



Tese

**Critérios de seleção reprodutivos para as raças Hereford e Braford**

**Bruno Borges Machado Teixeira**

**Pelotas, 2018**

**Bruno Borges Machado Teixeira**

**Critérios de seleção reprodutivos para as raças Hereford e Braford**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Melhoramento animal).

Orientador: PhD. Fernando Flores Cardoso

Coorientador (es): Dr. Nelson José Laurino Dionello

Pelotas/RS, 2018

Fernando Flores Cardoso

Médico Veterinário, PhD Pesquisador Embrapa Pecuária Sul

Arione Augusti Boligon

Zootecnista, Dra Professora UFPel.

Marcos Jun – Iti Yokoo

Zootecnista, Dr Pesquisador Embrapa Pecuária Sul

Cássio Cassal Brauner

Médico Veterinário, Dr Professor UFPel

Leandro Lunardini Cardoso

Zootecnista, Dr. bolsista de pós doutorado CAPES

*"Devemos julgar um homem mais pelas suas perguntas...  
...que pelas suas respostas."*

*(Voltaire)*

*“Dedico esta conquista a  
Maria Flor de Souza Teixeira,  
Minha Filha!!!!”*

## AGRADECIMENTOS.

*Dou graças ao divino, ao sagrado. Agradeço a este arquiteto do universo pela oportunidade da Vida.*

*Engordando a TARCA do saber agradeço aos meus pais, Jorge e Mara, pelo seu amor, pela minha educação, pelos esforços que sempre fizeram para que eu pudesse seguir o caminho que por eles me foi mostrado. TROOOOPA!!*

*Minha esposa Franciane, amiga e amante, alguém gosta muito de mim por ter te posto em meu caminho. Tu és um palanque cravado no meu coração, meu caminho, base sólida de mulher verdadeira que me inspira constantemente no meu amadurecimento. Hoje juntos com nossa família, nossa Maria Flor, pedaço da gente que brotou em solo fértil do nosso Lar. SÓ A GENTE SABE...*

*Família, agradeço, por serem importantes, por serem parte de mim, necessária ponte de ligação entre o que sou e de onde venho. DOS MEUS!!*

*Para os meus amigos, os de verdade, os que me fazem sentir saudade, das guitarreadas e pulperias, prosas e mates, assados e madrugadas, conselhos e sinceridade, alimento pra alma e para o coração. GRACIAS...*

*Ao meu orientador e compadre Fernando, primeiramente pela amizade, pelo exemplo, confiança a mim dedicada, por tornar possível trilhar este caminho, sinto orgulho de ser teu aluno. VALEU CHEFE!!*

*Aos meus colegas da equipe do Labegen (Laboratório de Bioinformática e Estatística Genômica), meus amigos de todos os dias na labuta, cada um de vocês é uma parte importante desse trabalho, gracias gurizada. #LABEGEN*

*A todos os produtores, gente do campo, que empurram esse país pra diante, que tem me aberto as portas de suas casas nos últimos anos e confiado no meu trabalho, muitas vezes me ensinando, trocando ideias e mostrando a pujança da nossa pecuária. #VAMOPECUÁRIA*

*Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, pelo aprendizado, agradeço aos professores e colegas.*

*A Embrapa Pecuária Sul pela disponibilização da estrutura física para o desenvolvimento deste trabalho.*

*Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de estudos.*

*Agradeço ao apoio da Associação Brasileira de Hereford e Braford – ABHB, e a confiança a mim depositada.*

*A todos que de alguma forma me ajudaram a entregar mais esta tropa, meu sincero muito obrigado!*

## RESUMO

TEIXEIRA, Bruno Borges Machado. **Critérios de seleção reprodutivos das raças Hereford e Braford.** 2018. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O presente estudo foi desenvolvido com os objetivos de propor critérios de seleção reprodutivos e estimar parâmetros genéticos em rebanhos Hereford e Braford participantes do programa de avaliação genética da Associação Brasileira de Hereford e Braford - PampaPlus. As características analisadas foram: retenção de novilhas (RET), idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 14 meses de idade (IPP14), idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 24 meses de idade (IPP), primeiro intervalo de partos (1ºIEP), primeira repetição de cria (1ºREP), intervalo de partos (IEP), número de cria aos 60 meses de idade (NC60), habilidade de permanência no rebanho (STAY), produtividade acumulada (PAC) e perímetro escrotal ao sobreano (PES). As inferências foram baseadas em métodos Monte Carlo via Cadeias de Markov (MCMC), através da Amostragem de Gibbs de 2.000.000 ciclos, após o descarte dos primeiros 200.000 ciclos (*burn-in*) as amostras foram salvas a cada 100 ciclos, totalizando 18.000. Foram realizadas análises uni-características e multicaracterísticas, utilizando um modelo animal completo, que incluiu efeitos sistemáticos de grupos de contemporâneas e efeitos aleatórios genéticos aditivos diretos. A distribuição *a posteriori* das herdabilidades dos critérios analisados foram  $0,06 \leq 0,10 \leq 0,14$  (RET);  $0,05 \leq 0,13 \leq 0,24$  (IPP14);  $0,28 \leq 0,32 \leq 0,35$  (IPP);  $0,01 \leq 0,04 \leq 0,09$  (1ºIEP);  $0,10 \leq 0,14 \leq 0,18$  (1ºREP);  $0,04 \leq 0,05 \leq 0,07$  (IEP);  $0,05 \leq 0,10 \leq 0,14$  (NC60);  $0,25 \leq 0,30 \leq 0,35$  (STAY);  $0,04 \leq 0,06 \leq 0,09$  (PAC);  $0,13 \leq 0,19 \leq 0,25$  (PES), sendo consideradas de baixa à média magnitude e no geral demonstrando certa variabilidade genética com possibilidade de seleção. A RET apresentou correlações genéticas positivas de alta magnitude com NC60 ( $0,82 \leq 0,89 \leq 0,94$ ), negativa e moderada com IPP ( $-0,63 \leq -0,46 \leq -0,26$ ) e positivas e moderadas com 1ºIEP,

1ºREP, IEP e PAC ( $0,08 \leq 0,45 \leq 0,71$ ;  $0,29 \leq 0,46 \leq 0,61$ ;  $0,25 \leq 0,37 \leq 0,49$ ;  $0,12 \leq 0,36 \leq 0,57$ , respectivamente) indicando a possibilidade de resposta correlacionada ao selecionar por um ou outro critério. A alta e negativa correlação genética entre IPP e 1ºIEP ( $-0,97 \leq -0,95 \leq -0,79$ ) indica que a seleção para menor IPP tende a aumentar o 1ºIEP, porém a correlação genética negativa entre IPP e 1ºREP ( $-0,70 \leq -0,58 \leq -0,53$ ) sugere que esse tipo de seleção deve proporcionar melhorias no desempenho da repetição de cria. A 1ºREP apresentou correlação favorável com STAY ( $0,37 \leq 0,53 \leq 0,66$ ) indicando que a seleção para melhorar a 1ºREP deve proporcionar aumentos nos valores genéticos para a STAY. O PES não apresentou correlação genética com nenhuma característica reprodutiva das fêmeas. A PAC apresentou correlações genéticas favoráveis com STAY e IPP, indicando que fêmeas que ficam mais tempo produzindo no rebanho e apresentam o primeiro parto mais cedo em sua vida reprodutiva produzem mais kg de terneiros desmamados. A seleção baseada em melhores valores genéticos para PES não causará resposta correlacionada nos critérios medidos nas fêmeas. Os critérios RET, IPP, 1ºREP e STAY apresentam potencial satisfatório para implementação na avaliação genética do PampaPlus, com variabilidade genética passível de seleção e associação genética favorável entre elas, podendo causar respostas correlacionadas indiretas e satisfatórias na maioria dos critérios estudados, auxiliando no progresso genético das raças Hereford e Braford em objetivos de seleção reprodutivos das fêmeas.

**Palavras-chaves** – Amostragem de Gibbs, avaliação genética, correlação genética, herdabilidade, inferência bayesiana, melhoramento animal.

