



**Estrutura populacional e depressão endogâmica em bovinos
da raça Holandesa no Brasil**

Mário Henrique Magalhães Araújo da Silva

2014



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Estrutura populacional e depressão endogâmica em bovinos
da raça Holandesa no Brasil**

Autor:
Mário Henrique Magalhães Araújo da Silva

Orientador:
Prof. Dr. Paulo Luiz Souza Carneiro

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Abril de 2014

Mário Henrique Magalhães Araújo da Silva

**Estrutura populacional e depressão endogâmica em bovinos
da raça Holandesa no Brasil**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador:
Prof. Dr. Paulo Luiz Souza Carneiro

Co-orientadores:
Prof. Dr. Carlos Henrique Mendes Malhado
Prof. Dr. Jaime Araújo Cobuci

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Abril de 2014

636.21 Silva, Mário Henrique Magalhães Araújo da
S581e Estrutura populacional e depressão endogâmica em bovinos da raça
Holandesa no Brasil. / Mário Henrique Magalhães Araújo da Silva. - Itapetinga:
UESB, 2014.
72f.

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB – Campus de Itapetinga. Sob a orientação do Prof. D.Sc. Paulo Luiz Souza Carneiro e co-orientação do Prof. D.Sc. Carlos Henrique Mendes Malhado e Prof. D.Sc. Jaime Araújo Cobuci.

1. Bovinos da raça Holandesa - Estrutura populacional. 2. Produção de leite. 3. Bovinos – Depressão endogâmica. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Carneiro, Paulo Luiz Souza. III. Malhado, Carlos Henrique Mendes. IV. Cobuci, Jaime Araújo. V. Título.

CDD(21): 636.21

Catálogo na fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535

Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Bovinos da raça Holandesa - Estrutura populacional
2. Produção de leite
3. Bovinos – Depressão endogâmica

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

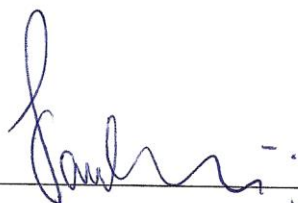
Título: "Estrutura populacional e depressão endogâmica em bovinos da raça Holandesa no Brasil".

Autor (a): Mário Henrique Magalhães Araújo da Silva

Orientador (a): Prof. Dr. Paulo Luiz Souza Carneiro

Co-orientador (a): Prof. Dr. Carlos Henrique Mendes Malhado

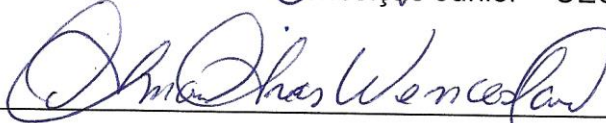
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:



Prof. Dr. Paulo Luiz Souza Carneiro – UESB
Orientador



Prof. Dr. Valdemiro Conceição Júnior – UESB



Prof. Dr. Amauri Arias Wenceslau – UESC

Data de realização: 25 de abril de 2014.

"Tudo é possível àquele que crê."

Jesus Cristo

À Santíssima Trindade e Nossa Senhora,

Ao Meu Pai e Minha Mãe,

Aos Meus Irmãos,

Aos Meus Tios, Tias e Primos,

Aos Meus Avós presentes e ausentes,

Aos Meus Amigos presentes e ausentes,

À Minha Noiva Renata Neri,

A todos Meus Familiares,

Aos Meus Mestres,

Dedico

AGRADECIMENTO

A Deus, pelo dom da vida, por nunca me deixar desamparado, quando mais precisei, por ser minha companhia em todos os lugares e me proteger de todo mal;

À **UESB e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPZ)**, por conceder toda a estrutura e a oportunidade para realização deste trabalho;

Ao professor Doutor **Paulo Luiz Souza Carneiro**, pela orientação durante o mestrado, disponibilidade e oportunidade de aprendizado;

Aos meus pais, **Adelson Pereira da Silva e Ana Lúcia Magalhães Araújo da Silva**, por sempre terem acreditado em mim, desde o meu jardim de infância, por nunca me deixarem desistir, pelo apoio financeiro, e o mais importante, o amor e carinho que nunca me faltaram;

Aos meus irmãos, que mesmo cheio de orgulho e com saudade do irmão, sempre ligando perguntando quando voltaria, e por sempre me darem o apoio necessário para voltar para Itapetinga com as forças renovadas;

À minha noiva, **Renata Neri**, que sempre esteve do meu lado me apoiando, sempre orando por mim, dando-me forças, carinho, amor, atenção e sempre me proporcionando muitas alegrias;

Ao meu avô, **Hélio Carvalho de Araújo, "In memoriam"**, que sempre torceu por mim e me ajudou sempre que possível;

À minha madrinha, **Maria Auxiliadora Magalhães Araújo e ao meu tio Paulo**, que sempre tiveram uma palavra de força para me oferecer e nunca se esqueceram de mim;

Aos meus Tios e aos meus primos, por estarem do meu lado em todos os momentos, apoiando-me e fazendo meus dias cada vez mais alegres;

Aos meus amigos-irmãos; **Abdias, Marcos, Thon**, por sempre permanecerem ao meu lado, proporcionando momentos eternos que jamais esquecerei, e tenho certeza que sempre estarão fazendo parte da minha vida;

Aos meus colegas e amigos, **André, Saulo, Gonça, Dan Guerreiro, Lucas, Jarbas, Laaina, Aracele, Eva, Barbara, Andrea**, pela força e ajuda sempre necessárias;

Aos meus colegas de sala, por me ajudarem a chegar aonde cheguei;

A todos os meus amigos e colegas da UESB;

Aos **funcionários** da UESB;

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da bolsa de estudos;

Ao meu co-orientador, professor Doutor Carlos Henrique Mendes Malhado e Jaime Araújo Cobuci, pela ajuda e enriquecimento deste trabalho;

Aos meus amigos **José Lauro e Fernando Barreto**, por dividirem todo conhecimento profissional e pessoal, por acreditarem em mim e me ajudarem sempre incondicionalmente;

Agradeço de coração a todos vocês.

BIOGRAFIA

MÁRIO HENRIQUE MAGALHÃES ARAÚJO DA SILVA, filho de Adelson Pereira da Silva e Ana Lucia Magalhães Araújo da Silva, nasceu na cidade de Rui Barbosa-BA, no dia 31 de maio de 1983.

Em fevereiro de 2007, iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, finalizando o mesmo em março de 2012.

Em dezembro de 2011, foi aprovado na seleção de mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Em abril de 2012, iniciou o curso de Pós-Graduação em Zootecnia – Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Produção de Ruminantes, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, sob a orientação do Professor Paulo Luiz Souza Carneiro.

Em abril de 2014, submeteu-se à defesa de mestrado em Zootecnia, na área de Genética e Melhoramento Animal – Bovinocultura Leiteira, pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, após tê-lo iniciado em abril de 2012.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	V
LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	VIII
RESUMO	IX
ABSTRACT	X
I REFERENCIAL TEORICO	01
1.1. Introdução	01
1.2 REVISÃO DE LITERATURA	02
1.2.1. Estrutura Populacional.....	02
1.2.1.1 Endogamia.....	04
1.2.1.2 Tamanho Efetivo.....	06
1.2.2 Depressão endogâmica.....	08
1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	11
II OBJETIVOS GERAIS.....	16
2.1 Objetivos Específicos.....	16

CAPÍTULO 1

Estrutura genética populacional de bovinos da raça Holandesa no Brasil

RESUMO	17
ABSTRACT	18
1. INTRODUÇÃO	19
2. MATERIAL E MÉTODOS	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
4. CONCLUSÕES	31
5. REFERÊNCIAS	32

CAPÍTULO 2

Depressão por endogamia em características produtivas e reprodutivas de
bovinos da raça Holandesa do Brasil

RESUMO	36
ABSTRACT	37
1. INTRODUÇÃO	38
2. MATERIAL E MÉTODOS	39
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4. CONCLUSÕES	51
5. REFERÊNCIAS	52

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 – Integralidade do Pedigree dos animais até a quarta geração do rebanho da Raça Holandesa no Brasil..... 27

CAPÍTULO 2

- Figura 1 – Distribuição por classe de endogamia individual (F) dos animais endogâmicos da raça Holandesa do Brasil. 42
- Figura 2 – Efeito da depressão endogâmica para a característica idade ao primeiro parto (IPP)..... 45
- Figura 3 – Efeito da depressão endogâmica para a característica intervalo de parto (IDP)..... 47
- Figura 4 – Efeito da depressão endogâmica para a característica produção de leite (PL)..... 49

LISTA DE TABELAS

REFERENCIAL TEORICO

Tabela 1 – Tamanho efetivo (N_e) de diferentes populações bovinas.....	7
Tabela 2 – Impacto da endogamia nas características de produção leiteira (PL), idade ao primeiro parto (IPP) e intervalo de parto (IDP) de diferentes populações bovinas.....	10

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Tamanho efetivo, no período de 1943 a 2005, em bovinos da raça Holandesa.....	23
Tabela 2 – Valores do coeficiente de endogamia e média de F para animais endogâmicos da raça Holandesa no Brasil.....	25
Tabela 3 – Coeficiente de relação dos 10 animais que mais contribuíram na formação do <i>pedigree</i>	28
Tabela 4 – Classificação dos rebanhos registrados dos bovinos da raça Holandesa no Brasil.....	28

Tabela 5 – Parâmetros populacionais da raça Holandesa no Brasil.....	29
--	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Estatística descritiva das características idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de parto (IDP) e produção de leite (PL).....	40
---	----

Tabela 2 – Estimativa dos coeficientes de regressão da endogamia sobre as características produção de leite (PL), idade ao primeiro parto (IPP) e intervalo de partos (IDP) em bovinos da raça Holandesa do Brasil.....	43
---	----

Tabela 3 – Variância residual dos modelos Linear, Exponencial, Quadrático e Michaelis-Menten, das características idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de parto (IDP) e produção de leite (PL).....	44
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCBRH – Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos da Raça Holandesa

ASBIA – Associação Brasileira de Inseminação Artificial

CR – Coeficiente médio de relação

F – Coeficiente de endogamia

F_a – Número efetivo de ancestrais

F_e – Número efetivo de fundadores

F_g – número efetivo de genomas remanescentes

IATF – Inseminação artificial em tempo fixo

IDP – Intervalo de partos

IPP – Idade ao primeiro parto

N_e – Número efetivo

PL – Produção de Leite

ΔF – Incremento da endogamia

RESUMO

SILVA, M. H. M. A. **Estrutura populacional e depressão endogâmica em bovinos da raça Holandesa no Brasil**. Itapetinga-BA: UESB, 2014. p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).*

Foi descrita a estrutura genética populacional e calculada a depressão por endogamia em bovinos da raça Holandesa, utilizando-se dados de registros genealógicos de 204.511 animais puros, manejados em propriedades, localizadas nas diferentes regiões do Brasil. Para avaliação da estrutura genética populacional utilizou-se dados de pedigree e os parâmetros populacionais foram gerados via programa ENDOG. A depressão endogâmica foi avaliada via quatro modelos de regressão (Linear, Quadrático, Exponencial e Michaelis-Menten), ajustados sobre os erros gerados pelo modelo animal. O tamanho efetivo (N_e) apresentou grande variação durante os períodos avaliados (0,19 a 3016,25). Houve um aumento na percentagem de animais endogâmicos com o avançar das gerações, passando de 0,18% a 5,0%. O rebanho todo se encontra com baixos níveis de endogamia, provavelmente em função do controle dos acasalamentos por parte dos criadores e também este valor pode estar subestimado em função da baixa integralidade do *pedigree*. O número efetivo de animais fundadores (f_e) foi de 473, e de ancestrais (f_a), 471, sendo que apenas 260 ancestrais (fundadores ou não) foram responsáveis por 50% da variabilidade genética. Os modelos Michaelis-Menten e exponencial foram significativos ($p < 0,001$) para a característica produção de leite (PL). Para a idade ao primeiro parto (IPP), os modelos quadrático, exponencial e Michaelis-Menten foram significativos ($p < 0,001$). Para o intervalo de parto (IDP), todos os modelos foram significativos ($p < 0,05$). Para o aumento de 1% na endogamia para a característica produção de leite (PL), observou-se diminuição de 9,64 kg de leite pelo modelo Michaelis-Menten. Da mesma forma, observou-se um efeito desfavorável para as características idade ao primeiro parto (IPP) e intervalo de parto (IDP), com resultados de +0,20 e +1,88 dias, respectivamente, para cada aumento de 1% na endogamia. Os baixos valores encontrados para a endogamia e para o CR indicam que poucos touros estão sendo utilizados de forma intensiva e, que apesar de poucos animais serem responsáveis pela variância atual da população, isso não comprometeu a estrutura genética populacional. Apesar do rebanho como um todo ter endogamia baixa, existem alguns animais que excederam níveis críticos de endogamia (7,0%) e, para estes, observou-se perdas geradas pela depressão endogâmica, tanto nas características reprodutivas como na característica produtiva.

Palavras-chave: coeficiente de relação, idade ao primeiro parto, intervalo de partos, produção de leite, tamanho efetivo

*Orientador: Paulo Luiz Souza Carneiro, D.Sc., UESB e Co-orientadores: Carlos Henrique Mendes Malhado, D.Sc., UESB e Jaime Araújo Cobuci, D.Sc., UFRGS.

ABSTRACT

SILVA, M. H. M. A. **Population structure and inbreeding depression in Holstein cattle in Brazil.** Itapetinga-BA: UESB, 2014. – p. (Thesis – Mastership in Zootechny – Production of Ruminants).*

We described the population genetic structure and calculated the inbreeding depression in Holstein cattle, using data from genealogical records of 204.511 pure Holstein cows, grazed on properties, localized in different regions of Brazil. To evaluate the population genetic structure was used pedigree data and population parameters were generated by ENDOG program. The inbreeding depression was assessed via four regression models (linear, quadratic, exponential and Michaelis-Menten), adjusted for the errors generated by the animal model. The effective population size (N_e), showed large variations during the evaluation period (from 0,19 to 3016,25). There was an increase in the percentage of inbred animals with advancing generations, from 0,18% to 5,0 %. The whole herd is low on inbreeding levels, probably due to the control of matings by the breeders and also this value may be underestimated due to the low completeness of the pedigree. The effective number of founders (f_e) was 473 animals, and ancestors (f_a) 471, and only 260 ancestors (founders or not) accounted for 50 % of the genetic variability. The Michaelis-Menten model and the exponential model were significant ($p < 0,001$) for the characterization of the milk production (PL). For first calving age (IPP), the quadratic, exponential and Michaelis-Menten models were significant ($p < 0,001$). For the calving gap (IDP) all models were significant ($p < 0,05$). For the 1% increase in inbreeding for trait milk yield (PL), we observed reduction of 9,64 kg of milk by Michaelis-Menten model. Likewise, there was an unfavorable effect to the first calving age (IPP) and the calving gap (IDP), with results +0,20 and +1,88 days, respectively, for each increase of 1% inbreeding. The low values found for inbreeding and to the CR indicate that few bulls are being used intensively, and that although few animals are responsible for the current variance of the population, this did not compromise the population genetic structure. Although the herd as a whole have low inbreeding, there are some animals that have exceeded critical inbreeding levels (7,0%) and for these were observed losses caused by inbreeding depression, in both the productive and reproductive characteristics feature.

Key words: correlation coefficient, first calving age, calving gap, milk yield, effective size

*Adviser: Paulo Luiz Souza Carneiro, D.Sc., UESB and Co-advisor: Carlos Henrique Mendes Malhado, D.Sc., UESB e Jaime Araújo Cobuci, D.Sc., UFRGS.

