá	0,941	0,939	0,941	0,941	0,937	0,941
Sindi	0,944	0,943	0,944	0,944	0,942	0,944

FPI= função polinomial inversa; FLH= função linear hiperbólica; FGI= função gama incompleta; FQL= função quadrática logarítmica; FL= função linear; FQ= função quadrática.

FPI= polynomial inverse function; FLH= linear hyperbolic function; FGI= gamma incomplete function; FQL= quadratic logarithmic function; FL=Linear function; FQ= Quadratic function.

Na Tabela 4 estão apresentadas as frequências (%) de lactações de vacas Guzerá e Sindi ajustadas pelos diferentes modelos utilizados de acordo com os valores de  $R_a^2$ . A função polinomial inversa ajustou bem as lactações individuais, tanto para vacas Guzerá como para vacas Sindi, pois 61,4% e 57,2% das lactações estimaram  $R_a^2 > 0,80$ . Estes valores foram superiores aos obtidos por Bianchini Sobrinho (1984), Pineda (1987) e El Faro e Albuquerque (2002). O  $R_a^2$  indica quanto da variação total foi explicada pelo modelo de regressão. Elevados valores de  $R_a^2$  indicam bons ajustes.

Na Tabela 5 são apresentadas as equações médias estimadas, as estimativas dos parâmetros, os componentes da curva de lactação e a quantidade de curvas típicas para cada função por raça. Os percentuais de curvas típicas obtidas foram inferiores aos obtidos por Cobuci et al (2000) e El Faro e Albuquerque (2002), para funções gama incompleta e linear hiperbólica, e superiores para função polinomial inversa. Em estudos de curva de lactação é importante quantificar o percentual de curvas típicas obtido pelas funções, pois curvas atípicas são caracterizadas por apresentarem estimativas irrealis e fora dos limites biológicos aceitáveis para os parâmetros da curva de lactação.

Tabela 4. Frequência (%) de lactações de vacas Guzerá e Sindi ajustadas pelas funções Polinomial Inversa (FPI), Linear Hiperbólica (FLH), Gama Incompleta (FGI), Quadrática Logarítmica (FQL), Linear (FL) e Quadrática (FQ) de acordo com os valores de  $R_a^2$   
 Table 4. Frequency (%) of lactations of Guzerá and Sindi cows fitted by the Polynomial Inverse (FPI), Linear Hyperbolic (FLH), Gamma Incomplete (FGI), Quadratic Logarithmic (FQL), Linear (FL) and Quadratic (FQ) functions according to the values of  $R_a^2$

Valores de $R_a^2$ <i>Values of <math>R_a^2</math></i>	FPI		FLH		FGI		FQL		FL		FQ	
	Guzerá	Sindi	Guzerá	Sindi	Guzerá	Sindi	Guzerá	Sindi	Guzerá	Sindi	Guzerá	Sindi
$R_a^2 > 0,50$	98,4	91,7	95,5	78,7	97,4	88,5	95,4	92,8	94,4	92,6	94,8	93,2
$R_a^2 > 0,60$	94,2	84,1	93,9	74,5	95,7	81,2	90,4	86,7	89,2	86,2	89,7	86,9
$R_a^2 > 0,70$	79,9	73,1	74,2	66,0	79,5	70,8	73,7	72,9	74,3	71,8	73,4	72,7
$R_a^2 > 0,80$	61,4	57,2	56,1	42,6	66,7	50,0	55,0	54,2	55,0	53,7	54,0	54,5
$R_a^2 > 0,90$	39,2	37,9	37,9	19,1	47,9	29,2	29,6	32,5	31,2	31,9	29,4	31,2

Tabela 5. Equações das curvas de lactação obtidas para a média dos estágios, produção inicial (PI), produção no pico (PP), tempo para atingir o pico (TP), produção total média de leite estimada (PLE), desvios entre as produções totais médias observada e estimada e frequência de curvas típicas (CT), para cada função estudada, nas raças Guzerá e Sindi

Table 5. Lactation curve equations obtained for the stage mean, initial production (PI), peak production (PP), peak time (TP), persistency(S), total estimated mean production of milk (PLE), deviations between total mean observed and estimated productions and frequency of typical curves (CT), for each function studied, in Guzerá and Sindi breed

Função <i>Function</i>	Raça <i>Breed</i>	Equação <i>Equation</i>	PI (kg)	PP (kg)	TP (dias) (days)	S	PLE (kg)	Desvio (%)	$R_a^2$	CT (%)
FPI	Guzerá	$Y = x (0,0998771937 + 0,0671316606 x + 0,0003313513 x^2)^{-1}$	12,66	13,56	28,32	-	2.504,57	-2,72	0,36	76,59
	Sindi	$Y = x (0,1808945436 + 0,0692037426 x + 0,0003369101 x^2)^{-1}$	11,73	12,11	28,89	-	2.397,51	-2,16	0,22	73,96
FLH	Guzerá	$Y = 10,85631306 - 0,01670926 x + 52,05596184^{-1}$	12,83	14,67	28,47	-	2.673,90	-9,66	0,22	21,44
	Sindi	$Y = 10,82705713 - 0,01712816 x + 32,77153162^{-1}$	11,88	13,67	35,21	-	2.530,47	-7,82	0,12	19,94
FGI	Guzerá	$Y = 16,59875638 x^{-0,06920892} e^{-0,00208288 x}$	12,78	12,22	24,56	6,13	2.519,51	-3,59	0,31	42,23
	Sindi	$Y = 13,47051985 x^{-0,02376402} e^{-0,00236750 x}$	11,82	11,80	22,19	6,17	2.415,40	-2,92	0,22	54,29
FQL	Guzerá	$Y = 13,22634510 - 0,04550452x + 0,00006149x^2 + 0,14948298 \ln x$	12,67	13,29	2,74	-	2.529,29	-3,73	0,31	97,25
	Sindi	$Y = 11,69949058 - 0,04012244x + 0,00004787x^2 + 0,31624054 \ln x$	11,80	12,17	4,53	-	2.431,06	-3,59	0,23	96,57
FL	Guzerá	$Y = 12,24697497 - 0,02135538 x$	11,77	-	-	-	2.557,48	-4,89	0,31	100,00
	Sindi	$Y = 11,67025724 - 0,01997816 x$	11,24	-	-	-	2.451,15	-4,45	0,23	99,73
FQ	Guzerá	$Y = 13,60242984 - 0,04253546 x + 0,00005702 x^2$	12,76	10,13	46,94	-	2.523,89	-3,51	0,32	85,84
	Sindi	$Y = 12,62040831 - 0,03450473 x + 0,00003919 x^2$	11,90	9,47	45,12	-	2.434,32	-3,73	0,22	82,82

FPI= função polinomial inversa; FLH= função linear hiperbólica; FGI= função gama incompleta; FQL= função quadrática logarítmica; FL= função linear; FQ= função quadrática.

FPI= polynomial inverse function; FLH= linear hyperbolic function; FGI= gamma incomplete function; FQL= quadratic logarithmic function; FL=Linear function; FQ= Quadratic function.

As médias e desvios-padrão para as estimativas dos parâmetros da função polinomial inversa são apresentados na Tabela 6. Os valores indicam que houve grande variação destes parâmetros estimados para lactações individuais, principalmente para o parâmetro  $a_0$ , em que o CV foi de 201,54 %. Valor de CV inferior (83,43%) foi obtido por Pineda (1987) e valor superior (479,4%) foi obtido por El Faro e Albuquerque (2002).

Tabela 6. Estimativas médias para os parâmetros da Função Polinomial Inversa (FPI)  
 Table 6. Mean estimates for Polynomial Inverse Function (FPI) parameters

<i>Raça</i> <i>Breed</i>	<i>Parâmetro</i> <i>Parameter</i>	<i>Média</i> <i>Mean</i>	<i>Desvio Padrão</i> <i>Standard deviation</i>	<i>Coef. de var.</i> <i>Var. coefficient</i>	<i>Mínimo</i> <i>Minimum</i>	<i>Máximo</i> <i>Maximum</i>
Guzerá	$a_0$	0,239532	0,482747	201,538106	-2,083002	2,960484
	$a_1$	0,062517	0,027610	44,164425	-0,087976	0,234999
	$a_2$	0,000409	0,000255	62,216052	-0,000248	0,002769
	$R_a^2$	0,826988	0,126242	15,265349	0,453007	0,996456
Sindi	$a_0$	0,292079	0,478303	163,758227	-0,815994	4,471696
	$a_1$	0,067224	0,022771	33,873328	0,015157	0,141118
	$a_2$	0,000389	0,000194	49,985099	-0,000054	0,001469
	$R_a^2$	0,794493	0,187281	23,572398	0,031189	0,996230

Para a FPI, os valores de  $a_0$  devem ser positivos e próximos a zero. Neste estudo, para algumas lactações, tanto de vacas Guzerá como Sindi, foram estimados para esses parâmetros valores irrealis, gerando curvas atípicas. Para esta função, 76,59% e 73,96% das lactações de vacas Guzerá e Sindi, respectivamente, foram estimados valores positivos para os parâmetros  $a_0$ ,  $a_1$  e  $a_2$ , condição necessária para que as curvas estimadas sejam consideradas típicas. Cobuci et al. (2000) estimaram, para vacas Guzerá, 60,3% de curvas típicas utilizando a função polinomial inversa.

As estimativas das funções dos parâmetros tempo de pico (TP) e produção no pico (PP) são apresentadas na Tabela 5. Para a FPI o TP variou entre 4,98 a 68,01 dias,

com valor médio de 28,32 dias, para a raça Guzerá, e 4,49 a 77,23 dias, com valor médio de 28,89 dias, para Sindi, com respectivos CV de 35,87 e 77,23%. A maioria das lactações típicas apresentou TP na segunda semana de lactação, tanto para vacas Guzerá como para vacas Sindi. Estes valores são inferiores aos obtidos por Pineda (1987), que estimou para esta função TP de 32,2 dias, com CV de 100,82%, e superiores aos obtidos por Bianchini Sobrinho (1984), que estimou TP de 10,76 dias, para vacas Gir em segunda lactação. A produção de leite (kg) no pico foi de 13,56 kg/dia, para vacas Guzerá, e 12,11 kg/dia, para vacas Sindi, o que gerou CV de 18,28 e 17,27%, respectivamente. Estes valores são próximos à produção média de leite no início da lactação, que foi de 12,64 kg/dia, para vacas Guzerá e 11,75 kg/dia, para vacas Sindi.

Os desvios médios entre as produções totais observadas e estimadas pela FPI (Tabela 5) foram de -2,72%, para vacas Guzerá, e -2,16%, para vacas Sindi. Estes valores podem ser considerados baixos e ocorreram, provavelmente, por ter-se utilizado dados de controle mensal, os quais foram, neste caso, menos sujeitos a vícios.

As figuras 2 e 4 representam as curvas de lactação média estimadas pela FPI, para vacas Guzerá e Sindi, respectivamente. Observando as Figuras 2, 3, 4 e 5 nota-se que a FPI representou bem a curva média do rebanho, até o décimo estágio da lactação, para animais Guzerá, e até o décimo primeiro estágio, para animais da raça Sindi. Para as duas raças, entre o décimo primeiro e o décimo segundo estágio houve nítida subestimação, porém com resíduos pequenos, menores que 1,0 kg. Isto é verificado observando o gráfico de distribuição dos resíduos. Essa subestimação deve ter ocorrido devido ao fato de, neste período, o número de lactações ser bem menor em relação aos outros estágios.

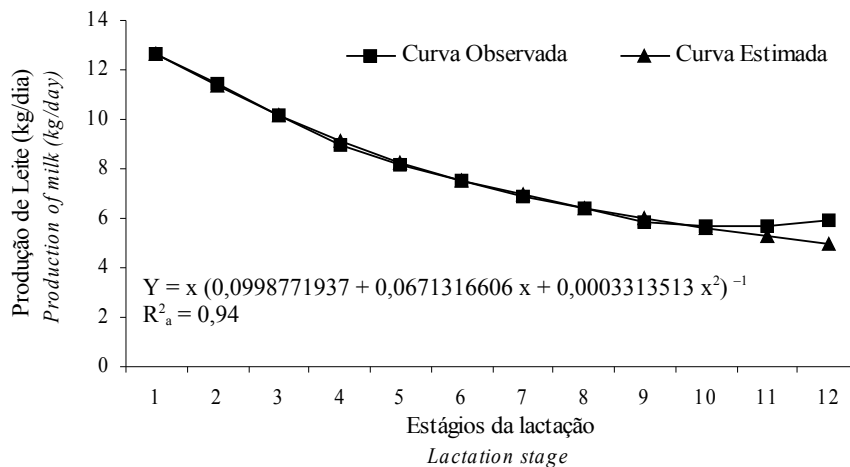


Figura 2. Curva de lactação média observada e estimada pela Função Polinomial Inversa para vacas Guzerá.

Figure 2. Lactation curve mean observed and estimated lactation curve mean by the Polynomial Inverse Function, for Guzerá cows.

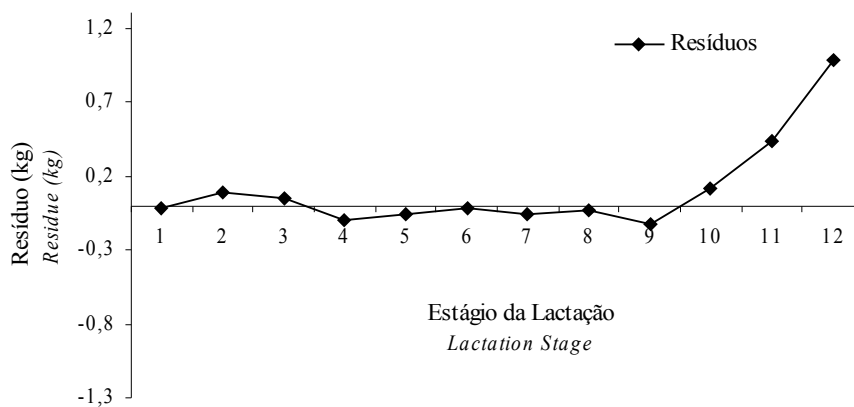


Figura 3. Distribuição dos resíduos estimados pela Função Polinomial Inversa para vacas Guzerá.

Figure 3. Distribution of the residuals estimated by the Polynomial Inverse Function for Guzerá cows.

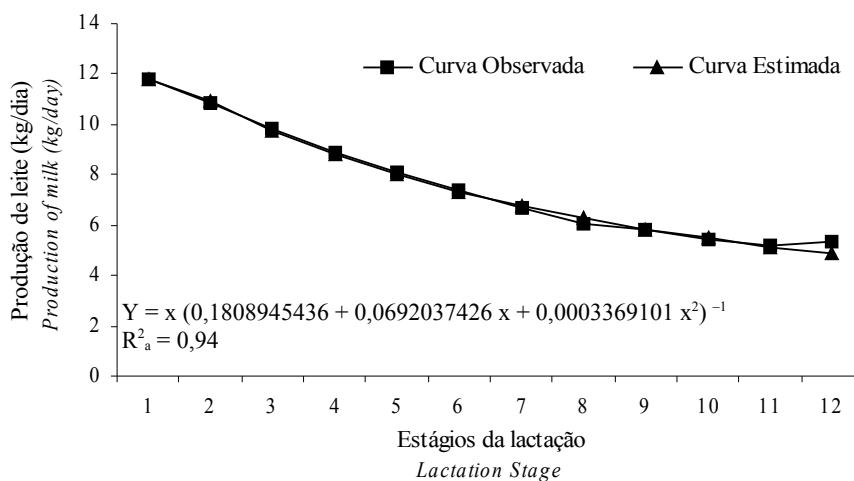


Figura 4. Curva de lactação média observada e estimada pela Função Polinomial Inversa para vacas Sindi.

Figure 4. Lactation curve mean observed and estimated lactation curve mean by the Polynomial Inverse Function, for Sindi cows.

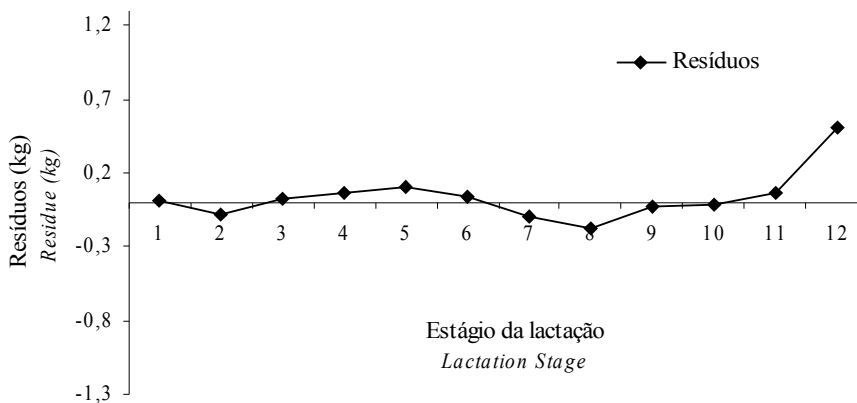


Figura 5. Distribuição dos resíduos estimados pela Função Polinomial Inversa para vacas Sindi.

Figure 5. Distribution of estimated residuals by the Polynomial Inverse Function for Sindi cows



A função linear hiperbólica (FLH) não ajustou bem à curva de lactação de vacas Guzerá e Sindi, apesar de ter apresentado coeficiente de determinação ajustado elevado ( $R_a^2 > 0,90$ ) para as curvas médias. Esta função não ajustou bem às lactações individuais do rebanho, pois estimou, respectivamente, 56,1% e 42,6% de  $R_a^2 > 0,80$  para vacas Guzerá e Sindi, valores inferiores aos estimados pela FPI (Tabela 4). Além disto, a quantidade de curvas típicas foi muito baixa, 21,44% e 19,94%, indicando ajustes pobres. Utilizando esta mesma função, El Faro e Albuquerque (2002) estimaram 52,32% de curvas típicas.

Os valores estimados pela função linear hiperbólica para TP variaram de 1,96 a 69,07 dias, com valor médio de 28,47 dias, para raça Guzerá, e de 6,57 a 76,98 dias, com valor médio de 35,21 dias, para raça Sindi, e respectivos CV de 46,69 e 49,10%. Há grande variação para o TP mostrando que há tendência do modelo estimá-lo no início da lactação. Neste estudo o tempo máximo para se alcançar o pico foi de 10 semanas, para vaca Guzerá, e 11 semanas, para vacas Sindi. Estes valores estão dentro dos limites biológicos aceitáveis. Segundo El Faro e Albuquerque (2002), para raças taurinas o TP ocorre no máximo no terceiro mês de lactação. Bianchini Sobrinho (1984), estudando lactações de vacas da raça Gir, encontrou valores para TP variando entre 14,17 e 38,24 dias. A produção no pico (PP) foi de 14,67 kg/dia, para vacas Guzerá, e 13,67 kg/dia, para vacas Sindi (Tabela 5). Os desvios médios entre as produções totais observadas e estimadas foram de -9,66%, para vacas Guzerá, e -7,82% para vacas Sindi. Quando se utilizou a produção total das lactações individuais esses desvios foram de -17,26 e 14,44%, respectivamente, demonstrando que esta função apresentou fraca estimativa para produção de leite total (PLE).

As médias dos parâmetros estimados pela FLH para lactações individuais são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Estimativas médias para os parâmetros da função Linear Hiperbólica (FLH)  
*Table 7. Mean estimates for the parameters of the hyperbolic linear function (FLH)*

Raça <i>Breed</i>	Parâmetro <i>Parameter</i>	Média <i>Mean</i>	Desvio Padrão <i>Standard deviation</i>	Coef. de var. <i>Var. coefficient</i>	Mínimo <i>Minimum</i>	Máximo <i>Maximum</i>
Guzerá	a <sub>0</sub>	11,417019	2,508551	21,972033	3,605691	20,18840
	a <sub>1</sub>	-0,020368	0,009818	-48,204289	-0,068095	0,02273
	a <sub>2</sub>	40,301053	50,660359	255,203612	-123,916560	255,20360
	R <sub>a</sub> <sup>2</sup>	0,816518	0,133617	16,364299	0,453007	0,98899
Sindi	a <sub>0</sub>	11,253896	2,248656	19,981135	4,419132	22,20811
	a <sub>1</sub>	-0,019770	0,007077	-35,794813	-0,053636	0,00424
	a <sub>2</sub>	23,673912	37,955272	160,325302	-162,629590	113,27350
	R <sub>a</sub> <sup>2</sup>	0,722031	0,240133	0,2401333	0,031188	0,99623

Os valores para o parâmetro a<sub>0</sub> variaram entre 3,61 e 20,19, para lactações individuais de vacas Guzerá, e de 4,42 e 22,21, para Sindi. Este parâmetro está relacionado com a produção inicial. Assim, valores negativos são responsáveis por formas atípicas de curvas de lactação, indicando produção inicial inferior a zero. As estimativas dos parâmetros a<sub>1</sub> e a<sub>2</sub> deveriam ser negativas para estimarem picos de lactação. Para estes parâmetros foram encontrados altos coeficientes de variação, principalmente para o parâmetro a<sub>2</sub>, isto devido a ocorrência de valores mínimo e máximo extremos estimados para ele. Para FLH apenas 97 lactações de Guzerá e 72 lactações de Sindi estimaram tempo de pico e produção no pico, cujas estimativas dos parâmetros a<sub>1</sub> e a<sub>2</sub> foram negativas.

Os coeficientes de determinação ajustados pela função gama incompleta (FGI), para lactações individuais demonstram que esta função proporcionou bom ajuste, observando-se que R<sub>a</sub><sup>2</sup> >0,80 foram obtidos por 66,7 e 50,0% das lactações de vacas Guzerá e Sindi, respectivamente (Tabela 4).

São apresentadas na Tabela 8 as médias dos parâmetros estimados pela função gama incompleta (FGI). Os dados demonstram que esta função apresentou dificuldades na estimativa destes parâmetros, principalmente para o parâmetro  $a_1$ , o qual apresentou elevados CV. Curvas típicas ocorrem quando todos os parâmetros são positivos. Segundo as restrições deste modelo, o parâmetro  $a_1$  deve variar de 0 a 1 e estar associado com a produção até o pico de produção. O parâmetro  $a_2$  está associado à taxa de declínio após o pico. Para vacas Guzerá, o parâmetro  $a_1$  variou de  $-0,76$  a  $0,44$ , com valor médio negativo ( $-0,020$ ). Para vacas Sindi, este parâmetro variou de  $-0,38$  a  $0,67$ , com valor médio de  $0,015$ . Este fato demonstra que houve falhas nas estimativas, as quais foram responsáveis pela ocorrência de curvas atípicas.

Tabela 8. Estimativas médias para os parâmetros da função Gama Incompleta (FGI)  
 Table 8. Mean estimates for the parameters of the incomplete gamma function (FGI)

Raça <i>Breed</i>	Parâmetro <i>Parameter</i>	Média <i>Mean</i>	Desvio Padrão <i>Standard deviation</i>	Coef. de var. <i>Var. coefficient</i>	Mínimo <i>Minimum</i>	Máximo <i>Maximum</i>
Guzerá	$a_0$	16,233113	10,268299	63,255272	2,843996	145,670891
	$a_1$	-0,020094	0,150094	-746,936699	-0,764666	0,442895
	$a_2$	0,002865	0,002089	72,942717	-0,006346	0,014259
	$R_a^2$	0,842697	0,128347	15,230561	0,453007	0,996456
Sindi	$a_0$	12,921169	4,860849	37,619270	0,587523	28,275962
	$a_1$	0,014989	0,126052	840,940402	-0,384279	0,674759
	$a_2$	0,002929	0,001512	51,636379	-0,001266	0,008947
	$R_a^2$	0,768869	0,202558	26,345035	0,031189	0,996230

O TP estimado pela FGI variou de 0,013 a 83,27 dias, para vacas Guzerá, com média de 24,56 dias e CV de 65,74%. Para vacas Sindi esta variação foi de 0,16 a 91,51 dias, com média de 22,19 dias e CV de 89,24% (Tabela 5). Também se verificou grande variação para o TP, pois valores mínimos próximos a zero indicam tendência de estimativas deste parâmetro logo no início da lactação ou, até mesmo, antes do parto.

Essa mesma tendência foi observada por Pineda (1987) e El Faro e Albuquerque (2002). Arce e Correa (2005), estudando lactações de vacas mestiças de holandês com zebuínos, no México, utilizando a FGI, encontraram valores médios para tempo de pico variando entre 51,27 e 62,81 dias, valores superiores aos verificados neste estudo. A produção no pico (PP) estimada pela FGI foi de 12,23 kg, com CV de 19,23%, para vacas Guzerá, e 11,80 kg com CV de 18,65%, para vacas Sindi (Tabela 5). Estes valores são próximos aos obtidos por Arce e Correa (2005) que estimaram PP valores entre 9,69 e 12,80 kg. Bianchini Sobrinho (1984) estimou PP de vacas da raça Gir através da FGI variando entre 8,40 e 15,91 kg. A persistência (S) foi estimada em 6,13, com CV de 6,10%, para vacas Guzerá, e 6,17 com CV de 7,3%, para vacas Sindi (Tabela 5). Este parâmetro da curva de lactação foi o que apresentou menor variação. Este fato foi também observado por El Faro e Albuquerque (2002) e Arce e Correa (2005). A persistência estimada para vacas Guzerá e Sindi foi praticamente igual, devendo-se, possivelmente, ao fato dos níveis de produção inicial serem muito próximos nas duas raças.