## Abstract

TEIXEIRA, Bruno Borges Machado. **Breeding selection criteria of the Hereford and Braford breeds.** 2018. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The present study was developed with the purpose of proposing reproductive selection criteria and estimating genetic parameters in Hereford and Braford herds participating in the genetic evaluation program of the Brazilian Association of Hereford and Braford - PampaPlus. The traits analyzed were heifers retention (RET), age at first calving of heifers exposed to reproduction at 14 months of age (AFC14), age at first calving of heifers exposed to reproduction at 24 months of age (AFC), first calves interval (1stCI), heifers rebreeding (HR), calves interval (CI), number of calvings at 60 months (NC60), stayability (STAY), average annual productivity of the cow (PRODAM), scrotal circumference at yearling (SCY). Bayesian inference was based on Markov Chain Monte Carlo methods (MCMC) with 2,000,000 cycles, after 200,000 burn-in cycles, and the samples were stored every 100 cycles, resulting 18,000 samples. Univariate and multivariate analyzes were performed using a complete animal model, which included the systematic effects of groups of contemporaries and direct additive genetic random effects. The a posteriori distribution of the heritability's of the analyzed criteria was  $0.06 \leq 0.10 \leq 0.14$  (RET);  $0.05 \leq 0.13 \leq 0.24$  (AFC14);  $0.28 \leq 0.32 \leq 0.35$  (AFC);  $0.01 \leq 0.04 \leq 0.09$  (1stCI);  $0.10 \leq 0.14 \leq 0.18$  (HR);  $0.04 \leq 0.05 \leq 0.07$  (CI);  $0.05 \leq 0.10 \leq 0.14$  (NC60);  $0.25 \leq 0.30 \leq 0.35$  (STAY);  $0.04 \leq 0.06 \leq 0.09$  (PRODAM);  $0.13 \leq 0.19 \leq 0.25$  (SCY), being considered of low to the average magnitude and in general demonstrating certain genetic variability with possibility of selection. The RET showed high-magnitude positive genetic correlations with NC60 ( $0.82 \leq 0.89 \leq 0.94$ ), negative and moderate with AFC ( $-0.63 \leq -0.46 \leq$

-0.26), and positive and moderate with 1st CI, HR, CI and PRODAM ( $0.08 \leq 0.45 \leq 0.71$ ;  $0.29 \leq 0.46 \leq 0.61$ ;  $0.25 \leq 0.37 \leq 0.49$ ;  $0.12 \leq 0.36 \leq 0.57$ , respectively), indicating the possibility of a correlated response when selecting one or the other criterion. The high and negative genetic correlation AFC and 1stCI ( $-0.97 \leq -0.95 \leq -0.79$ ), shows that a lower AFC tends to increase the 1stCI, but the negative genetic correlation between AFC and HR,  $-0.70 \leq -0.58 \leq -0.53$  reflects that a lower AFC confers higher for rearing. The HR also presented a favorable correlation with STAY ( $0.37 \leq 0.53 \leq 0.66$ ) which is quite interesting, when selecting for HR we would tend to increase the genetic values in the herd for STAY. The SCY did not show a genetic correlation with any reproductive traits of females. The PRODAM had favorable genetic correlations with STAY and AFC, indicating that females that spend more time producing in the herd and have the first calving earlier in their reproductive life produce more kg of weaned calves. Selection based on better genetic values for SCY will not cause a correlated response in the criteria measured in females. The criteria RET, AFC, 1stCI and STAY present satisfactory potential for implementation in the genetic evaluation of PampaPlus, with genetic variability susceptible of selection and favorable genetic association among them, being able to cause indirect and satisfactory correlated answers in most of the studied criteria, aiding in the genetic progress of Hereford and Braford breeds in reproductive objective selection of females.

**Keywords** - Animal breeding, Bayesian inference, genetic evaluation, genetic correlation, Gibbs sampling, heritability.

## Lista de Figuras

Figura 3.2.1 –	Distribuição inicial da idade ao primeiro parto.....	37
Figura 3.2.2 –	Distribuição <i>a priori</i> da idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 14 meses de idade (IPP14).....	38
Figura 3.2.3 –	Distribuição <i>a priori</i> da idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 24 meses de idade (IPP).....	39
Figura 3.2.4 –	Distribuição inicial do Intervalo entre primeira e segunda cria.....	40
Figura 3.2.5 –	Distribuição inicial do Intervalo entre partos a partir da segunda cria....	41
Figura 3.2.6 –	Distribuição <i>a priori</i> da produtividade acumulada (PAC).....	43
Figura 4.1 –	Tendência Genética para a Retenção de Novilhas (RET).....	68
Figura 4.2 –	Tendência Genética para a Idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 14 meses de idade (IPP14).....	68
Figura 4.3 –	Tendência Genética para a idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 24 meses de idade (IPP).....	69
Figura 4.4 –	Tendência Genética para o primeiro intervalo entre partos (1ºIEP).....	70
Figura 4.5 –	Tendência Genética para a primeira repetição de cria (1ºREP).....	71
Figura 4.6 –	Tendência Genética para o intervalo entre partos (IEP).....	71

Figura 4.7 –	Tendência Genética para o número de cria aos 60 meses (NC60).....	72
Figura 4.8 –	Tendência Genética para a habilidade de permanência no rebanho (STAY).....	73
Figura 4.9 –	Tendência Genética para a produtividade acumulada (PAC).....	73
Figura 4.10 –	Tendência Genética para o perímetro escrotal ao sobreano (PES).....	74

## Lista de Tabelas

Tabela 3.2.1 – Classificação das matrizes quanto ao número de partos acumulados durante a vida reprodutiva.....	40
Tabela 3.2.2 – Estatísticas descritivas das características retenção de novilhas (RET), idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 14 meses de idade (IPP14), idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 24 meses de idade (IPP), primeiro intervalo entre partos (1ºIEP), primeira repetição de cria (1ºREP), intervalo entre partos (IEP), número de cria aos 60 meses (NC60), habilidade de permanência no rebanho (STAY), produtividade acumulada (PAC) e perímetro escrotal ao sobreano (PES), das raças Hereford e Braford.....	44
Tabela 3.2.3 – Número de observações e percentual para as características categóricas de retenção de novilhas (RET), primeira repetição de cria (1ºREP), número de crias aos 60 meses (NC60), habilidade de permanência no rebanho (STAY), das raças Hereford e Braford.....	45
Tabela 4.1 – Erro de Monte Carlo (MCE), tamanho efetivo de amostra (ESZ), critério de convergência de Geweke (Geweke) e Auto correlações de atraso (1, 10, 100) para os componentes de covariância ( $\sigma^2$ ) das características reprodutivas das raças Hereford e Braford estimados via inferência bayesiana.....	55

Tabela 4.2 –	Médias <i>a posteriori</i> , desvio-padrão <i>a posteriori</i> (DP), mediana <i>a posteriori</i> , modas <i>a posteriori</i> , intervalo de 95% de probabilidade <i>a posteriori</i> (95% IPP) para os parâmetros genéticos ( $\sigma^2$ , $h^2$ ) das características reprodutivas nas raças Hereford e Braford estimados via inferência bayesiana.....	59
Tabela 4.3 –	Médias <i>a posteriori</i> para correlações genéticas ( $r_G$ ), acima da diagonal e intervalo de 95% de probabilidade a posteriori (95% IPP), abaixo diagonal, das características reprodutivas das raças Hereford e Braford estimadas via inferência bayesiana.....	65
Tabela 4.4 –	Ganhos genéticos esperados mediante seleção direta, resposta correlacionada indireta ao selecionar-se por habilidade de permanência no rebanho (RC <sub>STAY</sub> ), idade ao primeiro parto de fêmeas expostas a reprodução aos 24 meses (RC <sub>IPP</sub> ), primeira repetição de cria (RC <sub>1<sup>ª</sup>REP</sub> ) e perímetro escrotal ao sobreano (RC <sub>PES</sub> ), e eficiência da seleção indireta nas características reprodutivas das raças Hereford e Braford utilizando os componentes de covariância estimados via inferência bayesiana.....	77

## Sumário

<b>1. Introdução.....</b>	15
<b>2. Revisão de Literatura.....</b>	20
2.1. Eficiência reprodutiva.....	22
2.2. Idade ao primeiro parto.....	25
2.3. Retenção de novilhas (RET) e número de crias aos 60 meses (NC60).....	26
2.4. Intervalo de partos.....	27
2.5. Habilidade de permanência no rebanho (STAY).....	29
2.6. Produtividade acumulada (PAC).....	31
2.7. Perímetro escrotal (PES).....	32
2.8. Primeira repetição de cria (1 <sup>a</sup> REP).....	34
<b>3. Materiais e Métodos.....</b>	36
3.1. Fonte de dados.....	35
3.2. Características analisadas.....	36
3.3. Formação de grupos contemporâneos (GC) e efeitos dos modelos .....	45
3.4. Análise dos dados.....	46
<b>4. Resultados e Discussão.....</b>	54
<b>5. Conclusões.....</b>	79
<b>6. Referências Bibliográficas .....</b>	80

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda mundial por produção de recursos ultrapassa a busca única pelo aumento geométrico dos índices de produtividade, ocorrendo um entendimento geral da necessidade de aumentar a qualidade do processo produtivo. Extrapolando para a pecuária de corte, temos que, produzir carne com mais qualidade em maior quantidade, que remunere melhor as pessoas envolvidas em todo processo, com bem-estar animal, sendo economicamente e ambientalmente sustentável.