I- REFERÊNCIAL TEORICO

1.1- INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto produtor mundial de leite, com produção em torno de 35 bilhões de toneladas/ano, contribuindo para movimentar, principalmente, a economia das pequenas e médias cidades brasileiras (Brasil, 2014). Os principais produtores são os Estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Goiás, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Fundação Banco do Brasil, 2012).

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013), apesar da alta produção de leite no país, a produtividade do rebanho nacional é baixa, cerca de 1,471 litros/vaca/ano e, mesmo com os avanços tecnológicos e do fácil acesso à informação, a maioria dos produtores ainda permanece com baixos índices de eficiência técnica e, por consequência, econômica.

A pecuária leiteira é uma das mais importantes atividades do setor produtivo brasileiro, entretanto, vem passando por dificuldades em função da baixa eficiência da maioria das propriedades rurais, aliada à alta competitividade do setor. Segundo Boligon et al. (2005), a tentativa mais utilizada para aumentar a eficiência de nossa pecuária leiteira tem sido a transferência de modernas tecnologias e produtos oriundos de países desenvolvidos.

Nos últimos anos, têm ocorrido grandes avanços biotecnológicos que tem contribuído como ferramenta importante para disseminação de material genético de bovinos. Contudo, a utilização dessas biotecnologias (inseminação artificial em tempo fixo (IATF), fertilização in vitro, dentre outras) no sistema de produção ainda é lenta.

O uso de forma inadequada das biotecnologias reprodutivas tem contribuído para o aumento dos níveis de endogamia, já que poucos indivíduos têm sido responsáveis por um número cada vez maior de filhos, ocasionando perda de desempenho, sobrevivência, fertilidade e vitalidade, efeito denominado “depressão endogâmica” (Malhado et al., 2012).

Alguns dos parâmetros populacionais dependem do manejo e dos sistemas de acasalamento adotados, influenciando na variabilidade genética da população. Para o melhoramento genético, é importantíssimo o conhecimento dos fatores que interferem na seleção e no progresso genético, como a intensidade de seleção, intervalo de gerações, tamanho efetivo da população, variabilidade genética e coeficiente de endogamia (Amaral, 2012).

É importante que se façam estudos para identificar como se apresenta a estrutura genética populacional do rebanho de bovinos da raça Holandesa no Brasil. O conhecimento da estrutura genética e demais parâmetros genéticos populacionais trarão informações que irão somar às demais pesquisas já concretizadas, para nortear futuras tomadas de decisões pelos melhoristas.

1.2- REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1- Estrutura Populacional

Ao estudar a estrutura populacional, objetiva-se observar os parâmetros que a caracteriza, como tamanho efetivo, endogamia, intervalo de gerações, buscando informações sobre estes e prevenindo possíveis consequências, assim que estes se tornem críticos (Malhado et al., 2008).

No modelo da população ideal, as alterações de frequências alélicas seriam inexistentes, tanto os machos como as fêmeas têm chances iguais de produzir progênie para a próxima geração, entretanto, as populações não seguem este preceito, pois a contribuição genética dos pais não é a mesma, levando alterações na estrutura populacional e na frequência alélica (Oliveira, 2010).

Atualmente, técnicas de genética molecular têm sido introduzidas no estudo de populações de animais domésticos (Carneiro et al., 2007a; Curi & Lopes, 2002; Egito et al., 2005; Egito et al., 2007a; Machado et al., 2003; Serrano et al., 2004; Spritze et al., 2003; Postiglioni et al., 2002; Rangel et al., 2004).

Todavia, as informações de *pedigree* continuam sendo muito importantes e vêm sendo utilizadas em inúmeros estudos para avaliar a endogamia, o tamanho efetivo, a diversidade genética e diversos outros parâmetros populacionais importantes, principalmente em função do baixo custo (Carneiro et al., 2009; Carolino & Gama, 2008; Cleveland et al., 2005; Faria et al., 2001a, b; Faria et al., 2002; Faria et al., 2004; Malhado et al., 2008a; Malhado et al., 2013; Martínez et al., 2008; Nomura et al., 2001; Parland et al., 2007; Vercesi Filho et al., 2002a; Vercesi Filho et al., 2002b).

O conhecimento da evolução genética de uma população, através do estudo de sua estrutura, é importante não só para nortear ajustes eventualmente necessários, mas também para avaliar o programa adotado (Euclides-Filho et al., 2000; Malhado et al., 2008b; Weber et al., 2009).

Gutierrez e Goyache (2003) definiram o coeficiente médio de relação (CR) como a probabilidade de um alelo escolhido aleatoriamente da população em todo o *pedigree* pertencente a um determinado animal. Para Dunner et al. (1998), o CR é definido como a dupla probabilidade de dois alelos escolhidos aleatoriamente, um para o animal e outro para a população no *pedigree* (incluindo o do animal), serem idênticos por descendência. Dessa forma, pode ser interpretado como a representação do animal em todo o *pedigree*, independentemente do conhecimento de seu próprio *pedigree*.

As vantagens da utilização do CR são o custo computacional para cálculo semelhante ao do cálculo do numerador da matriz de parentesco; o CR de um fundador indica sua contribuição genética para a população; em rebanhos de conservação o CR pode ser usado como um índice para manter o estoque genético inicial, usando como reprodutores animais com o menor valor de CR; o uso do CR como alternativa ao coeficiente de endogamia (F), podendo ser utilizado para prever a endogamia a longo prazo, visto que leva em consideração a porcentagem do *pedigree* completo, originado de um fundador (Gutiérrez & Goyache, 2005).

O CR de cada indivíduo no *pedigree* é calculado como a média dos coeficientes na linha correspondente ao indivíduo, em relação à matriz de parentesco A. Ambos os alelos (para o animal e para a população) são incluídos no cálculo (Valera et al., 2005). Um vetor contendo os coeficientes de CR para todos os animais de um *pedigree* pode ser obtido por $c' = (1/n) 1'A$, em que c' é um vetor linha, c_i é a média dos coeficientes na

linha do indivíduo i , no numerador da matriz de parentesco, A , de dimensão n . Em indivíduos fundadores, o CR pode ser calculado fixando o valor de 1 para cada indivíduo, quando este pertencer à população, $1/2$ para cada filho desse animal na população, $1/4$ para cada neto, e assim por diante, de acordo com o tamanho da população, de tal maneira que o CR obtido irá indicar a sua contribuição genética para a população (Dunner et al., 1998).

Usando o coeficiente de relação médio, é possível determinar a percentagem de contribuição genética de uma determinada linha ou linhagem dos fundadores em toda a população, independentemente do número real de linhagens iniciais. Além disso, podemos calcular o CR para cada indivíduo não-fundador, conhecendo sua representação genética na população. Assim, este parâmetro pode ser usado para equilibrar a contribuição genética, evitando, assim, perdas genéticas decorrentes de práticas de manejo inadequadas (Goyache et al., 2003).

Para tais estudos, são necessárias informações de *pedigree* acuradas, com informações reais e fidedignas do registro genealógico, pois baixa integralidade de *pedigree* pode sub ou superestimar os resultados encontrados, comprometendo o trabalho e possivelmente as ações futuras que possam nortear um programa de seleção.

1.2.1.1- Endogamia

A endogamia é resultado do acasalamento, intencional ou não, de animais aparentados, sendo um manejo capaz de alterar a constituição genética da população. Isto se dá por meio do aumento da homozigose e, conseqüentemente, da diminuição da heterozigose, alterando, assim, a frequência genotípica, mas não as frequências alélicas (Queiroz et al., 2000).

O efeito da endogamia sobre a composição genética das populações consiste no decréscimo no número de indivíduos heterozigotos, redistribuições da variabilidade genética, aumento da chance de aparecimento de alelos recessivos de efeitos deletérios e de perdas de alelos por flutuações na frequência gênica. Esses eventos podem influenciar negativamente o desempenho populacional médio em características de interesse econômico (Falconer e Mackay, 1996).

A endogamia nos rebanhos tem origem, em alguns casos, na má utilização de biotecnologias reprodutivas, como a inseminação artificial, na qual, em alguns casos, não há uma gestão genética correta, fazendo com que poucos animais sejam responsáveis por um elevado número de filhos, contribuindo para a redução da variabilidade, sendo esta uma das principais causas do aumento da endogamia e redução do tamanho efetivo populacional (Faria et al., 2002).

A utilização de indivíduos mais aparentados entre si que a média da população, como pais da próxima geração, tem como consequência o encontro de alelos, devido ao maior nível de homozigose, provocando alguma alteração na média do mérito individual (Shimbo et al., 2000). Apesar de ser prejudicial, muitos produtores lançam mão dessa ferramenta, buscando alcançar prepotência, visto que indivíduos mais endogâmicos geram diminuição da variabilidade, produzindo filhos mais uniformes. Assim, quanto maior a homozigose, menor a diversidade de gametas produzidos por um animal.

Segundo Koury Filho (2003), o aumento da prepotência ocorre mais facilmente em características qualitativas, geralmente determinadas por poucos pares de genes, e mais dificilmente em características quantitativas, que são responsáveis por um maior número de genes.

A deterioração das características, devido à endogamia, pode ser detectada com precisão por meio de análises das estimativas do coeficiente de endogamia (F) e da taxa de aumento da endogamia (ΔF) ao longo dos anos (Cassel, 2003).

Para quantificar a probabilidade de que dois alelos presentes no mesmo loco sejam idênticos por descendência, é usado o Coeficiente de Endogamia (F). O F mede a correlação entre os gametas que se unem para formar um zigoto e equivale à metade do grau de parentesco entre seus pais (Paiva, 2006).

Para Falconer (1987), o valor de F, por si só, não é suficiente para compreensão do comportamento da endogamia na população. O incremento de endogamia, que mede quanto o coeficiente de endogamia varia proporcionalmente de uma geração para outra subsequente, torna possível comparar os efeitos da endogamia sob diferentes sistemas de acasalamento.

Assim, coeficiente de endogamia depende do tamanho efetivo da população e, quanto menor for o tamanho da população em gerações anteriores, maior será o número de ancestrais comuns e maior será o F (Breda et al., 2004). Oliveira et al. (1999) ressaltaram a dificuldade de redução do coeficiente de endogamia, quando a seleção é praticada para apenas uma característica.

1.2.1.2- Tamanho Efetivo

Para Caballero (1994), o N_e é definido pelo número de animais reprodutores que poderiam gerar a mesma taxa de endogamia ou variâncias nas frequências alélicas, caso estes fossem criados nas condições de uma população idealizada. Quando poucos animais são pais de muitos descendentes, ocorre aumento na variância do tamanho de família, que é inversamente proporcional ao tamanho efetivo da população ($\sigma^2_f = 1/N_e$). Por sua vez, o tamanho efetivo da população também é inversamente proporcional à taxa de endogamia ($\Delta F = 1/2N_e$) (Faria et al., 2001b).

O tamanho efetivo (N_e) de uma população é um parâmetro importante na conservação genética de populações; devido a sua relação inversa com o aumento da endogamia, às perdas de variabilidade genética, à deriva genética e suas possibilidades de adaptação às mudanças ambientais. Já no melhoramento animal, a intensidade de seleção e o tamanho efetivo são fatores antagônicos, ou seja, quando se pratica alta intensidade de seleção, reduz-se o tamanho efetivo (Carneiro et al., 2010). Para Faria et al. (2001), o conceito de tamanho efetivo é extremamente importante na descrição de populações e em programas de melhoramento, devido às suas relações com endogamia e deriva genética (é a variação do fundo genético existente nas populações que se encontra em harmonia com a seleção natural e é resultante do acaso).

Vários trabalhos realizados com bovinos demonstram uma ampla diversidade entre os valores de tamanho efetivo (Tabela 1).

Tabela 1. Tamanho efetivo (N_e) de diferentes populações bovinas.

Raça/Variedade	Local	Período	N_e	Autor
Gir Mocho	Brasil	1994 – 1998	70	Faria et al. (2001a)
Sindi	Brasil	1994 – 1998	19	Faria et al. (2001b)
Holandes	Dinamarca	1993 – 2003	49	Sorensen et al. (2005)
Jersey	Dinamarca	1993 – 2003	53	Sorensen et al. (2005)
Ayrshire	Africa do Sul	1960 – 2003	148	Maiwashe et al. (2006a)
Guernsey	Africa do Sul	1960 – 2003	165	Maiwashe et al. (2006b)
Guzerá	Brasil	1994 – 1998	117	Faria et al. (2002c)
Gir	Brasil	1994 – 1998	45	Faria et al. (2002c)
Sindi	Brasil	1994 – 1998	9	Faria et al. (2004a)
Caracu	São Paulo	1997 – 2002	64	Pereira et al. (2005)
Gir Mocho	Brasil	1994 – 1998	24	Faria et al. (2006)
Nelore	Bahia	1994 – 2001	469	Malhado et al. (2008b)
Jersey	Africa do Sul	1960 – 2003	108	Maiwashe et al. (2006c)
Holandes	Africa do Sul	1960 – 2003	137	Maiwashe et al. (2006d)
Gir	Brasil	1994 – 2002	200	Reis-Filho et al. (2010)

Faria et al. (2001) calcularam o tamanho efetivo da população de animais da raça Nelore, controlados pela ABCZ (Associação Brasileira dos Criadores de Zebu) e descobriram que toda população controlada apresenta variabilidade genética esperada, equivalente a uma população de 68 animais não aparentados. Os autores apontaram que o principal motivo para este resultado foi o uso excessivo de determinados touros. No período de 1994 a 1998, 10 touros (0,096% do total) foram pais de 19,3% dos animais controlados (10357 filhos/touro).

Para Breda et al. (2004), as populações com menor tamanho efetivo apresentaram os maiores coeficientes de endogamia, em razão da maior probabilidade de acasalamentos entre os indivíduos aparentados nessas populações, em comparação com as de maior tamanho efetivo.

Boichard et al. (1997) definiram novos parâmetros derivados da probabilidade de origem dos genes, no intuito de contribuir para o monitoramento da variabilidade genética de uma população. Estes parâmetros são: número efetivo de fundadores e número efetivo de ancestrais.

O número efetivo de fundadores (f_e) representa o número de animais com igual contribuição que produziria a mesma variabilidade genética encontrada na população

estudada. Ancestral é todo animal ascendente, fundador ou não, que explica a variabilidade genética da população referência, que é definida pelos animais que possuem ambos os progenitores conhecidos. Assim, o número efetivo de ancestrais (f_a) representa o número mínimo de animais, necessário para explicar a total diversidade da população (Boichard, 1997; Faria et al., 2004a; Faria et al., 2010a).

Segundo Muasya et al. (2013), a razão entre número efetivo de fundadores e número efetivo de ancestrais (f_e / f_a) mostra se os fundadores foram usados de forma equilibrada, ainda que estas razões pareçam ser dependentes da dimensão da população e da intensidade de seleção. Essa razão é resultado da diminuição do número de reprodutores e consequente aumento da endogamia, refletindo na diminuição da variabilidade genética. Quanto maior a distância entre f_a e f_e , menor é a participação de todos os animais fundadores na população ao longo das gerações. O ideal é que o f_e seja igual ao f_a , ou que a diferença entre eles seja sempre a menor possível (Albuquerque, 2010).