São apresentados na Tabela 9 as médias e os desvios-padrão para as estimativas dos parâmetros da função quadrática logarítmica (FQL). Os  $R_a^2$  estimados para as lactações individuais foram próximos aos estimados pelas funções linear e quadrática (Tabela 4) e semelhantes aos estimados por Bianchini Sobrinho (1984) e Pineda (1987).

Esta função apresentou grande variação nas estimativas dos seus parâmetros. O parâmetro  $a_0$ , relacionado às produções iniciais, foi o que apresentou menor variação. Estimativas negativas para este parâmetro indicam ocorrência de curvas atípicas. A FQL estimou alta percentagem de curvas típicas, 97,25 e 96,57%, para vacas Guzerá e Sindi, respectivamente.

Tabela 9. Estimativas médias para os parâmetros da função quadrática logarítmica (FQL)

Table 9. Mean estimates for the parameters of the quadratic logarithmic function (FQL)

Raça <i>Breed</i>	Parâmetro <i>Parameter</i>	Média <i>Mean</i>	Desvio Padrão <i>Standard deviation</i>	Coef. de var. <i>Var. coefficient</i>	Mínimo <i>Minimum</i>	Máximo <i>Maximum</i>
Guzerá	$a_0$	13,295459	7,606992	57,214959	-19,657511	46,596790
	$a_1$	-0,044633	0,049064	-109,928903	-0,314682	0,133795
	$a_2$	0,000058	0,000103	175,957150	-0,000199	0,000887
	$a_3$	0,121850	2,361985	1.938,430000	-10,912956	11,474232
	$R_a^2$	0,797682	0,149231	18,708103	0,273684	0,996456
Sindi	$a_0$	12,091864	5,960075	49,289963	-11,143438	29,332845
	$a_1$	-0,035270	0,041747	-118,363522	-0,174313	0,187985
	$a_2$	0,000034	0,000092	275,809985	-0,000579	0,000382
	$a_3$	0,158476	1,860224	1.173,820000	-6,877313	9,162679
	$R_a^2$	0,784981	0,179925	22,921001	0,031187	0,996230

As estimativas de TP e PP (Tabela 5) foram mensuradas apenas para curva média. O TP estimado pela FQL, para vacas Guzerá e Sindi, foi de 2,74 e 4,53 dias, respectivamente, indicando picos logo no início da lactação. A PP foi feita apenas considerando a curva média, já que este parâmetro é estimado em função do TP. Estes valores foram de 13,29 e 12,17 kg para vacas Guzerá e Sindi, respectivamente. A dificuldade encontrada para estimar os parâmetros TP e PP pela FQL, para as lactações individuais, indica que ocorreram grandes variações nas formas das curvas de lactação, o que é constatado pelos altos valores de CV para os parâmetros do modelo matemático.

São apresentados na Tabela 10 as médias e os desvios-padrão para as estimativas dos parâmetros da função linear (FL). Este modelo é representado por dois parâmetros possuindo a vantagem de ser estimada através de regressão simples. O parâmetro  $a_0$  representa o intercepto e  $a_1$  a taxa de declínio médio da produção devendo ser negativo. Caso contrário a produção crescerá com o tempo e a curva seria uma reta ascendente. Devido a sua linearidade, a FL não estima pico de produção, não detectando qualquer

oscilação da produção. Esta função é utilizada para o ajuste de curvas de lactação de vacas zebuínas, devido sua característica linear (El Faro, 1996).

Tabela 10. Estimativas médias para os parâmetros da função Linear (FL)

*Table 10. Mean estimates for the parameters of the Linear Function (FL)*

Raça <i>Breed</i>	Parâmetro <i>Parameter</i>	Média <i>Mean</i>	Desvio Padrão <i>Standard deviation</i>	Coef. de var. <i>Var. coefficient</i>	Mínimo <i>Minimum</i>	Máximo <i>Maximum</i>
Guzerá	$a_0$	12,526110	2,229451	17,798431	6,3451973	23,8295578
	$a_1$	-0,024793	0,009913	-39,982719	-0,1185714	-0,0028571
	$R_a^2$	0,795146	0,152152	19,135144	0,2736842	0,9989339
Sindi	$a_0$	11,875013	2,207130	18,586339	5,7652721	17,4884762
	$a_1$	-0,022402	0,007411	-33,085258	-0,0514286	0,0014694
	$R_a^2$	0,781029	0,185889	23,800587	0,0311886	0,9962300

Para raça Sindi a FL estimou valores de  $a_1$  positivos, sugerindo a ocorrência de curvas irreais. Esta função ajustou bem à curva média dos animais estudados. Para lactações individuais, o ajuste proporcionado pela FL foi semelhante aos proporcionados pelas funções quadrática (FQ) e quadrática logarítmica (FQL). A FL produziu fraca estimativa para PLE (Tabela 5). Todos os modelos superestimaram este parâmetro. A FLH e FL foram os modelos que apresentaram as piores estimativas para PLE.

As médias dos parâmetros estimados pela função quadrática (FQ) são apresentadas na Tabela 11. Para esta função o parâmetro  $a_0$  é o intercepto, representando a produção inicial. Os parâmetros  $a_1$  e  $a_2$  são os coeficientes de regressão linear e quadrático. O parâmetro  $a_2$ , em média foi positivo, e próximo a zero impossibilitando a estimativa de picos de produção. Para as lactações individuais, apenas nove lactações de vacas da raça Guzerá e dezessete de vacas da raça Sindi estimaram TP e PP.

Tabela 11. Estimativas médias para os parâmetros da função Quadrática (FQ)  
 Table 11. Mean estimates for the parameters of the Quadratic Function (FQ)

Raça <i>Breed</i>	Parâmetro <i>Parameter</i>	Média <i>Mean</i>	Desvio Padrão <i>Standard deviation</i>	Coef. de var. <i>Var. coefficient</i>	Mínimo <i>Minimum</i>	Máximo <i>Maximum</i>
Guzerá	$a_0$	13,613813	2,705574	19,873742	7,488081	26,694083
	$a_1$	-0,041384	0,022072	-53,334653	-0,159192	0,032881
	$a_2$	0,000050	0,000064	126,820297	-0,000379	0,000586
	$R_a^2$	0,792805	0,146773	18,513169	0,279412	0,988994
Sindi	$a_0$	12,563234	2,570811	20,462978	3,981965	17,631230
	$a_1$	-0,032602	0,017646	-54,124943	-0,080573	0,027777
	$a_2$	0,000030	0,000045	149,790214	-0,000168	0,000207
	$R_a^2$	0,785567	0,176607	22,481491	0,031189	0,996230

Para vacas Guzerá o TP estimado pela FQ foi de 46,96 dias, com CV de 55,25%.

Para vacas Sindi esses valores foram de 45,12 dias, com CV de 80,76%. A PP foi 10,13 e 9,47 kg, para vacas Guzerá e Sindi, respectivamente.

### Conclusões

Para a curva média todas as funções não lineares poderiam ser utilizadas para o ajuste de curvas de lactação, de vacas das raças Guzerá e Sindi.

De modo geral observou-se que a função Polinomial Inversa e Gama Incompleta proporcionaram melhores ajustes aos parâmetros da curva individual dos animais estudados.

### Literatura Citada

AFIFI, A.A.; CLARK, V. **Computer aided multivariate analysis**. Lifetime Learning Publication. Belmont, California. 458p. 1984.

ARCE, M.M.O.; CORREA, J.C.S. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas Bos tauros x Bos Indicus en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. **Técnica Pecuaria en México**, v.43, n.1, p.127-137, 2005.

BIANCHINI SOBRINHO, E. **Estudo da curva de lactação em vacas da raça Gir**. Ribeirão Preto: FMVRP/USP, 1984. 88p. Tese (Doutorado em Genética) – Faculdade de Medicina Veterinária de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo, 1984.

BIANCHINI SOBRINHO, E. **Estimativa de produção total de leite de vacas da raça Gir, baseada em controles semanais, quinzenais, mensais e bimestrais, obtenção de fatores multiplicativos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1988. 90p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista, 1988.

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

COBUCCI, J.A.; EUCLYDES, R.F.; VERNEQUE, R.S. et al. Curva de lactação na raça Guzera. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1332-1339, 2000.

COBUCCI, J.A.; EUCLYDES, R.F.; TEODORO, R.L. et al. Aspectos genéticos e ambientais da curva de lactação da raça guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1204-1211, 2001.

COBY, J.M.; LeDU, L.P. On fitting curves to lactation data. **Animal Production**, v.26, n.2, p.127-133, 1978.

CUNHA FILHO, M. **Curvas de lactação e de gordura em vacas da raça Sindi, no estado da Paraíba**. Recife: DFM/UFRPE, 2002. 57p. Dissertação (Mestrado em Biometria). Departamento de Física e Matemática/Universidade federal Rural de Pernambuco, 2002.



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

EL FARO, L. **Estudo da curva de lactação de um rebanho da raça Caracu**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1996. 172p. Tese (Doutorado em Zootecnia)–Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista, 1996.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Comparação de alguns modelos matemáticos para o ajuste às curvas de lactação individuais de vacas da raça Caracu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.3, p.295-302, 2002.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. Secretaria da Educação. UFPB. Atlas Geográfico do Estado da Paraíba, Grafset, 1985, 100p.

IBGE – Enciclopédia dos Municípios Brasileiros. Instituto de Geografia e Estatística, João Pessoa, PB, v. XVII, 1990.

NELDER, J.A. Inverse polynomials a useful group of multifactor response functions. **Biometrics**, v.22, n.1, p.128-141, 1966.

PINEDA, A.M.G. Mathematical functions applied to dairy cow lactation curves. Gainesville: University of Florida, 1987. 243p. Thesis (Master of Science) - University of Florida, 1987.

RIBEIRO, M.N. **Estudo da curva de lactação de um rebanho caprino no estado da Paraíba**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1997. 91p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista, 1997.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT User's guide**. Version 6.12. Cary, North Caroline: SAS Institute Inc., 1996.

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

### Apêndice

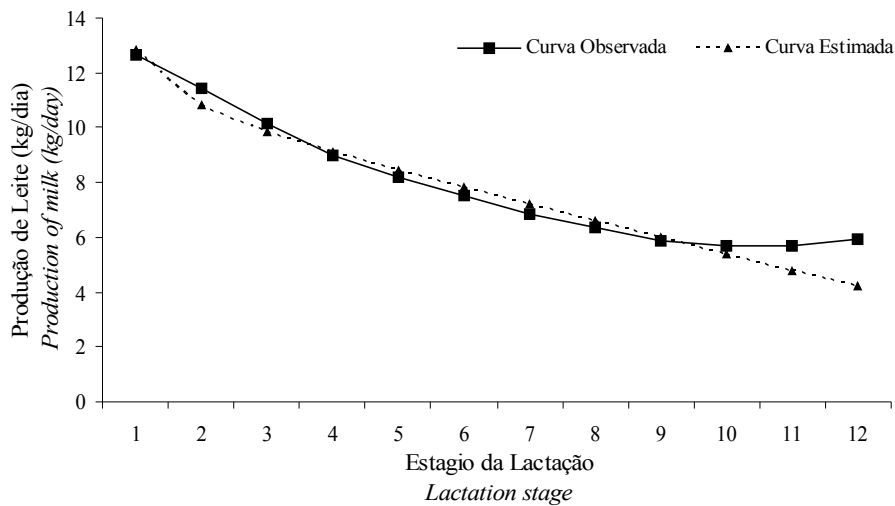


Figura 6. Curva de lactação média observada e estimada pela Função Linear Hiperbólica para vacas Guzerá.

Figure 6. Lactation curve mean observed and estimated lactation curve by the Hyperbolic Lineal Function for Guzerá cows

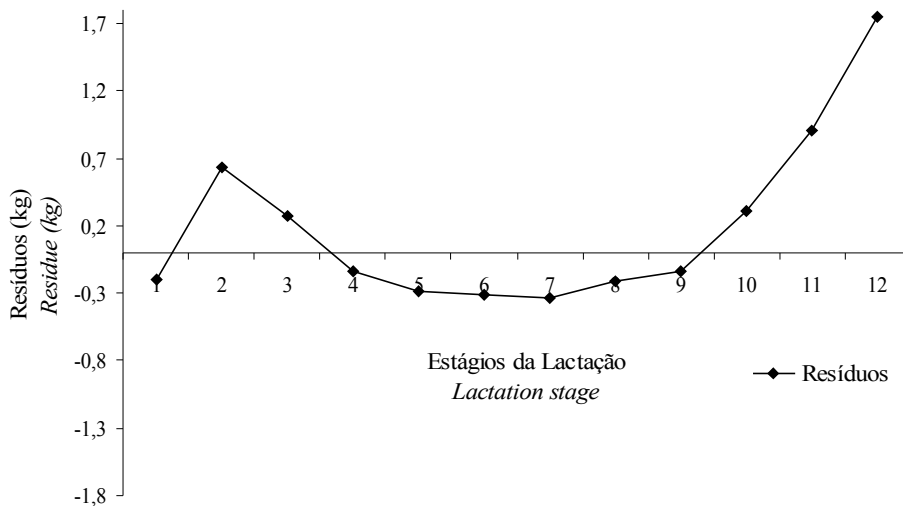


Figura 7. Distribuição dos resíduos estimados pela Função Linear Hiperbólica para vacas Guzerá.

Figure 7. Distribution of estimated residuals by the Hyperbolic Lineal Function for Guzerá cows

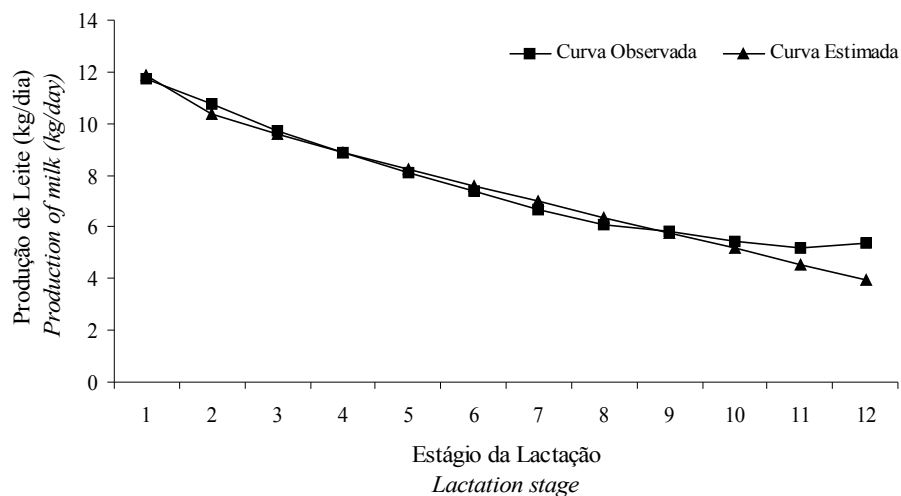


Figura 8. Curva de lactação média observada e estimada pela Função Linear Hiperbólica para vacas Sindi.

Figure 8. Lactation curve mean observed and estimated lactation curve by the Hyperbolic Lineal Function for Sindi cows

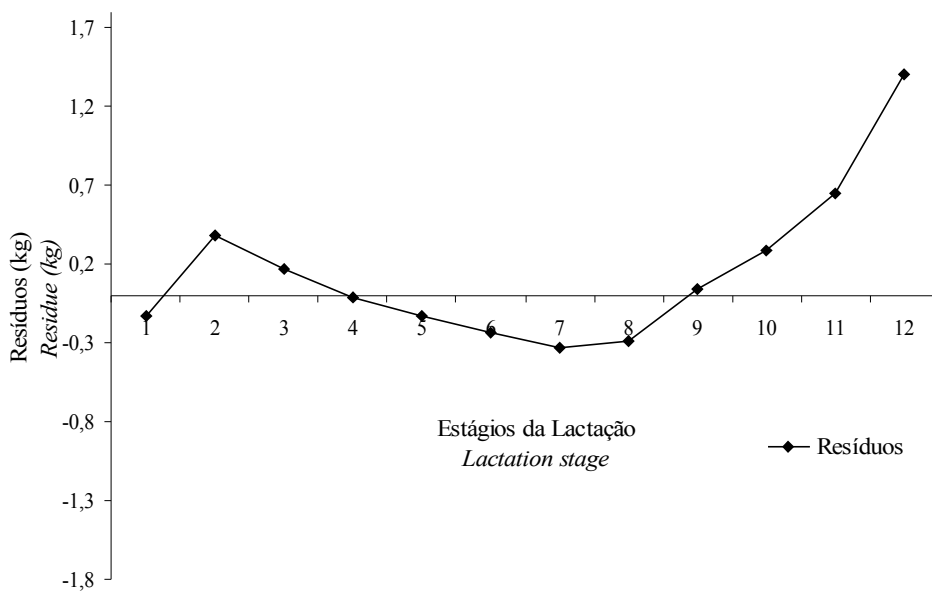


Figura 9. Distribuição dos resíduos estimados pela Função Linear Hiperbólica para vacas Sindi.

Figure 9. Distribution of estimated residuals by the Hyperbolic Lineal Function for Sindi cows

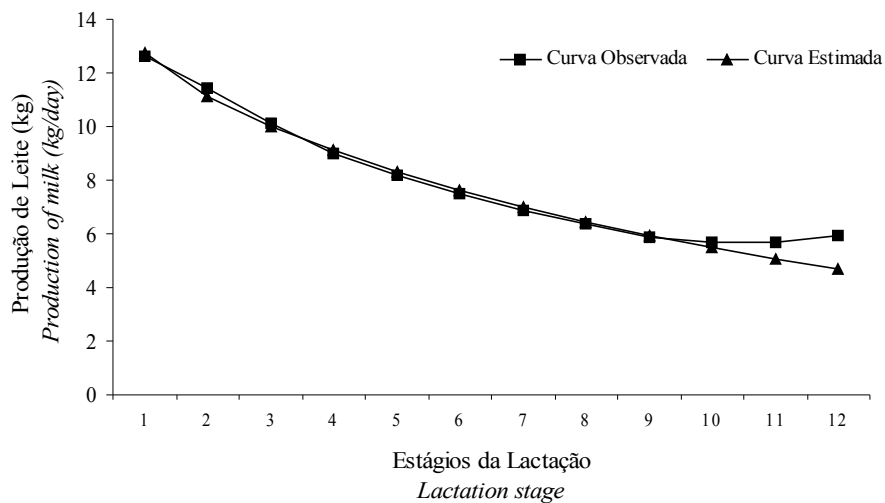


Figura 10. Curva de lactação média observada e estimada pela Função Gama Incompleta para vacas Guzerá.

Figure 10. Lactation curve mean observed and estimated lactation curve by the Gamma Incomplete Function for Guzerá cows

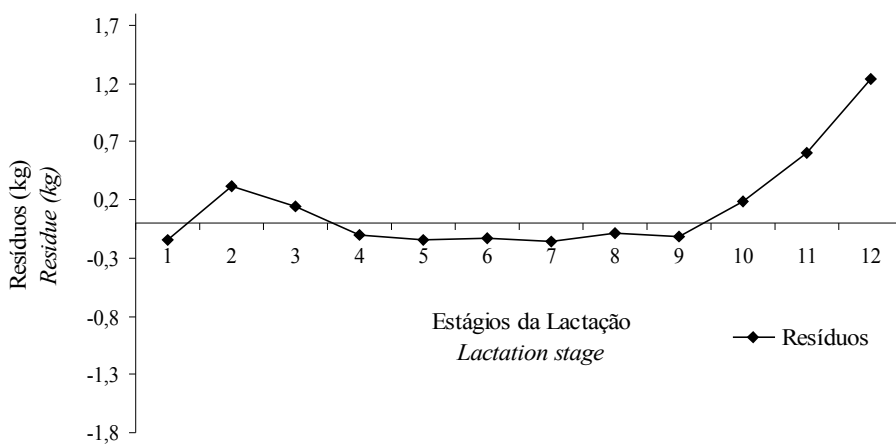


Figura 11. Distribuição dos resíduos estimados pela Função Gama Incompleta para vacas Guzerá.

Figure 11. Distribution of estimated residuals by the Gamma Incomplete Function for Guzerá cows

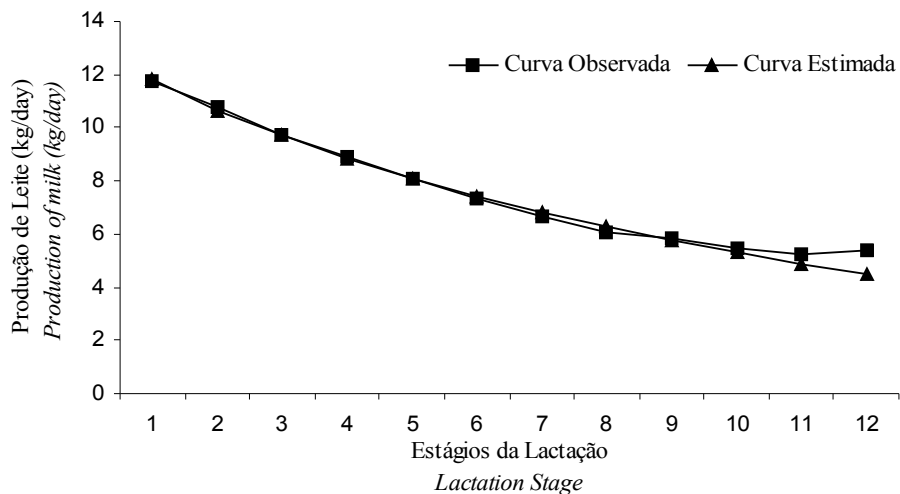


Figura 12. Curva de lactação média observada e estimada pela Função Gama Incompleta para vacas Sindi.

Figure 12. Lactation curve mean observed and estimated lactation curve by the Gamma Incomplete Function for Sindi cows

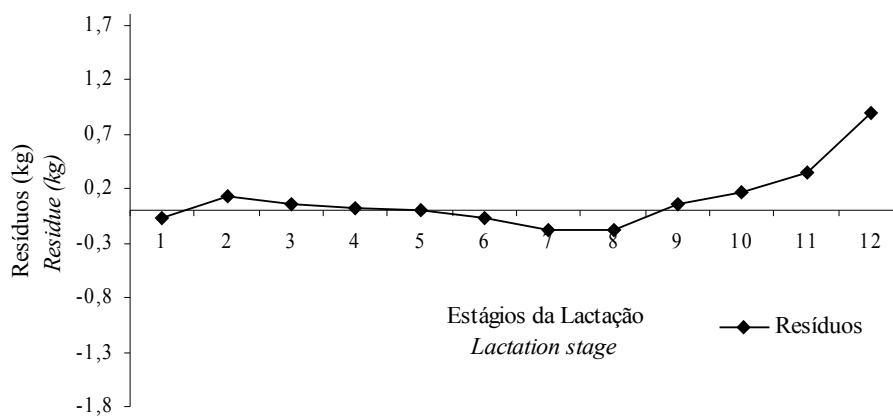


Figura 13. Distribuição dos resíduos estimados pela Função Gama Incompleta para vacas Sindi.