O objetivo principal do melhoramento animal é proporcionar ganho genético, aumentando a frequência dos genes favoráveis às características de interesse econômico nos rebanhos (Cardellino & Rovira, 1987). Porém a dificuldade está em identificar o quanto da variabilidade no desempenho dos animais é reflexo de seu mérito genético, genética aditiva, separando de todos efeitos ambientais que contribuem para esse desempenho, como alimentação, clima, efeito materno, entre outros. (Henderson, 1984; Gianola & Fernando, 1986).

Programas de melhoramento animal foram introduzidos na pecuária para identificar animais mais produtivos e “competitivos”, ou seja, que atendam as diversas exigências do mercado consumidor, auxiliando o processo de seleção ou direcionando cruzamentos. A utilização destes métodos resulta em melhor desempenho nas características de importância econômica (Roso & Fries, 2000).

Os programas de avaliação genética têm baseado, ao decorrer dos anos, seus critérios de seleção em características de desempenho ponderal em detrimento às de natureza reprodutiva, mesmo sendo a eficiência reprodutiva um aspecto importante na avaliação do sistema produtivo, apresentando, conforme relatam Newman et al. (1992), Macneil et al. (1994)

e Phocas et al. (1998), maior importância econômica em relação as características de desenvolvimento ponderal e de carcaça.

Costa et al. (2017) identificaram que para sistemas de cria e de ciclo completo que utilizam as raças Hereford e Braford no sul do Brasil, características relacionadas a taxa de sobrevivência dos animais e taxa de reprodução das fêmeas são as que mais remuneram o sistema de produção. De modo geral primeiro é preciso empreñhar a vaca, não se deve deixar morrer o bezerro e que este se possível seja um bom animal, com potencial para ganho de peso e com precocidade de acabamento. Além disso, o ideal é que as fêmeas, sejam férteis, não falhem a reprodução em nenhuma temporada, tenham a capacidade de parir e recuperar-se rapidamente para na estação de monta seguinte estejam aptas a reempreñar, com boa condição corporal, boa habilidade materna, produzindo leite suficiente para desenvolver e desmamar melhores bezerros (as), que em função de uma seleção objetiva e corretamente direcionada, transmita genes relativos a essas qualidades para as novas gerações, aumentando a eficiência do rebanho como um todo.

A maioria dos programas de avaliação genética desenvolvidos no Brasil utilizam somente o perímetro escrotal como critério de seleção para objetivos reprodutivos e indicativo de precocidade sexual, por ser de fácil mensuração, estar potencialmente associado à fertilidade e possuir correlações genéticas favoráveis com outras características reprodutivas e de crescimento (Silva et al., 2000; Neves et al., 2012; Santana et al., 2012, Santana et al., 2015).

A efetividade do perímetro escrotal como único critério reprodutivo é questionável. Estudos como os de Evans et al. (1999) e Doyle et al. (2000) não identificaram correlação genética relevante entre perímetro escrotal e probabilidade de prenhez, nas raças Hereford e Angus, respectivamente. Resultados semelhantes foram registrados por Pereira et al. (2002), Boligon et al. (2007) e Rochetti et al. (2007) na raça Nelore, que verificaram valores próximos

a zero para as correlações genéticas entre o perímetro escrotal aos 18 meses de idade e registros de idade ao primeiro parto e probabilidade de prenhez aos 14 meses de idade.

Ao trabalhar com estudos sobre critérios reprodutivos, uma questão importante, é a correta identificação da metodologia a ser empregada, que depende da formulação do critério e a forma como os dados são coletados a campo, ou seja, como é representado o fenótipo que o animal demonstra, pois o potencial reprodutivo das fêmeas é muitas vezes definido na literatura como uma característica de limiar, em função de sua natureza categórica, ou seja, a vaca pariu ou não pariu, (Rust et al., 2009), o que necessita de métodos estatísticos específicos e avançado desempenho computacional para corretamente identificar os parâmetros genéticos.

O programa de avaliação genética PampaPlus, foi criado, no ano de 2008, na intenção de direcionar o melhoramento genético das raças Hereford e Braford de rebanhos participantes do programa, apresentando uma ferramenta de seleção acessível ao produtor (Cardoso & Lopa, 2013), gerando previsões de diferenças esperadas na progênie (DEPs) das características de crescimento, escores visuais e reprodutivas, tendo sua metodologia baseada na utilização da melhor previsão linear não viesada (BLUP), seguindo a teoria dos modelos mistos descrita por Henderson (1984). Atualmente, contém o registro de informações fenotípicas referentes a 149.272 animais e 58 rebanhos das raças Hereford e Braford, localizados nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e na República Oriental do Uruguai.

## Hipótese

A partir de informações fenotípicas coletadas em rebanhos de bovinos Hereford e Braford do Programa PampaPlus é possível determinar novos critérios de seleção reprodutivos mensurados em fêmeas e estimar seus parâmetros genéticos.

O perímetro escrotal mensurado ao sobreano é um critério de eficiência limitada para resposta correlacionada em características reprodutivas das fêmeas, apresentando correlações baixas ou inexistentes com essas características.

## Objetivos

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de definir novos critérios de seleção reprodutivos, estimar seus parâmetros genéticos nas raças Hereford e Braford em suporte ao programa PampaPlus, de acordo com os seguintes objetivos específicos:

- 1) Definir novos critérios de seleção mensurados em fêmeas através das informações contidas no banco de dados PampaPlusNet;
- 2) Estimar os componentes de covariância e parâmetros genéticos das características reprodutivas de fêmeas no PampaPlus utilizando o enfoque bayesiano;
- 3) Calcular correlações genéticas entre as características reprodutivas das fêmeas;
- 4) Analisar a correlação genética de critérios reprodutivos mensurados nas fêmeas com o perímetro escrotal mensurado ao sobreano nos novilhos;
- 5) Analisar as tendências genéticas das características reprodutivas definidas neste estudo;
- 6) Calcular as respostas diretas e correlacionadas das características reprodutivas passíveis mediante seleção.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A variação biológica é a matéria prima no trabalho do melhorista. Se não houvesse variação entre os animais ou se essa variação fosse exclusivamente devida ao efeito do ambiente não se poderia fazer o melhoramento genético (Fischer, 1918; Henderson, 1949; Cardellino & Rovira, 1987).

O objetivo principal do melhoramento animal é causar ganho genético, aumentando a frequência dos genes favoráveis às características de interesse econômico nos rebanhos (Cardellino & Rovira, 1987). Porém a dificuldade está em identificar o quanto da variabilidade no desempenho dos animais é reflexo de seu mérito genético (Henderson, 1984; Gianola & Fernando, 1986).

O uso de registros de seleção, associado a medidas de desempenho animal nas características que agregam valor econômico, mediante o controle dos dados de produção, tende a aumentar a taxa de melhoramento genético dos rebanhos e, portanto, das raças, sendo assim, a evolução da população total do gado (Fries, 1972).

Falconer e Mackay (1996), expõe que conhecer as herdabilidades e correlações genéticas referentes aos critérios de seleção são de fundamental importância ao determinar o método de seleção e na predição do ganho genético para a população de interesse, porém são variáveis em populações mantidas em ambientes diversos, pois esses parâmetros genéticos dependem da frequência gênica e da variabilidade ambiental (Koots et al., 1994 a, b).

Segundo Cardellino e Rovira (1987), a seleção torna-se possível por que existe variação entre os indivíduos, sem diferenças entre os animais não haveria necessidade de escolher ou refugar animais para o processo reprodutivo, pois todos teriam o mesmo desempenho.

Os parâmetros genéticos são definidos pelos os componentes de covariâncias diversas populações, ou seja, são específicos para cada população, são eles: herdabilidade e

repetibilidade que se referem a um determinado caractere quantitativo, e as correlações genéticas que se referem a dois caracteres quantitativos simultaneamente. (Van Vleck, 1999; BIF, 2010).

A herdabilidade ( $h^2$ ) é o parâmetro de maior importância, pois determina a estratégia a ser usada no melhoramento da característica em questão. Seu conceito foi apresentado pela primeira vez no livro “*Animal breeding plans*” de Lush (1945). Se o valor de  $h^2$  for diferente de zero pode-se concluir que na população de estudo e no ambiente onde esta se desenvolve, as diferenças genéticas influenciam as variações fenotípicas e, assim, são importantes para a característica, demonstrando que existe a possibilidade de seleção. (Cardellino e Rovira, 1987).