1.2.2- Depressão endogâmica

A depressão endogâmica é um fenômeno provocado pelo acasalamento entre indivíduos aparentados, aumentando o número de locos homozigotos. A diminuição do vigor de híbrido, pelo aumento da homozigose, vai fazer com que genes deletérios se expressem, acarretando perdas produtivas (Amaral, 2012). Segundo Malhado et al. (2012), a perda de desempenho, sobrevivência, fertilidade e vitalidade, associado com endogamia, é denominado “depressão endogâmica”.

Depressão por endogamia foi descrita por Dickerson, em 1963, e é caracterizada pela diminuição, em relação à média do desempenho produtivo ou reprodutivo dos animais provenientes de acasalamentos endogâmicos (Mc Parland et al., 2008).

As principais causas da depressão por endogamia são a segregação de alelos, a redução das frequências de genótipos heterozigotos e a interação entre genes situados em diferentes locos, ou seja, efeito epistático (Joahansson e Rendel, 1971).

Programas de melhoramento animal com recursos modernos de estimação de valores genéticos e tecnologia reprodutiva avançada fizeram com que os rebanhos alcançassem progresso genético rápido. Entretanto, o uso de forma não adequada dos

reprodutores podem levar ao acúmulo de endogamia através do forte impacto de alguns indivíduos selecionados. Taxas de endogamia são altas na maioria das espécies, e as perdas econômicas, devido à depressão endogâmica na produção, crescimento, saúde e fertilidade, têm se tornado uma séria preocupação (Weigel, 2001).

Segundo Thompson et al. (2000), a maior perda econômica com a endogamia pode ser a consistente redução da sobrevivência das vacas para todos os níveis de endogamia. Smith et al. (1998) relataram redução na renda líquida relativa, ajustada ao custo de oportunidade, de US\$ 14,79 para preço de mercado do leite fluido e de US\$ 12,40 para preço manufaturado, por 1% de aumento de endogamia. Os efeitos da endogamia são cumulativos no desempenho das vacas leiteiras durante a vida produtiva.

Segundo Cassel et al. (2003), a detecção da depressão endogâmica depende da acurácia das estimativas da endogamia. *Pedigrees* incompletos podem subestimar a endogamia e o parentesco, porque as potenciais contribuições dos ancestrais desconhecidos são ignoradas (VanRaden, 1992). Erros de informações de *pedigree* também podem afetar as estimativas de endogamia.

A influência significativa da endogamia do animal, nas características de produção de leite, além das características reprodutivas idade ao primeiro parto e intervalo de parto, são encontradas na literatura frequentemente (Tabela 2). O conhecimento de aspectos populacionais e o estabelecimento dos níveis de endogamia para cada animal são importantes para que se possa orientar criadores, buscando prevenir a ocorrência dos efeitos genéticos provocados pela depressão endogâmica (Hauschild et al., 2002).

Tabela 2. Impacto da endogamia nas características de produção leiteira (PL), idade ao primeiro parto (IPP) e intervalo de parto (IDP) de diferentes populações bovinas.

Raça/Variedade	Característica	Impacto para cada	
		1% de F	Autor
Holandesa	PL	- 37 kg	Smith et al. (1998a)
Holandesa	PL	- 29,6 kg	Wiggans et al. (1995a)
Jersey	PL	- 21,3 kg	Wiggans et al. (1995b)
Holandesa	PL	- 21,6 kg	Biffani et al. (2002)
Holandesa	IDP	+ 0,3 dias	Smith et al. (1998b)
Pardo-Suíço	IDP	+ 1,4 dias	Falcão et al. (2001)
Alentejana	IDP	+ 0,263 dias	Carolino e Gama (2008a)
Alentejana	IPP	+ 0,022 dias	Carolino e Gama (2008b)
Holandesa	IPP	+ 0,4 dias	Smith et al. (1998c)

Para Carneiro (2007), o conhecimento sobre os efeitos da seleção na endogamia, na fixação de alelos e no limite de seleção, é importante, visto que a depressão endogâmica na característica sob seleção tem importante efeito sobre a resposta à seleção, a médio e longo prazo, além da redução na fixação de genes favoráveis.

Carrillo e Siewerdt (2010) desenvolveram uma metodologia para avaliar a depressão por endogamia, por meio da comparação empírica de quatro modelos estatísticos não lineares (Linear, Quadrático, Exponencial e Michaelis-Menten), em que os efeitos da endogamia sobre as características são determinados pelo ajuste de vários modelos de regressão sobre os erros gerados pelo modelo animal. Assim, apesar da importância da mensuração dos efeitos causados pela depressão endogâmica nos rebanhos bovinos, até o momento, não foi identificado nenhum trabalho aplicando essa metodologia em bovinos leiteiros no Brasil.

1.3- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A.L.S. **Estrutura populacional de um rebanho leiteiro da raça Pardo-suíça no estado do Ceará.** Dissertação de Mestrado. Fortaleza (Ceará): Universidade Federal do Ceará. 48p. 2010.

AMARAL, R.S., **Estrutura populacional, tendência genética e depressão por endogamia em Nelore Mocho do Nordeste do Brasil.** Itapetinga-BA: UESB, 2012. 107f. (Tese – Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).

BANCO DO BRASIL. **Desenvolvimento Regional Sustentável: Bovinocultura Leiteira.** Disponível em <
<http://www.bb.com.br/docs/pub/inst/dwn/Vol1BovinoLeite.pdf> > Acesso em: 10/03/2014.

BOGLION, A.A.; RORATO, P.R.N.; FERREIRA, G.B.B.; ET AL. Herdabilidade e tendência genética para as produções de leite e de gordura em rebanhos da raça Holandesa no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, V.34, n.5,p.1512-1518, 2005.

BOICHARD, D.; MAIGNEL, L.; VERRIER, E. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. **Genetics Selection Evolution**, v.29, p. 5-23, 1997.

BREDA, F.C.; EUCLYDES, R.F.; PEREIRA, C.S. et al. Endogamia e limite de seleção em populações obtidas por simulação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.2017-2025, 2004.

CABALLERO, A. Developments in the prediction of the effective population size. **Heredity**, London, v.73, p.657-679, 1994.

CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; EUCLYDES, R.F. et al. Oscilação genética em populações submetidas a métodos de seleção tradicionais e associados a marcadores moleculares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.84-91, 2006.

CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; EUCLYDES, R.F. et al. Endogamia, fixação de alelos e limite de seleção em populações selecionadas por métodos tradicionais e associados a marcadores moleculares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.369-375, 2007.

CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; MARTINS-FILHO, R. et al. A raça Indubrasil no Nordeste brasileiro: melhoramento e estrutura populacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2327-2334, 2009.

CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; MARTINS FILHO, R. 2010. **Estrutura Populacional e sua aplicação na conservação e melhoramento genético animal.** In: VI Congresso Nordestino de produção Animal. SNPA 29a, Mossoró: RN.

CAROLINO, N. & GAMA, L.T. Inbreeding depression on beef cattle traits: estimates, linearity of effects and heterogeneity among sire-families. **Genetics Selection Evolution**, v.40, p. 511-527, 2008.

CASSEL, B. G.; ADAMEC, V.; PEARSON, R.E. Effect of incomplete pedigrees on estimates of inbreeding and inbreeding depression for days do firs service and summit milk yeld in Holstein and Jerseys. **Journal of Dairy Science.**;v.86, p. 2967-2976, 2003.

CLEVELAND, M.A.; BLACKBURN, H.D.ENNS, R.M.; GARRICK, D.J. Changes in inbreeding of U.S. Herefords during the twentieth century. **Journal of Animal Science**, v.83, p.992-1001, 2005.

FALCONER, D.S.. **Introdução à genética quantitativa**. Trad. De M.A. Silva e J.C. Silva. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ, 1987. 279p.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C.. **Introduction to Quantitative Genetics**. 4 ed. Nee York: Longman. 1996, 464p.

FARIA, F.J.C.; VERCESI-FILHO, A.E.; JOSAHKIAN, L.A.; MADALENA, F.E. Estrutura da população de bovinos Nelore e Nelore Mocho: Resultados preliminares. In: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, III Simpósio Nacional de Melhoramento Animal, Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: SBMA, 2000, p. 367-370.

FARIA, F.J.C.; VERCESI-FILHO, A.E.; MADALENA, F.E.; JOSAHKIAN, L.A. Parâmetros populacionais do rebanho Gir Mocho registrado no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30(6S), p.1984-1988, 2001a.

FARIA, F.J.C.; VERCESI-FILHO, A.E.; MADALENA, F.E.; JOSAHKIAN, L.A. Parâmetros populacionais do rebanho Sindi registrado no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30(6S), p.1989-1994, 2001b.

FARIA, F.J.C.; VERCESI-FILHO, A.E.; MADALENA, F.E.; JOSAHKIAN, L.A. Estrutura populacional da raça Nelore Mocho. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, p.501-509, 2002a.

FARIA, F.J.C.; VERCESI-FILHO, A.E.; MADALENA, F.E.; JOSAHKIAN, L.A. [2002b]. Endogamia na raça Nelore. In: VI Simpósio Nelore, 2002, Ribeirão Preto, **Anais...** Ribeirão Preto: Simpósio 2002 Nelore Natural. DBO Sul Editores Associados Ltda, 2002b. p. 69-77.

FARIA, F.J.C.; VERCESI-FILHO, A.E.; MADALENA, F.E.; JOSAHKIAN, L.A. [2002c] Pedigree analysis in the brazilian zebu breeds. In: 7th World **Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, 2002, Montpellier, France. Session 26. Management of genetic diversity, 2002c.

FARIA, F.J.C.; VERCESI-FILHO, A.E.; MADALENA, F.E.; JOSAHKIAN, L.A. Estrutura genética da raça Sindi no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.852-857, 2004a.

FARIA, F.J.C.; VERCESI-FILHO, A.E.; MADALENA, F.E. et al. Variabilidade genética da raça Guzerá. In: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, V Simpósio Nacional de Melhoramento Animal, Pirassununga, **Anais...** Pirassununga: SBMA, 2004b.

FARIA, F.J.C.; VERCESI-FILHO, A.E.; MADALENA, F.E.; JOSAHKIAN, L.A. Estrutura genética da raça Gir Mocha registrada no Brasil. **Boletim da Indústria Animal**, v.63, p.135-141, 2006.

FARIA, F.J.C.; DIAS, A.C.; VERCESI-FILHO, A.E. et al. Análise da estrutura genética de reprodutores da raça Nelore em centrais de inseminação: intervalo de gerações e variância do número de progênies. In: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, VIII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, Maringá, **Anais...** Maringá: SBMA, 2010a.

FARIA, L.C.; QUEIROZ, S.A.; VOZZI, P.A.; et al. Variabilidade genética da raça Brahman no Brasil detectada por meio de análise de pedigree. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1133-1140, 2010b.

GUTIÉRREZ, J.P.; ALTARRIBA, J.; DÍAZ, C.; et al. Pedigree analysis of eight Spanish beef cattle breeds. **Genetics Selection Evolution**, v.35, p. 43-63, 2003.

HAUSCHILD, L.; RORATO, P.R.N.; EVERLING, D.M. et al. Coeficiente de endogamia em ovinos da raça Texel. In: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, IV Simpósio Nacional de Melhoramento Animal, Campo Grande, **Anais...** Campo Grande: SBMA, 2002.

JOHANSSON, I.; RENDEL, J. **Genetic y majora animal**. Zaragoza: Acribla, 1971. 567p.

KOURI FILHO, W. Mitos e realidades sobre consanguinidade ou endogamia – parte 2. **Canal Lagoa**, sertãozinho, Ano VI, n.14 ago. 2003.

MAIWASHE, A. #, Nephawe, K.A., van der Westhuizen, R.R., Mostert, B.E. , Theron, H.E. de 2006. Rate of inbreeding and effective population size in four major South African dairy cattle breeds. **South African Journal of Animal Science** 2006, p.50 – 57.

MALHADO, CHM.; CARNEIRO, PLS.; PEREIRA, DG.; MARTINS FILHO, R. 2008b. Progresso genético e estrutura populacional do rebanho Nelore no estado da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.9, p.1163-1169.

MALHADO, C.H.M., MALHADO, A.C.M., CARNEIRO, P.L.S., RAMOS, A.A., CARRILO, J.A., PALA, A.; Inbreeding depression on production and reproduction traits of buffaloes from Brazil. **Animal Science Journal** (2013) 84, 289–295.

MARTÍNEZ, R.A.; GARCÍA, D.; GALLEGO, J.L.; et al. Genetic variability in Colombian Creole cattle populations estimated by pedigree information. **Journal of Animal Science**, v.86, p.545-552, 2008.

McPARLAND, S.; KEARNEY, J.F.; RATH, M.; BERRY, D.P. Inbreeding trends and pedigree analysis of Irish dairy and beef cattle populations. **Journal Animal Science**, v. 85, p.322-331, 2007.

MUASYA T. K., K.J. Peters and A.K. Kahi (2013). Breeding structure and genetic variability of the Holstein Friesian dairy cattle population in Kenya. *Animal Genetic Resources/Ressources génétiques animales/Recursos genéticos animales*, 52, pp 127-137. doi:10.1017/S2078633613000039.

NORTHCUTT, S.L.; BUCHANAN, D.S.; CLUTTER, A.C. [1995]. **Inbreeding in cattle**. Disponível em: < pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/...1974/ANSI-3165web.pdf >. Acesso em: 21/01/2014.

OLIVEIRA, H.P.Q. **Estudo da estrutura genética populacional e dos efeitos do programa de melhoramento genético em um rebanho Nelore**. 2010. 76 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.

OLIVEIRA, J.A.; BASTOS, J.F.P.; TONHATI, H. Endogamia em um rebanho da raça Guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.721-728, 1999.

PAIVA, A. L. C., **Endogamia na raça holandesa do Brasil**. Viçosa – MG, UFV 2006. Tese (Mestrado – Melhoramento Animal). Universidade Federal de Viçosa.

PIRCHNER, F. 1985. Genetic structure of populations.1. Closed populations or matings among related individual. In: CHAPMAN, A.B. **General and quantitative genetics**. Amsterdam: Elsevier. p.227-248.

QUEIROZ, S.A.; ALBUQUERQUE, L.G.; LANZONI, N.A. Efeito da endogamia sobre características de crescimento de bovinos da raça Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 1014-1019, 2000.

Sørensen, A.C., Sørensen, M.K. & Berg, P., 2005. Inbreeding in Danish dairy cattle populations. **Journal of Dairy Science**. 88, 1865-1872.

SHIMBO, M.V.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; et al. Influência da endogamia sobre características de desempenho em bovinos da raça Nelore. In: SIMPÓSIO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3, 2000, Belo Horizonte, Anais..., Belo Horizonte: **Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal**, 2000. p. 388-390.

SILVA, M.V.G.B.; FERREIRA, W.J.; COBUCCI, J.A. et al. Efeito da endogamia sobre características produtivas e reprodutivas de bovinos do ecótipo Mantiqueira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1236-1242, 2001.

SMITH, L.A.; CASSEL, B.G.; PEARSON, R.E. The effects of inbreeding on the lifetime performance of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, p.2729-2737, 1998.

THOMPSON, J.R., EVERETT, R.W., HAMMERSCHMIDT, N.L. 2000a. Effects of inbreeding on production and survival in Holsteins. **Journal of Dairy Science**, 83(8):1856-1864.

VANRADEN, P.M. Accounting for inbreeding and crossbreeding in genetic evaluation of large populations. **J. Dairy Sci.**, v.75 p. 3136-3144, 1992.

WEIGEL, K.A. Controlling inbreeding in modern breeding programs. **Journal of Dairy Science**, v.84, p. 177-184, 2001.