Figure 13. Distribution of estimated residuals by the Gamma Incomplete Function for Sindi cows

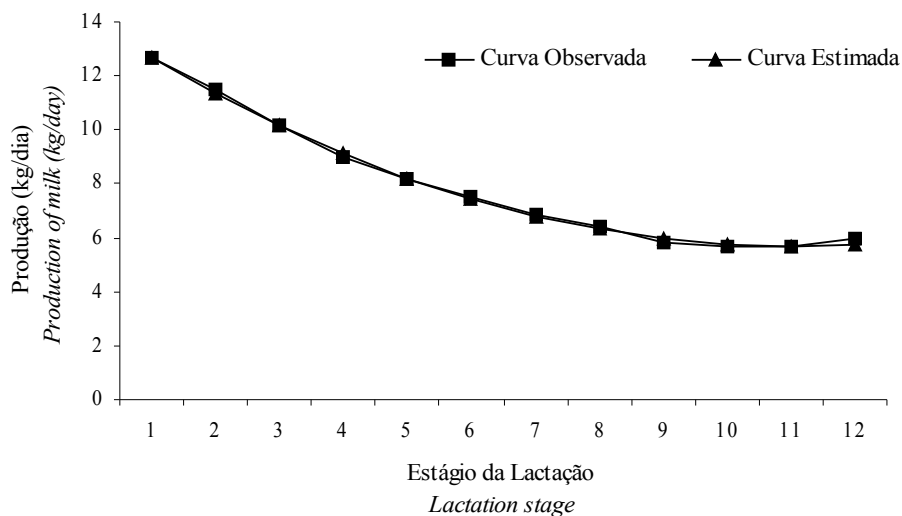


Figura 14. Curva de lactação média observada e estimada pela Função Quadrática Logarítmica para vacas Guzerá.  
 Figure 14. Lactation curve mean observed and estimated lactation curve by the Quadratic Logarithmic Function for Guzerá cows

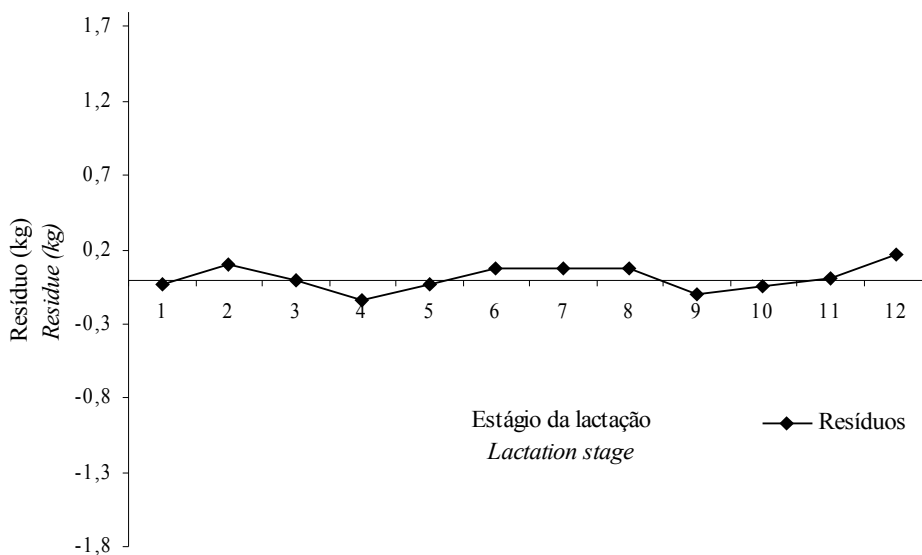


Figura 15. Distribuição dos resíduos estimados pela Função Quadrática Logarítmica para vacas Guzerá.  
 Figure 15. Distribution of estimated residuals by the Quadratic Logarithmic Function for Guzerá cows

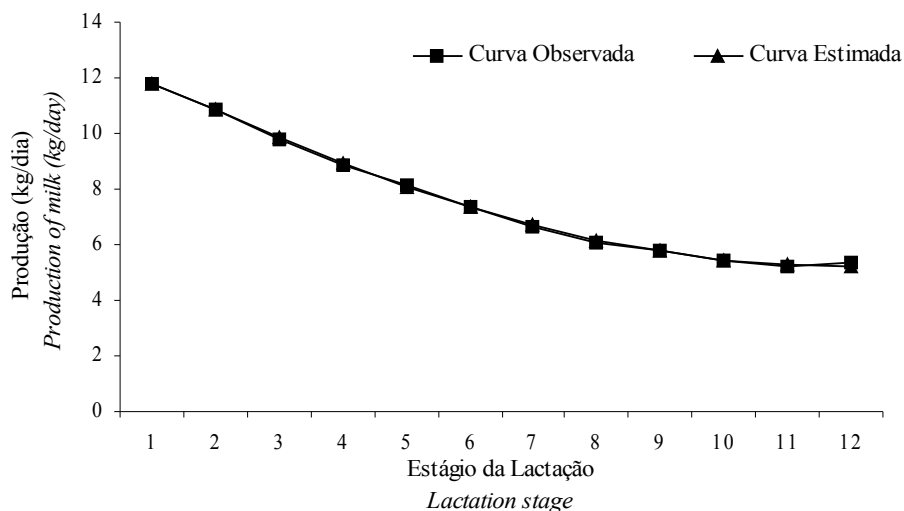


Figura 16. Curva de lactação média observada e estimada pela Função Quadrática Logarítmica para vacas Sindi.

Figure 16. Lactation curve mean observed and estimated lactation curve by the Quadratic Logarithmic Function for Sindi cows

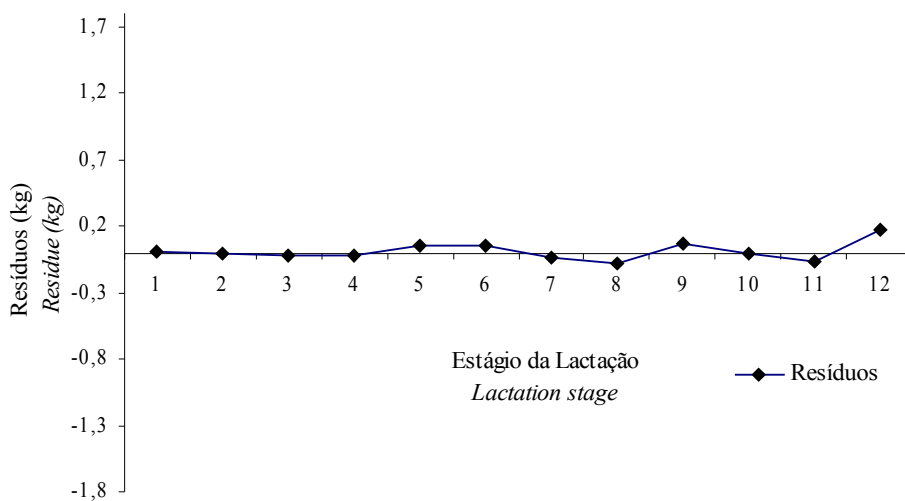


Figura 17. Distribuição dos resíduos estimados pela Função Quadrática Logarítmica para vacas Sindi.

Figure 17. Distribution of estimated residuals by the Quadratic Logarithmic Function for Sindi cows

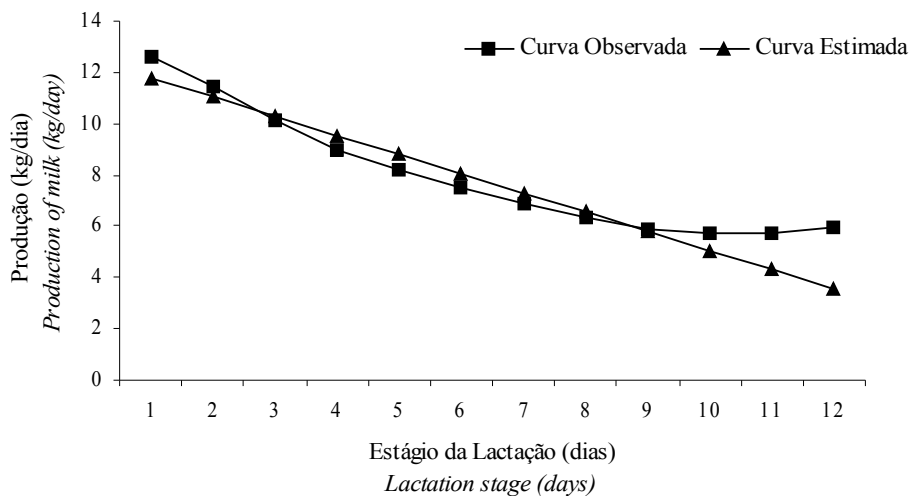


Figura 18. Curva de lactação média observada e estimada pela Função Linear para vacas Guzerá.

Figure 18. Lactation curve mean observed and estimated lactation curve by the Lineal Function for Guzerá cows

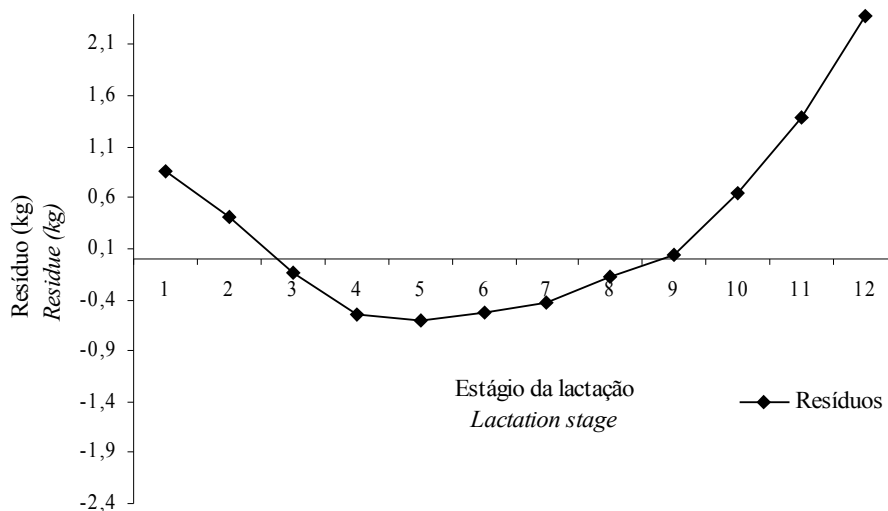


Figura 19. Distribuição dos resíduos estimados pela Função Linear para vacas Guzerá.

Figure 19. Distribution of estimated residuals by the Lineal Function for Guzerá cows



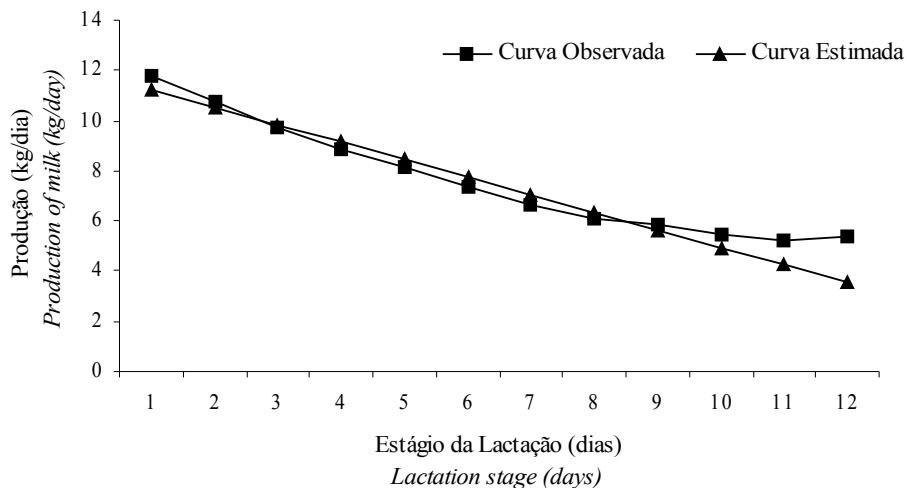


Figura 20. Curva de lactação média observada e estimada pela Função Linear para vacas Sindi.

Figure 20. Lactation curve mean observed and estimated lactation curve by the Lineal Function for Sindi cows

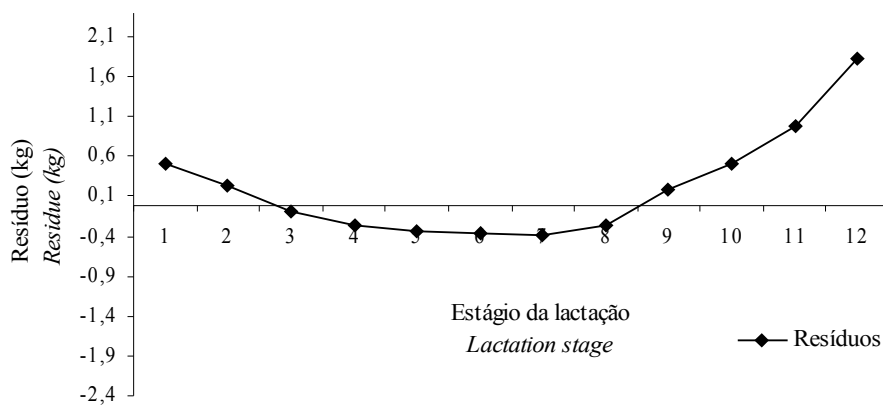


Figura 21. Distribuição dos resíduos estimados pela Função Linear para vacas Sindi.

Figure 21. Distribution of estimated residuals by the Lineal Function for Sindi cows

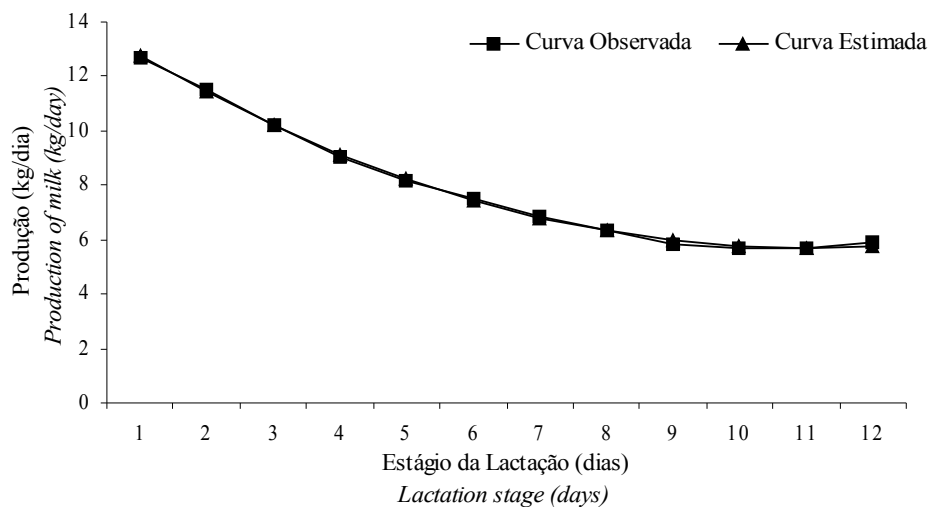


Figura 22. Curva de lactação média observada e estimada pela Função Quadrática para vacas Guzerá.

Figure 22. Lactation curve mean observed and estimated lactation curve by the Quadratic Function for Guzerá cows

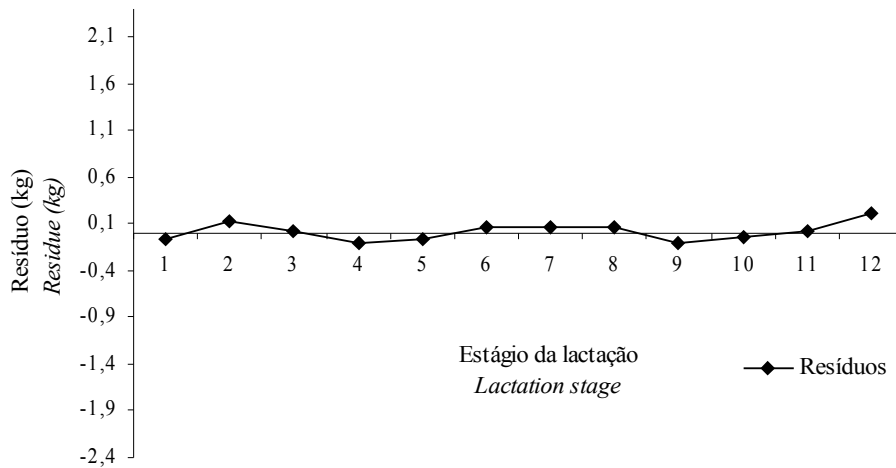


Figura 23. Distribuição dos resíduos estimados pela Função Quadrática para vacas Guzerá.

Figure 23. Distribution of estimated residuals by the Quadratic Function for Guzerá cows

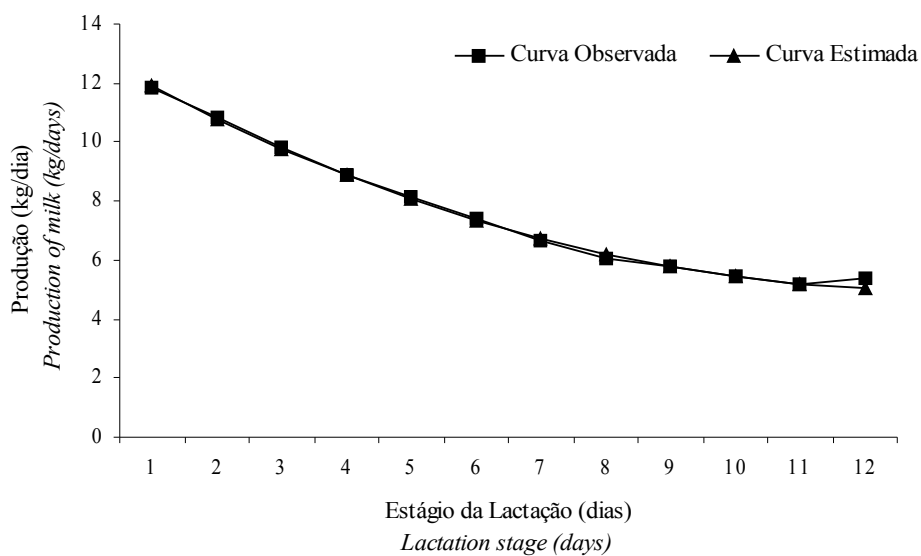


Figura 24. Curva de lactação média observada e estimada pela Função Quadrática para vacas Sindi.

Figure 24. Lactation curve mean observed and estimated lactation curve by the Quadratic Function for Sindi cows

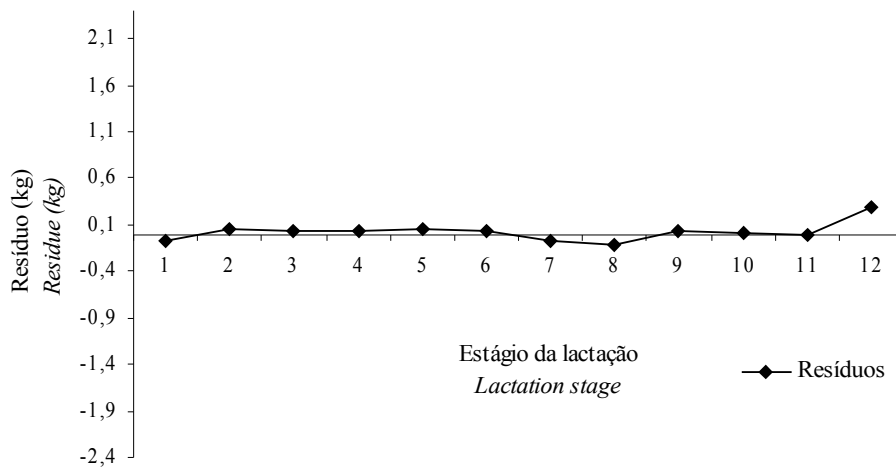


Figura 25. Distribuição dos resíduos estimados pela Função Quadrática para vacas Sindi.

Figure 25. Distribution of estimated residuals by the Quadratic Function for Sindi cows

## CAPÍTULO 2

### Características Genéticas e Ambientais da Curva de Lactação de Vacas das Raças Guzerá e Sindi <sup>1</sup>

George Rodrigo Beltrão da Cruz<sup>2</sup>, Maria Norma Ribeiro<sup>3</sup>, Edgard Cavalcanti Pimenta Filho<sup>4</sup>, Francisco Fernando Ramos de Carvalho<sup>3</sup>

**Resumo:** Foram utilizados controles referentes a 467 lactações de vacas Guzerá e 373 de vacas Sindi pertencentes à Fazenda Carnaúba, município de Taperoá, Estado da Paraíba objetivando-se estudar efeitos dos fatores ambientais sobre a forma da curva de lactação, estimar parâmetros genéticos para a produção de leite total, produção de gordura total e parâmetros da curva de lactação. O controle leiteiro foi feito em intervalos de 35 dias, no período de 1986 a 2004. O ajuste foi feito para a curva média e para lactações individuais, utilizando-se duas funções matemáticas que foram ajustadas usando-se processos iterativos por meio de regressão não-linear. Verificou-se que os efeitos de raça, ano de parto, estação de parto e ordem de parto, influenciaram as características de produção de leite, de gordura total e taxa de declínio da produção. O modelo  $y = x(a_0 + a_1x + a_2x^2)^{-1}$  apresentou melhores estimativas de produção de leite total e gordura total. Devido à baixa herdabilidade da taxa de declínio da produção de leite e de gordura, os formatos das curvas de lactação de vacas Guzerá e Sindi não podem ser alterados pela seleção com base nesse componente da curva de lactação. A seleção direta para menores taxas de declínio seria de baixa eficiência.

**Palavras-Chave:** bovinos leiteiros, modelos matemáticos, parâmetros genéticos, semi-árido, Zebu

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor

<sup>2</sup>Bolsista CAPES. Pós-Graduando. Prog. Dout. Int. Zootecnia – DZ/UFRPE. E-mail: georgebeltrao@bol.com.br

<sup>3</sup>Prof. DZ/UFRPE. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n. Bairro Dois Irmãos. 52.171-900. Recife – PE. E-mail: mn.ribeiro@uol.com.br e ffrcarvalho@hotmail.com

<sup>4</sup>Prof. DZ/CCA/UFPB - Areia – PB. E-mail: edgard@cca.ufpb.br

## **Genetic and Environmental Characteristics of the Lactation Curve in Guzerá and Sindi Breed Cows**

**Abstract:** Were used 467 lactations records of Guzerá cows and 373 of Sindi cows. Animals were raised at Carnauba ranch, in the town of Taperoá, State of Paraíba with the objectives to evaluate the effects of the environmental factors on the lactation curve format, to estimate the genetic parameters for the total milk and fat production and parameters of the lactation curve. Milk production control was performed in 35 days intervals, between the years of 1986 and 2004. Two mathematical functions were used to perform fit to the mean curve and individual lactations were fitted using interactive processes through Non-linear regression. Was observed that the effects of breed, calving year, season of calving and parturity order influenced the total milk, total fat production and production decline rate. The model  $y = x (a_0 + a_1x + a_2x^2)^{-1}$  presented better estimates of production of total milk and total fat. Was observed low coefficients of heritability for production decline rate on the lactation curve format of Guzerá and Sindi cows cannot be altered by the selection with base in that component of the lactation curve. The animal selection, based for production decline rate, would be of low efficiency.

**Keywords:** dairy cows, mathematical models, genetic parameters, semi-arid, Zebu

## Introdução

O conhecimento da produção de leite de uma vaca é uma das características mais importantes para a eficiência dos sistemas de produção de leite. A descrição detalhada da curva de lactação de um rebanho é de grande utilidade para se implementar práticas de manejo e de melhoramento genético em bovinos leiteiros nos diversos sistemas de produção.

A curva de lactação é uma forma gráfica de representação da produção de leite de uma vaca, em função do tempo, durante uma lactação completa. Ela pode representar a lactação de apenas um animal, a lactação média de um rebanho ou de uma determinada raça (Ferreira e Bearzoti, 2003), sendo, nas raças zebuínas, de modo geral, decomposta em dois segmentos: produção inicial e taxa de declínio da produção, os quais podem ser influenciados por fatores genéticos e não-genéticos (Cobuci et al., 2000).

Um dos primeiros trabalhos a propor um modelo para descrever a curva de lactação foi o de Brody et al. (1923), que não proporcionou um ajuste adequado por não considerar o pico da lactação. Novos modelos foram propostos por outros autores, dentre eles Nelder (1966), que propôs a função Polinomial Inversa, e Wood (1967), que propôs a função Gama Incompleta, que pode ser usada para lactações individuais ou para grupos de animais. Em sistemas intensivos de produção de leite de zonas temperadas, o modelo de Wood (1967) é um dos mais utilizados. Para condições tropicais, principalmente para animais mestiços, alguns autores (Rodríguez et al., 1988; Arce e Correa, 2005) também têm utilizado com eficiência a função Gama Incompleta e a Polinomial Inversa (Ribeiro, 1997), além de diversos outros modelos (Bianchini Sobrinho, 1984).

Existem vários trabalhos com a finalidade de identificar modelos que promovam melhores ajustes à produção de leite de bovinos, porém, segundo Cobuci et al. (2000) são poucos que estudam os parâmetros genéticos relacionados com as características da curva. Em diversos trabalhos tem-se mostrado a influência dos fatores ambientais sobre a forma da curva de lactação de bovinos. Entre os fatores ambientais citados na literatura, que podem influenciar a produção de leite, alterando o formato da curva de lactação, destacam-se o estágio de lactação (Ali e Schaeffer, 1987), a idade da vaca ao parto (Ptak e Schaeffer, 1993; Swalve, 1995), o rebanho, o ano de parto e a estação do parto (Ptak e Schaeffer, 1993; Cobuci et al., 2000; Tekerli et al., 2000; Dedková e Nemcová, 2003; Arce e Correa, 2005).

Estudando lactações de 142 vacas Guzerá exploradas no semi-árido da Região Nordeste do Brasil, Barbosa et al. (1986) encontraram efeito significativo da época de parto sobre a produção de leite, sendo que as vacas que iniciaram a lactação na estação seca do ano foram mais produtivas.

Cobuci et al. (2000) observaram que os efeitos de rebanho, ano e idade da vaca ao parto influenciaram ( $P < 0,05$ ) a produção de leite e algumas estimativas dos parâmetros da curva de lactação de 583 vacas Guzerá distribuídas em nove rebanhos.