A correlação genética ( $r_G$ ) é outro parâmetro de extrema importância, varia de -1 a 1 e indica o grau de associação genética entre dois caracteres. (Falconer e Mackay, 1996). Ao selecionar por uma característica, quando a é positiva, aumenta-se também o desempenho em outra; entretanto, quando for negativa, ao melhorar o desempenho na característica selecionada, diminui-se o desempenho na característica correlacionada. Para planejar um programa de seleção deve-se conhecer as associações genéticas entre as características consideradas, para avaliar as consequências do processo como um todo (Cardoso, 2009).

De maneira que a pergunta chave para qualquer programa de avaliação genética animal é saber quais são os **OBJETIVOS** de seleção, ou seja, quais serão características que o programa de avaliação genética irá depositar seus esforços nos próximos anos, sendo que essas características devem estar diretamente relacionadas com a lucratividade dos sistemas de produção.

A maior parte do melhoramento genético dos bovinos de corte decorre de relativamente seleção intensa dentro de um setor bem heterogêneo de pecuaristas, em menor quantidades, os produtores de genética, que abastecem de touros os rebanhos comerciais. Porém, estrutura piramidal, não tão bem definida em pecuária de corte, sugere que a melhoria do setor produtor

de genética deve ser direcionada para a sua utilização no setor comercial, mediante as exigências do mercado, ou seja, os sinais econômicos, são o *feedback* do comprador de touros para o cabanheiro. (MacNeil et al.,1994).

A medida que sabemos quais são os objetivos de seleção de forma clara e que realmente são estes que irão trazer retorno econômico, outro fator de extrema importância para o processo de melhoramento é definir os CRITÉRIOS de seleção de forma correta, ou seja, quais são as características que realmente tem relação com os objetivos de seleção (correlação genética) e que podem ser medidas nos animais e nos rodeios para indicar touros e vacas que tenham melhores amostragens de genes favoráveis a serem transmitidos as futuras gerações, para que estas sejam realmente mais produtivas e de refletam maior rentabilidade aos criadores.

Segundo Cardoso & Teixeira (2015), o touro é grande responsável pelo ganho genético nos rodeios, e esse ganho é extremamente dependente da taxa de desmama, quando menor, menos animais a serem selecionados, o que afeta ainda mais as fêmeas que são necessárias em maior número para a reposição, no entanto as características ligadas a reprodução das fêmeas são as mais importantes pelo viés econômico nos sistemas de produção de bovinos de corte, Campos et al. (2014); Laske et al. (2012); Praiva et al.(2014), como o início e a duração da vida reprodutiva, o peso de desmame dos terneiros e o número de terneiros dentro de um período determinado, sendo então que, animais com alta taxa de fertilidade, precocidade sexual e longevidade são essenciais para a busca de maior eficiência dos rebanhos.

## **2.1. Eficiência Reprodutiva**

O processo produtivo da pecuária bovina fundamenta-se, primariamente, na eficiência reprodutiva dos rebanhos (MacMillan, 1992). A performance dos animais dentro do sistema é fundamental para maximizar a produção de carne, tornando o parto o evento reprodutivo de

maior significado em um sistema de produção pela geração de uma nova cria (Neves et al., 1999). Independentemente do sistema adotado pela propriedade rural, trabalhando somente com cria (Laske et al., 2012) ou com ciclo completo (Costa et al., 2017), os objetivos reprodutivos mostram-se como os de maior impacto econômico nos sistemas de produção atingindo diretamente a lucratividade do produtor.

Os produtores engajados na produção de genética superior, touros melhoradores, necessitam, cada vez mais, de um aporte de informações para nortear a seleção de animais que realmente respondam ao aumento de índices produtivos e consequentemente a rentabilidade de seus clientes, pecuaristas comerciais. Em contraponto, como exemplo o programa PampaPlus (Cardoso & Lopa, 2013), o único critério disponível aos selecionadores é o perímetro escrotal medido ao sobreano (PES).

Características reprodutivas medidas diretamente em vacas de corte são pouco exploradas por pesquisadores e programas de avaliação genética de animais, levando a um desenvolvimento mais lento de metodologias de análise e até à falta de conhecimento de tais características. Para Eler et al. (2010), as principais razões para isso são que o conceito "pré-estabelecido" de que critérios reprodutivos têm baixa herdabilidade, causando mudança genética difícil e lenta; a dificuldade e imprecisão da coleta de dados reprodutivos, o que diminui a confiabilidade das previsões genéticas para esses critérios; e a natureza categórica (limiar) dos critérios mais importantes, requerendo procedimentos estatísticos mais complexos, apenas desenvolvidos recentemente, em comparação com análises de características contínuas.

Ao analisarmos indicadores de eficiência reprodutiva expressos pela taxa de natalidade, pode-se verificar que a taxa média do rebanho brasileiro se situa em torno de 60% (Anualpec, 2009, Ferraz e Felício, 2010). As taxas de natalidade e desmame são reconhecidas como os principais indicadores para mensurar a eficiência reprodutiva em bovinos de corte. Segundo Gottschall (2008), o índice satisfatório situa-se entre 75 a 80% de natalidade.

Trabalhos técnicos e econômicos (Holmes, 1989; Rovira, 1996; Beretta et al. 2001) comprovam que as mudanças tecnológicas na bovinocultura de corte devem ser realizadas com enfoque no aumento da taxa de natalidade. De acordo com Gottschall (2008), um importante ponto de estrangulamento na bovinocultura de corte voltada à cria resume-se ao baixo número de terneiros desmamados em relação ao número de ventres acasalados. Teoricamente o objetivo deve ser a produção e o desmame de um terneiro/vaca/ano.

Alcançar a eficiência reprodutiva e melhorar os critérios de crescimento dos animais requer trabalhar com rebanhos de alta precoce sexual e fertilidade. O perímetro escrotal, por exemplo, amplamente utilizada na avaliação genética brasileira como indicador de fertilidade e precocidade sexual em bovinos de corte devido à sua medição fácil e, especialmente, estimativas de alta herdabilidade, não deve ser considerada como um objetivo de reprodução, mas como um critério de seleção que visa o objetivo real, que é aumentar a precocidade sexual do rebanho. Por outro lado, características como a prenhez de novilhas, repetição de primeira cria e habilidade de permanência no rebanho, que são medidas diretamente nas fêmeas, ainda são pouco exploradas, embora sejam de grande relevância econômica, pois consideram a fertilidade e a longevidade de fêmeas.

A taxa de natalidade de um rebanho pode ser considerada como a mola propulsora da pecuária de corte, onde o maior número de animais nascidos, com menor perdas de animais (mortalidade) e menor a idade de abate, possibilitará um maior desfrute de animais e a eficiência produtiva do rebanho (Rovira, 1996, Fields et al., 2002). O problema básico da pecuária de corte de cria brasileira resume-se ao reduzido número de terneiros desmamados em relação aos ventres acasalados, pois a eficiência reprodutiva em rebanhos de bovinos de corte apresenta grande associação com retorno econômico por aumentar consideravelmente o número de animais disponíveis para a venda (Holmes, 1989).

## 2.2.Idade ao Primeiro Parto

A idade ao primeiro parto (IPP) é uma característica importante na seleção, pois expressa a precocidade sexual das fêmeas. É facilmente medida e apresenta correlação favorável com várias outras características relacionadas à reprodução e alguns autores mencionam que o perímetro escrotal estaria favoravelmente correlacionado com a idade à puberdade, idade ao primeiro parto e intervalo entre partos, indicando que ao selecionar os animais utilizando o perímetro seria possível selecionar de forma indireta suas filhas para terem melhor desempenho para características reprodutivas (Dias et al., 2000; Martins Filho, 1991; Albuquerque e Fries, 1997).

Herdabilidades médias para a característica IPP entre 0,23 e 0,30 são descritas por Koots et al. (1994); Mercadante et al. (1996); Gutiérres et al. (2002); Faria (2003). A IPP também apresenta uma correlação genética favorável com o primeiro intervalo de partos (IEP1) e primeira fertilidade real (FR1), Mercadante et al. (1996) e Lobo (1998) estudando estas variáveis obtiveram resultados de correlação genética de média magnitude em sentido favorável à seleção de novilhas sexualmente mais precoces, podendo assim levar a animais mais eficientes para IEP1 e FR1, na raça Nelore, indicando que a redução da IPP apresenta um efeito favorável na redução do intervalo entre partos.