WIGGANS, G.R.; VAN RADEN, P.M.; ZUURBIER, J. Calculation and use of inbreeding coefficients for genetic evaluation of United States dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v.78, p.1584-1590, 1995.

WRIGHT, S. Mendelian analysis of the pure breeds of livestock. I. The measurement of inbreeding and relationship. **J. Heredity**, v.14, p.339-348, 1923.

WRIGHT, SEWALL. Evolution in the Mendelian populations. **Genetics** v. 16, p.97-159, 1931.

II- OBJETIVOS GERAIS

Avaliar o rebanho bovino da raça Holandesa no Brasil por meio de sua estrutura genética populacional e depressão por endogamia em características produtivas e reprodutivas.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar o número de reprodutores e o número médio de filhos por touro em diferentes períodos;
- Estimar a variabilidade genética e estimar a endogamia média e o tamanho efetivo em diferentes períodos;
- Calcular o número efetivo de animais fundadores e o número efetivo de ancestrais;
- Estudar a endogamia em bovinos da raça Holandesa do Brasil, avaliando o efeito da depressão endogâmica em características produtivas e reprodutivas.

III - CAPÍTULO 1

Estrutura genética populacional de bovinos da raça Holandesa no Brasil

RESUMO

Avaliou-se a estrutura genética populacional da raça Holandesa no Brasil por meio de informações do *pedigree*, com o intuito de gerar informações importantes para manter a exploração racional da variabilidade nos rebanhos. Foram utilizados dados de registros genealógicos de 204.511 animais puros da raça Holandesa, manejados em propriedades, localizadas nas diferentes regiões do Brasil. O banco de dados foi separado em sete períodos, em intervalos de oito anos, de 1943 a 2005, para a estimativa do tamanho efetivo (N_e). O tamanho efetivo (N_e) teve variação durante os períodos, variando de 0,19 a 3016,25. Houve um aumento na porcentagem de animais endogâmicos com o avançar das gerações, passando de 0,18% a 5,0%. Os níveis de endogamia podem estar subestimados em função da baixa integralidade do *pedigree*, principalmente relacionado ao paterno. O número efetivo de animais fundadores (f_e) foi de 473, e de ancestrais (f_a), 471, sendo que apenas 260 ancestrais (fundadores ou não) foram responsáveis por 50% da variabilidade genética da população atual. Os valores de coeficiente médio de relação (CR) e endogamia mostram gestão genética correta dos rebanhos da raça Holandesa no Brasil. O estudo evidencia ainda que há efeito fundador moderado, ausência de efeito “gargalo” e, apesar de poucos animais serem responsáveis pela variância atual da população, parece que este fato não compromete a adequada estrutura genética populacional da raça.

Palavras-chave: bovinos leiteiros, endogamia, tamanho efetivo, variabilidade genética

CHAPTER 1

Population genetic structure of cattle in Holstein cattle in Brazil

ABSTRACT

We evaluated the population genetic structure of the Holstein breed in Brazil through pedigree information, in order to provide important information to keep the rational exploitation of the variability in herds. We used data of genealogical records of 204.511 pure Holstein cows, grazed on properties, located in different regions of Brazil. The database was divided into seven periods, with eight years intervals, from 1943 to 2005, to estimate the effective population size (N_e). The effective population size (N_e) had variation during the periods, ranging from 0,19 to 3016,25. There was an increase in the percentage of inbred animals, with advancing generations, from 0,18 % to 5,0 %. The may be underestimated due to the low completeness of pedigree, primarily related to paternal pedigree. The effective number of founders (f_e) was 473 animals, and ancestors (f_a) were 471, being that only 260 ancestors (founders or not) accounted for 50 % of the genetic variability of the current population. The average value of the relationship coefficient (CR) and inbreeding show correct genetic management of herds of the Holstein breed in Brazil. The study also shows that there is a moderate founder effect, the lack of effect "gargalo", and although few animals are responsible for the current variance of the population, it seems that this fact does not undermine the proper population genetic structure of the breed.

Key words: milk bovine, inbreeding, effective population size, genetic variability

1. INTRODUÇÃO

A população brasileira de bovinos leiteiros tem 23,2 milhões de animais cruzados (europeu e zebuínos) e puros, com produção de 32,3 bilhões de litros no ano de 2012 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE 2013). Os animais cruzados são predominantes, mas a raça Holandesa é numericamente a mais importante raça europeia utilizada pelos criadores, sendo a Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos da raça Holandesa (ABCBRH) fundada em 1934. A população de animais da raça foi desenvolvida basicamente pela importação de germoplasmas dos Estados Unidos, Canadá e Europa.

A produção brasileira tem crescimento anual de 4,0% (MAPA), ao passo que a importação de sêmen cresceu 11,55% no ano de 2013 (ASBIA, 2014). Assim, esta evolução constante da cadeia produtiva do leite tem aumentado a intensidade de seleção na raça, que, aliada ao uso das biotecnologias reprodutivas (inseminação artificial, transferência de embriões e fecundação *in vitro*), tem resultado em menor proporção de animais selecionados para serem progenitores das gerações seguintes. Isso torna importante o estudo sobre estrutura genética para avaliação dos níveis de variabilidade dessa população.

Alguns problemas, como a falta de informação, *pedigree* incompleto e introdução de animais na população, podem causar a subestimação da endogamia e outros parâmetros importantes (Goyache et al., 2003).

No Brasil, estudos que avaliam a estrutura populacional em bovinos leiteiros têm sido realizados principalmente com as raças Gir e Sindi (Faria et al., 2001; Faria et al., 2004; Filho et al., 2005; e Queiroz et al., 2000). Na raça Holandesa, a maior parte dos estudos foi realizada em países onde a pecuária é mais desenvolvida, como Estados Unidos, Dinamarca, África do Sul (Maiwashe et al., 2006; Muasya et al., 2013; Sørensen et al., 2005; Thompson et al., 2000; Weigel et al., 2001). Esta constatação torna importante um estudo da raça Holandesa no Brasil para que se possa ter diagnósticos de fatores importantes que interferem potencialmente na seleção, como tamanho efetivo, intervalo de gerações, coeficiente de endogamia e variabilidade genética.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a estrutura genética populacional da raça Holandesa no Brasil, por meio de informações do *pedigree*, com o intuito de obter informações sobre a variabilidade genética desta raça.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de *pedigree* utilizados neste estudo foram provenientes da Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos da raça Holandesa (ABCBRH). O banco de dados completo possuía informações de *pedigree* de 204.511 animais puros da raça Holandesa, manejados em propriedades localizadas em diversas regiões do Brasil.

O programa Endog (Gutiérrez e Goyache, 2005) foi utilizado para a análise do *pedigree* e estimação dos parâmetros, baseados na probabilidade de origem do gene, coeficiente médio de endogamia (F), coeficiente médio de relação e tamanho efetivo da população (Ne).

Para estimação de parâmetros baseados na probabilidade de origem do gene, foi calculado o número efetivo de fundadores e o número efetivo de ancestrais. O número efetivo de fundadores representa o número de animais com igual contribuição que produziriam a mesma variabilidade genética encontrada na população estudada. A aproximação clássica na determinação do número efetivo de fundadores (Lacy, 1989) foi dada por:

$$f_e = \frac{1}{f \sum_{k=1}^f q_k^2}$$

Em que:

f_e = número efetivo de fundadores

q_k = probabilidade de o gene ser originado do fundador k

O número efetivo de ancestrais representa o número mínimo de animais (fundadores ou não) necessários para se explicar a total diversidade genética da população estudada. A determinação do número efetivo de ancestrais foi realizada computando-se a contribuição marginal de cada ancestral por:

$$f_a = \frac{1}{\sum_{j=1}^a q_j^2}$$

Em que:

f_a = número efetivo de ancestrais;

q_j = contribuição marginal de um ancestral j (não necessariamente fundador), ou seja, a contribuição genética de ancestral que não é explicada por um ancestral escolhido anteriormente.

O número de gerações completas traçadas (g) é definido como a geração mais distante em que todos os ancestrais sejam conhecidos, ou seja, que separa a progênie da mais distante geração em que $2g$ ancestrais do indivíduo são conhecidos. O número máximo de gerações traçadas é o número de gerações que separam o indivíduo de seu ancestral mais remoto. O número equivalente de gerações completas, por sua vez, é obtido pelo somatório dos termos $(1/2)^n$ de todos os ancestrais conhecidos, em que n é o número de gerações que separa o indivíduo de cada ancestral conhecido (Maignel et al., 1996).

Para o cálculo do coeficiente de endogamia (F), utilizou-se o algoritmo proposto por Meuwissen e Luo (1992). O incremento de endogamia (ΔF), calculado para cada geração, foi obtido por:

$$\Delta F = \frac{F_t - F_{t-1}}{1 - F_{t-1}}, \text{ com arranjos } N_e = \frac{1}{2\Delta F}, \text{ em que: } F_t = \text{coeficiente médio de}$$

endogamia estimado na geração atual; F_{t-1} = coeficiente médio de endogamia estimado na geração anterior.

O tamanho efetivo da população (N_e) foi estimado por meio da taxa de variação dos coeficientes médios de endogamia entre gerações sucessivas, no período de 1943 a 2005.

O coeficiente médio de relação (CR) calcula simultaneamente a endogamia e coancestralidade individual (Gutiérrez et al., 2003). Esse parâmetro foi calculado utilizando-se um algoritmo para obter um vetor c' , definido como:

$$c' = (1/n) 1'A [1]$$

Em que: A é o numerador da matriz de parentesco de tamanho n x n. Por outro lado, o numerador da matriz de parentesco pode ser obtido da matriz P, em que P_{ij} é igual a 1, se j é pai de i e 0, caso não seja, o que define os pais dos animais (Quaas, 1976), por meio de:

$$A = (I - \frac{1}{2} P)^{-1} D (I - \frac{1}{2} P')^{-1} \quad [2]$$

Em que I é a matriz identidade e D é uma matriz diagonal com elementos não zero, obtidos por:

$$d_{ii} = 1 - \frac{1}{4} a_{jj} - \frac{1}{4} a_{kk};$$

d_{ii} = 1, se nenhum dos pais é conhecido; d_{ii} = ¾, se um dos pais é conhecido; d_{ii} = ½, se ambos os pais são conhecidos; j e k são os pais do indivíduo i, a partir de [2],

$$A (I - \frac{1}{2} P') = (I - \frac{1}{2} P)^{-1} D \quad [3]$$

Pré-multiplicando ambos os lados de [3] por (1/n) 1', obtém-se:

$$(1/n) 1' A (I - \frac{1}{2} P') = (1/n) 1' (I - \frac{1}{2} P)^{-1} D$$

$$\text{e usando [1]: } c' (I - \frac{1}{2} P') = (1/n) 1' (I - \frac{1}{2} P)^{-1} D$$

Multiplicando c' entre parênteses e isolando c':

$$c' = (1/n) 1' (I - \frac{1}{2} P)^{-1} D + \frac{1}{2} c' P' \quad [4]$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O tamanho efetivo (Ne) apresentou grande variação durante os períodos avaliados (Tabela 1), verificou-se que, nos períodos de 1943-1951, até 1997-2005, houve um aumento no Ne até alcançar o seu maior valor (3016,25). Até meados da década de 70, houve um acréscimo pequeno no tamanho efetivo (Ne) com valor máximo de 35,44, entretanto, a partir de 1978, observou-se um aumento acentuado no tamanho efetivo dessa população.

Tabela 1- Tamanho efetivo no período de 1943 a 2005 em bovinos da raça Holandesa.

Períodos	Ne	Filhos/Reprodutores	Nº Animais
1943 - 1951	0,19	8,33	7
1952 - 1960	9,66	8,49	495
1961 - 1969	22,9	10,86	2.985
1970 - 1978	35,44	13,13	6.941
1979 - 1987	158,66	23,24	23.825
1988 - 1996	1455,56	18,09	63.394
1997 - 2005	3016,25	8,20	70.965
Total		82,00	168.612

A variação do Ne pode ser explicada por fatores como flutuações no tamanho populacional, desvios da razão de sexos de 1:1 e às diferenças no sucesso reprodutivo. Quando se trata de animais de produção, são os técnicos/produtores que orientam os acasalamentos, indicando quais animais deixarão maior número de filhos. O Ne nos diferentes períodos foi influenciado pelo número de animais registrados nas diferentes épocas, aliado a um maior número de touros ofertados, via técnica de inseminação artificial.

O grande aumento do Ne nos últimos períodos (1979 a 2005) está relacionado ao aumento do número de animais registrados pela associação de criadores e ao uso de um número maior de touros via inseminação artificial, já que foi neste período que ocorreu

um aumento na comercialização de sêmen, passando de 62 mil doses em 1970 para mais de 5 milhões de doses em 2005 (Asbia, 1995, 2007) .

Segundo Almeida (2000), no início da década de 70, iniciaram-se os trabalhos mais intensivos de inseminação artificial, quando foram criadas as centrais, mas foi na década de 80 que ocorreu o “boom” dessa tecnologia. Assim, essa década caracterizou-se pela introdução de material genético provado para leite e houve um avanço dos programas, com o de uso de provas de progênie no gado leiteiro.

Os valores pequenos de N_e , no início da década de 80, podem refletir o uso intensivo de alguns poucos touros renomados. Isso foi muito comum no início das avaliações genéticas, aliado à disseminação deste material genético via inseminação artificial, e parece que atualmente há uma tendência em se utilizar número maior de touros avaliados, o que tem provocado o aumento dos tamanhos efetivos.

Carneiro et al. (2006), em estudo que avaliaram os ganhos genéticos em função do N_e , concluíram que as populações nas quais se encontrou menor N_e apresentaram maior oscilação nos ganhos genéticos que a de maior N_e . Segundo Aggrey et al. (1995), essa oscilação genética é consequência de mudanças aleatórias na frequência gênica ao longo do processo seletivo, que é maior nas populações com pequenos N_e .

Os resultados indicam que, atualmente, nos animais da raça Holandesa, não existe o que é característico nos zebuínos, em que um touro é responsável por um elevado número de filhos. Segundo Carneiro et al. (2009), o modismo na pecuária de corte tem causado sérios problemas, visto que raças surgem, passam a ser utilizadas intensivamente, mesmo sem avaliação genética adequada e, posteriormente, deixam de ser utilizadas e passam a correr risco de extinção, necessitando, assim, de programas de conservação genética e de medidas objetivas, que visem a sua utilização futura. O uso intensivo de certos reprodutores resulta num aumento da variação no tamanho da família (isto é desigual contribuição genética para a próxima geração), que pode reduzir o tamanho efetivo da população (Falconer & Mackay, 1996).

Maiwashe et al.(2006), avaliando o rebanho da África do Sul, citam a progênie nascida em 2003, para as raças Ayrshire, Guernsey, Holandês e Jersey, em que 30, 20, 49 e 53%, respectivamente, eram filhas de 5% dos touros de destaque.

Na África do Sul, Maiwashe et al.(2006) encontraram estimativas de tamanhos efetivos de 148, 165, 137 e 108 para as raças Ayrshire, Guernsey, Holandês e Jersey, respectivamente. Os autores avaliaram os rebanhos no período de 1960 a 2003, e

observaram variabilidade genética superior, quando comparados aos rebanhos dos Estados Unidos. Ao contrário do presente estudo, Weigel (2001), analisando o rebanho leiteiro dos Estados Unidos, relataram estimativas consideravelmente mais baixas para as raças Guernsey, Holandesas e Jersey de 65, 39 e 30, respectivamente. As estimativas do tamanho efetivo populacional, com base na tendência endogâmica recente (1993 a 2003), de 49 e 53, foram relatadas para o Holandês dinamarquês e populações Jersey, respectivamente (Sørensen et al., 2005). Segundo Weigel (2001), animais oriundos de uma população pode ter Ne igual ou até menor que animais de uma pequena população, em função da alta intensidade de seleção praticadas no rebanho.