Utilizando uma versão da função Gama Incompleta, Cobuci et al. (2001) analisaram a produção de leite total, o período de lactação e os parâmetros estimados por este modelo, utilizando lactações de vacas Guzerá. Observaram que vacas mais jovens tiveram menores produções iniciais e que vacas com maiores produções iniciais apresentam declínio na produção de leite mais acentuado ao longo da lactação.

Os objetivos do presente trabalho foram estudar os efeitos dos fatores ambientais sobre a forma da curva de lactação e seus componentes utilizando as funções Polinomial

Inversa e Gama Incompleta, além de estimar parâmetros genéticos para a produção total, produção inicial e taxa de declínio estimados pelo modelo Gama Incompleto.

## **Material e Métodos**

### **1. Origem dos dados**

Foram utilizados dados de 840 lactações de produção de leite de bovinos, sendo 467 lactações da raça Guzerá e 373 lactações da raça Sindi, obtidas no período de 1986 a 2004, pertencentes a Fazenda Carnaúba, município de Taperoá, Estado da Paraíba. A Fazenda está localizada na microrregião do Cariri Ocidental, a 7 ° 12' 23'', de latitude sul, e 36 ° 49' 25'', de longitude W.G., a uma altitude de 500 m (IBGE, 1990). O Clima da região está inserido no subtipo B, sub-desértico quente, de tendência tropical, com precipitação anual média em torno de 300 mm, sendo caracterizado por apresentar curta estação chuvosa e estação seca prolongada, maior que oito meses, e umidade relativa do ar em torno de 65% (Governo do Estado da Paraíba/UEPB, 1985).

A fazenda Carnaúba possui uma área aproximada de 900 hectares cultivados, em sua grande parte, com capim Buffel (*Cenchrus ciliaries* L.), palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill), além de capineiras formadas de capim elefante (*Penisetum purpureum* Shum).

Durante a época das chuvas, o rebanho é mantido em regime semi-extensivo, no pasto, com suplementação mineral em cocho coberto à vontade. No período de estiagem (segundo semestre do ano), os animais são submetidos à semi-estabulação e suplementados com volumoso ou ração balanceada, elaborada na própria fazenda.



A monta foi natural, a campo, com os reprodutores colocados em lotes de vacas previamente selecionadas de acordo com a descendência e com a condição corporal. As vacinações foram realizadas, sistematicamente, contra raiva e aftosa.

## 2. Controle leiteiro e formação do arquivo

O controle leiteiro foi realizado a cada 35 dias, em duas ordenhas diárias, com intervalo de 12 horas entre as ordenhas. A produção de leite é anotada em fichas individuais que contêm anotações referentes à vida reprodutiva de cada animal. A partir das fichas de produção e reprodução, foi editado um arquivo contendo número da vaca, data do nascimento, data do parto, produção de leite diária e data do controle leiteiro. Foram eliminadas as lactações que iniciaram o controle de produção 35 dias após o parto e lactações com menos de 5 controles, de modo a ter lactações com, no mínimo, 140 dias de duração.

Os dados foram classificados em estágios, de acordo com a periodicidade dos controles, conforme as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Distribuição da produção média de leite (kg/dia) de vacas Guzerá por estágio de lactação

*Table 1. Distribution of mean production of Guzerá cow milk (kg/day) according to stage of lactation*

Estágios da Lactação <i>Lactation Stage</i>	Dias de Lactação <i>Days of Lactation</i>	Número de Observações <i>Number of Observations</i>	Produção Média <i>Mean Production</i>	CV <i>CV</i>	Mínimo <i>Minimum</i>	Máximo <i>Maximum</i>
1	1-35	467	12,64	22,99	6,70	24,00
2	36-71	467	11,45	22,79	5,00	20,10
3	72-107	467	10,14	23,27	2,40	17,70
4	108-143	457	8,99	24,69	3,40	16,40
5	144-179	436	8,17	26,29	2,40	15,20
6	180-215	426	7,50	27,71	2,40	14,20
7	216-251	404	6,86	28,19	2,00	12,80
8	252-287	386	6,37	29,02	2,40	13,10
9	288-323	355	5,84	29,31	2,10	15,50
10	324-359	252	5,70	28,78	2,00	10,90
11	360-395	122	5,69	30,44	2,00	10,30
12	396-431	041	5,94	27,13	2,70	10,30

Tabela 2. Distribuição da produção média de leite (kg) de vacas Sindi por estágio de lactação

*Table 2. Distribution of mean production of Sindi cow milk (kg) according to stage of lactation*

Estágios da Lactação <i>Lactation Stage</i>	Dias de Lactação <i>Days of Lactation</i>	Número de Observações <i>Number of Observations</i>	Produção Média <i>Mean Production</i>	CV <i>CV</i>	Mínimo <i>Minimum</i>	Máximo <i>Maximum</i>
1	1-35	373	11,75	23,73	4,10	19,30
2	36-71	373	10,77	23,70	5,30	19,40
3	72-107	373	9,74	23,16	4,00	17,20
4	108-143	361	8,88	22,94	3,30	14,40
5	144-179	350	8,11	24,40	3,30	13,90
6	180-215	332	7,37	25,51	2,30	14,20
7	216-251	307	6,65	28,27	2,00	13,20
8	252-287	288	6,08	28,71	2,00	12,80
9	288-323	246	5,81	25,12	2,50	10,90
10	324-359	157	5,45	26,54	2,50	9,80
11	360-395	089	5,21	26,04	2,50	8,50
12	396-431	028	5,36	23,84	3,30	8,30

### 3. Funções utilizadas para o ajuste das lactações

Duas funções matemáticas foram utilizadas para ajustar as lactações, tanto para a curva média como para as lactações individuais, a saber:

a) Função Polinomial Inversa – FPI - (Nelder, 1966)

$$y = x (a_0 + a_1x + a_2x^2)^{-1}$$

b) Função Gama Incompleta – FGI - (Wood, 1967)

$$y = a_0 x^{a_1} e^{-a_2 x}$$

O ajuste para a curva média foi realizado usando-se a média diária de produção de leite em cada estágio da lactação e usando-se todas as produções em cada estágio. Para as lactações individuais, o ajuste foi realizado considerando a produção de leite em dias.

Para estas funções, y é a produção de leite (kg);  $a_0$ ,  $a_1$  e  $a_2$  são parâmetros da curva e serem estimados e x é o estágio da lactação.

Os parâmetros das funções foram estimados através de técnicas não lineares, usando-se o método modificado de Gauss-Newton disponível no PROC NLIN (SAS, 1996).

#### 4. Desvios entre as produções de leite totais observadas (PL) e estimadas (PLE)

A produção total observada foi obtida pelo método escada corrigido (Bianchini Sobrinho, 1988) de acordo com:

$$PL = Y_1 X_1 + \sum y_i x_i + Y_n X_n$$

Em que:

$Y_1$  = produção diária de leite no primeiro controle;

$X_1$  = amplitude do intervalo entre o início da lactação e o primeiro controle;

$n$  = número de dias em lactação no último controle;

$y_i$  = produção diária de leite no  $i$ -ésimo controle;

$x_i$  = amplitude do intervalo entre controles;

$Y_n$  = produção diária de leite no último controle;

$X_n$  = amplitude do intervalo entre o último controle e o final da lactação.

As produções totais estimadas pelas funções foram obtidas pela somatória das produções estimadas em cada dia de lactação, sendo os desvios dados por:

$$Desvio(\%) = \frac{(PL - PLE) \times 100}{PL}$$

Após as estimativas dos parâmetros, foram avaliadas as influências dos fatores não genéticos sobre produção de leite total (PLT), produção de gordura total (PGT) e

parâmetros das funções utilizadas. Foram também estimados os coeficientes de herdabilidade e repetibilidade para produção de leite total, produção de gordura total e parâmetros  $a_0$  (produção inicial de leite),  $a_1$  e  $a_2$  (taxa de declínio da produção de leite).

Os fatores ambientais utilizados para compor as fontes de variação foram: raça (Guzerá e Sindi), ano de parto (1986 a 2004), estação de parto (1 = águas e 2 = seca) e ordem de parto (1 a 8).

O modelo estatístico usado para verificar quais os fatores ambientais que poderiam influenciar a forma da curva de lactação foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + A_j + RA_{ij} + E_k + O_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Em que:

$Y_{ijkl}$  = observação (produção total de leite, produção total de gordura, estimativa dos parâmetros do modelo matemático);

$\mu$  = constante comum a todas as observações;

$R_i$  = efeito da raça ( $i = 1, 2$ );

$A_j$  = efeito do ano de parto ( $j = 1986, 1987, \dots, 2004$ );

$RA_{ij}$  = efeito da interação raça  $i$  – ano de parto  $j$ ;

$E_k$  = efeito da estação de parto ( $k = 1, 2$ );

$O_l$  = efeito da ordem de parto ( $l = 1, 2, \dots, 8$ );

$\varepsilon_{ijkl}$  = erro aleatório associado a cada observação.

A estimativa dos parâmetros genéticos para as características estudadas foi utilizado o método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), através do programa

MTDFREML - Multiple Trait Derivate Free Restricted Maximum Likelihood – (Boldman et al., 1995), utilizando o modelo abaixo:

$$\underset{\sim}{y} = \underset{\sim}{X} \underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{Z} \underset{\sim}{g} + \underset{\sim}{W} \underset{\sim}{p} + \underset{\sim}{e}$$

Em que:

$\underset{\sim}{y}$  = vetor das variáveis dependentes (produção inicial e taxa de declínio da produção);

$\underset{\sim}{X}$  = matriz de incidência dos efeitos fixos;

$\underset{\sim}{\beta}$  = vetor dos efeitos fixos (grupo contemporâneo e ordem de parto);

$\underset{\sim}{Z}$  = matriz de incidência dos efeitos genéticos diretos;

$\underset{\sim}{g}$  = vetor dos efeitos aleatórios dos valores genéticos diretos do animal;

$\underset{\sim}{W}$  = matriz de incidência dos efeitos permanentes de ambiente;

$\underset{\sim}{p}$  = vetor dos efeitos permanentes de ambiente;

$\underset{\sim}{e}$  = vetor dos erros aleatórios associados a cada observação.

## Resultados e Discussão

As médias das produções de leite por controle de vacas Guzerá e Sindi são apresentadas nas Tabelas 1 e 2. A média da produção de leite por lactação foi de 2.388,50 kg, com coeficiente de variação de 30,05%, para vacas da raça Guzerá, e 2.267,65 kg, com coeficiente de variação de 30,87%, para vacas da raça Sindi. A média da produção de gordura foi de 132,81 kg, com coeficiente de variação de 33,36%, e 122,03 kg, com coeficiente de variação de 36,69, para as raças Guzerá e Sindi, respectivamente.

As curvas de lactação média observadas, para as duas raças estudadas, em função da estação de parto, estão representadas nas Figuras 1 e 2. Os formatos das curvas de lactação, tanto para a raça Guzerá como para a raça Sindi, apresentaram tendência linear, com picos de produção observados logo no início da lactação, semelhantes ao obtido por Cobuci et al. (2000), para lactações de vacas da raça Guzerá.

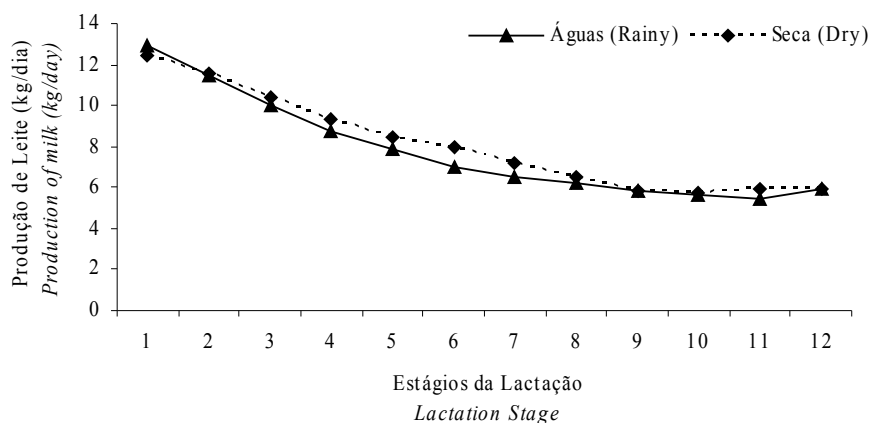


Figura 1. Curva de lactação média observada para as diferentes estações de parto de vacas guzerá.

Figure 1. Lactation curve average observed for the different calving season of Guzerá cows.

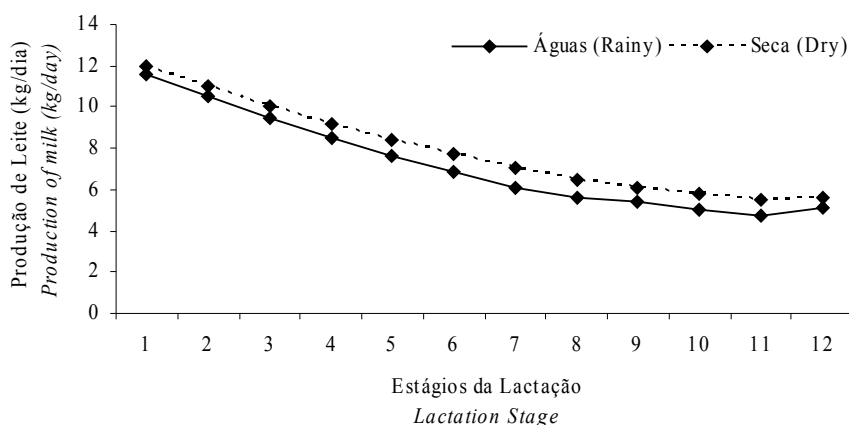


Figura 2. Curva de lactação média observada para as diferentes estações de parto de vacas Sindi.

Figure 2. Lactation curve average observed for the different calving season of Sindi cows.

São apresentadas na Tabela 3 as análises de variância da produção de leite total, produção de gordura total e parâmetros estimados pela função Polinomial Inversa. Observa-se que, para esta função, os efeitos de raça, ano, estação e ordem de parto influenciaram ( $P < 0,05$ ) a produção de leite total, produção de gordura e as estimativas dos parâmetros das curvas de lactação, exceto para o parâmetro  $a_2$  nas diferentes raças e  $a_0$  nas diferentes estações de parto para a produção de leite. Para a produção de gordura, não houve variação ( $P > 0,05$ ) para o parâmetro  $a_1$  nas diferentes estações de parto.

Tabela 3. Resumo das análises de variância da Produção de Leite Total (PLT), Produção de Gordura Total (PGT) e dos parâmetros estimados pela função Polinomial Inversa

Table 3. Analysis of variance for total milk yield (PLT), total fat yield (PGT) and for the parameters estimated by Inverse Polynomial function

Fonte de Variação <i>Source of variation</i>	GL <i>df</i>	Quadrado Médio – <i>Mean Square</i>			
		PLT	$a_0$	$a_1$	$a_2$
Raça	01	3.224.168,59*	0,0588*	0,0038*	0,00000043 <sup>ns</sup>
Ano de Parto	16	1.836.469,97*	0,5805*	0,0008*	0,00000160*
Raça x Ano de Parto	12	544.611,54*	0,9379*	0,0004*	0,00000098*
Estação de Parto	01	465.078,97*	0,0002 <sup>ns</sup>	0,0010*	0,00000574*
Ordem de parto	07	854.721,52*	0,3679*	0,0014*	0,00000056*
Resíduo	285	270.420,60	0,1495	0,0003	0,00000004
		PGT	$a_0$	$a_1$	$a_2$
Raça	01	13.874,74*	45,7484*	1,9312*	0,00000457*
Ano de Parto	16	8.690,40*	386,3238*	0,2843*	0,00005981*
Raça x Ano de Parto	12	1.443,87*	277,2616*	0,1759*	0,00003388*
Estação de Parto	01	1.024,09*	334,7823*	0,0237 <sup>ns</sup>	0,00005691*
Ordem de parto	07	2.186,15*	57,6674*	0,5250*	0,00001029*
Resíduo	235	927,44	84,4023	0,1504	0,00000980

<sup>ns</sup>( $P > 0,05$ ); \*( $P < 0,05$ ).

O resumo das análises de variância da produção de leite total, produção de gordura total e dos parâmetros estimados pela função Gama Incompleta encontra-se na Tabela 4. Observa-se que os efeitos de raça, ano, estação, e ordem de parto influenciaram ( $P < 0,05$ ) a produção de leite total, a produção de gordura e as estimativas

dos parâmetros da curva de lactação, exceto o efeito de raça para a produção inicial de leite e gordura (parâmetro  $a_0$ ). Para a produção de gordura não houve também variação ( $P>0,05$ ) para a produção inicial nas diferentes estações de parto.

Esta falta de variação ocorrida para a produção inicial de leite e gordura, estimada pelo modelo Gama Incompleto, entre as duas raças, pode ter ocorrido em virtude das produções iniciais de leite serem muito próximas, além do fato de os animais estarem submetidos ao mesmo manejo alimentar, reprodutivo e sanitário e por pertencerem ao mesmo rebanho. Resultados semelhantes aos obtidos no presente trabalho também foram relatados por Cobuci et al. (2000).

Tabela 4. Resumo das análises de variância da Produção de Leite Total (PLT), Produção de Gordura Total (PGT) e dos parâmetros estimados pela função Gama Incompleta

Table 4. Analysis of variance for total milk yield (PLT), total fat yield (PGT) and for the parameters estimated by Incomplete Gamma function

Fonte de Variação <i>Source of variation</i>	GL <i>df</i>	Quadrado Médio – <i>Mean Square</i>			
		PLT	$a_0$	$a_1$	$a_2$
Raça	01	2.285.757,26*	0,0033 <sup>ns</sup>	0,0041*	0,00001605*
Ano de Parto	16	1.119.858,96*	23,7784*	0,0262*	0,00000706*
Raça x Ano de Parto	12	234.581,72*	17,5992*	0,0147*	0,00000175*
Estação de Parto	01	583.912,48*	2,4456*	0,0001*	0,00003255*
Ordem de parto	07	569.881,49*	14,8948*	0,0269*	0,00000877*
Resíduo	285	283.136,88	11,0428	0,0115	0,00000313
		PGT	$a_0$	$a_1$	$a_2$
Raça	01	15.482,85*	0,00410631 <sup>ns</sup>	0,67855887*	0,00018755*
Ano de Parto	16	5.836,25*	0,10829685*	0,14762685*	0,00005421*
Raça x Ano de Parto	12	1.604,26*	0,05890808*	0,17409815*	0,00004298*
Estação de Parto	01	7.091,49*	0,00526880 <sup>ns</sup>	0,78875660*	0,00043111*
Ordem de parto	07	1.417,44*	0,03699891*	2,84848713*	0,00103617*
Resíduo	235	933,09	0,02803781	0,35610070	0,00006976

<sup>ns</sup> ( $P>0,05$ ); \* ( $P<0,05$ ).

São apresentadas na Tabela 5 as estimativas da produção de leite total, produção da gordura total e desvios da produção de leite e de gordura, para as raças estudadas, pelas funções Polinomial Inversa e Gama Incompleta. Observa-se que a função



Polinomial Inversa apresentou, tanto para raça Guzerá como para a raça Sindi, melhores estimativas que a função Gama Incompleta. Os valores estimados pelo modelo polinomial inverso apresentaram menores desvios em relação à média observada tanto para produção de leite como para a produção de gordura.

Para a raça Guzerá a diferença entre os modelos para a produção de leite (desvio da produção) foi de 22,33 kg (25%). Para a produção de gordura essa diferença foi de 3,88 kg (66%). Para a raça Sindi a diferença entre os modelos para a produção de leite foi de 18,74 kg (27%); para a produção de gordura os desvios apresentaram uma maior magnitude, 23,51 kg (74%).

Tabela 5. Estimativas da Produção de Leite Total (PLT), Produção da Gordura Total (PGT) e desvios da produção de leite e gordura para as raças estudadas de acordo com a função utilizada

*Table 5. Estimates of total milk yield (PLT), total fat yield (PGT) and deviations of the production of milk and fat for the breeds studied obtained with functions*

Raça <i>Breed</i>	Função <i>Function</i>	PLT	Desvio (%) <i>Deviation (%)</i>	Desvio (kg) <i>Deviation (kg)</i>	PGT	Desvio (%) <i>Deviation (%)</i>	Desvio (kg) <i>Deviation (kg)</i>
Guzerá	FPI	2.504,57	-2,72	68,12	139,64	2,53	1,97
	FGI	2.519,51	-3,59	90,45	132,39	5,59	5,85
Sindi	FPI	2.397,51	-2,16	51,79	127,21	-10,47	8,33
	FGI	2.415,40	-2,92	70,53	159,04	-25,87	31,84

As médias da produção de leite total, produção de gordura total e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Polinomial Inversa, de acordo com a estação de parto, são apresentadas na Tabela 6. Observa-se que, com este modelo, tanto para a raça Guzerá como para a raça Sindi, estimaram-se maiores produções de leite e de gordura para animais paridos na estação seca. Isto deve ter ocorrido, provavelmente, pelo fato destes animais terem parido na época seca, onde são suplementados, e passado grande parte da lactação durante a época das águas.

Tabela 6. Média da Produção de Leite Total (PLT), da Produção de Gordura Total (PGT) e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Polinomial Inversa de acordo com a estação de parto

Table 6. Means of production total milk (PLT), production total fat (PGT) and the estimates of the parameters obtained for Inverse Polynomial function, according to the calving season

Raça - Breed	Estação - Seasons	Leite - Milk			
		PLT	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
Guzerá	Seca - Dry	2.584,78	0,414007	0,055113	0,000399
	Águas - Rainy	2.399,63	0,350191	0,054796	0,000438
Sindi	Seca - Dry	2.444,03	0,353991	0,062087	0,000371
	Águas - Rainy	2.230,30	0,482736	0,059285	0,000458
		Gordura - Fat			
		PGT	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
Guzerá	Seca - Dry	146,65	9,947429	1,130895	0,005532
	Águas - Rainy	133,97	8,012826	1,125696	0,006812
Sindi	Seca - Dry	133,21	7,197254	1,324152	0,005739
	Águas - Rainy	121,51	9,970185	1,291504	0,007598

Na Tabela 7 são apresentadas as médias da produção de leite total, produção de gordura total e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Gama Incompleta de acordo com a estação de parto. Verifica-se que este modelo seguiu a mesma tendência apresentada pelo modelo Polinomial Inverso, com estimativas de produção de leite e de gordura, para as duas raças, superiores para animais que iniciaram a lactação na estação seca do ano. Para o modelo Gama Incompleto, observa-se que as estimativas do parâmetro a<sub>2</sub> (taxa de declínio da produção) são menores para a estação seca que suas estimativas para a estação das águas. Portanto, maiores produções de leite e de gordura estariam associadas a menores taxas de declínio da produção. Estes resultados são diferentes dos notificados por Arce e Correa (2005), que estudaram lactações de vacas mestiças no México utilizando o modelo Gama Incompleto. Estes autores não encontraram diferenças significativas entre as produções iniciais de vacas nas diferentes estações do ano.

Tabela 7. Média da Produção de Leite Total (PLT), da Produção de Gordura Total (PGT) e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Gama Incompleta de acordo com a estação de parto

Table 7. Means of production total milk (PLT), production total fat (PGT) and estimates of the parameters obtained for Incomplete Gamma function, according to the calving season

Raça - Breed	Estação - Seasons	Leite - Milk			
		PLT	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
Guzerá	Seca - Dry	2.989,19	9,889604	0,107527	0,003765
	Águas - Rainy	2.337,08	9,952998	0,102667	0,004334
Sindi	Seca - Dry	2.402,58	10,993837	0,078969	0,003409
	Águas - Rainy	2.304,85	9,348598	0,115172	0,003997
		Gordura - Fat			
		PGT	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
Guzerá	Seca - Dry	143,10	0,4399411	0,2263934	0,0041865
	Águas - Rainy	126,64	0,4467807	0,3773316	0,0072345
Sindi	Seca - Dry	128,83	0,4692370	0,1358826	0,0032128
	Águas - Rainy	120,41	0,4096410	0,1680840	0,0036565

As oscilações das estimativas da produção inicial (a<sub>0</sub>) e da taxa de declínio (a<sub>2</sub>) da produção de leite e de gordura, em função da ordem de parto, são representadas nas Figuras 3 e 4.