A idade à puberdade é uma variável indicadora da precocidade sexual, no entanto, é uma informação de difícil coleta em animais criados de forma extensiva (Roso & Schenkel, 1999), além de que, é importante ressaltar que qualquer tentativa de seleção de fêmeas para eficiência reprodutiva começa por um bom manejo sanitário e nutricional (Pineda, 1998).

Ao contrário das demais características de fertilidade, a herdabilidade estimada para a idade à puberdade é considerada moderada até mesmo elevada, 0,31 de acordo com Laster et al. (1979); 0,40 para Martin et al. (1992); 0,47 para Splan; Cundiff; Van Vleck, 1998),

significando que esta idade pode ser reduzida por meio da seleção genética permitindo a escolha de raças ou de animais mais precoces. Estes dados demonstram a necessidade de se adotar a idade à puberdade, indicadora da precocidade sexual, como critério de seleção nos programas de melhoramento genético.

A existência de variabilidade genética nas características reprodutivas de machos e fêmeas, e as relações genéticas favoráveis entre os eventos reprodutivos e as características relacionadas ao crescimento do animal mostram a viabilidade dos programas de seleção para desempenho reprodutivo em bovinos de corte (MEYER ET AL., 1990).

### **2.3. Retenção de novilhas (RET) e número de crias aos 60 meses (NC60)**

O objetivo da RET é de identificar novilhas avaliadas nos programas de avaliação que são retidas nos rebanhos para ficarem produzindo terneiros, visto que os criadores tendem a abater e/ou comercializar os animais que com desempenho inferior nos critérios de avaliação genética e os que não conseguiram emprenhar a primeira vez ou repetir a cria. Assim a NC60 descreve a taxa de repetição de cria de uma vaca até uma idade específica, no caso aqui 5 anos, depois de ser escolhida como uma novilha para ficar no rebanho (Rust et al., 2009).

Guarini et al. (2014), descrevem o número de crias de cada vaca avaliado até os 53 meses como uma característica categórica em 4 escores, e encontraram uma herdabilidade de  $0,22 \pm 0,01$  com correlações genéticas altas, acima de 90%, com habilidade de permanência no rebanho e repetição de primeira cria, e correlação genética baixa com perímetro escrotal de  $0,07 \pm 0,02$ .

Rust et al. (2009), encontraram valores de variância genética de 0,114 e  $h^2$  de 0,41 para número de crias até 60 meses e variância genética de 0,202 e  $h^2$  de 0,67 para retenção de

novilhas, indicando que estas são características passíveis de seleção e refletem a habilidade reprodutiva das matrizes.

O número de crias é uma característica binária para vacas com um único parto, tornando-se mais contínuo com o aumento do número de terneiros, apresenta semelhanças com a taxa de parição, conforme definido por Meyer et al. (1990); Rust & Groeneveld (2002). A taxa de parição é uma medida vitalícia do desempenho reprodutivo de uma vaca. Meyer et al. (1990) definiram a taxa de parição como o número de bezerros nascidos, dividido pelo número de oportunidades que uma vaca teve de reproduzir (nº de estações de monta que passou, por exemplo). Eles estimaram a herdabilidade para a taxa de parto em 0,07 para Hereford, 0,11 para Angus e 0,17 para raças tropicais. Rust & Groeneveld (2002) definiram taxa de parto como o número de bezerros nascidos dividido pela idade da vaca e estimou uma herdabilidade de 0,04.

Portanto, se os criadores podem selecionar vacas que tendem a se reproduzir regularmente, esse animal terá um maior valor econômico do que um animal que falha em alguma temporada, demonstrando maior adaptação ao ambiente de criação (Snelling et al., 1995; Rust et al., 2009).

#### **2.4. Intervalo de partos**

Este índice é uma das medidas mais utilizadas para mensuração da eficiência reprodutiva, sendo considerado preciso e confiável para avaliação individual de cada animal, porém, apresenta limitações quando se avalia o rebanho, por não poder incluir vacas de um só parto (1a cria), vacas com problemas reprodutivos que apresentam um só parto no período estudado (Stevenson, 1996a) e vacas descartadas, muitas das quais por problemas reprodutivos (Pereira et al., 2005).

A obtenção do intervalo entre partos pode-se dar a partir das anotações zootécnicas existentes na propriedade, principalmente as datas de parição das matrizes. Contudo, estima-se que no Brasil poucos pecuaristas realizem esta prática, o que dificulta os processos de avaliação (Pereira, 2005).

Supondo que a estação de monta seja estabelecida nos meses de novembro a fevereiro. Suponha ainda que o intervalo entre partos do rebanho seja de 13 meses. No caso em tela, as vacas que no primeiro ano ficarem gestantes no mês de novembro, ficarão gestantes em dezembro do ano seguinte, em janeiro do terceiro ano, e em fevereiro do quarto ano. No quinto ano falharão pois não tiveram tempo hábil para emprenharem antes do final da monta. A cada 5 anos 1 falha, o que gera uma Taxa de Prenhez de 80%. Se o intervalo entre partos for de 14 meses este quadro será pior ainda. A cada 3 anos 1 falha, o que proporciona uma Taxa de Prenhez de 66%.

Em outras palavras, o Intervalo entre Partos está intrinsecamente relacionado à Taxa de Prenhez. Quanto maior o IEP, menor a Taxa de Prenhez. É um detalhe que na maioria das vezes passa despercebido. Emprenhar o maior número de vacas já no início da monta deve ser uma das principais metas. Quanto mais cedo emprenharem, mais cedo parem, tendo mais tempo para retornar ao cio e emprenharem novamente na próxima monta. Além disso, terneiros nascidos mais cedo na estação de nascimentos tendem a serem desmamados mais pesados. (ROVIRA, 1996).

O período de serviço (PS), ou dias em aberto, é definido como período (em dias) entre o parto até a primeira concepção fértil confirmada pela gestação da vaca. Este índice é influenciado diretamente pela fertilidade da fêmea e do macho, pela eficiência de detecção de cio e pela inseminação artificial. Como o período de gestação nos bovinos não sofre grandes variações, em média 285 dias, o IP, considerado o indicador final da performance reprodutiva de um rebanho, está diretamente relacionado com o período de serviço. Neste sentido, para

obter IP de 12 meses, o PS não poderia exceder a 85 dias (Rawson, 1986; Stevenson, 1996a). Este índice auxilia na avaliação do estado nutricional e sanitário dos animais e do retorno a atividade ovariana luteal cíclica, na eficiência de observação do cio e da IA e/ou comportamento sexual e na qualidade seminal do reprodutor (Grossi & Freitas, 2002).

## 2.5. Habilidade de Permanência no Rebanho (Stayability - STAY)

Snelling et al. (1995), definem a STAY como a capacidade da fêmea em permanecer no rebanho produzindo um terneiro ao ano, sem falhas, até uma idade específica, sendo, portanto, uma característica relacionada a vida reprodutiva da vaca, permanência no rebanho, baseada na probabilidade de chegar a uma idade específica, produzindo filhos, mediante a oportunidade de chegar a esta idade, (Hudson and Van Vleck, 1981), permitindo a seleção de pais cujas filhas são mais propensas a permanecer em produção o tempo suficiente para ser rentável. Neves et al. (2012), (Rust et al., 2009).

A seleção baseada em previsões de valor genético para stayability (DEPs) representa uma oportunidade para diminuir os custos e aumentar o lucro líquido. Para o rebanho comercial com o objetivo principal de produzir um terneiro vivo e saudável a cada ano, nenhum fator desempenha um papel mais importante do que a aptidão reprodutiva de vacas no rebanho, pois a reposição, recria das novilhas, requer um grande investimento de tempo e recursos. O Pecuarista, economicamente bem-sucedido, deve manter as vacas no rebanho pelo tempo necessário para produzirem terneiros suficientes que cubram os custos das reposições. (Doyle et al., 2000).

Rust et al. (2009), encontraram valores de variância genética de 0,072 e  $h^2$  de 0,27, indicando que esta é uma característica passível de seleção e reflete a habilidade reprodutiva das matrizes. Nieto et al. (2007), estudaram a habilidade de permanência no rebanho em vacas

Canchim, como proposto por Hudson & Vleck (1981), sendo definida como a probabilidade de uma matriz ter três partos ou mais até os 76 meses de idade. Dois modelos foram testados, no primeiro uma codificação binária, com 0 para indicar fracasso e 1 para indicar sucesso, apresentou  $h^2$  de 0,07. O segundo com quatro categorias, considerou os valores 0, 1, 2 e 3, respectivamente, para vacas com menos de três, com três, quatro ou cinco partos até os 76 meses de idade, apresentou  $h^2$  de 0,08, indicando pequena diferença na estimativa de herdabilidade, pelos modelos binário e com quatro categorias.