Frankham (1995) sugeriu tamanho efetivo da ordem de 500 animais para manutenção do potencial evolutivo indefinidamente, já Meuwissen e Woolliams (1994) recomendam valores entre 30 a 250 para prevenir decréscimo no valor adaptativo.

O coeficiente de endogamia médio (F) estimado para as doze gerações apresentou um comportamento crescente, passando de 0,03%, na segunda geração, para 0,39% na décima primeira (Tabela 2). Da mesma maneira, o percentual de indivíduos endogâmicos, que foi de 0,18% na segunda geração, aumentou para 5,0% na décima primeira geração.

Tabela 2- Valores do coeficiente de endogamia e média de F para animais endogâmicos da raça Holandesa no Brasil.

Geração	Nº de Animais	F (%)	Endogâmicos (%)	Média de F para animais endogâmicos (%)
0	47923	0	-----	-----
1	31632	0	-----	-----
2	42744	0,0309985	0,1848213	16,772152
3	32986	0,1207899	1,6037107	7,5319
4	23532	0,1244316	1,7975522	6,922282
5	14614	0,1337545	1,8201724	7,34845
6	7329	0,1843064	2,9335516	6,282704
7	2786	0,1906856	3,338119	5,712366
8	740	0,2238176	4,3243244	5,175781
9	159	0,2069821	3,773585	5,485026
10	44	0,0710227	2,2727273	3,125
11	20	0,390625	5,0000001	7,8125
12	2	0	-----	-----

Esse pequeno aumento em F e na porcentagem de animais endogâmicos, ao longo das gerações, pode ser justificado pela vasta opção de touros disponíveis para orientação dos acasalamentos pelos produtores. O coeficiente de endogamia muito pequeno pode estar relacionado também à baixa integralidade do *pedigree*, principalmente o paterno, o que pode ter levado a uma subestimativa deste parâmetro. A média de F para os animais endogâmicos passou de 16,77% na segunda geração para 7,81%, na décima primeira geração, isso, possivelmente, está relacionado ao aumento no controle leiteiro/genealógico nesse período, o que levou a um maior cuidado na orientação dos acasalamentos ao longo das gerações, minimizando os acasalamentos entre indivíduos aparentados.

Thompson et al. (2000) relataram coeficientes de endogamia médio de 4,2% e 4,6% para o Holandesa e Jersey, respectivamente, nas populações norte americanas. Weller e Ezra (2005), analisando a população de animais da raça Holandesa em Israel, encontraram coeficiente médio de endogamia de 1,9%. Sørensen et al. (2005) encontraram níveis médios de endogamia para animais nascidos em 2003, de 3,4% e 3,1%, respectivamente, nas raças Holandesa e Jersey, na Dinamarca, e afirmaram ainda que estes valores são resultado de um Ne pequeno, ao redor de 70 e 98, respectivamente, para cada raça, indicando que os programas de melhoramento devem estar preocupados em melhorar o controle da endogamia.

Dos 204.511 animais, 75,97%; 46,02%, 14,95% e 4,05% possuíam *pedigree* na primeira, segunda, terceira e quarta ascendência, respectivamente (Figura 1). É importante destacar que as informações da linha materna são mais completas que as da linha paterna, o que se deve à retenção das fêmeas nos rebanhos para a produção de leite. Estes animais são mantidos, identificados, e seus registros genealógicos coletados por técnicos da ABCBRH. Os machos são, geralmente, descartados e muitos não constam nos registros da associação. O baixo conhecimento dos ancestrais paternos pode ainda estar relacionado ao fato de que a maior parte do sêmen utilizado de touro da raça Holandesa é importada, 77,20% (ASBIA, 2013), assim os produtores não prestam atenção aos *pedigrees* destes reprodutores, comprometendo a identificação dos seus ancestrais.

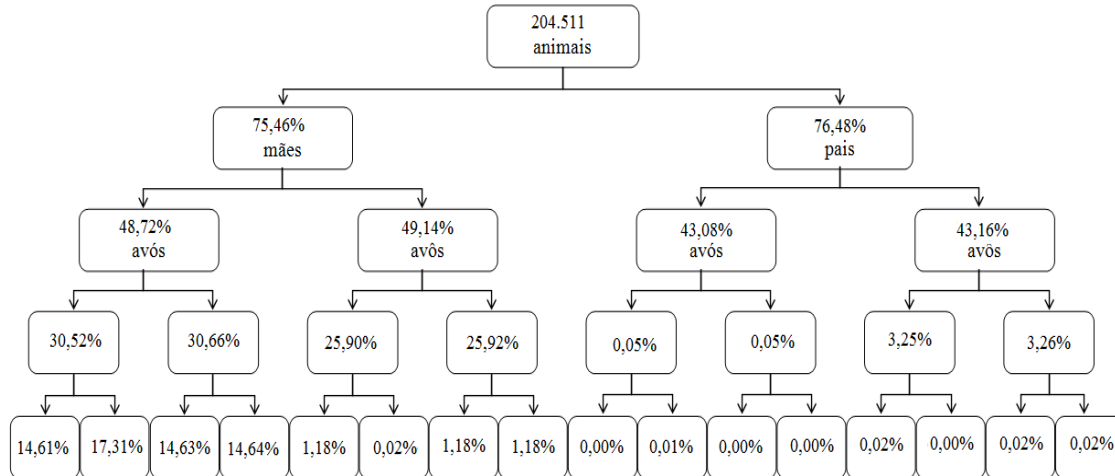


Figura 1- Integralidade do *Pedigree* dos animais até a quarta geração do rebanho da Raça Holandesa no Brasil.

Segundo Te Braake et al. (1994), quando a informação de *pedigree* é superficial, o número de animais endogâmicos e o coeficiente de endogamia médio podem ser subestimados, enquanto o coeficiente de endogamia de animais endogâmicos pode ser exagerado. De acordo com Malhado et al. (2010), é importante avaliar se valores baixos de endogamia são devido ao controle dos acasalamentos de animais aparentados ou estão subestimado por falta de informações completas do *pedigree*. A estimativa da integralidade do *pedigree* é importante, pois o coeficiente de endogamia (F) de um indivíduo depende de quanto sua ascendência é conhecida, de modo que, quanto maior for esse conhecimento, mais confiável será seu F estimado em relação à base populacional estudada (Faria et al., 2010).

O coeficiente médio de relação (CR) foi estimado em 0,13%, e é utilizado para estimar a endogamia causada em longo prazo, pela utilização de um reprodutor. CR baixo significa que um animal compartilha uma porcentagem pequena de alelos com o resto da população (Goyache et al., 2010). O CR encontrado neste estudo mostra que poucos touros foram utilizados de forma intensiva, entretanto, a maioria foi utilizada de maneira racional.

Em função das biotecnologias, principalmente a inseminação artificial, ficou muito mais fácil tirar o “máximo reprodutivo” dos melhores machos, tornando estes responsáveis por um número de filhos, que seria fisiologicamente impossível em anos anteriores (Tabela 3).

Pavlík et al. (2012) encontraram CR de 2,72% para a raça Holandesa da Eslováquia, o que evidencia que estes animais foram utilizados de forma mais intensiva que os do Brasil. Segundo Malhado et al. (2012), o conhecimento de mais gerações completas de um indivíduo aumenta a possibilidade de um ancestral importante aparecer diversas vezes no *pedigree*, o que justifica o CR de alguns animais ser elevado.

Tabela 3- Coeficiente de relação dos 10 animais que mais contribuíram na formação do *pedigree*.

Animal	Pai	Mãe	Sexo	Ano de Nascimento	CR%	Número de Filhos
182683	0	0	Macho	1983	1,223345	392
179434	0	0	Macho	1973	1,049367	453
49209	0	0	Macho	1986	0,8882	1234
153500	0	0	Macho	1979	0,8476	640
165400	182683	127442	Macho	1991	0,827	173
35614	0	0	Macho	1978	0,7966	297
186177	182683	159748	Macho	1990	0,7123	348
151771	182683	47522	Macho	1991	0,7117	335
66017	182683	202581	Macho	1990	0,6997	322
115741	179434	176907	Macho	1981	0,6793	236

O número total de rebanhos na população do holandês do Brasil foi de 664. Apesar do grande número de rebanhos, nenhum foi classificado como núcleo (rebanhos que não utilizam reprodutores externos e vendem reprodutores) ou sem ligação (Tabela 4). Os rebanhos, em sua maioria (99,85%), foram classificados como comercial (utilizam reprodutores externos, não utilizam touros próprios e não vendem reprodutores) e 0,15% como multiplicador (utilizam reprodutores externos ou próprios e vendem reprodutores).

Tabela 4 - Classificação dos rebanhos registrados dos bovinos da raça Holandesa no Brasil.

Tipo de Rebanho	Utilizam Touros Externos	Utilizam Touros Próprios	Vendem Touros	Número de Rebanhos	Porcentagem de Touros Externos
Núcleo	Não	Sim	Sim	0	0,00%
Multiplicador	Sim	Sim	Sim	1	42,16%
Multiplicador	Sim	Não	Sim	0	100,00%
Comercial	Sim	Sim	Não	0	
Comercial	Sim	Não	Não	663	100,00%
Isolado	Não	Sim	Não	0	0,00%

Estes resultados evidenciam ausência de fluxo de animais entre os extratos na estrutura tipicamente piramidal dos sistemas de melhoramento animal, o que leva a inferir que quase a totalidade dos touros tem origem no estrangeiro. A especialização

dos rebanhos cadastrados na ABCBRH chegou a um nível em que os produtores, praticamente, não exploram a venda de tourinhos. A maioria investe num programa de inseminação, utilizando touros provados, o que acarreta em um ganho genético elevado. Isso reflete nos ganhos em produção, nos quais a produção de leite, até 305 dias, passou de 4943,50Kg, no ano de 1981, para 7254,42Kg, no ano de 2001(Costa 2004).

Do total de 204.511 animais, os animais fundadores (com um ou mais pais desconhecidos) foram 50.372 (Tabela 5). Os animais meio-fundadores, ou seja, tinham pelo menos um pai desconhecido, foram 49.147. O número total de animais na população referência, aquela que os animais tem ambos os pais conhecidos, foi 154.139.

Tabela 5- Parâmetros populacionais da raça Holandesa no Brasil.

Parâmetros populacionais	Número de animais
População total	204.511
Número de animais fundadores na população referência	44.380
Número efetivo de animais fundadores na população referência	825,27
Número de animais fundadores com um ou mais pais desconhecidos	50.372
Número equivalente de animais fundadores (um pai desconhecido)	49.147
Número de animais na população de referência	154.139
Número de ancestrais na população de referência	42.257
Número efetivo de animais ancestrais na população de referência	471
Número efetivo de fundadores	473
Número efetivo de rebanhos fundadores	1,1
Número de rebanhos fundadores na população referência	407
Número de ancestrais que explicam 50% da variabilidade	260

O número efetivo de fundadores (f_e) foi de 473 animais e o número efetivo de ancestrais (f_a) de 471. As probabilidades estatísticas de origem do gene indicaram que a população de animais da raça Holandesa no Brasil é derivada de indivíduos fundadores, em sua maioria importados. Sorensen et al.(2005), analisando as raças Holandesa e Jersey, na Dinamarca, encontraram números efetivos de fundadores (f_e) de 73,2 e 119 e f_a de 21,6 e 24,3, respectivamente. A diferença nesses parâmetros reflete o uso desigual dos ancestrais e fundadores da população referência.

O número de ancestrais que contribuiu para a população referência foi 42.257, dos quais apenas 260 foram responsáveis pela origem de 50% da variabilidade dos

genes da população. Esse resultado indica um uso desequilibrado de reprodutores, refletindo em uma estreita base genética na formação destes rebanhos. Muasya et al. (2013) analisaram a raça Holandesa no Quênia, em que foram necessários apenas 89 ancestrais para explicar 50% da variabilidade genética da população. Já Sorensen et al. (2005), analisando a raça Holandesa na Dinamarca, encontraram número de ancestrais explicando 50% da variabilidade de apenas 8 animais, o que mostra que estes animais vem de uma base genética muito estreita.

Muasya et al. (2013), encontraram valores de f_e de 156 e f_a de 108, e afirmaram que a concentração da origem dos genes foi avaliada pela cálculo do número de fundadores. No atual estudo, o número médio de fundadores (f_e) e ancestrais (f_a) é muito próximo (473 e 471, respectivamente), de modo que a razão f_e / f_a observada foi de 1,004. Isso indica efeito fundador, não tão drástico, quando comparado a outras raças, além de ausência do efeito gargalo. Segundo Muasya et al. (2013), essa razão mostra se os fundadores foram usados de uma forma equilibrada e ainda que estas razões parecem ser dependentes da dimensão da população e da intensidade de seleção. A razão f_e/f_a é resultado da diminuição do número de reprodutores e, conseqüente aumento da endogamia, refletindo na diminuição da variabilidade genética.

4. CONCLUSÕES

Observou-se que o N_e alcança seus maiores valores no período de 1988-2005, influenciado pelo aumento do número de animais da raça Holandesa, registrados pela associação de criadores, e o uso de um número maior de touros via inseminação artificial;

O baixo valor, encontrado para a endogamia e CR, mostra que na raça Holandesa há controle dos acasalamentos, entretanto, a baixa integralidade do *pedigree* pode ter subestimado estas estimativas;

O CR encontrado indica que poucos touros estão sendo utilizados de forma intensiva, mostrando uma gestão genética correta dos rebanhos da raça Holandesa no Brasil;

O estudo mostra que há efeito fundador, sem efeito “gargalo”, e que o número de animais responsáveis pela variância atual da população não comprometeu a estrutura genética populacional da raça.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGGREY, S.E.; LIN, C.Y.; CHENG, K.M. Size of breeding populations required for selection programs. **Theory Applied Genetic**, v.91, p.553-556, 1995.

ALMEIDA, D. L.; 2000. O uso da inseminação artificial em bovinos no Brasil. Análise da cadeia produtiva animal. 4º Congresso de agribusiness.

ASBIA. 2001. **“Evolução da Inseminação Artificial no Brasil de 1979-1999”**, <http://www.asbia.org.br> 20/01/2001.

ASBIA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL. **Relatório Anual**. Uberaba, MG: 1995. 18 p.

ASBIA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL. **Relatório estatístico de produção, importação e comercialização de sêmen – 2007**.

Disponível em: <<http://www.asbia.org.br/?mercado/index>>. Acesso em: 30 abr. 2008.

IBGE (Pesquisa Pecuária Municipal), http://www.cileite.com.br/sites/default/files/2012_10_Produ%C3%A7%C3%A3o_Leite.pdf 2012. Acessado em 13 de setembro de 2013.

BARBOSA, A.C.B. 2012. **HISTÓRICO DOS REBANHOS ZEBUÍNOS DA RAÇA NELORE REGISTRADOS NO NORDESTE BRASILEIRO: MELHORAMENTO GENÉTICO E ESTRUTURA POPULACIONAL**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié.

BREDA, FC.; EUCLYDES, RF.; PEREIRA, CS.; TORRES, RA.; CARNEIRO, PLS.; SARMENTO, JLR.; TORRES FILHO, RA.; MOITA, AKF. 2004. Endogamia e Limite de Seleção em Populações Seleccionadas Obtidas por Simulação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33 (6): 2017-2025 (Supl. 2).