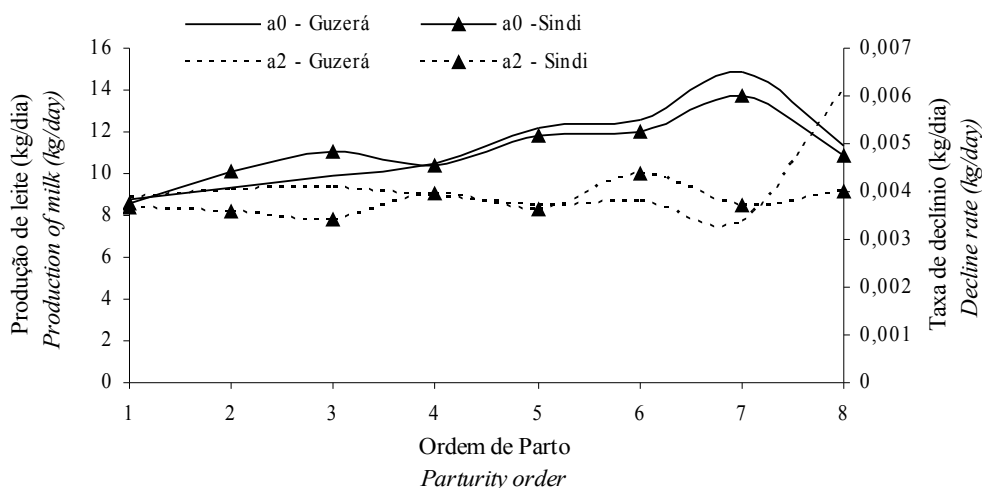


Figura 3. Produção inicial de leite (a<sub>0</sub>) e taxa de declínio da produção (a<sub>2</sub>) estimadas pela Função Gama Incompleta, de acordo com a ordem de parto.

Figure 3. Initial milk production (a<sub>0</sub>) and production decline rate (a<sub>2</sub>) estimated for Gamma Incomplete Function, according parturition order.

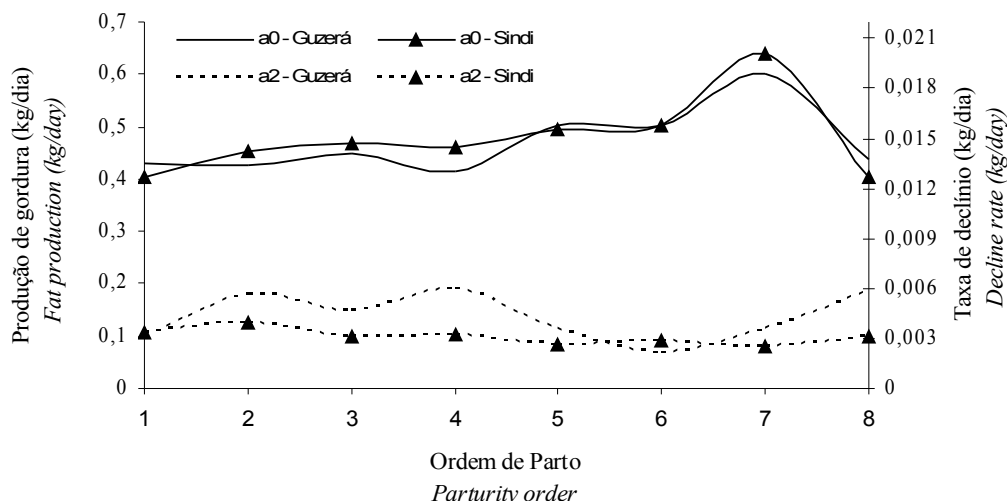


Figura 4. Produção inicial de gordura ( $a_0$ ) e taxa de declínio da produção ( $a_2$ ) estimadas pela Função Gama Incompleta, de acordo com a ordem de parto.

Figure 4. Initial fat production ( $a_0$ ) and production decline rate ( $a_2$ ) estimated for Gamma Incomplete Function, according parturition order.

As médias da produção de leite total, duração de lactação e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Polinomial Inversa, de acordo com a ordem de parto, são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 08. Médias da Produção de Leite Total (PLT), Duração de Lactação (DL) e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Polinomial Inversa, de acordo com a Ordem de Parto (OP)

Table 08. Means of production total milk (PLT), duration of lactation (DL) and estimates of the parameters obtained by the function Inverse Polynomial according to parturition order (OP)

Raça Breed	OP	PLT (kg)	DL (dias) DL (days)	$a_0$	$a_1$	$a_2$
Guzerá	1	2.261,79	285,94	0,4843950	0,0621397	0,00044042
	2	2.485,37	278,13	0,3929077	0,0572889	0,00041337
	3	2.672,38	282,75	0,3626411	0,0525856	0,00039532
	4	2.748,30	284,34	0,3806468	0,0517212	0,00041770
	5	2.868,82	295,60	0,2865103	0,0506663	0,00036684
	6	2.419,19	279,52	0,3577901	0,0439651	0,00045315
	7	2.705,17	289,42	0,2954591	0,0476753	0,00045273
	8	2.646,69	267,63	0,2257805	0,0489219	0,00046444
Sindi	1	2.108,96	279,90	0,5004426	0,0667970	0,00041741
	2	2.519,28	281,42	0,3819315	0,0606795	0,00039797
	3	2.582,57	275,15	0,3308986	0,0594096	0,00040179
	4	2.413,27	263,10	0,4167930	0,0558895	0,00040272
	5	2.485,73	256,64	0,3319235	0,0553384	0,00042198
	6	2.745,51	288,05	0,3484931	0,0497548	0,00044533
	7	2.695,00	286,60	0,3336135	0,0476881	0,00042690
	8	2.879,96	287,65	0,3619995	0,0535083	0,00037733

Observa-se que a produção de leite total de vacas Guzerá aumentou gradativamente até a quinta ordem, onde apresenta o seu maior valor. A produção de leite estimada pelo modelo Polinomial Inverso para as vacas Sindi seguiu a mesma tendência observada para a raça Guzerá, com aumento crescente da produção de leite em função da ordem de parto. Porém, maiores valores de produção de leite foram observados para os animais incluídos na oitava ordem de parto.

Para a produção de gordura total (Tabela 9) foi observada a mesma tendência da produção de leite, com aumento crescente da produção de gordura em função do aumento da ordem de parto e maiores produções de gordura de animais da raça Guzerá incluídos na quinta ordem de parto e na oitava ordem de parto para os animais da raça Sindi.

Tabela 9. Médias da Produção de Gordura Total (PGT), Duração de Lactação (DL) e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Polinomial Inversa, de acordo com a Ordem de Parto (OP)

*Table 9. Means of production total fat (PGT) duration of lactation (DL) and estimates of the parameters obtained by the function Inverse Polynomial according to parturition order (OP)*

Raça <i>Breed</i>	OP	PGT (kg)	DL (dias) <i>DL (days)</i>	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
Guzerá	1	128,03	285,94	11,0513728	1,2668301	0,0064626
	2	139,18	278,13	9,2254500	1,1997795	0,0059906
	3	149,23	282,75	8,7245755	1,1095758	0,0056662
	4	151,52	284,34	9,2683454	1,0134506	0,0061708
	5	159,23	295,60	8,1559500	1,0470255	0,0052419
	6	128,04	279,52	8,0979752	0,9136710	0,0086152
	7	152,11	289,42	4,4181992	0,9009615	0,0063402
	8	135,34	267,63	5,7601947	1,0044538	0,0060410
Sindi	1	111,22	279,90	10,9366202	1,4013907	0,0065708
	2	136,11	281,42	7,3807988	1,2819620	0,0064511
	3	138,98	275,15	7,3951900	1,2876572	0,0063566
	4	128,33	263,10	6,9562736	1,2770751	0,0059428
	5	136,50	256,64	5,6654426	1,2131452	0,0071172
	6	153,79	288,05	5,4445657	1,1220969	0,0077029
	7	148,40	286,60	3,5439072	1,1622560	0,0064893
	8	167,24	287,65	8,4052442	1,1760357	0,0067350

Na Tabela 10 são apresentadas as médias da produção de leite total, duração de lactação e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Gama Incompleta, de

acordo com a ordem de parto. Semelhantemente a estimativa obtida pelo modelo Polinomial Inverso, observa-se que vacas mais jovens apresentaram menores produções de leite e de gordura. A produção de leite total de vacas Guzerá aumentou gradativamente apresentando o seu maior valor para vacas incluídas na sétima ordem de parto. Para vacas Sindi a tendência da produção de leite estimada pelo modelo Gama Incompleto seguiu a mesma tendência observada para a raça Guzerá, com aumento crescente da produção de leite, em função da ordem de parto, com maiores valores de produção de leite observada para os animais incluídos na sétima ordem de parto.

Tabela 10. Médias da Produção de Leite Total (PLT), Duração de Lactação (DL) e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Gama Incompleta, de acordo com a Ordem de Parto (OP)

*Table 10. Means of production total milk (PLT), duration of lactation (DL) and estimates of the parameters obtained by the function Incomplete Gamma, according to parturity order (OP)*

Raça <i>Breed</i>	OP	PLT (kg)	DL (dias) <i>DL (days)</i>	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
Guzerá	1	2.184,85	279,23	8,7143986	0,1092234	0,0038648
	2	2.411,06	264,28	9,3116602	0,1155297	0,0040497
	3	2.661,45	286,57	9,8598421	0,1197458	0,0040913
	4	2.764,23	285,42	10,4609442	0,0978766	0,0039143
	5	2.880,34	294,62	12,1449876	0,0830570	0,0036951
	6	2.389,33	281,71	12,6020905	0,0585037	0,0037787
	7	3.058,55	276,72	14,8414291	0,0267214	0,0033622
	8	2.339,06	261,03	11,3520141	0,1269970	0,0061668
Sindi	1	2.025,36	272,26	8,5351193	0,1260817	0,0036493
	2	2.547,72	278,05	10,0911281	0,0911281	0,0035966
	3	2.494,55	269,23	11,0530982	0,0560584	0,0033971
	4	2.363,78	265,52	10,4250268	0,1010807	0,0039583
	5	2.571,15	250,35	11,8531353	0,0640182	0,0036414
	6	2.487,13	271,73	12,0215536	0,0528648	0,0043896
	7	2.853,25	281,25	13,6695608	0,0304018	0,0037213
	8	2.782,24	277,54	10,8512622	0,0897767	0,0039903

Para a produção de gordura total (Tabela 11) foi observada a mesma tendência da produção de leite, com o aumento crescente da produção de gordura à medida que a ordem de parto aumenta e maiores produções de gordura de animais da raça Guzerá e Sindi incluídos na sétima ordem de parto.

Os parâmetros estimados pelo modelo Gama Incompleto, em função da ordem de parto, apresentaram grandes oscilações, tanto para a produção de leite como para a produção de gordura, nas duas raças (Tabelas 10 e 11). Observa-se que animais mais jovens apresentaram menor produção inicial de leite e de gordura ( $a_0$ ). Vacas com maiores produções iniciais apresentam, em média, declínio ( $a_2$ ) na produção de leite e de gordura mais acentuado. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Cobuci et al. (2001) e Arce e Correa (2005).

Tabela 11. Médias da Produção Gordura Total (PGT), Duração de Lactação (DL) e das estimativas dos parâmetros obtidos pela função Gama Incompleta, de acordo com a Ordem de Parto (OP)

*Table 11. Means of production total fat (PGT) duration of lactation (DL) and estimates of the parameters obtained by the function Incomplete Gamma according to parturity order (OP)*

Raça <i>Breed</i>	OP	PGT (kg)	DL (dias) <i>DL (days)</i>	$a_0$	$a_1$	$a_2$
Guzerá	1	126,57	279,23	0,4301568	0,1284109	0,0031320
	2	132,20	264,28	0,4274317	0,3402230	0,0056117
	3	147,86	286,57	0,4490693	0,2591853	0,0046675
	4	155,18	285,42	0,4149190	0,3566428	0,0059934
	5	155,51	294,62	0,5014108	0,1656366	0,0035386
	6	122,22	281,71	0,5032927	0,9758236	0,0021043
	7	169,72	276,72	0,6000911	0,0675909	0,0035837
	8	129,54	261,03	0,4379528	0,1872117	0,0059025
Sindi	1	106,17	272,26	0,4040791	0,1574763	0,0033745
	2	136,90	278,05	0,4508806	0,1847960	0,0039349
	3	133,65	269,23	0,4694939	0,1129611	0,0030792
	4	126,58	265,52	0,4594492	0,1478133	0,0032724
	5	138,12	250,35	0,4951675	0,0956675	0,0026846
	6	138,17	271,73	0,5006478	0,1006647	0,0028824
	7	159,25	281,25	0,6386630	0,0245528	0,0024995
	8	158,88	277,54	0,4042161	0,1584243	0,0031470

O efeito significativo da ordem de parto sobre as produções iniciais de leite e gordura pode ser atribuído ao fato de que vacas jovens, no início da atividade reprodutiva, não têm completado o seu desenvolvimento corporal. Assim, estes animais devem satisfazer primeiramente às necessidades de manutenção e crescimento, e depois, as atividades produtivas apresentando assim, menores produções iniciais de leite e de gordura e, conseqüentemente, menores produções totais.

Na Tabela 12 são apresentadas as estimativas dos coeficientes de herdabilidade e repetibilidade para a produção inicial e taxa de declínio da produção de leite e de gordura, estimadas pelo modelo Gama Incompleto.

As estimativas de herdabilidade foram muito baixas, indicando que o formato da curva de vacas Guzerá e Sindi, neste estudo, não pode ser alterado por seleção com bases nesses componentes da curva de lactação. Esta mesma tendência foi observada por Cobuci et al. (2000). Arce e Correa (2005) relataram estimativas de repetibilidade de 0,27 para a produção inicial ( $a_0$ ) e 0,06 para a taxa de declínio ( $a_2$ ) utilizando o modelo Gama Incompleto, sugerindo que a curva de lactação seja influenciada mais por fatores ambientais que por fatores genéticos. Tekerli et al. (2000) relataram valores de repetibilidade de 0,15 para ( $a_0$ ) e 0,12 para ( $a_2$ ). Tekerli (2000) encontrou, para vacas holandesas, valores de herdabilidade de 0,01 para produção inicial ( $a_0$ ), e 0,16 para taxa de declínio ( $a_2$ ), utilizando o modelo Gama Incompleto.

Tabela 12. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade e repetibilidade para a os parâmetros  $a_0$  (produção inicial),  $a_1$ ,  $a_2$  (taxa de declínio) e produção total (PT) estimados pela Função Gama Incompleta da curva de lactação de bovinos das raças Guzerá e Sindi

Table 12. Values estimated for the coefficients of heritability and repeatability, for the parameters  $a_0$  (initial production),  $a_1$ ,  $a_2$  (decline rate) and total yield (PT) estimated for Gamma Incomplete Function of lactation curve of Guzerá and Sindi cows

Raça <i>Breed</i>	Parâmetro <i>Parameter</i>	Leite - <i>Milk</i>		Gordura - <i>Fat</i>	
		Herdabilidade <i>heritability</i>	Repetibilidade <i>repeatability</i>	Herdabilidade <i>heritability</i>	Repetibilidade <i>repeatability</i>
Guzerá	$a_0$	0,18±0,19	0,62±0,20	0,08±0,10	0,14±0,10
	$a_1$	0,01±0,15	0,15±0,17	0,04±0,32	0,63±0,47
	$a_2$	0,01±0,17	0,20±0,19	0,01±0,33	0,11±0,46
	PT	0,19±0,18	0,54±0,19	0,01±0,13	0,58±0,12
Sindi	$a_0$	0,01±0,13	0,50±0,16	0,01±0,25	0,16±0,28
	$a_1$	0,05±0,16	0,17±0,19	0,01±0,25	0,32±0,26
	$a_2$	0,10±0,17	0,15±0,20	0,04±0,35	0,48±0,32
	PT	0,02±0,10	0,07±0,11	0,02±0,10	0,54±0,11



### Conclusões

O modelo Polinomial Inverso apresentou melhores estimativas de produção de leite total e gordura total que o modelo Gama Incompleto.

Devido a baixa herdabilidade da taxa de declínio da produção de leite e de gordura, os formatos das curvas de lactação de vacas Guzerá e Sindi não podem ser alterados pela seleção com base nesse componente da curva. A seleção direta para menores taxas de declínio seria de baixa eficiência.

### Literatura Citada

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

ARCE, M.M. O.; CORREA, J.C.S. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas Bos tauros x Bos Indicus en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. **Técnica Pecuaria en México**, v.43, n.1, p.127-137, 2005.

BARBOSA, S.B.P.; PEREIRA, C.S.; FONSECA, C.G. et al. Estudo de características produtivas de um rebanho Guzerá na região agreste de Pernambuco. I - Produção de leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.38, n.2, p.381-389, 1986.

BIANCHINI SOBRINHO, E. **Estudo da curva de lactação em vacas da raça Gir**. Ribeirão Preto: FMVRP/USP, 1984. 88p. Tese (Doutorado em Genética) – Faculdade de Medicina Veterinária de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo, 1984.

BIANCHINI SOBRINHO, E. **Estimativa de produção total de leite de vacas da raça Gir, baseada em controles semanais, quinzenais, mensais e bimestrais, obtenção de fatores multiplicativos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1988. 90p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista, 1988.

BOLDMAN, K.G.; KRIESE, L.A.; Van VLECK, D.L. et al. **A manual for use of MTDFREML**. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT]. Lincon: USDA/ARS, 1995, 120p.

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

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

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

DĚDKOVÁ, L.; NĚMCOVÁ, E. Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows in the Czech Republic. **Czech Journal of Animal Science**, v.48, n.10, p.395–402, 2003.

FERREIRA, E.B.; BEARZOTI, E. Comparação de métodos no ajustamento de curvas de lactação de bovinos por meio de simulação. **Ciência Agrotécnica**, v.27, n.4, p.865-872, 2003.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. Secretaria da Educação. UFPB. Atlas Geográfico do Estado da Paraíba, Grafset, 1985, 100p.

IBGE – Enciclopédia dos Municípios Brasileiros. Instituto de Geografia e Estatística, João Pessoa, PB, v. XVII, 1990.

NELDER, J.A. Inverse polynomials a useful group of multifactor response functions. **Biometrics**. v.22, n.1, p.128-141, 1966.

PTACK, E.; SCHAEFFER, L.R. Use of test day yields for genetic evaluation of dairy sires and cows. **Livestock Production Science**, v.34, n.1, p.23-34, 1993.

RIBEIRO, M.N. **Estudo da curva de lactação de um rebanho caprino no estado da Paraíba**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1997. 91p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista, 1997.

RODRÍGUEZ, J.R.G.; PELAEZ, C.G.V.; LÓPEZ, F.J.R. et al. Factores ambientales que afectan la curva de lactancia en vacas Suizo-pardo en clima subtropical. **Técnica Pecuaria en México**, v.36, p.163-171, 1998.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT User's guide**. Version 6.12. Cary, North Caroline: SAS Institute Inc., 1996.

SWALVE, H.H. The effect of test ay models on the estimation of genetic parameters and breeding values for dairy yields traits, **Journal of Dairy Science**, v.78, n.4, p.929-938, 1995.

TEKERLİ, M. Main Factors Affecting Milk Yield Traits of Holstein Cattle Bred under The Conditions of Different Operations, and Essential Parameters to Selection: Effects of Environment and Heredity on the Shape of Lactation Curve in Holsteins. **Lalahan Hayvancılık Arastirma Enstitusu Dergi**, v.40, n.1, p.1-13, 2000.

TEKERLI, M.; AKINCI, Z.; DOGAN, I.; AKCAN, A. Factors Affecting the Shape of Lactation Curves of Holstein Cows from the Balikesir Province of Turkey. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.6, p.1381-1386, 2000.

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

### CAPÍTULO 3

#### **Análise Genética de Bovinos Guzerá Utilizando-se as Produções de Leite e de Gordura no Dia do Controle<sup>1</sup>**

George Rodrigo Beltrão da Cruz<sup>2</sup>, Maria Norma Ribeiro<sup>3</sup>, Edgard Cavalcanti Pimenta Filho<sup>4</sup>, José Lindemberg Rocha Sarmiento<sup>5</sup>

**Resumo:** Foram utilizados dados referentes a 467 lactações e 5.604 controles de vacas da raça Guzerá, registradas entre 1986 e 2004, objetivando-se estimar os parâmetros genéticos e prever os valores genéticos para a produção de leite (PLDC) e de gordura (PGDC) no dia do controle e comparar a classificação dos animais. A PLDC e PGDC foram analisadas por meio de um modelo animal, em análises unicaracterísticas, considerando as quatro primeiras lactações (modelo de repetibilidade). Os modelos estatísticos para analisar as PLDC e PGDC incluíram os efeitos genéticos aditivos diretos e de ambiente permanente, como aleatório, o efeito fixo de grupo contemporâneo, formado pelo ano e mês do controle, e a idade da vaca ao parto como co-variável, regressão linear e quadrática. De maneira geral, as herdabilidades estimadas foram maiores no início e no final da lactação, indicando possibilidade de resposta à seleção. As correlações de ordem entre os valores genéticos para PLT e PGT e as PLDC e PGDC foram maiores no início e meio da lactação que as do final. A seleção para PLDC e PGDC no início e final da lactação pode ser indicada como critério de seleção, em substituição à produção total.

**Palavras-Chave:** Bovinos leiteiros, parâmetros genéticos, seleção, Zebu

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor

<sup>2</sup>Bolsista CAPES. Pós-Graduando. Prog. Dout. Int. Zootecnia – DZ/UFRPE. E-mail: georgebeltrao@bol.com.br

<sup>3</sup>Professora DZ/UFRPE. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n. Bairro Dois Irmãos. 52.171-900. Recife-PE. E-mail: mn.ribeiro@uol.com.br. E-mail: mn.ribeiro@uol.com.br

<sup>4</sup>Professor DZ/UFPB/CCA. Areia – PB. E-mail: edgard@cca.ufpb.br

<sup>5</sup>Professor UFPI. Bom Jesus – PI. E-mail: sarmiento@ufpi.br

### **Genetic Analyses of Guzerá Cows Using Test Day Milk and Fat Yield**

**Abstract:** Data from 467 lactations and 5.604 records of the Guzerá cows, controlled between 1986 and 2004 with the objectives of to esteem the genetic parameters and to predict the genetic values for the production of milk (PLDC) and fat (PGDC) in the day of the control and to compare to the classification of the animals, for estimates obtained by ordinary test-day model. PLDC and PGDC were analyzed through an animal model, in ordinary test-day model, considering the first four lactations (repeatability model). The statistical models to analyze PLDC and PGDC included the genetic effects direct and of permanent, as random, the fixed effect of contemporary group, formed by the year and month of the control, and covariates the age of dam at kidding as, lineal and quadratic regression. In a general way, the deer herdabilidades were larger in the beginning and in the end of the nursing, indicating answer possibility to the selection. The order correlations among the genetic values for PLT and PGT and PLDC and PGDC were larger in the beginning and half of the nursing that the one of the end. The selection for PLDC and PGDC in the beginning and final of the nursing it can be indicated as selection criterion, in substitution to the total production.

**Keywords:** dairy cows, genetic parameters, selection, Zebu

## Introdução

A participação das raças zebuínas na pecuária do Nordeste Brasileiro é expressiva, podendo ser verificada pelo número de rebanhos zebus e seus cruzamentos utilizados nesta Região (Wenceslau et al., 2000). A criação desses animais para a produção de leite tem aumentado consideravelmente no país, principalmente no Nordeste, devido às condições climáticas e excelente adaptação que os zebuínos apresentam nesta Região.

A medida padrão de produção de leite de bovinos para avaliação genética era a produção total na lactação ou a produção acumulada até 305 dias de lactação (P305). A utilização da produção de leite no dia do controle (PLDC) em substituição a P305 em avaliações genéticas de gado de leite é recente (Ferreira et al., 2002). Anteriormente, os controles de produções eram utilizados apenas para se calcular a produção total na lactação. Atualmente os modelos para a PLDC, metodologia, em inglês, denominada “*test-day model*” (TDM), têm sido utilizados em substituição à produção total nas avaliações genéticas. A utilização deste modelo permite que animais com poucos controles possam ser avaliados, não sendo necessário aguardar o término da lactação, acelerando assim o processo de avaliação genética (Sarmiento et al., 2006).

Além da diminuição dos custos com o controle leiteiro, outras vantagens estariam relacionadas ao melhor detalhamento na modelagem de efeitos que influenciam diretamente a produção de leite em fases específicas de uma lactação como número de ordenhas, duração do período seco, duração do período de serviço, prenhez e doenças, que não podem ser considerados quando a produção total é utilizada. Ferreira et al. (2002) afirmaram que a confiabilidade dos valores genéticos dos touros avaliados pela

PLDC tem sido maior do que a obtida usando-se a P305 devido ao aumento do número de filhas com produção.

Segundo El Faro e Albuquerque (2003), o TDM mais simples é o modelo de repetibilidade, que assume estrutura unicaracterística com variâncias homogêneas entre todos os controles e correlações genéticas entre eles iguais a unidade.

Ultimamente, muitos modelos para definir e explicar a curva de lactação, principalmente de bovinos, têm sido usados, sendo que a maioria desses modelos tem por finalidade melhorar os modelos clássicos propostos por Nelder (1966) e Wood (1967) incluindo cálculos para a determinação de parâmetros genéticos dos fatores que descrevem a forma da curva de lactação. Porém, o uso desses fatores em programas de seleção não tem apresentado efeitos práticos conhecidos.