No Brasil, há estudos sobre permanência no rebanho com a raça Nelore. Silva et al. (2003) obtiveram estimativa de 0,21 de herdabilidade, definida como a probabilidade de uma vaca parir, no rebanho, até a idade de seis anos ou mais, desde que ela tenha tido uma parição anterior. Marcondes et al. (2005) obtiveram estimativa de 0,16 de herdabilidade para STAY, com um modelo de limiar, e de 0,13 com modelo linear. Ao estudar as relações genéticas entre STAY, circunferência escrotal e ganho pós-desmama, Silva et al. (2006) estimaram a herdabilidade de 0,22 para STAY. Recentemente, Melis et al. (2007) estimaram herdabilidade de 0,25, 0,22 e 0,28 para STAY aos cinco, seis e sete anos de idade, respectivamente.

Analizando o mais comum dos exemplos podemos ter uma fêmea que emprenha aos 2 anos de idade e vem a falhar a sua primeira repetição de cria aos 3 anos, ficando no rebanho e reconcebendo aos 4 anos de idade, e outra fêmea que entourada a primeira vez aos 3 anos repete cria aos 4, temos então duas fêmeas com a mesma idade e dois terneiros produzidos para o sistema. Ao observar somente a os números finais não há diferença entre as duas vacas, pois não saberemos se a que foi entourada aos 3 anos poderia ter emprenhado aos 2 anos caso a propriedade adotasse este manejo, e nem se um cuidado maior com a condição nutricional da fêmea que emprenhou aos 2 anos proporcionaria que a mesma repetisse cria aos 3 anos sem falhar.

## 2.6. Produtividade Acumulada - PAC

A eficiência reprodutiva dos rebanhos é o que caracteriza e sintetiza a expectativa econômica da atividade (Faria, 2003). As pesquisas mostram que as estimativas de porcentagem da fertilidade do rebanho bovino brasileiro giram em torno de 50%, o que atesta o baixo nível do desempenho produtivo das fêmeas bovinas de corte (Pereira, 1996).

No melhoramento genético animal o conhecimento de estimativas de parâmetros genéticos de características de interesse econômico é pré-requisito para estabelecimento de um programa de seleção (Siqueira et al., 2003). Na literatura existem poucos trabalhos que analisaram a produtividade acumulada. Porém o critério mais importante para descarte ou seleção de vacas em um rebanho é a eficiência de produção das mesmas (Mercadante et al., 1996).

Várias fórmulas já foram propostas para indicar a produtividade das fêmeas. Berge (1965) estimou a eficiência reprodutiva através de uma fórmula que considera a vaca no último parto, a idade da vaca no último parto, a idade da vaca ao primeiro parto e o intervalo entre partos. Bezerra & Duarte (1980) sugeriram uma fórmula que considera a idade da vaca ao primeiro parto e o período de gestação. Mercadante et al. (2000) sugeriram que fórmulas que procuram englobar em uma só medida a produtividade, são de fácil compreensão ao produtor, porém devem ser usadas com cuidado, pois incorporam muitas características de diferentes herdabilidades e importância econômica. A exploração de bovinos de corte de maneira eficiente deve-se ao aumento das taxas reprodutivas e do desmame, da velocidade de crescimento e o aumento na produção de leite (Shwengber & Bezerra, 2000).

Bittencourt et al., (1997) após um trabalho utilizando a fertilidade real para estudo da lucratividade do sistema de produção, concluiu que os animais mais lucrativos foram aqueles que obtiveram melhor relação entre o desempenho reprodutivo e a habilidade maternal da vaca.

A produtividade acumulada (PAC) é um índice que indica a produtividade da fêmea, em kg de bezerro desmamado por ano. Mede a capacidade do animal em se reproduzir regularmente e a uma menor idade e desmamar animais com maior peso (Lobo, 1996). A PAC é utilizada como índice de seleção, refere-se a contribuição da matriz durante sua permanência no rebanho, sendo dependente da idade ao primeiro parto e do intervalo de partos (Shwengber & Bezerra, 2000).

Shwengber et al. (2001) estudando os componentes de variâncias e parâmetros genéticos da produtividade acumulada de fêmeas da raça Nelore, utilizando o método da Máxima Verossimilhança Restrita, estimaram o coeficiente de herdabilidade da PAC em 0,15, indicando a existência de variabilidade genética suficiente para sua inclusão nos programas de melhoramento genético, o que resultaria na obtenção de fêmeas mais produtivas.

Dias (2002) utilizando fêmeas da raça Nelore, com estimativas obtidas pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), obteve a média de 134 kg de bezerros desmamados/ano, e coeficiente de herdabilidade de 0,13. FARIA (2003), por outro lado, estudando a característica produtividade acumulada, obteve os componentes de variância pelo método da Amostragem de Gibbs e encontrou a média de 134,15 kg/bez./ano coerente aos valores reportados na literatura (Rosa, 1999, Shwengber, 2001), e o coeficiente de herdabilidade de 0,25.

O peso do bezerro ao desmame reflete a capacidade da matriz de cuidar da cria e sua produção de leite (Shwengber et al., 2001). A PAC contempla o peso do bezerro aos desmame e o número de progêneres produzidas durante a permanência da fêmea no rebanho.

## 2.7. Perímetro escrotal

A utilização do PES como critério de seleção ocorre basicamente por duas razões: quanto maior o tecido glandular maior será o volume (quantidade de células germinativas) para produção de espermatozoides, e a segunda é em função de sua associação com a idade ao primeiro parto nas fêmeas. Na raça Canchin, Castro-Pereira et al. (2007), encontraram  $r_G$  de -0,37 entre perímetro escrotal mensurado aos 12 meses de idade e a idade ao primeiro parto, demonstrando que a seleção para o perímetro escrotal tende resultar em fêmeas mais precoces sexualmente, Pereira et al. (2000), também relataram que a seleção direta para PES, na raça Nelore, deve influenciar na diminuição da idade ao primeiro parto nas fêmeas.

Estudando animais da raça Brahman na *Subtropical Agricultural Research Station, Brooksville, Florida – USA*, Vargas et al. (1998), encontraram valores para  $h^2$  do PES em torno de 0,28 relatando também  $r_G$  negativas com a idade a puberdade das fêmeas.

Na raça Hereford, Bourdon e Brinks (1986) e Evans et al. (1999), avaliando o perímetro escrotal mensurado aos 12 meses de idade, encontraram valores de  $h^2$  de  $0,49 \pm 0,06$  e  $0,71 \pm 0,13$ , respectivamente. Oliveira et al. (2004), descreve valores de  $h^2$  na faixa de  $0,45 \pm 0,35$  para perímetro escrotal aos 14 meses em novilhos Hereford. Bourdon e Brinks (1986), descrevem  $r_G$  positivas de 0,20 do perímetro escrotal mensurado aos 12 meses de idade com o peso a desmama. Davis et al. (1993), em ampla revisão sobre PES das raças Brahman, Brangus e Braford criadas no norte da Austrália relata valores de  $h^2$  de 0,31.

Em extensa revisão, Koots et al. (1994a), relataram valores de  $h^2$  para PES na faixa de 0,45. Em animais cruzados Angus  $\times$  Nelore, Everling et al. (2001), encontrou valores de 0,21 para  $h^2$  do PES, apresentando  $r_G$  positiva com peso à desmama na faixa de 0,16.

Valores de  $h^2$  de  $0,42 \pm 0,04$  para PES na raça Nelore foram encontrados por Yokoo et al. (2007) e Dias et al. (2003), identificando os efeitos de idade linear e quadrático ao sobreano e de peso como influentes sobre a variabilidade genética de PES.

Van Melis et al. (2007) correlacionaram PE mensurado aos 18 meses de idade (PES) com probabilidade de prenhez aos 14 meses (PP14) e habilidade de permanência no rebanho (STAY) em rebanho Nelore. As correlações genéticas encontradas entre PES com PP14 e STAY foram de 0,29 e 0,19, respectivamente, o que sugere que nem todas as filhas de touros com maior perímetro aos 18 meses serão mais precoces sexualmente ou férteis e longevas.

Resultado semelhante para correlação entre PES e PP14 (0,20) foi registrado por Eler et al. (2004), já Silva et al. (2006) registraram valor inferiores de correlação genética para PES e STAY (0,07), para a raça Nelore. Esses resultados indicam que respostas à seleção para PP14 e STAY baseadas no PES seriam muito mais lentas do que se acreditava anteriormente para a raça Nelore.