CABALLERO, A. Developments in the prediction of effective population size. **Heredity**, v.73, p.657-679, 1994.

CARNEIRO, LSC.; MALHADO, CHM.; FILHO, RM.; CARNEIRO, APS.; SILVA, FFE.; TORRES, RA. 2009. A Raça Indubrasil no Nordeste Brasileiro: Melhoramento e Estrutura Populacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2327-2334.

CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.M.; EUCLYDES, R.F. et al. Oscilação genética em populações submetidas a métodos de seleção tradicionais e associados a marcadores moleculares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.84-91, 2006.

COSTA, C.N., TEIXEIRA, N.M., FREITAS, A.F., COBUCCI, J.A., HAGUIHARA, K. Trends in milk recording of the Holstein breed in Brazil. Proceeding of the **34th Biennial Session of ICAR, Sousse** Tunisia, 2004. EAAP, publication 113.

CUNHA, E.E.; EUCLYDES, R.F.; TORRES, R.A.; LOPES, P.S.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I.; CARNEIRO, P.C.S. Efeito de tipos de acasalamentos e razões sexuais na seleção baseada no BLUP. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1297-1303, 2003

FARIA, F.J.C.; VERCESI-FILHO, A.E.; MADALENA, F.E.; JOSAHKIAN, L.A. Estrutura populacional da raça Nelore Mocho. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, p.501-509, 2002a.

FARIA, F.J.C.; VERCESI FILHO, A.E.; MADALENA, F.E.; JOSAHKIAN, L.A. 2004. Estrutura Genética da Raça Sindi no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.852-857.

FARIA, F.J.C.; VERCESI FILHO, A.E.; MADALENA, F.E. et al. Parâmetros populacionais do rebanho Gir Mocho registrado no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1984-1988, 2001. (supl.)

FARIA, L.C. de; QUEIROZ, S.A. de; VOZZI, P.A.; LÔBO, R.B.; MAGNABOSCO, C de U.; OLIVEIRA, J.A. de. 2010. Variabilidade genética da raça Brahman no Brasil detectada por meio de análise de pedigree. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.10, p.1133-1140.

FRANKHAM, R. 1995. Conservation genetics. **Annual Review of Genetics**, v.29, p.305-327.

GERON, L. J. V.; Brancher, M A. 2007. Produção de leite a pasto: uma revisão. **Pubvet**, V. 1, N. 10, Ed. 10, Art. 244.

GOYACHE, F.; GUTIÉRREZ, JP; FERNÁNDEZ, I.; GÓMEZ, E.; ALVAREZ, I.; DÍEZ, J.; ROYO, LJ. 2003. Usando informações de pedigree para monitorar a variabilidade genética das populações ameaçadas de extinção: a raça de ovinos Xalda das Astúrias como um exemplo. **Jornal de Melhoramento Animal e Genética**, v.120, p.95-105.

Gutierrez, J.P., Altarriba, J., Diaz, C., Quintanilla, R., Canon, J. & Piedrafita, J. 2003. Genetic analysis of eight Spanish beef cattle breeds. **Genetics Selection Evolution**, 35: 1-21.

GUTIÉRREZ, JP.; GOYACHE, F. 2005. A note on ENDOG: a computer program for analysis pedigree information. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, 122: 172-176.

MAIGNEL, L.; BOICHARD, D.; VERRIER, E. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. **Interbull Bull**, v. 14, p49-54, 1996.

MALHADO, C.H.M.; RAMOS, A.A.; CARNEIRO, P.L.S.; AZEVEDO, DMMR.; MARTINS FILHO, R.; SOUZA, JC de. 2008. Melhoramento e estrutura populacional em bubalinos da raça Mediterrâneo no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.215-220.

MALHADO, C.H.M.; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, A.C.M.; MARTINS, J.A.M.; MARTINS FILHO, R.; BOZZI, R.2010. Histórico da raça Gir registrada no Nordeste Brasileiro: melhoramento genético em características de crescimento e estrutura populacional. **Cienc. Rural** vol.40 no.6 Santa Maria June 2010.

MALHADO, CHM.; CARNEIRO, PLS.; JAMES, RP. 2010. Melhoramento genético e estrutura populacional da raça Nelore no Norte do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2010, vol.45, n.10, pp 1109-1116.

MAIWASHE, A. [#], Nephawe, K.A., van der Westhuizen, R.R., Mostert, B.E. , Theron, H.E. de 2006. Rate of inbreeding and effective population size in four major South African dairy cattle breeds. **South African Journal of Animal Science** 2006, p.50 – 57.

MEUWISSEN, THE.; LUO, Z. 1992. Computing inbreeding coefficients in large populations. **Genetic Selection Evolution**, v.24, p. 305-313.

MEUWISSEN, THE., WOOLLIAMS, J. 1994. **Effective sizes of livestock populations to prevent a decline in fitness**. Theor. Appl. Genet., 89:1019-1026.

MUASYA T. K., K.J. Peters and A.K. Kahi (2013). Breeding structure and genetic variability of the Holstein Friesian dairy cattle population in Kenya. **Animal Genetic Resources/Ressources génétiques animales/Recursos genéticos animales**, 52, pp 127-137. doi:10.1017/S2078633613000039.

PAVLÍK, I.;KADLECIK, O.; HAZUCHOVÁ, E.; KASARDA, R.; Pedigree Analysis of Holstein Bulls in Slovakia. Scientific Papers: **Animal Science and Biotechnologies**, 2012, 45 (1).

QUAAS, R.L. Computing the diagonal elements of a large numerator relationship matrix. **Biometrics**. n.32, p.949-953, 1976.

QUEIROZ, S.A.; ALBUQUERQUE, L.G.; LANZONI, N.A. Efeito da endogamia sobre características de crescimento de bovinos da raça Gir no Brasil. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.29, p.1014-1019, 2000.

RODRIGUES, D. S. **Estrutura Populacional de um Rebanho Morada Nova Variedade Branca no Estado do Ceará**. 2009. 45 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - CCA, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

REIS FILHO, J.C. **Endogamia na raça Gir**. 2006. 50f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Sørensen, A.C., Sørensen, M.K. & Berg, P., 2005. Inbreeding in Danish dairy cattle populations. **J. Dairy Sci.** 88, 1865-1872.

Te Braake, M.F.H., Groen, A.F. & Van Der Lught, A.W. 1994. Trends in inbreeding in Dutch Black and White dairy cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, 111: 356–366.

THOMPSON, J.R., EVERETT, R.W., HAMMERSCHMIDT N.L. Effects of inbreeding on production and survival in Holstein. **J. Dairy Sci.**, 83(8):1856-1864, 2000.

Weller, J.I. & Ezra, E., 2005. Analysis of inbreeding in the Israeli Holstein dairy cattle population. Proc. 2005 **Interbull meeting**, Uppsala, Sweden, June 2-4, 85-87.

WEIGEL, K.A., 2001. Controlling inbreeding in modern breeding programs. **J. Dairy Sci.** 84 (E. Suppl.), E177–E184.

WRIGHT, S. 1938. Size of population and breeding structure in relation to evolution. **Science**, 87:430-431.

IV - CAPITULO 2

Depressão por endogamia em características produtivas e reprodutivas de bovinos da raça Holandesa do Brasil

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar a depressão por endogamia, observando sua influência em características produtivas e reprodutivas de bovinos da raça Holandesa no Brasil. As características estudadas foram a produção de leite (PL), idade do primeiro parto (IPP) e intervalo de partos (IDP). O efeito de endogamia nas características foi determinado pelo uso de quatro modelos de regressão (linear, quadrática, exponencial e Michaelis -Menten) sobre os erros gerado pelo modelo animal. Para a característica produção de leite (PL), os modelos linear e quadrático não foram significativos ($p > 0,05$). Os modelos Michaelis-Menten e exponencial foram os que melhor se ajustaram para esta característica ($p < 0,001$). Para a idade ao primeiro parto (IPP), os modelos quadrático, exponencial e Michaelis-Menten foram significativos ($p < 0,01$). Para a característica (IDP), o modelo linear foi significativo ($p < 0,05$) e os modelos quadrático, exponencial e Michaelis-Menten foram significativos a valores muito baixos ($p < 0,001$). Para o aumento de 1% na endogamia, para a característica produção de leite (PL), observou-se diminuição de 9,64 kg de leite. Da mesma forma, observou-se um efeito desfavorável nas características reprodutivas, nas quais se encontrou +0,20 e +1,88 dias para cada 1% de endogamia para as características IPP e IDP, respectivamente. O rebanho apresenta níveis baixos de endogamia, mas existe uma parcela de animais com níveis acima dos considerados críticos. Evidenciou-se que os animais com níveis maiores de endogamia podem sofrer efeito depressivo tanto para as características produtivas como para as reprodutivas.

Palavras-chave: idade ao primeiro parto, intervalo de parto, produção de leite.

CHAPTER 2

Inbreeding depression in productive and reproductive traits in Holstein cattle in Brazil

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate inbreeding depression, noting its influence on productive and reproductive traits in Holstein cattle in Brazil. The characteristics studied were milk yield (PL), first calving age (IPP) and calving gap (IDP). The effect of inbreeding on the characteristics was determined by use of four regression models (linear, quadratic, exponential and Michaelis - Menten) on the errors generated by the animal model. For milk production trait (PL), linear and quadratic models were not significant ($p > 0,05$). The Michaelis - Menten model and the exponential model were the best fit for this trait ($p < 0,001$). For first calving age (IPP), the quadratic, exponential and Michaelis-Menten models were significant ($p < 0,01$), and only the linear model was not significant ($p > 0,05$). For the calving gap trait (PID), the linear model was significant ($p < 0,05$) and the quadratic, exponential, and Michaelis-Menten model were significant at very low values ($p < 0,001$). For the 1% increase in inbreeding, for trait milk yield (PL), we observed reduction of 9,64 kg of milk. Likewise, there was an adverse effect on reproductive characteristics, with results +0,20 and +1,88 days for each 1% increase in inbreeding for IPP and IDP, respectively. The herd had low levels of inbreeding, but there was a portion of animals with levels above those considered critical. It was evident that animals with higher levels of inbreeding may suffer depressive effect on both production and reproductive traits.

Key words: first calving age, calving gap, milk production

1. INTRODUÇÃO

Os estudos que avaliem os níveis de endogamia na pecuária leiteira são importantes para tornar este sistema cada vez mais eficiente, a ponto de torná-lo um modelo capaz de atender às demandas internas pelo produto. Uma gestão genética eficiente deve evitar que as futuras gerações alcancem níveis críticos de endogamia, que podem ocasionar uma redução do desempenho biológico, a ponto de afetar a eficiência deste sistema de produção.

Elevados níveis de endogamia podem ocasionar a perda da variabilidade genética e o aumento da frequência de alelos deletérios indesejáveis, o que pode provocar problemas reprodutivos e produtivos, ocasionando a depressão endogâmica (Falcão et al., 2001 e Gonçalves et al., 2011).

Segundo Carrillo e Siewerd (2010), depressão endogâmica é uma combinação de duas causas. A primeira causa é a redução da quantidade de heterozigose, o que afeta diretamente a capacidade para a exploração de efeitos genéticos de dominância direta. A segunda causa é a consequência negativa de homozigose em alguns loci. É provável que o primeiro motivo seja mais importante, devido ao acúmulo de várias pequenas perdas, que têm um impacto imediato sobre o fenótipo, devido à falta de heterozigosidade. A última causa terá um impacto imediato, se presente através de letalidade ou completa supressão de reprodução, ou se ela só é expressa em maiores níveis de endogamia, como uma soma de efeitos cumulativos expressados como interações epistáticas.

Para Carvalheiro e Pimentel (2004), a depressão endogâmica pode não apresentar uma relação linear com o aumento de F , sendo que a partir de níveis críticos a queda no desempenho pode ser mais acentuada. Segundo Carolino e Gama (2008), a associação linear, frequentemente assumida entre endogamia e desempenho, é compatível com a hipótese de dominância, uma vez que corresponderia à perda de heterozigosidade e aumento da frequência de homozigotos recessivos deletérios com o acúmulo de endogamia.

Para Muir (2000), o efeito da depressão por endogamia é maior nas frequências de genes intermédios porque a maior proporção de heterozigotos também ocorre nessa

frequência. Assim, como a seleção aumenta as frequências gênicas, além de 0,5, o impacto da depressão por endogamia, devido à dominância direcional, diminui.

Alguns estudos avaliaram depressão por endogamia em bovinos leiteiros no Brasil (Falcão et al., 2001; Reis Filho et al., 2006; e Paiva et al., 2006, com as raças Pardo-Suíço, Gir e Holandesa, respectivamente). Entretanto, para a raça Holandesa, a maior parte dos estudos encontra-se fora do país (Thompson et al., 2000; McParland et al., 2007; McParland et al., 2009; Biffani et al., 2002; e Cassel et al., 2003). Isso evidencia a necessidade de avaliação dos níveis de endogamia na população de bovinos da raça Holandesa no Brasil, bem como verifica o efeito da depressão da endogamia nessa população com o objetivo de orientar e alertar os criadores para possíveis riscos deste processo.

Dessa forma, objetivou-se avaliar a depressão por endogamia, utilizando quatro modelos de regressão em características produtivas e reprodutivas de bovinos da raça Holandesa do Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo foram provenientes da ABCBRH (Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos da raça Holandesa). O banco de dados completo possuía informações de *pedigree* de 204.513 animais da raça Holandesa, contendo dados de animais de todas as regiões do Brasil.

O software ENDOG 4.6 (Gutiérrez & Goyache, 2005) foi utilizado para análise do *pedigree* e estimação da endogamia.

Para o cálculo do coeficiente de endogamia (F), utilizou-se o algoritmo proposto por Meuwissen e Luo (1992). O incremento de endogamia (ΔF), calculado para cada geração, foi obtido por:

$$\Delta F = \frac{F_t - F_{t-1}}{1 - F_{t-1}}, \text{ com rearranjos } N_e = \frac{1}{2\Delta F}, \text{ em que: } F_t = \text{coeficiente médio de}$$

endogamia estimado na geração atual; F_{t-1} = coeficiente médio de endogamia estimado

na geração anterior. Para a análise da depressão por endogamia, animais foram incluídos com pelo menos 2,5 gerações equivalentes conhecidas.

Quatro estações de parto (janeiro a março, abril a junho, julho a setembro, e outubro a dezembro) foram utilizadas para a formação dos grupos de contemporâneos (GC). Além das estações, os GC continham animais do mesmo rebanho e ano de nascimento.

Para fazer a predição dos valores genéticos, foram utilizados modelos de animais que une características. Os modelos para as características intervalo de parto (IDP) e produção de leite (PL) incluíram o efeito aleatório genético aditivo direto, efeito de ambiente permanente e os efeitos fixos de grupo de contemporâneos. Para a característica idade ao primeiro parto (IPP), foram incluídos o efeito aleatório genético aditivo direto e os efeitos fixos de grupo de contemporâneos. As análises foram realizadas através do aplicativo Multiple Traits Derivate Free Restrict Maximum Likelihood – MTDFREML (Boldman et al., 1995).

Tabela 1- Estatística descritiva das características idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de parto (IDP) e produção de leite (PL).