De acordo com Ptack e Schaeffer (1993), os modelos de produção de leite no dia do controle (PLDC) apresentam nítidas vantagens sobre o modelo tradicional de análise da produção total na lactação, pois permitem quantificar fatores específicos de cada dia de controle, os quais podem mudar entre os animais e de um controle para outro, além de controlar o efeito de ambiente com maior precisão. Ptak e Schaeffer (1993) afirmam que as variâncias residuais são menores quando a PLDC é usada para grupos contemporâneos em vez de rebanho-ano-estações. Estes autores enfatizaram que a extensão de registros poderia ser evitada e as vacas poderiam se agrupar em diferentes grupos contemporâneos, dentro de rebanho, de acordo com a fase de lactação, aumentando assim a precisão de avaliações.

El Faro e Albuquerque (2005) afirmam que outra vantagem de uso dos modelos de PLDC é o fato destes dispensarem o uso de projeções de lactações parciais para a produção total. Assim, evitam-se subestimações da produção nos animais com maior persistência de lactação e superestimações naqueles com menor persistência de lactação.

Swalve (1995) cita que outro ponto importante é a diminuição de viés na estimação dos componentes de variância e na predição dos valores genéticos.

Objetivou-se com o presente trabalho estimar os parâmetros genéticos e predizer os valores genéticos para a produção de leite e de gordura no dia do controle, estudar critérios de seleção com base nessas produções, em substituição à produção de leite e de gordura total e comparar a classificação dos animais, por estimativas obtidas mediante análise unicaracterísticas, de bovinos Guzerá exploradas no semi-árido paraibano.

### **Material e Métodos**

Foram utilizados 5.604 controles referentes a 467 lactações de bovinos da raça Guzerá, controlados entre 1986 e 2004, pertencentes ao rebanho da Fazenda Carnaúba, Taperoá, Estado da Paraíba. A Fazenda está localizada na microrregião do Cariri Ocidental, a 7 ° 12' 23'', de latitude sul, e 36 ° 49' 25'', de longitude W.G., a uma altitude de 500 m (IBGE, 1990). O Clima da região está inserido no subtipo B, sub-desértico quente, de tendência tropical, com precipitação anual média em torno de 300 mm, sendo caracterizado por apresentar uma curta estação chuvosa e estação seca prolongada, maior que oito meses, e umidade relativa do ar em torno de 65% (Governo do Estado da Paraíba/UFPB, 1985).

A fazenda Carnaúba possui uma área aproximada de 900 hectares cultivados, em sua grande parte, com capim Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill), além de capineiras formadas de capim elefante (*Penisetum purpureum* Shum).



Durante a época das chuvas, o rebanho é mantido em regime semi-extensivo, no pasto, com suplementação mineral em cocho coberto à vontade. No período de estiagem (segundo semestre do ano), os animais são submetidos à semi-estabulação e suplementados com volumoso ou ração balanceada, elaborada na própria fazenda.

A monta foi natural, a campo, com os reprodutores colocados em lotes de vacas previamente selecionadas de acordo com a descendência e com a condição corporal. As vacinações foram realizadas, sistematicamente, contra raiva e aftosa.

Os controles de produção de leite e produção de gordura ocorreram mensalmente, oriundos de ordenha manual, realizada duas vezes ao dia. As lactações foram divididas em oito períodos de 35 dias, que constituíram diferentes características (Tabelas 1 e 2). Foram eliminados do arquivo animais com número de controles inferior a quatro e aqueles com grupos contemporâneos com menos de dois animais. Após as restrições, o arquivo de dados para análise ficou com 3.468 controles de produção de leite e 3.388 controles de produção de gordura referentes a 425 lactações.

Tabela 1. Número de observações, médias, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV) da produção de leite, de acordo com o controle e a produção até 322 dias de lactação de vacas Guzerá

*Table 1. Number of records, means, standard deviations and coefficients of variation (CV) for milk yield according to control and milk yield until 322 days of lactation for cows Guzerá*

Controle <i>Control</i>	Dias em Lactação <i>Days in milk</i>	Observações <i>Records</i>	Médias (kg) <i>Means (kg)</i>	Desvios-padrão (kg) <i>Standard deviation (kg)</i>	CV (%)
01	35-70	379	12,69	2,86	22,54
02	71-106	422	11,57	2,58	22,37
03	107-141	420	10,32	2,29	22,25
04	142-177	410	9,09	2,15	23,74
05	178-213	383	7,55	2,02	26,83
06	214-249	362	6,92	1,92	27,85
07	250-285	349	6,39	1,83	28,72
08	286-322	318	5,84	1,64	28,12
PLT	-	425	2.383,95	729,09	30,58

Tabela 2. Número de observações, médias, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV) da produção de gordura, de acordo com o controle e a produção até 322 dias de lactação de vacas Guzerá

*Table 2. Number of records, means, standard deviations and coefficients of variation (CV) for fat yield according to control and milk yield until 322days of lactation for cows Guzerá*

Controle <i>Control</i>	Dias em Lactação <i>Days in milk</i>	Observações <i>Records</i>	Médias (kg) <i>Means (kg)</i>	Desvios-padrão (kg) <i>Standard deviation (kg)</i>	CV (%)
01	35-70	348	0,6474	0,1785	27,58
02	71-106	401	0,6016	0,1534	25,51
03	107-141	407	0,5606	0,1409	25,14
04	142-177	405	0,5152	0,1357	26,35
05	178-213	380	0,4424	0,1262	28,54
06	214-249	359	0,4149	0,1208	29,13
07	250-285	345	0,3908	0,1213	31,05
08	286-322	318	0,3654	0,1136	31,10
PGT	-	425	133,2420	44,8246	33,64

As características PLDC (produção de leite no dia do controle), PGDC (produção de gordura no dia do controle), PLT (produção de leite total) e PGT (produção de gordura total) foram analisadas por meio de modelo animal, em análises unicaracterísticas, considerando as quatro primeiras lactações (modelo de repetibilidade). Os modelos estatísticos para analisar as PLDC e PGDC incluíram os efeitos genético aditivo direto e de ambiente permanente, como aleatórios, o efeito fixo de grupo contemporâneo, formado pelo ano e mês do controle, e a idade da vaca ao parto e duração da lactação como co-variável, linear e quadrática.

Para a análise das PLT e PGT, consideraram-se os mesmos efeitos aleatórios e o efeito fixo de grupo contemporâneo, sendo, neste caso, formado pelo ano e mês do parto. Além da co-variável idade da vaca ao parto, como regressão linear e quadrática, considerou-se também a duração da lactação como regressão de mesma ordem. Isto foi feito pelo fato de existirem relatos na literatura, em bovinos leiteiros, de que o ajuste

para duração da lactação diminui a variabilidade genética para produção de leite (Mello et al., 1994), devido à alta correlação entre as mesmas.

Matricialmente, o modelo estatístico pode ser representado como se segue:

$$y = Xb + Z_1a + Z_2ep + \varepsilon$$

Em que:

$y$  = vetor da PLDC, PGDC, PLT ou PGT;

$b$  = vetor de efeitos fixos, contendo grupo contemporâneo e covariáveis;

$a$  = vetor de efeitos genéticos aditivos diretos;

$ep$  = vetor de efeitos de ambiente permanente;

$X$ ,  $Z_1$  e  $Z_2$  = matrizes de incidência que relacionam as observações aos efeitos fixos, genéticos aditivos diretos e de ambiente permanente, respectivamente;

$\varepsilon$  = vetor de resíduos aleatórios.

As pressuposições assumidas em relação aos vetores  $a$ ,  $ep$  e  $\varepsilon$  são que possuem distribuição normal, com  $E(a) = E(ep) = E(\varepsilon) = 0$  e  $\text{Var}(a) = A \otimes \sigma_a^2$ ,  $\text{Var}(ep) = I_n \otimes \sigma_{ep}^2$  e  $\text{Var}(\varepsilon) = I_N \otimes \sigma_e^2$ , sendo  $\sigma_a^2$ ,  $\sigma_{ep}^2$  e  $\sigma_e^2$  as variâncias genética aditiva direta, de ambiente permanente e residual, respectivamente;  $A$  é a matriz de numeradores dos coeficientes de parentesco de Wright entre os animais;  $I_n$  é uma matriz identidade de ordem  $n$ , sendo  $n$  o número de animais com observações;  $I_N$  é uma matriz identidade de ordem  $N$ , sendo  $N$  o número de observações; e  $\otimes$  o produto de Kroenecker entre matrizes.

Os componentes de variância foram estimados pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita, utilizando um algoritmo livre de derivadas, disponível no programa MTDFREML (Boldman et al., 1995).

Os valores genéticos foram preditos para todas as características. Posteriormente, estimaram-se as correlações de ordem e amostrais entre os valores genéticos preditos para as produções no dia do controle e as produções totais com o intuito de averiguar o que aconteceria com a classificação dos animais para produção total na lactação quando a seleção fosse praticada nas produções no dia do controle.

Foram estimados os valores genéticos dos animais para as produções de leite no dia do controle (PLDC), produção de leite total (PLT), produção de gordura no dia do controle (PGDC) e produção de gordura total (PGT) e, a seguir, foram comparadas as classificações dos animais, por estimativas obtidas mediante análises unicaracterísticas padrão ou modelo usando a produção de leite no dia do controle. A comparação dos animais coincidentes foi realizada pela correlação de ordem, usando o procedimento Spearman (SAS, 1996), para touros selecionados.

## **Resultados e Discussão**

As médias observadas, os desvios padrão e os coeficientes de variação para a produção de leite no dia do controle (PLDC) e para produção de leite total (PLT), podem ser visualizados na Tabela 1 e para a produção de gordura no dia do controle (PGDC) e para produção de gordura total (PGT) na Tabela 2.

As PLDC apresentaram valores de CV moderados para lactações de bovinos da raça Guzerá, os quais apresentaram uma tendência considerada normal ao avançar no

decorrer da lactação, com valor mais elevado para a PLT, indicando variação na forma da curva de lactação desses animais. Estes valores foram inferiores aos obtidos por Ledic et al. (2002b), para lactações de bovinos da raça Gir, os quais apresentaram valores compreendidos entre 38 e 47%, e semelhantes aos obtidos por Ferreira et al. (2003). As maiores variações da produção ocorreram no final da lactação. Isso pode ser justificado pelas variações biológicas existentes entre os animais, possivelmente, em função das diferenças de persistência de lactação.

As PGDC apresentaram tendências semelhantes às PLDC, com baixos valores de CV e tendências de crescimento do início para o final da lactação (Tabela 2). A maior variação da produção de gordura ocorreu no oitavo controle e na PGT. O pico de produção de gordura foi observado no início da lactação acompanhando o pico de produção de leite.

As produções de leite e de gordura variaram de acordo com a curva padrão de lactação de animais zebuínos, as quais apresentaram um pico de produção logo no início da lactação, e com tendência de queda contínua na produção diária até o final da lactação.

As variâncias fenotípicas para a produção de leite e gordura (Tabela 3) foram maiores no início da lactação, com picos no primeiro controle, e diminuindo gradativamente no decorrer da lactação, tanto para a produção de leite como para a produção de gordura. Comportamento semelhante foi verificado para a variância residual da produção de gordura. Para a produção de leite a variância residual apresentou tendências semelhantes à variância fenotípica, exceto no quarto controle, o qual apresentou valor inferior aos três controles subsequentes.

Tabela 3. Estimativas de variâncias\*, herdabilidades ( $h^2$ ) e repetibilidade (t) para as produções de leite e gordura no dia de controle de vacas GuzeráTable 3. Estimates of variances\*, heritabilities ( $h^2$ ) and repeatability (t) for test-day milk and fat yields for cows Guzerá

Controle Control	$\sigma_a^2$	$\sigma_{ep}^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$	$h^2$	t
Produção de Leite - <i>milk yields</i>						
01	1,1162	0,4739	3,3851	4,9753	0,22	0,23
02	0,7941	0,6982	2,7429	4,2358	0,19	0,35
03	0,4711	0,9111	2,1323	3,5146	0,13	0,39
04	0,6564	0,6577	1,9529	3,2671	0,20	0,40
05	0,0902	0,6640	2,3951	3,1494	0,03	0,24
06	0,5490	0,0006	2,4672	3,0463	0,18	0,18
07	0,7790	0,0002	2,0877	2,8668	0,27	0,27
08	0,6453	0,0486	1,5139	2,2079	0,29	0,31
Produção de Gordura - <i>fat yields</i>						
01	0,0051	0,0020	0,0141	0,0214	0,24	0,34
02	0,0033	0,0011	0,0109	0,0157	0,22	0,29
03	0,0048	0,0002	0,0090	0,0140	0,34	0,36
04	0,0041	0,0008	0,0089	0,0139	0,30	0,36
05	0,0012	0,0024	0,0088	0,0124	0,10	0,30
06	0,0038	0,0000	0,0081	0,0120	0,32	0,32
07	0,0040	0,0000	0,0085	0,0125	0,32	0,32
08	0,0035	0,0000	0,0070	0,0106	0,33	0,33

\* Variâncias (kg<sup>2</sup>): genéticas aditivas ( $\sigma_a^2$ ), de ambiente permanente ( $\sigma_{ep}^2$ ), residuais ( $\sigma_e^2$ ) e fenotípicas ( $\sigma_p^2$ ).\* *Variances (kg<sup>2</sup>): additive genetic ( $\sigma_a^2$ ), permanent environment ( $\sigma_{ep}^2$ ), residual ( $\sigma_e^2$ ) and phenotypic ( $\sigma_p^2$ ).*

As variâncias genéticas aditivas para a produção de leite (Tabela 3) foram menores que as variâncias residuais. Estes valores foram superiores, logo no início da lactação sendo o seu menor valor registrado logo após a metade da lactação. Comportamento semelhante foi verificado para os valores da herdabilidade, exceto para o último controle, onde a herdabilidade apresentou valor superior aos demais.

As variâncias genéticas aditivas para a produção de gordura apresentaram a mesma tendência das variâncias apresentadas para a produção de leite, com valores inferiores às variâncias residuais e valores superiores no início da lactação, sendo o menor valor registrado na metade da lactação.

A variância para efeito de ambiente permanente, para a produção de leite, aumentou gradativamente no decorrer da lactação até o terceiro controle, apresentando um decréscimo no quarto e quinto controles e um pronunciado declínio desta fase até o final da lactação. Tendência semelhante foi observada para a repetibilidade, que aumentou no decorrer da lactação com ponto máximo de 0,40 observado no quarto controle, entre 142 e 177 dias de lactação, seguido por um comportamento variável até o final da lactação. O menor valor para a repetibilidade (0,18) ocorreu no sexto controle (Tabela 3).

A repetibilidade para PLDC apresentou variações de baixa a média magnitude, indicando a necessidade de um número maior de medidas para cada animal com o propósito de se obter estimativas mais confiáveis.

Para a produção de gordura a variância para efeito de ambiente apresentou uma tendência de declínio até o terceiro controle, um pequeno aumento do quarto ao quinto controle e a partir do sexto controle apresentou valores iguais a zero. A repetibilidade para essa característica apresentou comportamento variável até a metade da lactação, variando entre 0,29 no segundo controle e 0,36 no terceiro e quarto controles, mantendo-se praticamente constante até o final da lactação. Seguindo a mesma tendência da PLDC, a repetibilidade para a PGDC também apresentou valores de baixa à média magnitude, sugerindo a necessidade de um maior número de medidas para se aumentar a precisão das estimativas da produção bem como a sua confiabilidade.

As estimativas de herdabilidade para PLDC oscilaram no decorrer da lactação, variando de 0,03, no quinto controle, a 0,29, no último controle (Tabela 3). As herdabilidades foram maiores no início e no final da lactação, com valor mínimo no meio da curva (Figura 1). Esses resultados indicam que as diferenças genéticas entre os animais, para produções mensais de leite, foram menores no meio da lactação. De

maneira geral, as herdabilidades estimadas para PLDC seguiram tendência diferente da descrita na literatura, porém com valores próximos aos encontrados na literatura nacional (Ledic et al., 2002a; Ledic et al., 2002b; Ferreira et al., 2003).

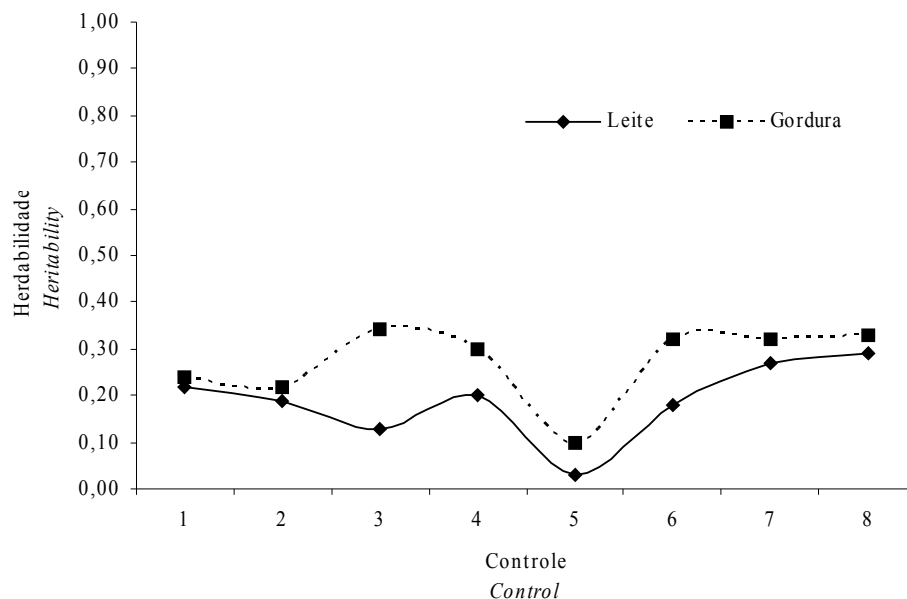


Figura 1. Estimativas de  $h^2$  para as produções de leite e de gordura no dia do controle pelo modelo unicaracterístico.

*Figure 1. Heritability estimates for test-day milk and fat yield by ordinary test day model.*

Swalve (1995) testando modelos para a estimativa de parâmetros genéticos utilizando as PLDC em oito controles, encontrou valores de herdabilidade compreendido entre 0,18 e 0,36, semelhantes aos obtidos no presente estudo, porém os maiores valores de herdabilidade encontrados foram observados no meio da curva, entre o quarto e sétimo controle. A estimativa de herdabilidade para produção de leite total (PLT) no presente estudo foi de 0,13. Este valor é muito inferior aos obtidos na maioria



dos trabalhos, considerando a P305 (Swalve, 1995; Machado, 1997; Wenceslau et al., 2000; Ledic et al., 2002a; Ferreira et al., 2003; El Faro e Albuquerque, 2005).

A diminuição dos valores de herdabilidade, a partir do primeiro até o terceiro controle, está relacionada à maior redução da variância genética aditiva (diminuição de 57%) em relação à variância fenotípica (diminuição de 29%). Entre o primeiro e o sexto controle, essa redução foi 51% na variância genética aditiva e de 39% na variância fenotípica (Tabela 3).

O maior valor da estimativa de herdabilidade ocorrido no início da lactação, quando comparado com os valores estimados para o meio da lactação, ocorreu, principalmente, pelo elevado valor da variância genética nesta fase da lactação.

Observaram-se, na maioria dos trabalhos, grandes desigualdades para as estimativas de herdabilidade. Estas desigualdades ocorrem, principalmente, pela grande diferença existente entre as populações estudadas como também pelos diferentes métodos de análises utilizados. A tendência dos valores de herdabilidade, envolvendo animais de raças européias, é apresentar maiores valores na metade da lactação, devido à menor variação nas produções nesta fase, como também menor influência do meio ambiente (Swalve, 1995; Jamrozik e Schaeffer, 1997; Machado, 1997; Rekaya et al., 1999).

No presente estudo, os maiores valores estimados de herdabilidade para PLDC foram observados, no final da lactação, contrariando as estimativas obtidas por Jamrozik e Shaeffer (1997), para lactações de vacas holandesas, Ledic et al. (2002a), para lactações de vacas Gir e El Faro e Albuquerque (2005), para lactações de vacas Caracu, os quais observaram valores superiores logo no início da lactação. Swalve (1995) e Ferreira et al. (2003) encontraram valores superiores compreendidos entre a metade e o final da lactação. El Faro e Albuquerque (2003) encontraram valores de estimativas de

herdabilidade maiores no início e no final da lactação, como os obtidos no presente estudo.

As estimativas de herdabilidade para produção de gordura no dia do controle (PGDC) apresentaram valores um pouco superiores aos estimados para PLDC (Figura 01). Estes valores seguiram a mesma tendência das estimativas para PLDC, oscilando no decorrer da lactação, variando de 0,10 no quinto controle a 0,34 no terceiro controle (Tabela 3). As herdabilidades foram maiores na segunda fase e no final da lactação, com valor mínimo no meio da curva.

Existem poucos relatos de herdabilidade estimados para PGDC na literatura. Swalve (1995), em trabalho semelhante a este, com vacas da raça holandesa, relatou valores de herdabilidade para PGDC compreendidos entre 0,12 e 0,23, com os maiores valores estimados de herdabilidade observados no final da lactação, semelhantes aos obtidos no presente estudo. A estimativa de herdabilidade para produção de gordura total (PGT), no presente estudo, foi de 0,25. Este valor é inferior ao relatado por Jamrozik e Schaeffer (1997) e superior ao encontrado por Swalve (1995).

As correlações de ordem e amostrais entre os valores genéticos preditos para as PLDC e para a PLT (produção de leite total) são mostradas na Tabela 4. Observam-se, de maneira geral, que estas correlações foram maiores entre os valores genéticos preditos para as PLDC adjacentes e diminuindo gradativamente à medida que os controles se distanciam. Os maiores valores de correlações foram obtidos entre os valores genéticos para PLDC entre o terceiro e sétimo controle, enquanto os menores foram obtidos entre os valores genéticos preditos para as PLDC do início e do final da lactação.

Tabela 4. Correlações de ordem (acima da diagonal) e amostrais (abaixo da diagonal) entre os valores genéticos preditos para as produções de leite no dia do controle e as produções totais para lactações de vacas Guzerá

Table 4. Rank (above diagonal) and sample (below diagonal) correlations between predict breeding values for test-day milk and total milk yields for lactations cows Guzerá

Controle Control	01	02	03	04	05	06	07	08	PLT
01	<b>1</b>	0,77	0,68	0,56	0,51	0,40	0,44	0,33	0,67
02	0,82	<b>1</b>	0,83	0,70	0,54	0,50	0,50	0,42	0,78
03	0,73	0,88	<b>1</b>	0,84	0,64	0,58	0,53	0,48	0,78
04	0,63	0,76	0,87	<b>1</b>	0,61	0,59	0,53	0,47	0,74
05	0,57	0,65	0,72	0,71	<b>1</b>	0,75	0,72	0,62	0,71
06	0,45	0,56	0,63	0,63	0,82	<b>1</b>	0,84	0,66	0,74
07	0,46	0,57	0,61	0,58	0,77	0,85	<b>1</b>	0,71	0,71
08	0,43	0,52	0,58	0,58	0,70	0,69	0,78	<b>1</b>	0,65
PLT	0,73	0,84	0,86	0,82	0,81	0,76	0,75	0,72	<b>1</b>

As estimativas de correlações entre os valores genéticos preditos para PLDC e a PLT foram maiores no segundo e terceiro controle (Figura 2), seja de ordem (0,78) ou amostral (0,84 e 0,86). Ferreira et al. (2003) obtiveram correlação de 0,62 entre os valores genéticos preditos para produção de leite até 305 dias e para PLDC. Estes autores concluíram que é viável a utilização da PLDC em substituição à produção até 305 dias de lactação na avaliação genética de bovinos.

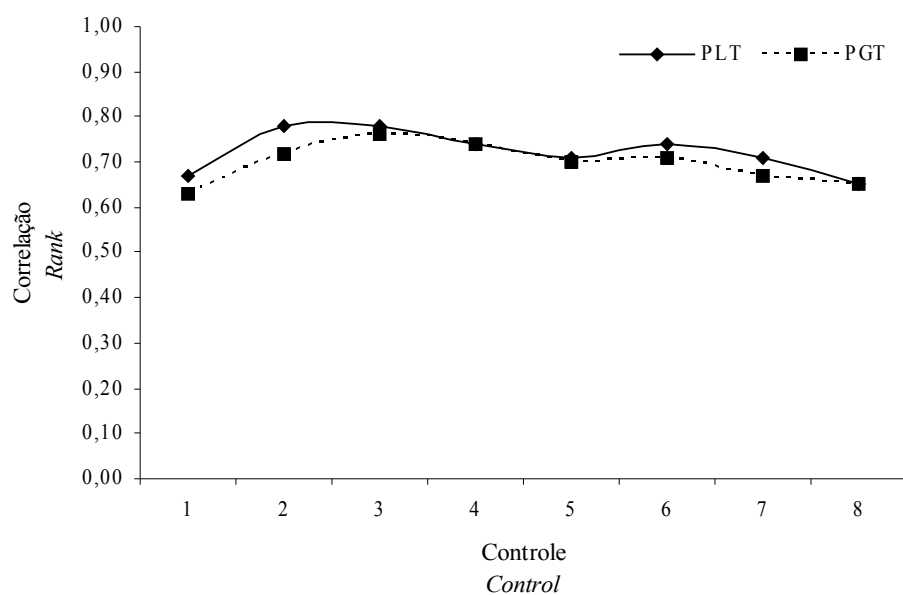


Figura 2. Correlações de ordem entre os valores genéticos de todos os animais, estimados para as produções totais de leite e de gordura em cada controle.