## 2.8. Primeira repetição de cria

A novilha de primeira apresenta muitos fatores trabalhando contra ela, do ponto de vista da repetição de cria, ela não está madura, precisa encontrar energia suficiente para o crescimento, a manutenção e a lactação ao mesmo tempo. Além disso, muitas vezes ela é desafiada a fazer essas coisas em uma época do ano que apresenta forragem de baixa qualidade. (Rovira, 1996).

A repetição de primeira cria pode ser definida como uma característica limiar, assumindo que 1 (falha) ou 2 (sucesso), o sucesso atribuído a fêmeas primíparas que têm duas parições confirmadas consecutivas, e falha, as primíparas que não tenham apresentado uma segunda parição. (Boligon, et al., 2012; Guarini et al., 2014).

Para Gottschall et al. (2008), a idade ao acasalamento influencia a reconcepção e as perdas reprodutivas em vacas e novilhas de corte. Embora novilhas acasaladas mais precocemente apresentem maiores perdas reprodutivas e menor taxa de parição, atendidas as

necessidades nutricionais, o acasalamento mais precoce de novilhas poderá ser compensado pela maior taxa de repetição desta categoria.

Na raça nelore, Boligon, et al. (2012), encontrou herdabilidade moderada de  $0,18 \pm 0,02$  para repetição de primeira cria e uma correlação genética baixa, porém favorável, com o escore visual de precocidade, Guarini, et al. (2014), encontrou altas correlações positivas associadas a habilidade de permanência no rebanho e número de crias aos 53 meses, e uma herdabilidade de  $0,14 \pm 0,02$  para repetição de primeira cria.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Fonte de dados**

As análises consideraram o registro de desempenho de 71.003 animais, nascidos a partir do ano de 2005, das raças Hereford e Braford, oriundos de 58 rebanhos participantes do programa de avaliação genética PampaPlus, distribuídos pelos estados do Rio Grande do Sul (52), Santa Catarina (2), Paraná (1), Goiás (1), Mato Grosso do Sul (1) e Minas Gerais (1); e República Oriental do Uruguai (1) no departamento de Cerro Largo.

Os animais participantes do trabalho são provenientes de métodos de acasalamento de Monta Natural (MN) ou Inseminação Artificial (IA), sendo retirados produtos de transferência de embriões (TE) e/ou fertilização *in vitro* (FIV), englobados em estações de parição, que relacionam o ano de nascimento do terneiro com a época do ano, sendo, vacas paridas entre os meses abril e julho como época 1, paridas entre os meses agosto e novembro como época 2 e entre os meses dezembro e março como época 3, e considerando vacas com idades ao parto superiores a 630 dias e inferiores a 5.760 dias.

#### **3.2. Características analisadas**

Foram analisadas as características de retenção de novilhas (RET), idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 14 meses de idade (IPP14), idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 24 meses de idade (IPP), primeiro intervalo entre partos (1ºIEP), primeira repetição de cria (1ºREP), intervalo entre partos (IEP), número de cria aos 60 meses (NC60), habilidade de permanência no rebanho (STAY), produtividade acumulada

(PAC) e perímetro escrotal ao sobreano (PES), sendo descritas detalhadamente mais abaixo nesta seção.

A RET foi considerada como uma característica binária, onde todas as novilhas que tinham informação de peso ao desmame e no mínimo 3 anos de idade foram consideradas no rebanho como possíveis matrizes (pois existe comercialização de terneiras e posteriormente de novilhas). Assim, fêmeas, com no mínimo uma progênie, foram colocadas como categoria 1, caso contrário (sem registro de parição) como categoria 0.

Para o estudo inicial da idade ao primeiro parto, foram utilizados os limites mínimos e máximos de 630 e 1605 dias de idade, o que num primeiro momento contabilizou 25.245 animais com essa característica, porém demonstrando três intervalos bem marcados de parição, fêmeas parindo a primeira vez aos 2, 3 e 4 anos, conforme a figura 3.2.1, dessa forma, a abordagem adotada foi separar essa característica em dois critérios distintos, IPP14 e IPP.

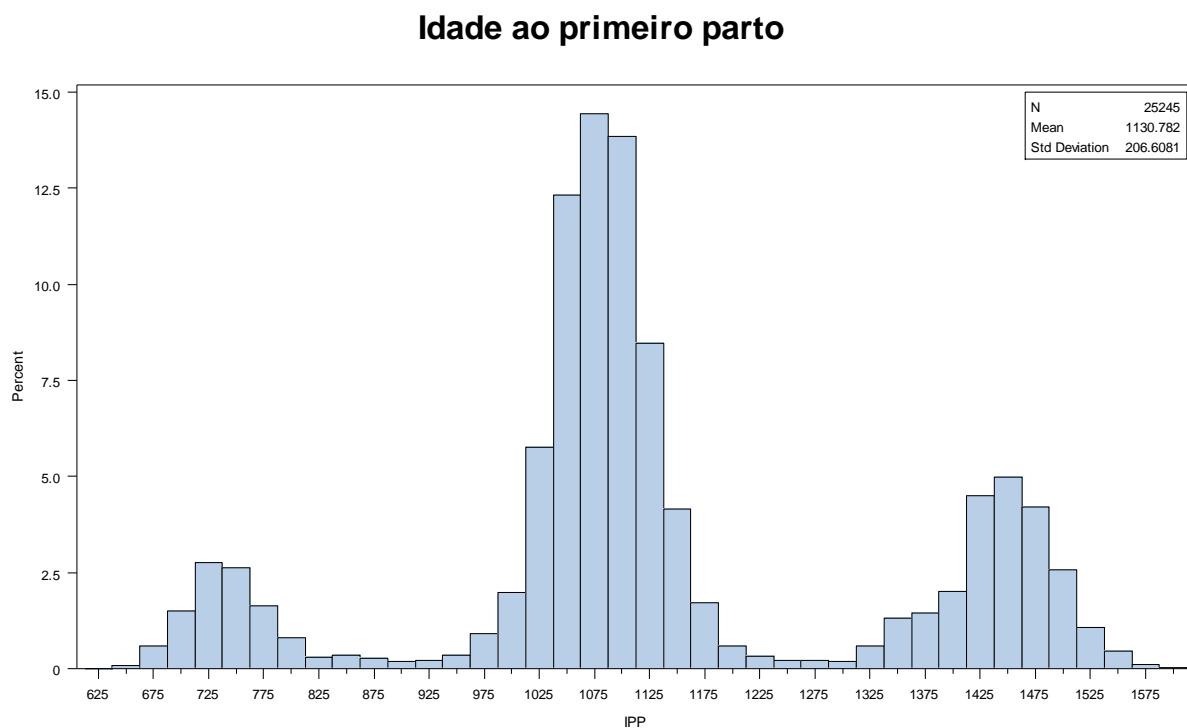


Figura 3.2.1. Distribuição inicial da idade ao primeiro parto

Na obtenção da IPP14, foram consideradas parições de fêmeas com um limite mínimo de 630 dias de idade, levando em consideração um período de gestação mínimo de 270 dias, incluindo novilhas que emprenharam a partir dos 12 meses de idade, e um limite máximo de 900 dias (parindo até 30 meses), englobando novilhas que tenham emprenhado até os 21 meses de idade, totalizando 2.499 novilhas com informação de IPP14. (Figura 3.2.2).