Características	<i>n</i>	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
IPP	22.033	804,43 dias	119,72 dias	594 dias	1.475 dias
IDP	22.085	444,03 dias	110,07 dias	300 dias	1.373 dias
PL	35.652	9.113,17 kg	2.338,36 kg	1.619,3 kg	16.467,5 kg

O efeito da endogamia sobre as características foi determinado pelo ajuste de quatro modelos de regressão sobre os erros gerados pelo modelo animal (Carrillo & Siewerdt, 2010). A forma geral dessas análises foi: $e_i = \Phi(F_i) + \varepsilon$, em que e_i são os erros estimados no vetor $e_i = X\beta - Z_1a - Z_2m - Z_3c$. $\Phi(F_i)$ é a estimativa da função de regressão sobre a endogamia do animal (F_x) e ε_i são os desvios dos erros de

predição na função de regressão. Os modelos de regressão estudados foram: linear - $e_i = \beta_0 + \beta_1(F_i - \bar{F}) + \varepsilon_i$; quadrático - $e_i = \beta_0 + \beta_1(F_i - \bar{F}) + \beta_2(F_i - \bar{F})^2 + \varepsilon_i$; exponencial - $e_i = \alpha\beta^{F_i} + \varepsilon_i$, e - Michaelis-Menten, $e_i = \frac{\beta_2(1-F_i)}{\beta_2 + (1-F_i)} + \varepsilon_i$. As variâncias residuais foram comparadas como medidas de adequação de ajuste.

Os testes de hipóteses foram conduzidos para os parâmetros críticos de cada modelo de regressão, H0: $\beta_1 = 0$ (linear), H0: $\beta_2 = 0$ (quadrática), H0: $\beta = 1$ (exponencial) e H0: $\beta_2 = 0$ (Michaelis-Menten).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A média de F da população de animais da raça Holandesa no Brasil, considerando apenas os animais com no mínimo 2,5 gerações equivalentes (28.494 indivíduos), foi de 0,17%. Ao avaliar apenas os animais endogâmicos (847 animais), o valor médio de F foi de 6,02%. Dos 847 animais endogâmicos encontrados na população da raça Holandesa do Brasil, apenas 22 indivíduos apresentaram endogamia acima de 20% (Figura 1).

Dessa maneira, a maior densidade de bovinos da raça Holandesa pertence à classe que vai de 1 – 10% de endogamia (770 animais), representando 90% do total de animais endogâmicos. De forma geral, parece que os acasalamentos entre indivíduos aparentados estão sendo evitados na raça Holandesa do Brasil, entretanto, é importante investigar os efeitos da depressão por endogamia, visto que existem animais com níveis de endogamia considerados prejudiciais.

Segundo Franck (1997), 6,25% de endogamia é o nível máximo, a partir do qual haveria comprometimento dos desempenhos reprodutivo e produtivo dos animais. Thompson et al. (2000a), analisando a raça Holandesa, encontraram reduções de até 55 kg na produção de leite por lactação, e afirmaram que esta diminuição estava relacionada a níveis de endogamia superiores a 7,0%.

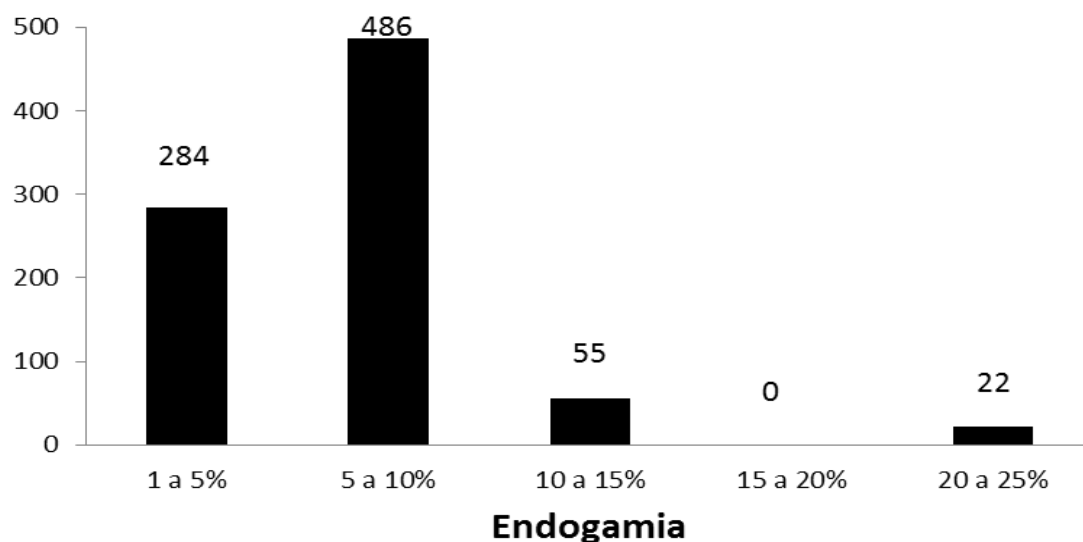


Figura 1 – Distribuição por classe de endogamia individual (F) dos animais endogâmicos da raça Holandesa do Brasil.

Para os animais com classe acima de 15%, os ajustes para níveis maiores de endogamia não foram adequados. O número de animais muito pequeno nessa classe, provavelmente, comprometeu os ajustes.

Para a característica produção de leite (PL), os modelos linear e quadrático não foram significativos ($p > 0,05$). O modelo Michaelis-Menten e o modelo exponencial foram os que melhor se ajustaram para esta característica ($p < 0,001$) (Tabela 2). Para a idade ao primeiro parto (IPP), os modelos quadrático, exponencial e Michaelis-Menten foram significativos ($p < 0,001$), sendo que apenas o modelo linear não apresentou significância ($p > 0,05$). Para a característica (IDP), o modelo linear quadrático, exponencial e Michaelis-Menten foram significativos ($p < 0,05$).

Para os autores, Queiroz et al. (2000); McParland et al. (2007); Carolino & Gama (2008), o modelo quadrático é o que melhor descreve os resultados para os estudos com endogamia, apresentando resultados significativos nas características reprodutivas estudadas.

Tabela 2- Estimativa dos coeficientes de regressão da endogamia sobre as características produção de leite (PL), idade ao primeiro parto (IPP) e intervalo de partos (IDP) em bovinos da raça Holandesa do Brasil.

Modelo	Modelos			
	Linear	Exponencial	Quadrático	Michaelis-Menten
PL	$\beta_0=8753,9781^{***}$ $\beta_1=87,9988_{ns}$	$\alpha=8754.0$ $\beta=1.010^{***}$	$\beta_0=8666.621^{***}$ $\beta_1=2337.531_{ns}$ $\beta_2=-9037.11650_{ns}$	$\beta_1=8739.6$ $\beta_2=-0.00212^{***}$
IPP	$\beta_0=804,29464^{***}$ $\beta_1=54,8139_{ns}$	$\alpha=804,4$ $\beta=1,068^{***}$	$\beta_0=775,1064^{***}$ $\beta_1=835,0113^{***}$ $\beta_2=-3234,9233^{***}$	$\beta_1=786,3$ $\beta_2=-0,0247^{***}$
IDP	$\beta_0=425,6902^{***}$ $\beta_1=188,5248^*$	$\alpha=426,6$ $\beta=1,4952^{***}$	$\beta_0=393,5506^{***}$ $\beta_1=990,5211^{***}$ $\beta_2=-3151,9353^{**}$	$\beta_1=345,6$ $\beta_2=-0,1963^{***}$

ns = não significativo, * $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$

Segundo Carrillo e Siewerd (2010), quando os níveis de endogamia presentes são maiores, o modelo Michaelis-Menten pode fornecer uma representação precisa da depressão endogâmica. Para os autores, este modelo deve ser utilizado quando existem níveis maiores de endogamia. O modelo Michaelis-Menten não se ajustou biologicamente aos dados para as características reprodutivas IDP e IPP, o que pode estar relacionado ao pequeno número de animais com níveis de endogamia superiores a 10%.

As variâncias residuais que indicam a adequação dos ajustes nos modelos foram próximas (Tabela 3). Carrillo e Siewerd (2010) relataram que os modelos linear, exponencial e Michaelis-Menten são adequados para estimar depressão por endogamia. Segundo esses autores, o modelo linear é mais simples para se ajustar e os parâmetros têm interpretações diretas, no entanto, este modelo também mostra uma falta de flexibilidade.

O erro gerado pelo modelo animal foi utilizado para observar a relação dos efeitos genéticos não aditivos com os efeitos da endogamia sobre as características estudadas.

Tabela 3 - Variância residual dos modelos Linear, Exponencial, Quadrático e Michaelis-Menten, das características idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de parto (IDP) e produção de leite (PL).

Características	Modelos			
	Linear	Exponencial	Quadrático	Michaelis-Menten
IPP	6275,7	6275,9	6151,2	6279,8
IDP	7355,3	7358,3	7249,3	7374,8
PL	1121893	1121893	1122115	1121906

Para a característica idade ao primeiro parto (IPP), os modelos quadrático, exponencial e Michaelis-Menten foram significativos ($p < 0,001$), sendo que apenas o modelo linear não apresentou significância ($p > 0,05$). Para a característica reprodutiva (IDP), o modelo linear foi significativo ($p < 0,05$) e os modelos quadrático, exponencial e Michaelis-Menten foram significativos a valores muito baixos ($P < 0,001$). A idade média ao primeiro parto (IPP), no rebanho holandês do Brasil, foi de $804,43 \pm 119,72$ dias, ou aproximadamente 26,43 meses. Este valor da média evidencia que as novilhas estão sendo acasaladas pela primeira vez com idade média de 17 meses de idade, o que é bastante satisfatório para o sistema de produção brasileiro (Tabela 1). Esta média é inferior a encontrada por McManus et al. (2008), avaliando parâmetros reprodutivos no gado holandês na região centro-oeste, com $910,10 \pm 204,86$ (30,33 meses). Já McParland et al. (2007), avaliando a raça irlandesa Holstein-Friesian, relataram médias de 763 dias para idade ao primeiro parto. Para a raça Gir (Reis Filho, 2006), encontraram 1.329 ± 147 dias, ou aproximadamente, 44,3 meses, o que evidencia a menor precocidade para a raça Gir.

Observou-se que ao aumentar os níveis de endogamia, ocorreu um aumento desfavorável da característica IPP, em 0,20 dias para cada 1% de F (Figura 2). O modelo quadrático apresentou melhor ajuste aos dados, visto que obteve uma menor variância residual que o modelo exponencial. O modelo quadrático evidenciou também maiores variações em função do coeficiente de endogamia, permitindo observar maiores

efeitos sobre a característica IPP. O modelo Michaelis-Menten, apesar de ser significativo, mostrou relações entre a endogamia e os efeitos genéticos não aditivos avaliados via o erro do modelo animal, que são impossíveis do ponto de vista biológico.

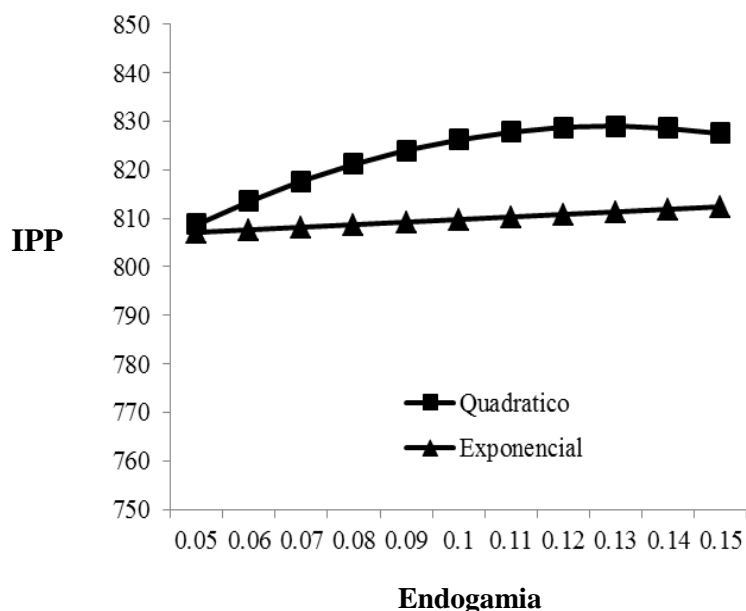


Figura 2 – Efeito da depressão endogâmica para a característica idade ao primeiro parto (IPP).

Malhado et al. (2012), avaliando populações de bubalinos, encontraram um efeito favorável na característica IPP da magnitude de 0,76 dias para cada 1% de F. Segundo estes autores, apesar das novilhas com maior endogamia terem o parto mais cedo do que as mães e, apesar da correção para os grupos contemporâneos, acreditam que ainda há um efeito de meio ambiente sobre o erro, fazendo com que esta característica tenha um efeito favorável. Carolino e Gama (2008), avaliando a raça Alentejana, verificaram efeito da endogamia menor que o encontrado neste estudo, com aumento de 0,022 dias para cada 1% de F. Rokouei et al. (2010), estudando bovinos da raça Holandesa no Irã, relataram que a endogamia teve um efeito deletério significativo sobre a idade ao primeiro parto, aumentando 0,45 dias para cada 1% de aumento da endogamia.

Para Thompson et al. (2000), níveis de endogamia acima de 10% estiveram associados com maiores idades ao parto, na raça Holandesa. Porém, baixos a moderados

níveis de endogamia (< 7%) parecem estar ligados com menores idades ao parto, cerca de 3 a 5 dias a menos que animais não-endogâmicos.

O intervalo de partos (IDP) médio foi de $444,03 \pm 110,07$ dias ou 14,80 meses (Tabela 1). Observou-se também elevado desvio padrão fenotípico, o que indica a possibilidade de redução dessa característica (IDP), através de um melhor manejo nutricional e ambiental. McManus et al. (2008), avaliando parâmetros reprodutivos para gado holandês, verificaram média geral do IDP de $413,45 \pm 94,58$ dias ou 13,78 meses. Zambianchi et al. (1999), obtiveram IDP médio de $422 (\pm 94)$ dias em 15 rebanhos Holandeses de São Paulo e McParland et al. (2007) relataram médias de 404 dias para intervalo de partos, na raça irlandesa Holstein-Friesian. Para a raça Gir, Reis Filho et al. (2006) encontraram valores médios de $492,5 \pm 96,3$ dias.

Observou-se que, ao aumentar os níveis de endogamia, ocorre um aumento desfavorável da característica IDP em 1,88 dias para cada 1% de endogamia para o modelo linear. Observou-se ainda que os modelos lineares e exponenciais tiveram comportamentos muito semelhantes (Figura 3). Já para o modelo quadrático, observou-se um aumento mais expressivo do IDP com o aumento da endogamia, o que pode levar a um maior prejuízo ao produtor, quando comparado aos outros modelos. Este modelo foi o de melhor ajuste por apresentar menor variância residual. O modelo Michaelis-Menten, apesar de ser significativo, superestimou os dados, mostrando resultados biologicamente improváveis.