Figure 2. Rank correlation between predict breeding values for test-day fat yield by unitrait analysis

As correlações de ordem e amostrais entre os valores genéticos preditos para as PGDC e para a PGT (produção de gordura total) são mostradas na Tabela 5. Observa-se que estas correlações seguiram a mesma tendência das correlações entre os valores genéticos preditos para as PLDC e para a PLT. Os maiores valores de correlações foram obtidos entre os valores genéticos para PGDC, no sétimo controle, enquanto os menores foram obtidos entre os valores genéticos preditos para as PGDC do início e, principalmente, no final da lactação.

As estimativas de correlações entre os valores genéticos preditos para PGDC e a PGT foram maiores no terceiro, quarto e quinto controle (Figura 02), seja de ordem (0,76 e 0,74) ou amostral (0,81 e 0,82). Esses resultados foram próximos aos obtidos por Swalve (1995).

Tabela 05. Correlações de ordem (acima da diagonal) e amostrais (abaixo da diagonal) entre os valores genéticos preditos para as produções de gordura no dia controle e a produção total de gordura para as lactações de vacas Guzerá

*Table 05. Rank (above diagonal) and sample (below diagonal) correlations between predict breeding values for test-day fat and total fat yields for lactations cows Guzerá*

Controle <i>Control</i>	01	02	03	04	05	06	07	08	PGT
01	<b>1</b>	0,70	0,68	0,57	0,49	0,44	0,42	0,40	0,63
02	0,78	<b>1</b>	0,78	0,68	0,46	0,45	0,42	0,43	0,72
03	0,74	0,82	<b>1</b>	0,79	0,56	0,55	0,50	0,48	0,76
04	0,67	0,74	0,83	<b>1</b>	0,54	0,56	0,49	0,48	0,74
05	0,62	0,61	0,68	0,72	<b>1</b>	0,72	0,68	0,59	0,70
06	0,54	0,53	0,63	0,66	0,81	<b>1</b>	0,81	0,63	0,71
07	0,52	0,51	0,63	0,60	0,75	0,85	<b>1</b>	0,70	0,67
08	0,54	0,54	0,59	0,60	0,69	0,69	0,77	<b>1</b>	0,65
PGT	0,74	0,76	0,81	0,82	0,82	0,78	0,76	0,75	<b>1</b>

Na Tabela 6, são apresentadas as classificações dos melhores touros, com base no valor genético predito para PLT e PGT e suas respectivas classificações para a produção de leite nos controles.

Foram estimados os valores genéticos dos animais para as produções de leite e gordura, no dia do controle, para produção de leite total e produção de gordura total e comparada à classificação dos animais através de análises unicaracterísticas padrão (TDM). Para as produções de leite e gordura, nas fases de lactação (controles), observa-se que os três melhores touros segundo a classificação para PLT estão incluídos nas três primeiras posições para a PGT. Dos dez melhores touros selecionados para PLT, houve uma coincidência de seis selecionados para PGT.

El Faro e Albuquerque (2005) utilizaram além de análises unicaracterísticas, estimativas obtidas através de modelos de regressão aleatória (MRA). Estes autores verificaram que, apesar da não coincidência na classificação, houve certa coincidência entre os touros classificados por meio do TDM e MRA. Estes autores verificaram também que para o TDM houve grande disparidade na classificação em cada semana, o que dificultou a escolha de um animal.

Tabela 6. Classificações dos melhores touros Guzerá para as produções de leite e gordura total no dia do controle e para a produção acumulada até 322 dias, com base na classificação para produção total

Table 6. Ranks of best sires Guzerá for test-day milk and fat yields and 322-day milk yield, based on total breeding value predicted by unitrait analysis

Touro <i>Sire</i>	PLT	Test day Model Ordinário <i>Ordinary test day</i>								Touro <i>Sire</i>	PGT	Test day Model Ordinário <i>Ordinary test day</i>							
		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>			C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>
103	1	1	1	1	2	6	2	1	2	152	1	1	2	2	1	1	2	11	1
152	2	6	4	6	1	1	8	18	1	108	2	3	5	5	12	5	1	1	3
108	3	11	6	11	26	8	1	2	3	103	3	7	1	1	2	3	4	2	2
122	4	38	20	15	7	3	6	4	7	119	4	2	12	13	3	2	3	4	8
125	5	25	3	2	6	5	9	10	6	130	5	5	6	9	25	21	7	15	4
145	6	4	2	4	8	2	4	5	5	140	6	10	8	3	8	4	5	6	5
107	7	9	5	5	10	13	10	9	11	147	7	17	7	8	5	17	9	17	12
119	8	10	14	8	3	4	3	8	19	107	8	9	4	4	10	12	8	12	16
150	9	2	10	9	17	7	11	7	18	110	9	46	17	44	40	26	10	10	17
140	10	24	19	17	16	9	5	3	4	123	10	14	33	23	4	13	6	5	19
		50%	60%	70%	70%	90%	90%	90%	70%			70%	70%	70%	70%	50%	100%	60%	60%

### Conclusões

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo verificou-se que é viável a utilização da produção de leite e de gordura no dia do controle, em modelos de repetibilidade, em substituição à produção total em uma lactação, em avaliações genéticas de bovinos Guzerás explorados no semi-árido paraibano.

As produções de leite e de gordura, no dia do controle, no início e no final da lactação, apresentaram maiores herdabilidades e variabilidades genéticas que as produções intermediárias, sugerindo que avaliações nesta época podem ser recomendadas para bovinos Guzerá explorados em condições de semi-árido.

### Literatura Citada

BOLDMAN, K.G.; KRIESE, L.A.; Van VLECK, D.L. et al. **A manual for use of MTDFREML**. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT]. Lincon: USDA/ARS, 1995. 120p.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Estimação de parâmetros genéticos para produção de leite no dia do controle e produção acumulada até 305 dias, para as primeiras lactações de vacas da raça Caracu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.284-294, 2003.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Predição de valores genéticos para a produção de leite no dia do controle e para a produção acumulada até 305 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.496-507, 2005.

FERREIRA, W.J.; TEIXEIRA, N.M.; TORRES, R.A. et al. Utilização da produção de leite no dia do controle na avaliação genética em gado de leite – uma revisão. **Archivo Latinoamericano de Producción Animal**, v.10, n.1, p.46-53, 2002.

FERREIRA, W.J.; TEIXEIRA, N.M.; EUCLYDES, R.F. et al. Avaliação genética de bovinos da raça Holandesa usando a produção de leite no dia do controle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.295-303, 2003.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. Secretaria da Educação. UFPB. Atlas Geográfico do Estado da Paraíba, Grafset, 1985, 100 p.

IBGE – Enciclopédia dos Municípios Brasileiros. Instituto de Geografia e Estatística, João Pessoa, PB, v. XVII, 1990.

JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L.R. Estimates of genetic parameters for a test day model with random regression for yield traits. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.4, p.762-770, 1997.

LEDIC, I.L.; VERNEQUE, R.S.; EL FARO, L. et al. Avaliação Genética de Touros da Raça Gir para Produção de Leite no Dia do Controle e em 305 Dias de Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1964-1972, 2002a.

LEDIC, I.L.; THONHATI, H; VERNEQUE, R.S. Estimativas de Parâmetros Genéticos, Fenotípicos e Ambientais para as Produções de Leite no Dia do Controle e em 305 dias de Lactação de vacas da Raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1953-1963, 2002b.

MACHADO, S.G. **Parâmetros genéticos e de ambiente da produção de leite no dia do controle da primeira lactação de vacas da raça Holandesa**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1997. 75p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, 1997.

MELLO, A.A.; PENNA, V.M.; MADALENA, F.E. et al. Efeito da eliminação de lactações curtas e do ajuste pela duração da lactação na herdabilidade da produção de leite em um rebanho Gir. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.2, n.2, p.117-123, 1994.



NELDER, J.A. Inverse polynomials, a useful group of multi-factor response functions. *Biometrics*, v.22, n.1, p.128-141, 1966.

PTACK, E.; SCHAEFFER, L.R. Use of test day yields for genetic evaluation of dairy sires and cows. ***Livestock Production Science***, v.34, n.1, p.23-34, 1993.

SARMENTO, J.L.R.; REIS FILHO, J.C.; ALBUQUERQUE, L.G. et al. Avaliação genética de caprinos da raça Alpina utilizando-se a produção de leite no dia do controle. ***Revista Brasileira de Zootecnia***, v.35, n.2, p.443-451, 2006.

REKAYA, R.; CARABAÑO, M.J.; TORO, M.A. Use the test day yields for the genetic evaluation of production traits in Holstein-Friesian cattle. ***Livestock Production Science***, v.57, n.3, p.203-217, 1999.

SAS Institute Inc. ***SAS/STAT User's guide***. Version 6.12. Cary, North Caroline: SAS Institute Inc., 1996.

SWALVE, H.H. The effect of test ay models on the estimation of genetic parameters and breeding values for dairy yields traits, ***Journal of Dairy Science***, v.78, n.4, p.929-938, 1995.

WENCESLAU, A.A.; LOPES, P.S.; TEODORO, R.L. et al. Estimação de parâmetros genéticos de medidas de conformação, produção de leite e idade ao primeiro parto em vacas da raça Gir leiteiro. ***Revista Brasileira de Zootecnia***, v.29, n.1, p.153-158, 2000.

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

## CAPÍTULO 4

### **Análise Genética de Bovinos Sindi Utilizando-se as Produções de Leite e de Gordura no Dia do Controle<sup>1</sup>**

George Rodrigo Beltrão da Cruz<sup>2</sup>, Maria Norma Ribeiro<sup>3</sup>, Edgard Cavalcanti Pimenta Filho<sup>4</sup>; José Lindemberg Rocha Sarmento<sup>5</sup>

**Resumo:** Foram utilizados dados referentes a 373 lactações e 4.476 controles de bovinos da raça Sindi, registrados entre 1986 e 2004, objetivando-se estimar os parâmetros genéticos e prever os valores genéticos para a produção de leite (PLDC) e de gordura (PGDC), no dia do controle, e comparar a classificação dos animais por estimativas obtidas mediante análises unicaracterísticas. A PLDC e PGDC foram analisadas por meio de um modelo animal, em análises unicaracterísticas, considerando as quatro primeiras lactações (modelo de repetibilidade). Os modelos estatísticos para analisar as PLDC e PGDC incluíram os efeitos genético aditivo direto e de ambiente permanente, como aleatórios, o efeito fixo de grupo contemporâneo, formado pelo ano e mês do controle, e a idade da vaca ao parto como co-variável, regressão linear e quadrática. De maneira geral, as herdabilidades estimadas e as correlações de ordem entre os valores genéticos para PLT e as PLDC e entre a PGT e a PGDC foram maiores na fase intermediária da lactação, indicando possibilidade de resposta à seleção em substituição à produção total.

**Palavras-Chave:** Bovinos leiteiros, parâmetros genéticos, seleção, Zebu

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor

<sup>2</sup>Bolsista CAPES. Pós-Graduando. Prog. Dout. Int. Zootecnia – DZ/UFRPE. E-mail: georgebeltrao@bol.com.br

<sup>3</sup>Professora DZ/UFRPE. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n. Bairro Dois Irmãos. 52.171-900. Recife-PE. E-mail: mn.ribeiro@uol.com.br. E-mail: mn.ribeiro@uol.com.br

<sup>4</sup>Professor DZ/UFPB/CCA. Areia – PB. E-mail: edgard@cca.ufpb.br

<sup>5</sup>Professor UFPI. Bom Jesus – PI. E-mail: sarmento@ufpi.br

### **Genetic Analysis of Sindi Cows Using Test Day Milk and Fat Yield**

**Abstract:** Were data used from 373 lactation of 4.476 controls of the Sindi cows, controlled between 1986 and 2004 with the objectives of to esteem the genetic parameters and to predict the genetic values for the production of milk (PLDC) and fat (PGDC) in the day of the control and to compare to the classification of the animals, for estimates obtained by ordinary test-day model. PLDC and PGDC were analyzed through an animal model, in ordinary test-day model, considering the first four lactations (repeatability model). The statistical models to analyze PLDC and PGDC included the genetic effects direct and of permanent, as random, the fixed effect of contemporary group, formed by the year and month of the control, and covariates the age of dam at kidding as, lineal and quadratic regression. Of general way, the dear herdabilidades and the order correlations among the genetic values for PLT and PLDC and between PGT and PGDC they were larger in the intermediate phase of the lactation indicating answer possibility to the selection in substitution to the total production.

**Keywords:** dairy cows, genetic parameters, selection, Zebu

## Introdução

A seleção para a produção de leite em bovinos tem sido baseada na produção acumulada durante a lactação, ajustada para 305 dias, que é calculada a partir das produções de controles individuais realizados em intervalos semanais, quinzenais ou mensais, principalmente.

A utilização da produção acumulada para 305 dias (P305) em avaliações genéticas de vacas e touros, envolve o seu ajustamento para os efeitos que afetam as produções diárias de leite como raça, rebanho, manejo, idade da vaca ao parto, número de controles, dias em lactação, entre outros. Geralmente esses efeitos são considerados em termos médios, pois são definidos com base na data do parto. Entretanto, esses efeitos mudam a cada controle e são, usualmente, ignorados nos modelos para a produção de leite até 305 dias de lactação, nos quais, segundo Melo (2003), os grupos contemporâneos são definidos como rebanho-ano-estação de parto.

Uma alternativa seria a utilização de modelos para o ajuste das produções do dia do controle, os quais permitem uma definição mais precisa de grupo contemporâneo e dos efeitos ambientais a ele associados. Melo (2003) considera ainda que os modelos para ajuste das produções no dia do controle constituem-se em um potencial metodológico para a melhoria nos sistemas de avaliação genética de bovinos de leite.

Uma estratégia baseada no ajuste direto de todos os efeitos ambientais e genéticos associados às produções no dia do controle em vez da produção acumulada e ajustada para 305 dias de lactação são os modelos de repetibilidade (Ali e Schaeffer, 1987; Ptack e Schaeffer, 1993). Nesses modelos, com os coeficientes de regressão ajustados dentro dos efeitos adicionais, assume-se que as diferenças nas curvas de lactação são devidas a estes efeitos e as variações individuais são inexistentes.

Na literatura, são relatadas grandes variações nas estimativas de herdabilidade para as produções de leite no dia do controle (Swalve, 1995; Reents et al., 1995; Rekaya et al., 1999; Ferreira et al., 2002). Utilizando modelos de repetibilidade Strabel e Szwaczkowski (1997) obtiveram maiores estimativas de herdabilidade para produção de leite e de gordura (0,29 e 0,20), do que as estimativas obtidas para a produção acumulada e ajustada para 305 dias (0,15 e 0,10).

Em muitos trabalhos sobre parâmetros genéticos para as PLDC (Swalve, 1995; Ferreira et al., 2003; Melo, 2003) são apresentados menores estimativas de herdabilidades para as produções do início e do fim do período de lactação e, conseqüentemente, estimativas superiores na fase intermediária da lactação.

Em vários estudos em que se discutem as estimativas de correlações genéticas e fenotípicas entre as PLDC e a produção acumulada (Farhangfar et al., 2001; Melo, 2003; Sarmiento, 2006) mostram que as PLDC podem ser usadas na seleção de animais em substituição à produção acumulada (P305). Segundo Melo (2003), a escolha de qual controle deve ser usada pode ser tomada através das estimativas de correlações genéticas entre as PLDC e a produção acumulada e pela estimativa de herdabilidade das PLDC. Assim, as PLDC que apresentam maiores estimativas de herdabilidade e maiores estimativas de correlações genéticas com a produção acumulada devem ser preferidas.

Os objetivos deste estudo foram estimar os componentes de variância, os parâmetros genéticos, prever os valores genéticos para as produções de leite e de gordura no dia do controle, estudar critérios de seleção com bases nessas produções em substituição à produção de leite e de gordura total, por meio de estimativas obtidas mediante análises unicaracterísticas de bovinos Sindi explorados no semi-árido paraibano.

### Material e Métodos

Foram utilizados 4.476 controles referentes a 373 lactações de bovinos da raça Sindi, controladas entre 1986 e 2004, pertencentes à Fazenda Carnaúba, Taperoá, Estado da Paraíba. A Fazenda está localizada na microrregião do Cariri Ocidental, a 7 ° 12' 23'', de latitude sul, e 36 ° 49' 25'', de longitude W.G., a uma altitude de 500 m (IBGE, 1990). O Clima da região está inserido no subtipo B, sub-desértico quente, de tendência tropical, com precipitação anual média em torno de 300 mm, sendo caracterizado por apresentar uma curta estação chuvosa e estação seca prolongada, maior que oito meses, e umidade relativa do ar em torno de 65% (Governo do Estado da Paraíba/UFPB, 1985).

A fazenda Carnaúba possui uma área aproximada de 900 hectares cultivados, em sua grande parte, com capim Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill), além de capineiras formadas de capim elefante (*Penisetum purpureum* Shum).

Durante a época das chuvas, o rebanho é mantido em regime semi-extensivo, no pasto, com suplementação mineral em cocho coberto à vontade. No período de estiagem (segundo semestre do ano), os animais são submetidos à semi-estabulação e suplementados com volumoso ou ração balanceada, elaborada na própria fazenda.

A monta foi natural, a campo, com os reprodutores colocados em lotes de vacas previamente selecionadas de acordo com a descendência e com a condição corporal. As vacinações foram realizadas, sistematicamente, contra raiva e aftosa.

Os controles de produção de leite e produção de gordura ocorreram mensalmente, oriundos de ordenha manual, realizada duas vezes ao dia. As lactações foram divididas em oito períodos de 35 dias, que constituíram diferentes características (Tabelas 1 e 2). Foram eliminados do arquivo animais com número de controles inferior a quatro e

aqueles com grupos contemporâneos com menos de dois animais. Após as restrições o arquivo de dados para as análises ficou com 2.668 controles de produção de leite e 2.318 controles de produção de gordura referentes a 340 lactações.

Tabela 1. Número de observações, médias, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV) da produção de leite, de acordo com o controle e a produção até 322 dias de lactação de vacas Sindi

*Table 1 - Number of records, means, standard deviations and coefficients of variation (CV) for milk yield according to control and milk yield until 322 days of lactation*

Controle <i>Control</i>	Dias em Lactação <i>Days in milk</i>	Observações <i>Records</i>	Médias (kg) <i>Means (kg)</i>	Desvios-padrão (kg) <i>Standard deviation (kg)</i>	CV (%)
01	35-70	291	11,82	2,71	22,93
02	71-106	334	10,85	2,39	22,04
03	107-141	333	9,82	2,13	21,73
04	142-177	325	8,98	1,96	21,85
05	178-213	296	7,46	1,77	23,72
06	214-249	269	6,81	1,78	26,09
07	250-285	254	6,25	1,70	27,33
08	286-322	226	5,79	1,45	25,18
PLT	-	340	2.244,89	693,21	30,88

Tabela 2. Número de observações, médias, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV) da produção de gordura, de acordo com o controle e a produção até 322 dias de lactação de vacas Sindi

*Table 2. Number of records, means, standard deviations and coefficients of variation (CV) for fat yield according to control and milk yield until 322 days of lactation*

Controle <i>Control</i>	Dias em Lactação <i>Days in milk</i>	Observações <i>Records</i>	Médias (kg) <i>Means (kg)</i>	Desvios-padrão (kg) <i>Standard deviation (kg)</i>	CV (%)
01	35-70	286	0,5947	0,1660	27,92
02	71-106	333	0,5547	0,1485	26,78
03	107-141	332	0,5126	0,1294	25,25
04	142-177	325	0,4788	0,1180	24,66
05	178-213	298	0,4195	0,1131	26,96
06	214-249	268	0,3867	0,1098	28,41
07	250-285	252	0,3565	0,1028	28,86
08	286-322	224	0,3344	0,0897	26,85
PGT	-	340	120,6380	41,8504	34,69

As características PLDC (produção de leite no dia do controle), PGDC (produção de gordura no dia do controle), PLT (produção de leite total) e PGT (produção de gordura total) foram analisadas por meio de modelo animal, em análises unicaracterísticas, considerando as quatro primeiras lactações (modelo de

repetibilidade). Os modelos estatísticos para analisar as PLDC e PGDC incluíram os efeitos genético aditivo direto e de ambiente permanente, como aleatórios, o efeito fixo de grupo contemporâneo, formado pelo ano e mês do controle, e a idade da vaca ao parto e a duração de lactação como co-variável, regressão linear e quadrática.

Para a análise das PLT e PGT, consideraram-se os mesmos efeitos aleatórios e o efeito fixo de grupo contemporâneo, sendo, neste caso, formado pelo ano e mês do parto. Além da co-variável idade da vaca ao parto, como regressão linear e quadrática, considerou-se também a duração da lactação como regressão de mesma ordem. Isto foi feito pelo fato de existirem relatos na literatura, em bovinos leiteiros, de que o ajuste para duração da lactação diminui a variabilidade genética para produção de leite (Mello et al., 1994), devido à alta correlação entre as mesmas.

Matricialmente, o modelo estatístico pode ser representado como segue:

$$y = Xb + Z_1a + Z_2ep + \varepsilon$$

Em que:

$y$  = vetor da PLDC, PGDC, PLT ou PGT;

$b$  = vetor de efeitos fixos, contendo grupo contemporâneo e covariáveis;

$a$  = vetor de efeitos genéticos aditivos diretos;

$ep$  = vetor de efeitos de ambiente permanente;

$X$ ,  $Z_1$  e  $Z_2$  = matrizes de incidência que relacionam as observações aos efeitos fixos, genéticos aditivos diretos e de ambiente permanente, respectivamente;

$\varepsilon$  = vetor de resíduos aleatórios.

As pressuposições assumidas em relação aos vetores  $a$ ,  $ep$  e  $\varepsilon$  são que possuem distribuição normal, com  $E(a) = E(ep) = E(\varepsilon) = 0$  e  $Var(a) = A \otimes \sigma_a^2$ ,  $Var(ep) = I_n \otimes \sigma_{ep}^2$  e  $Var(\varepsilon) = I_N \otimes \sigma_e^2$ , sendo  $\sigma_a^2$ ,  $\sigma_{ep}^2$  e  $\sigma_e^2$  as variâncias genética aditiva direta, de



ambiente permanente e residual, respectivamente;  $A$  é a matriz de numeradores dos coeficientes de parentesco de Wright entre os animais;  $I_n$  é uma matriz identidade de ordem  $n$ , sendo  $n$  o número de animais com observações;  $I_N$  é uma matriz identidade de ordem  $N$ , sendo  $N$  o número de observações; e  $\otimes$  o produto de Kroenecker entre matrizes.

Os componentes de variância foram estimados pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita, utilizando um algoritmo livre de derivadas, disponível no programa MTDFREML (Boldman et al., 1995).

Os valores genéticos foram preditos para todas as características. Posteriormente, estimaram-se as correlações de ordem e amostrais entre os valores genéticos preditos para as produções no dia do controle e as produções totais com o intuito de averiguar o que aconteceria com a classificação dos animais para produção total na lactação quando a seleção fosse praticada nas produções no dia do controle.

Foram estimados os valores genéticos dos animais para as produções de leite no dia do controle (PLDC), produção de leite total (PLT), produção de gordura no dia do controle (PGDC) e produção de gordura total (PGT). Em seguida foi comparada à classificação dos animais, por estimativas obtidas mediante análises unicaracterísticas padrão ou modelo usando a produção de leite no dia do controle. A comparação dos animais coincidentes foi realizada pela correlação de ordem, usando o procedimento Spearman (SAS, 1996), para touros selecionados.

## **Resultados e Discussão**

As médias observadas, os desvios-padrão e os coeficientes de variação para a produção de leite no dia do controle (PLDC) e para produção de leite total (PLT), estão

apresentadas na Tabela 1. As médias observadas, os desvios-padrão e os coeficientes de variação para a produção de gordura no dia do controle (PGDC) e para produção de gordura total (PGT), estão apresentadas na Tabela 2.

As PLDC apresentaram baixos valores de CV para lactações de bovinos da raça Sindi, os quais apresentaram uma tendência considerada normal a avançar no decorrer da lactação, com valor mais elevado para a PLT, indicando variação na forma da curva de lactação desses animais. Estes valores foram inferiores aos obtidos por Ledic et al. (2002b), para vacas da raça Gir, os quais apresentaram valores compreendidos entre 38 e 47% e semelhantes aos obtidos por Ferreira et al. (2003), para vacas da raça holandesa. As maiores oscilações da produção ocorreram no final da lactação. Isso pode ser justificado, provavelmente, pela diminuição do número de observações nesta fase.

As PGDC apresentaram tendências semelhantes às PLDC, com altos valores de CV e tendências de crescimento do início para o final da lactação (Tabela 2). As maiores variações da produção de gordura ocorreram no sexto e sétimo controles e na PGT. O pico de produção de gordura foi observado no início da lactação, o que era, de certa forma, esperado.

As produções de leite e de gordura apresentaram um pico de produção logo no início da lactação, com tendência de queda contínua na produção diária até o final da lactação (Tabelas 1 e 2), característica da curva padrão de lactação de vacas Zebu.

As variâncias fenotípicas para a produção de leite e gordura (Tabela 3) foram maiores no início da lactação, com picos logo no primeiro controle e diminuindo gradativamente no decorrer da lactação. A variância residual para a produção de leite diminuiu gradativamente até o quinto controle, ocorrendo uma pequena elevação no sexto controle e sétimo controle e uma queda no último controle. Comportamento semelhante foi verificado para a produção de gordura.

As variâncias genéticas aditivas para a produção de leite (Tabela 3) foram menores que as variâncias residuais. Estes valores foram superiores logo no início e na metade da lactação sendo o seu menor valor registrado no último controle (Figura 1). Comportamento semelhante foi verificado para as estimativas de herdabilidade, que apresentou seu maior valor na metade da lactação.

As variâncias genéticas aditivas para a produção de gordura apresentaram a mesma tendência das variâncias apresentadas para a produção de leite, com valores inferiores às variâncias residuais e valores maiores no meio da lactação, sendo os menores valores registrados no início e no final da lactação.

Tabela 03. Estimativas de variâncias\*, herdabilidades ( $h^2$ ) e repetibilidade (t) para as produções de leite e gordura no dia de controle de vacas Sindi

Table 03. Estimates of variances\*, heritabilities ( $h^2$ ) and repeatability (t) for test-day milk and fat yields for cows Sindi

Controle Control	$\sigma_a^2$	$\sigma_{ep}^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$	$h^2$	t
Produção de Leite - Milk yields						
01	0,6575	1,2308	2,1261	4,0145	0,16	0,47
02	0,4113	0,9604	1,5613	2,9331	0,14	0,47
03	0,4236	0,5888	1,4381	2,4506	0,17	0,41
04	0,4966	0,4193	1,4352	2,3512	0,21	0,39
05	0,7827	0,0820	1,3102	2,1750	0,36	0,40
06	0,5686	0,0002	1,4581	2,0268	0,28	0,28
07	0,5908	0,0001	1,4684	2,0593	0,29	0,29
08	0,1825	0,3169	1,2119	1,7114	0,11	0,30
Produção de Gordura - Fat yields						
01	0,0005	0,0040	0,0092	0,0138	0,04	0,33
02	0,0008	0,0025	0,0063	0,0095	0,08	0,34
03	0,0012	0,0011	0,0049	0,0075	0,17	0,33
04	0,0016	0,0011	0,0047	0,0075	0,21	0,37
05	0,0039	0,0000	0,0044	0,0083	0,47	0,47
06	0,0023	0,0000	0,0047	0,0071	0,33	0,33
07	0,0020	0,0000	0,0049	0,0069	0,29	0,29
08	0,0000	0,0012	0,0044	0,0056	0,00	0,23

\* Variâncias ( $kg^2$ ): genéticas aditivas ( $\sigma_a^2$ ), de ambiente permanente ( $\sigma_{ep}^2$ ), residuais ( $\sigma_e^2$ ) e fenotípicas ( $\sigma_p^2$ ).

\* Variances ( $kg^2$ ): additive genetic ( $\sigma_a^2$ ), permanent environment ( $\sigma_{ep}^2$ ), residual ( $\sigma_e^2$ ) and phenotypic ( $\sigma_p^2$ ).

A variância para efeito de ambiente permanente, para a produção de leite, diminuiu gradativamente no decorrer da lactação com pronunciado declínio observado no final da lactação. Tendência semelhante foi observada para a repetibilidade a qual diminuiu no decorrer da lactação, com ponto máximo de 0,47 observado no início da lactação, seguido por um comportamento variável até o final da lactação. O menor valor para a repetibilidade (0,28) ocorreu no sexto controle (Tabela 3). A repetibilidade para PLDC apresentou variações de baixa a média magnitude. Este fato indica a necessidade de um número maior de medidas para cada animal com o propósito de se obter estimativas mais confiáveis e próximas da realidade.

Para a produção de gordura a variância para efeito de ambiente apresentou uma tendência de declínio até o quinto controle. A variância de ambiente permanente apresentou valores iguais e próximos a zero. A repetibilidade para a produção de gordura variou entre 0,23, no último controle, a 0,47, no quinto controle. Seguindo a mesma tendência para PLDC, a repetibilidade para a PGDC apresentou também valores de baixa a média magnitude, sugerindo a necessidade de um maior número de medidas para se aumentar a precisão das estimativas bem como a sua confiabilidade.

As estimativas de herdabilidade para PLDC aumentaram do início da lactação até a fase intermediária (quinto controle) e, a partir deste ponto, até o final da lactação, ocorreu uma diminuição nestes valores (Figura 1). Estes valores oscilaram de 0,11, no oitavo controle, a 0,36, no quinto controle (Tabela 3). Valores de herdabilidade superiores obtidos no quinto controle foram também observados por Reents et al. (1994), Machado (1997) e Wilmink (1987).

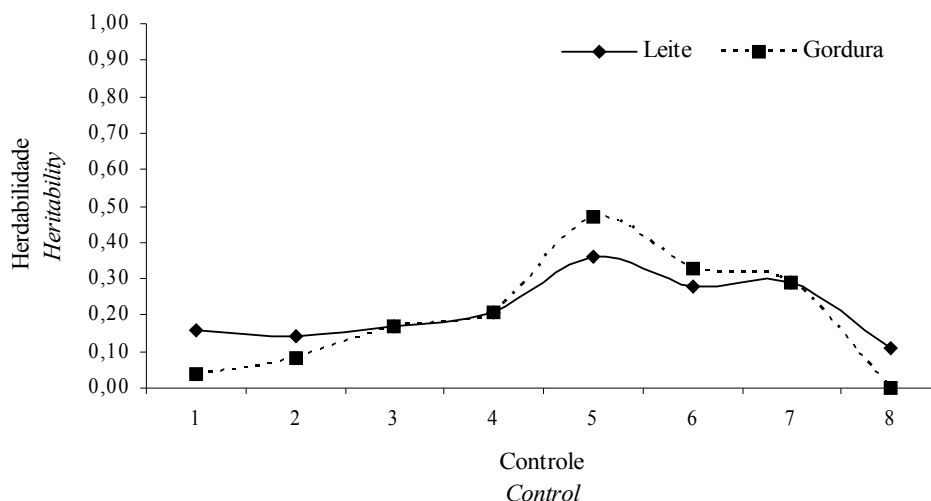


Figura 1. Estimativas de  $h^2$  para as produções de leite e de gordura no dia do controle pelo modelo unicaracterístico.

*Figure 1. Heritability estimates for test-day milk and fat yield by ordinary test day model.*

As herdabilidades foram maiores na fase intermediária da lactação com valor mínimo no final da curva. Esses resultados indicam que as diferenças genéticas entre os animais, para produções mensais de leite, foram menores no final da lactação. O maior valor das estimativas de herdabilidade para as PLDC, na fase intermediária da lactação, ocorreu mais em função do aumento nas estimativas das variâncias genéticas do que em função da redução das variâncias residuais. De maneira geral, as herdabilidades estimadas para PLDC seguiram a mesma tendência observada por Ferreira et al. (2003), Melo (2003) e Swalve (1995) e diferente aos apresentados por El Faro e Albuquerque (2005).

A estimativa de herdabilidade para produção de leite total (PLT), no presente estudo, foi de 0,23. Este valor é inferior aos valores obtidos nos trabalhos, considerando a P305, de Swalve (1995), Jamrozik e Schaeffer (1997), Wenceslau et al. (2000), El Faro e Albuquerque (2003), Ferreira et al. (2003) e Melo (2003) e superior aos relatados por Ledic et al. (2002a) e Ledic et al. (2002b).

Observaram-se, na maioria dos trabalhos, grandes desigualdades para as estimativas de herdabilidade. Estas desigualdades ocorrem, principalmente, pela grande diferença existente entre as populações estudadas, como também pelos diferentes métodos de análises utilizados. A tendência dos valores de herdabilidade, envolvendo animais de raças européias, é apresentar maiores valores na metade da lactação, devido a menor variação nas produções nesta fase, como também menor influência do meio ambiente (Ledic et al., 2002b).

As estimativas de herdabilidade para produção de gordura no dia do controle (PGDC) apresentaram a mesma tendência da estimativa de herdabilidade para (PLDC), com valores menores no início e no final da lactação e superiores na metade da curva. Para a PGDC os valores da herdabilidade oscilaram de 0,0, no oitavo controle, a 0,47, no quinto controle (Tabela 3). São poucos os relatos de herdabilidade estimadas para PGDC na literatura. Swalve (1995), em trabalho semelhante a este, relatou valores de herdabilidade para PGDC compreendidos entre 0,12 e 0,23, com os maiores valores estimados de herdabilidade observados no final da lactação, diferente dos obtidos no presente estudo. A estimativa de herdabilidade para produção de gordura total (PGT), no presente estudo, foi de 0,46. Este valor é semelhante ao relatado por Jamrozik e Schaeffer (1997) e superior ao encontrado por Swalve (1995).

Estimativas de herdabilidade muito baixas (0,11) para produção de leite e de gordura (0,0), no último controle, podem ter ocorrido pelo fato de que apenas as melhores vacas permanecem até o final da lactação, levando a uma redução de alta magnitude da variância genética aditiva e, conseqüentemente, menor estimativa de herdabilidade. Este fato também foi observado por Machado (1997).

As correlações de ordem e amostrais entre os valores genéticos preditos para as PLDC e para a PLT (produção de leite total) são mostradas na Tabela 4. Observa-se, de

maneira geral, que estas correlações foram maiores entre os valores genéticos preditos para as PLDC adjacentes e diminuindo gradativamente à medida que os controles se distanciam.

As correlações de ordem para PLDC variaram de 0,47 (PLDC1 e PLDC7 e entre PLDC1 e PLDC8) e 0,91 (PLDC2 e PLDC3), entretanto as maiores frequências foram para valores acima de 0,5 (92%  $\geq$  0,50; 39%  $\geq$  0,70 e 21%  $\geq$  0,80). Os maiores valores de correlações foram obtidos entre os valores genéticos para PLDC entre o segundo e o oitavo controle, enquanto os menores foram obtidos entre os valores genéticos preditos para as PLDC do final da lactação.

Tabela 4. Correlações de ordem (acima da diagonal) e amostrais (abaixo da diagonal) entre os valores genéticos preditos para a produção de leite no dia do controle e as produções totais de leite para lactações de vacas Sindi

*Table 4. Rank (above diagonal) and sample (below diagonal) correlations between predict breeding values for test-day milk and total milk yields for lactations cows Sindi*

Controle <i>Control</i>	01	02	03	04	05	06	07	08	PLT
01	<b>1</b>	0,82	0,72	0,65	0,55	0,55	0,47	0,47	0,69
02	0,87	<b>1</b>	0,91	0,81	0,71	0,66	0,57	0,56	0,73
03	0,80	0,93	<b>1</b>	0,86	0,68	0,63	0,56	0,54	0,74
04	0,70	0,85	0,91	<b>1</b>	0,74	0,61	0,59	0,55	0,72
05	0,62	0,76	0,76	0,81	<b>1</b>	0,73	0,60	0,53	0,70
06	0,61	0,69	0,69	0,70	0,78	<b>1</b>	0,81	0,73	0,62
07	0,47	0,59	0,61	0,70	0,67	0,84	<b>1</b>	0,85	0,57
08	0,53	0,64	0,63	0,66	0,62	0,75	0,86	<b>1</b>	0,51
PLT	0,73	0,75	0,78	0,76	0,73	0,66	0,63	0,60	<b>1</b>

As estimativas de correlações entre os valores genéticos preditos para PLDC e a PLT variaram de 0,51 (entre PLDC8 e PLT) a 0,74 (entre PLDC3 e PLT) com maiores valores entre as PLDC do período intermediário da lactação e a PLT (Figura 2). Desta forma, se as decisões de descarte dos animais forem baseadas na PLDC da fase intermediária da lactação, que apresenta valores maiores de herdabilidade (Tabela 3) e

maiores correlações genéticas (Tabela 4), poderiam se obter maiores ganhos genéticos na produção de leite total do que se as decisões forem tomadas com base das PLDC logo do início da lactação ou da fase final. Assim maior ganho genético na produção de leite total pode ser conseguido por seleção indireta baseada na PLDC2 a PLDC5.

As correlações de ordem e amostrais entre os valores genéticos preditos para as PGDC e para a PGT (produção de gordura total) são mostradas na Tabela 5. Observa-se que estas correlações seguiram tendência semelhante das correlações entre os valores genéticos preditos para as PLDC e para a PLT. As correlações de ordem para as PGDC variaram de 0,43 (entre PGDC1 e PGDC7) a 0,88 (entre PGDC2 e PGDC3).

As estimativas de correlações entre os valores genéticos preditos para PGDC e a PGT foram maiores no quinto controle, seja de ordem (0,68) ou amostral (0,66). Essas estimativas variaram de 0,46 (entre PGDC8 e PGT) a 0,68 (entre PGDC5 e PGT) com maiores valores entre as PGDC do período intermediário da lactação (entre PGDC3 e PGDC6) e a PGT. Desta forma, se as decisões de descarte dos animais forem baseadas na PGDC da fase intermediária da lactação, que apresenta valores maiores de herdabilidade (Tabela 3) e maiores correlações genéticas (Tabela 4), poderiam se obter maiores ganhos genéticos na produção de gordura total do que se as decisões forem tomadas com base das PGDC no início ou no final da lactação. Assim, maior ganho genético na produção de gordura total pode ser conseguido por seleção indireta baseada na PGDC2 e PGDC3.



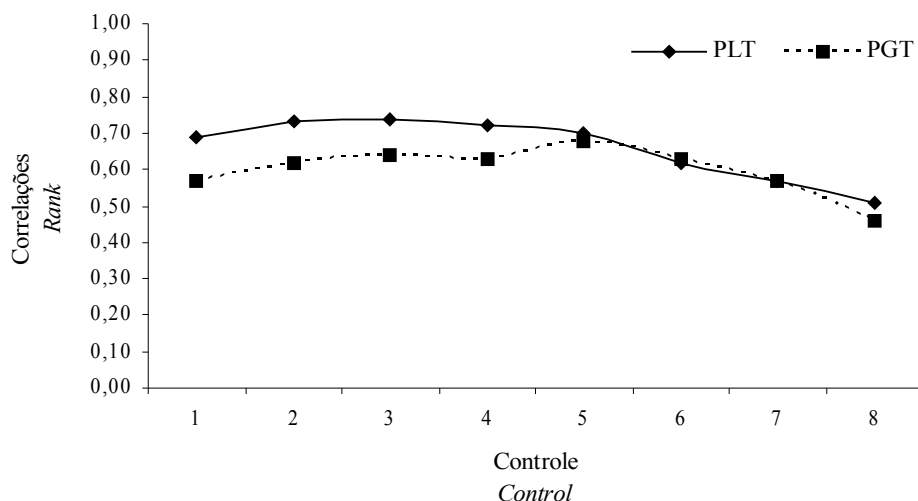


Figura 2. Correlações de ordem entre os valores genéticos de todos os animais, estimados para as produções de leite e de gordura em cada controle.

Figure 2. Rank correlation between predict breeding values for test-day milk yield by unitrait analysis

Tabela 5. Correlações de ordem (acima da diagonal) e amostrais (abaixo da diagonal) entre os valores genéticos preditos para a produção de gordura no dia do controle e a produção total de gordura para as lactações de vacas Sindi

Table 5. Rank (above diagonal) and sample (below diagonal) correlations between predict breeding values for test-day fat and total fat yields for lactations cows Sindi

Controle Control	01	02	03	04	05	06	07	08	PGT
01	<b>1</b>	0,80	0,70	0,58	0,51	0,50	0,43	0,44	0,57
02	0,84	<b>1</b>	0,88	0,77	0,61	0,60	0,59	0,58	0,62
03	0,75	0,90	<b>1</b>	0,86	0,62	0,62	0,57	0,60	0,64
04	0,60	0,78	0,88	<b>1</b>	0,66	0,59	0,60	0,58	0,63
05	0,52	0,64	0,70	0,69	<b>1</b>	0,72	0,55	0,48	0,68
06	0,49	0,58	0,61	0,60	0,70	<b>1</b>	0,79	0,72	0,63
07	0,42	0,57	0,59	0,64	0,58	0,80	<b>1</b>	0,85	0,57
08	0,45	0,58	0,60	0,64	0,48	0,69	0,83	<b>1</b>	0,46
PGT	0,59	0,63	0,65	0,63	0,66	0,60	0,59	0,46	<b>1</b>

Na Tabela 6, são apresentadas as classificações dos melhores touros, com base no valor genético predito para PLT e PGT e suas respectivas classificações para a produção de leite e gordura nos controles.

Foram estimados os valores genéticos dos animais para as produções de leite, gordura no dia do controle, para produção de leite total, produção de gordura total e comparada à classificação dos animais através de análises unicaracterísticas padrão

(TDM). Para as produções de leite e gordura, nas fases de lactação (controles), observa-se que apenas um touro segundo a classificação para PLT está incluído entre as três primeiras posições para a PGT. Dos dez melhores touros selecionados para PLT, houve uma coincidência de oito touros selecionados para PGT.

El Faro e Albuquerque (2005) utilizaram, além de análises unicaracterísticas, estimativas obtidas através de modelos de regressão aleatória (MRA). Estes autores verificaram que apesar da não coincidência na classificação, houve certa coincidência entre os touros classificados por meio do TDM e MRA. Estes autores verificaram também que para o TDM houve grande disparidade na classificação em cada semana, o que dificultou a escolha de um animal.

Tabela 6. Classificações dos melhores touros Sindi para as produções de leite e gordura total no dia do controle e para a produção acumulada até 322 dias, com base na classificação para produção acumulada

Table 6. Ranks of best sires Sindi for test-day milk and fat yields and 322-day milk yield, based on total breeding value predicted by unitrait analysis

Touro <i>Sire</i>	PLT	Test day Model Ordinário <i>Ordinary test day</i>								Touro <i>Sire</i>	PGT	Test day Model Ordinário <i>Ordinary test day</i>							
		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>			C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>
002	1	1	1	1	1	1	1	1	1	019	1	7	19	6	5	11	46	33	46
009	2	4	2	2	5	12	4	4	2	027	2	24	7	8	6	1	1	1	17
019	3	5	12	4	4	14	48	41	45	015	3	3	4	43	28	12	26	10	40
027	4	3	4	7	9	3	2	2	13	009	4	8	3	5	13	29	15	8	2
005	5	27	11	3	2	2	13	5	4	002	5	1	1	1	1	2	2	3	3
026	6	9	8	10	7	17	42	28	13	004	6	6	5	4	7	33	5	4	12
024	7	25	10	8	27	6	5	22	35	024	7	22	13	10	36	5	6	44	50
031	8	7	3	6	6	4	8	21	30	005	8	17	12	3	2	3	11	5	4
004	9	2	13	9	18	46	6	11	31	052	9	11	6	18	12	41	9	15	5
042	10	12	6	5	3	8	10	7	8	042	10	16	9	7	4	9	14	7	14
		70%	60%	100%	90%	70%	70%	50%	50%			50%	70%	70%	60%	50%	50%	60%	40%

### Conclusões

As produções de leite e de gordura no dia controle, na fase intermediária da lactação, apresentaram maiores herdabilidades e variabilidades genéticas que as produções do início e do final da lactação, sugerindo que avaliações nesta época podem ser recomendadas para bovinos Sindi explorados em condições de semi-árido paraibano.

Com base nos resultados obtidos verificou-se que é viável a utilização da produção de leite e de gordura no dia do controle, em modelos de repetibilidade, em substituição à produção de leite total e gordura total em avaliações genéticas de bovinos da raça Sindi.

### Literatura Citada

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

BOLDMAN, K.G.; KRIESE, L.A.; Van VLECK, D.L. et al. **A manual for use of MTDFREML**. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT]. Lincon: USDA/ARS, 1995. 120p.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Estimação de parâmetros genéticos par a produção de leite no dia do controle e produção acumulada até 305 dias, para as primeiras lactações de vacas da raça Caracu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.284-294, 2003.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Predição de valores genéticos para a produção de leite no dia do controle e para a produção acumulada até 305 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.496-507, 2005.

FARHANGFAR, H.; ROWLINSON, P.; WILLIS, M.B. Genetic correlations between 305-day and monthly test day milk yield records in primiparous Iranian Holsteins. In: PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL CONFERENCE OF BRITISH SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, p.219, 2001.

FERREIRA, W.J.; TEIXEIRA, N.M.; TORRES, R.A. et al. Utilização da produção de leite no dia do controle na avaliação genética em gado de leite – uma revisão. **Arquivo Latinoamericano de Producción Animal**, v.10, n.1, p.46-53, 2002.

FERREIRA, W.J.; TEIXEIRA, N.M.; EUCLYDES, R.F. et al. Avaliação genética de bovinos da raça Holandesa usando a produção de leite no dia do controle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.295-303, 2003.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. Secretaria da Educação. UFPB. Atlas Geográfico do Estado da Paraíba, Grafset, 1985, 100p.

IBGE – Enciclopédia dos Municípios Brasileiros. Instituto de Geografia e Estatística, João Pessoa, PB, v. XVII, 1990.

JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L.R. Estimates of genetic parameters for a test day model with random regression for yield traits. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.4, p.762-770, 1997.

LEDIC, I.L.; VERNEQUE, R.S.; EL FARO, L. et al. Avaliação Genética de Touros da Raça Gir para Produção de Leite no Dia do Controle e em 305 Dias de Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1964-1972, 2002a.

LEDIC, I.L.; THONHATI, H; VERNEQUE, R.S. Estimativas de Parâmetros Genéticos, Fenotípicos e Ambientais para as Produções de Leite no Dia do Controle e em 305 dias de Lactação de vacas da Raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1953-1963, 2002b.

MACHADO, S.G. **Parâmetros genéticos e de ambiente da produção de leite no dia do controle da primeira lactação de vacas da raça Holandesa**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1997. 75p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, 1997.

MELLO, A.A.; PENNA, V.M.; MADALENA, F.E. et al. Efeito da eliminação de lactações curtas e do ajuste pela duração da lactação na herdabilidade da produção de leite em um rebanho Gir. **Archivos Latinoamericanos Producción Animal**, v.2, p.117-123, 1994.

MELO, C.M.R. **Componentes de variância e valores genéticos para as produções de leite do dia do controle e da lactação na raça holandesa com diferentes modelos estatísticos**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. 97p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz/Universidade de São Paulo, 2003.

PTACK, E.; SCHAEFFER, L.R. Use of test day yields for genetic evaluation of dairy sires and cows. **Livestock Production Science**, v.34, n.1, p.23-34, 1993.

REENTS, R.; DEKKERS, J.C.M.; SCHAEFFER, L.R. Genetic parameters of test day somatic cell counts and production traits. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5., Guelph, 1994. Proceedings. Guelph: University of Guelph, v.17, 1994, p. 120-123.

REENTS, R.; DEKKERS, J.C.M.; SCHAEFFER, L.R. Genetic evaluation for somatic cell score with a test day model for multiple lactations. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.12, p.2858-2870, 1995.

REKAYA, R.; CARABAÑO, M.J.; TORO, M.A. Use the test day yields for the genetic evaluation of production traits in Holstein-Friesian cattle. **Livestock Production Science**, v.57, n.3, p.203-217, 1999.

SARMENTO, J.L.R.; REIS FILHO, J.C.; ALBUQUERQUE, L.G. et al. Avaliação genética de caprinos da raça Alpina utilizando-se a produção de leite no dia do controle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.443-451, 2006.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT User's guide**. Version 6.12. Cary, North Caroline: SAS Institute Inc., 1996.

STRABEL, T.; SZWACZKOWSKI, T. Additive genetic and permanent environmental variance components for test day milk yields in Black-white cattle. **Livestock Production Science**, v.48, n.2, p.91-98, 1997.

SWALVE, H.H. The effect of test ay models on the estimation of genetic parameters and breeding values for dairy yields traits, **Journal of Dairy Science**, v.78, n.4, p.929-938, 1995.

WENCESLAU, A.A.; LOPES, P.S.; TEODORO, R.L. et al. Estimação de parâmetros genéticos de medidas de conformação, produção de leite e idade ao primeiro parto em vacas da raça Gir leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.153-158, 2000.

WILMINK, J.B.M. Efficiency of selection for different cumulative milk, fat, and protein yields in first lactation. **Livestock Production Science**, v. 17, n.3, p. 211-224, 1987.