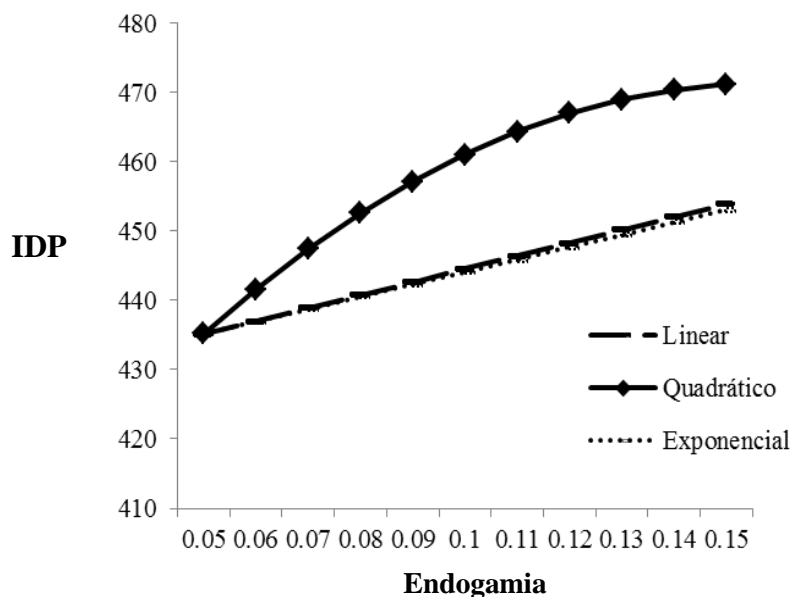


Figura 3 – Efeito da depressão endogâmica para a característica intervalo de parto (IDP).

McParland et al. (2007), estudando vacas leiteiras irlandesas, relataram depressão endogâmica correspondente a 0,7 dias para cada aumento de 1% na endogamia, para as características IDP. Smith et al. (1998), avaliando bovinos leiteiros, relataram um maior intervalo de partos em 0,55 dias para cada 1% de endogamia. Já Rokouei et al. (2010), estudando bovinos da raça Holandesa no Irã, relataram que a consanguinidade não tinha um efeito deletério significativo sobre o intervalo de parto nas primeira e segunda lactação. No entanto, foi significativa na terceira lactação com um aumento de 0,53 dias para cada 1% de aumento da endogamia.

Estes resultados corroboram o efeito depressivo da endogamia para a característica IDP, na qual ao se aumentar a endogamia observa-se um aumento do número de dias de intervalo de partos. Em curto prazo, estes resultados podem ter um efeito inexpressivo, entretanto, em longo prazo, pode comprometer o sistema produtivo, visto que este é extremamente competitivo.

Segundo Leite et al. (2001), quando se compara o IDP, um aspecto que merece destaque é a influência do produtor sobre o momento ideal da inseminação ou cobertura, em função da alta produtividade de leite inicial da vaca. Assim, essa característica pode ser influenciada pela oscilação do preço do leite no mercado, visto que o produtor pode

influenciar biologicamente o momento ideal da inseminação, visando uma maior produtividade numa época mais lucrativa.

A baixa idade ao primeiro parto (IPP) e o menor intervalo de parto (IDP) é esperada em rebanhos leiteiros, principalmente da raça Holandesa. Isso se deve ao fato dessas características dependerem, em quase sua totalidade, de fatores ambientais, como nutrição e manejo reprodutivo. Entretanto, este estudo evidencia que a depressão por endogamia causa perdas que podem afetar a lucratividade do rebanho leiteiro.

A produção de leite média foi $9.113,19 \pm 2.338,36$ kg (Tabela 1). Este valor foi próximo ao encontrado por Campos et al. (2012), avaliando o rebanho holandês do Brasil ($8.415,22 \pm 1.910,17$ kg). A produção de leite do rebanho Holandês é muito superior à encontrada por Reis Filho et al. (2006), para a raça Gir ($2.590,9 \pm 828,4$ kg) e Pardo-Suíço do Brasil, avaliada por Rennó et al. (2002) ($5.791,50 \pm 1.211,58$ kg).

Para esta característica, o modelo exponencial praticamente não foi influenciado pelos diferentes níveis de endogamia, mantendo uma variação mínima. O modelo Michaelis-Menten foi o que melhor se ajustou, sendo que a cada 1% de F houve uma redução de 9,64 Kg de leite (Figura 4).

Estas estimativas foram semelhantes às encontradas por McParland et al. (2009) que, avaliando raças leiteiras irlandesas, encontraram redução de 8,85 kg para cada 1% de endogamia, e inferiores a trabalhos relatados por Biffani et al. (2002), os quais, avaliando a raça Holandesa na Itália, encontraram redução de 21,6 kg na produção de leite, para cada 1% de aumento na taxa de endogamia. Thompson et al. (2000) analisaram 1.805.773 vacas da Associação da raça Holandesa dos EUA, e relataram um maior efeito de endogamia com uma diminuição de 35 kg em animais com $F = 0,02-0,06$. Segundo estes autores, estes resultados mostram uma grande variação em efeitos de endogamia sobre características fenotípicas e possível papel de outros fatores como o ambiente, genética, tamanho da amostra e diferentes metodologias.

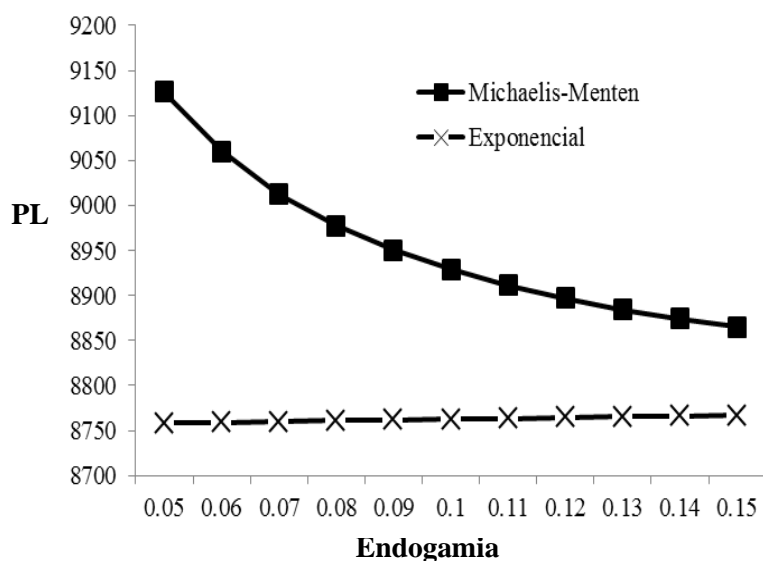


Figura 4 – Efeito da depressão endogâmica para a característica produção de leite (PL).

Segundo Ribeiro et al. (1991), a produção de leite é influenciada por vários fatores, dentre eles o genótipo, havendo diferenças entre raças e entre rebanhos de uma mesma raça. Vale ressaltar que o genótipo não é o único fator que afeta esta característica produtiva, ele precisa está aliado a um fator ambiental devidamente controlado para que o animal possa expressar todo o seu potencial.

Para Alves (2008), a produção de leite, além de ser influenciada por fatores ambientais, também é influenciada por fatores fisiológicos, sendo eles hereditários, que são aqueles que dizem respeito à composição genética dos animais, e não hereditários, que incluem o estágio da lactação, a idade, entre outros fatores. Quanto aos fatores ambientais, podem ser citados o ano, a estação de parição ou mês de parição e a frequência de ordenhas.

De acordo com Miglior e Burnside (1995), em programas de melhoramento, espera-se o aumento da endogamia em gado de leite, resultante de sua própria estrutura, como, por exemplo: alta intensidade de seleção, o uso de técnicas reprodutivas, avaliações genéticas mais precisas e uso intenso de alguns reprodutores.

A seleção praticada ao longo dos anos nos países europeus, para a raça Holandesa, onde neste período de seleção muitos alelos importantes para a produção

leiteira foram fixados, tornaram a raça Holandesa especializada e altamente eficiente dentro do setor produtivo (Thompson et al., 2000).

Apesar da genética aditiva ser muito utilizada na seleção, a genética não aditiva limita estes ganhos. Ao usar o erro (genética não aditiva) gerado pelo modelo animal, observou-se uma relação depressiva entre os efeitos genéticos não aditivos e a endogamia sobre todas as características estudadas, mostrando a influência negativa da interação entre gens de alelos diferentes, sobre as características de importância econômica.

Assim, a endogamia exerceu efeito depressor sobre as características produtivas e reprodutivas, pois indivíduos homocigotos são menos tolerantes às variações ambientais, tornando-se mais susceptíveis aos seus efeitos. Diante disso, é importante manter controladas as taxas de endogamia da raça Holandesa no Brasil, a fim de reprimir os efeitos deletérios, tanto para as características reprodutivas como produtivas, visto a sua importância econômica. Assim, faz-se necessário evitar os acasalamentos entre indivíduos aparentados, utilizando-se de programas de reprodução eficientes ou até mesmo as inscrições zootécnicas, a fim de nortear futuros acasalamentos.

4. CONCLUSÕES

No rebanho como um todo, a endogamia foi baixa, entretanto, existem animais que superam os níveis considerados críticos;

Para as características reprodutivas, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou, apresentando uma variância residual menor. Já para a característica produtiva (PL), os modelos Michaelis-Menten e exponencial foram os de melhor ajuste;

Ao usar o erro gerado pelo modelo animal, foi possível observar relação depressiva sobre todas as características estudadas;

A endogamia influenciou de maneira desfavorável todas as características estudadas, promovendo reduções para produção de leite (PL) e aumentos para idade ao primeiro parto (IPP) e intervalo de partos (IDP).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, N. G. Fatores determinantes da produção de leite. 1 ed. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância – **Bovinocultura Leiteira: Manejo, Mercado e Tecnologia**. Lavras: UFLA/FAEPE, 41p. 2008.
- BOLDMAN, K.G.; KRIESE, L.A.; VAN VLECK, L.D.; et al. A manual for use of MTDFREML: a set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT]. Lincoln: **Agricultural Research Service**, 1995. 120p.
- CAMPOS, R. V.; **Parametros genéticos para características lineares de tipo e reprodutivas em vacas da raça Holandesa no Brasil**. Porto Alegre – RS, UFRGS 2012. 109 f. Tese (Doutorado – Melhoramento Animal). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CARVALHEIRO, R.; PIMENTEL, E.C.G. Endogamia: possíveis conseqüências e formas de controle em programas de melhoramento de bovinos de corte. II GEMPEC – **Workshop em Genética e Melhoramento NE Pecuária de Corte**, 2004.
- CAROLINO, N. & GAMA, L.T. Inbreeding depression on beef cattle traits: estimates, linearity of effects and heterogeneity among sire-families. **Genetics Selection Evolution**, v.40, p. 511-527, 2008.
- CARRILLO, J.A. & SIEWERDT, F. Consequences of long-term inbreeding accumulation on preweaning traits in a closed nucleus Angus herd. **Journal of Animal Science**, v.88, p.87-95, 2010.
- CASSELL, B.G.; ADAMEC, V.; PEARSON, R.E. Effect of incomplete pedigrees on estimates of inbreeding and inbreeding depression for days to first service and summit milk yield in Holstein and Jerseys. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2967-2976, 2003.
- CHARLESWORTH, B. CHARLESWORTH, D. The genetic basis of inbreeding depression, **Genetics Research**, v.74, p.329-340, 1999.
- FALCÃO, A.J.S.; MARTINS-FILHO, R.; MAGNABOSCO, C.U. et al. Efeitos da endogamia sobre características de reprodução, crescimento e valores genéticos aditivos de bovinos da raça Pardo-Suíça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.83-92, 2001.
- FETROW, J.; STEWART, S.; EICKER, S. Reproductive health programs for dairy herds: Analysis of records for assessment of reproductive performance. In: YOUNGQUIST, R.S. Current therapy in large animal theriogenology. Philadelphia: Saunders, 1997. p. 441-451.
- FRANCK, R. 1997. Inbreeding steals profits. **Dairy Herd Management**. p.46-50.

- GUTIÉRREZ, J.P. & GOYACHE, F. A note on ENDOG a computer program for analysing pedigree information. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.122, p.172-176, 2005.
- LEITE, T.E.; MORAES, J.C.F.; PIMENTEL, C.A. Eficiência reprodutiva em vacas leiteiras. **Ciência Rural**, v. 31, n. 1, p. 467-472, 2001.
- Li, Z.-K., L. J. Luo, H. W. Mei, D. L. Wang, Q. Y. Shu, R. Tabien, D. B. Zhong, C. S. Ying, J. W. Stansel, G. S. Khush, and A. H. Paterson. 2001. Overdominant epistatic loci are the primary genetic basis of inbreeding depression and heterosis in rice. I. Biomass and grain yield. **Genetics** 158:1737–1753.
- Malécot G. 1948. **Les mathématiques de l'hérédité**. Masson et Cie, Paris.
- MALHADO, C.H.M., MALHADO, A.C.M., CARNEIRO, P.L.S., RAMOS, A.A., CARRILO, J.A., PALA, A.; Inbreeding depression on production and reproduction traits of buffaloes from Brazil. **Animal Science Journal** (2013) 84, 289–295.
- MIGLIOR, F., BURNSIDE, E. B. 1995. Inbreeding of Canadian Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, 78(5):1163-1167.
- McPARLAND, S.; KEARNEY, J.F.; RATH, M.; BERRY, D.P. Inbreeding effects on milk production, calving performance, fertility, and conformation in Irish Holstein-Friesians. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p.4411-4419, 2007.
- McPARLAND, S.; KEARNEY, J.F.; BERRY, D.P. Purging of inbreeding depression within the Irish Holstein-Friesian population. **Genetics Selection Evolution**, v. 41, p.1-8, 2009.
- MEUWISSEN, T.H.E. & LUO, Z. Computing inbreeding coefficients in large populations. **Genetics Selection and Evolution**, v.24, p.305-313, 1992.
- MUIR, W.M. 2000. The interaction of selection intensity, inbreeding depression, and random genetic drift on short and long-term response to selection: Results using finite locus and finite population size models incorporating directional dominance. In: **Proceedings of the American Society of Animal Science**. Disponível em: <<http://www.asas.org>> Acesso em: 25/01/2011.
- PAIVA, A. L. C., **Endogamia na raça Holandesa do Brasil**. Viçosa – MG, UFV 2006. Tese (Mestrado – Melhoramento Animal). Universidade federal de Viçosa.
- QUEIROZ, S.A.; ALBUQUERQUE, L.G.; LANZONI, N.A. Efeito da endogamia sobre características de crescimento de bovinos da raça Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p. 1014-1019, 2000.

REIS FILHO, J. C., **Endogamia na raça Gir**. Viçosa – MG, UFV 2006. 49f. Tese (Mestrado – Melhoramento Animal). Universidade federal de Viçosa.

RENNÓ, F. P., PEREIRA, J. P.; ARAÚJO, C.V.; TORREES, R. A.; RODRIGUES, M. T., RENNO, L. N.; OLIVEIRA R. F. M.; KAISER F. R.; 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.

RIBEIRO, E.L.A.; RESTLE, J.; PIRES, C.C. Produção e composição do leite em vacas Charolês e Aberdeen Angus amamentando bezerros puros ou mestiços. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.26, v.8, p.1267-1273, 1991.

Rokouei M, Torshizi RV, Shahrabak MM, Sargolzaei M, Sørensen AC. 2010. Monitoring inbreeding trends and inbreeding depression for economically important traits of Holstein cattle in Iran. **Journal Dairy Science** 93, 3294–3302.

Smith LA, Cassel BG, Pearson RE. 1998. The effects of inbreeding on the lifetime performance of dairy cattle. **Journal Dairy Science** 81, 2729–2737.

THOMPSON, J.R., EVERETT, R.W., HAMMERSCHMIDT, N.L. 2000a. Effects of inbreeding on production and survival in Holsteins. **Journal of Dairy Science**, 83(8):1856-1864.

ZAMBIANCHI, A. M.; FREITAS, M. A. R.; PEREIRA, C.S. Efeitos genéticos e de ambiente sobre produção de leite e intervalo de partos em rebanhos leiteiros monitorados por sistema de informação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1263-1267, 1999.