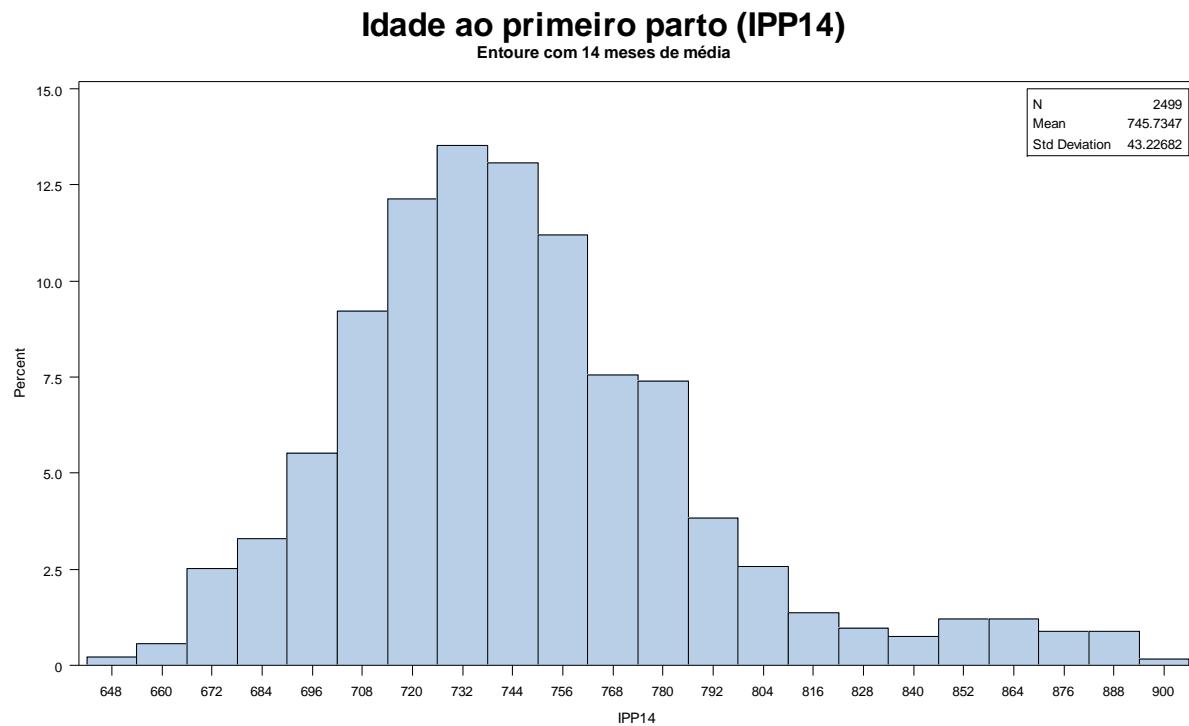


Figura 3.2.2. Distribuição *a priori* da idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 14 meses de idade (IPP14).

Na obtenção da IPP, foram consideradas parições de fêmeas com um limite mínimo de 901 dias de idade, levando em consideração um período de gestação mínimo de 270 dias, incluindo novilhas que emprenharam a partir dos 21 meses de idade, e um limite máximo de 1605 dias (parindo até 53,5 meses), englobando fêmeas que tenham emprenhado até os 44,5 meses de idade, totalizando 21.923 vacas com informação de IPP. (Figura 3.2.3).

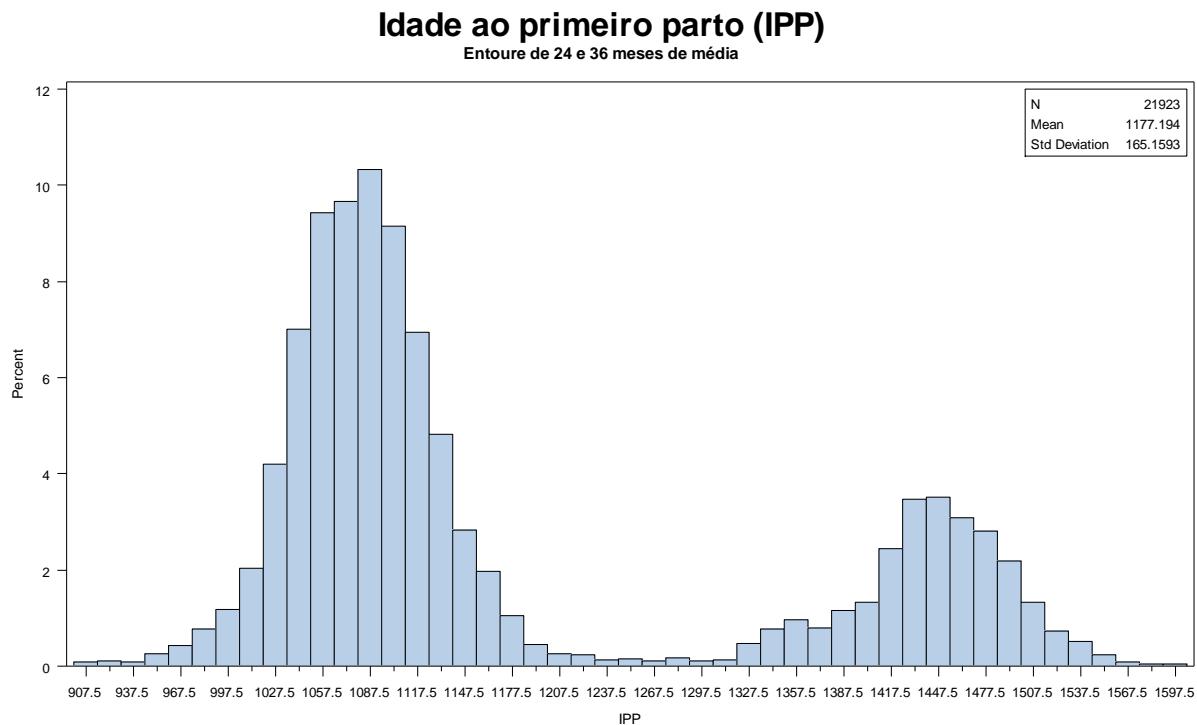


Figura 3.2.3. Distribuição *a priori* da idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 24 meses de idade (IPP).

Inicialmente na obtenção dos intervalos entre partos, incluíram-se vacas que tinham no mínimo dois partos, identificando fêmeas que contabilizaram até 9 partos no ano de 2017, expresso na tabela 3.2.1, levando em consideração um período de gestação mínimo de 270 dias e um puerpério mínimo de 25 dias, os limites mínimos e máximos para este critério foram de 295 e 1.195 dias, respectivamente, não permitindo intervalos superiores a 39 meses.

A análise da distribuição desse critério constatou que havia diferença entre a média do primeiro intervalo entre partos com a média dos demais intervalo que foram de 499,20 e 472,32 dias, respectivamente, conferindo uma diferença 26,88 dias. (Figuras 3.2.4 e 3.2.5).

Tabela 3.2.1. Classificação das matrizes quanto ao número de partos acumulados durante a vida reprodutiva.

Número de partos	Número de vacas
1	30.565
2	16.142
3	8.796
4	4.478
5	2.129
6	927
7	315
8	116
9	24

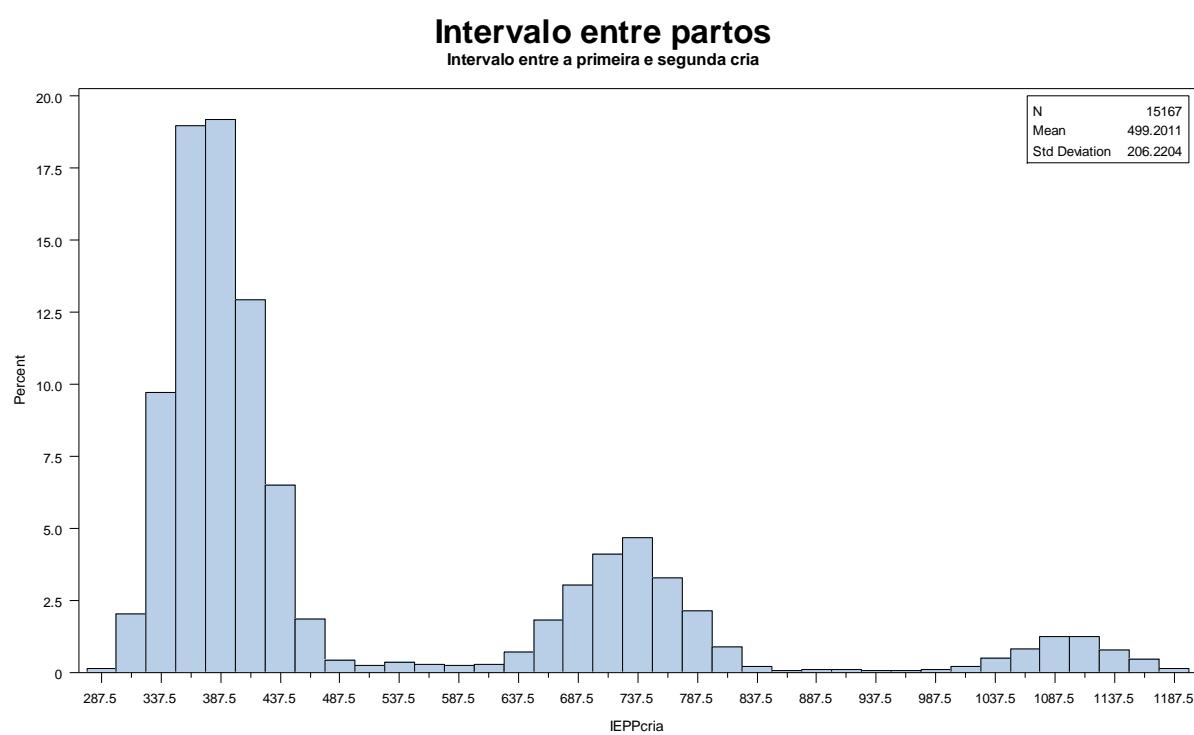


Figura 3.2.4. Distribuição inicial do Intervalo entre primeira e segunda cria.

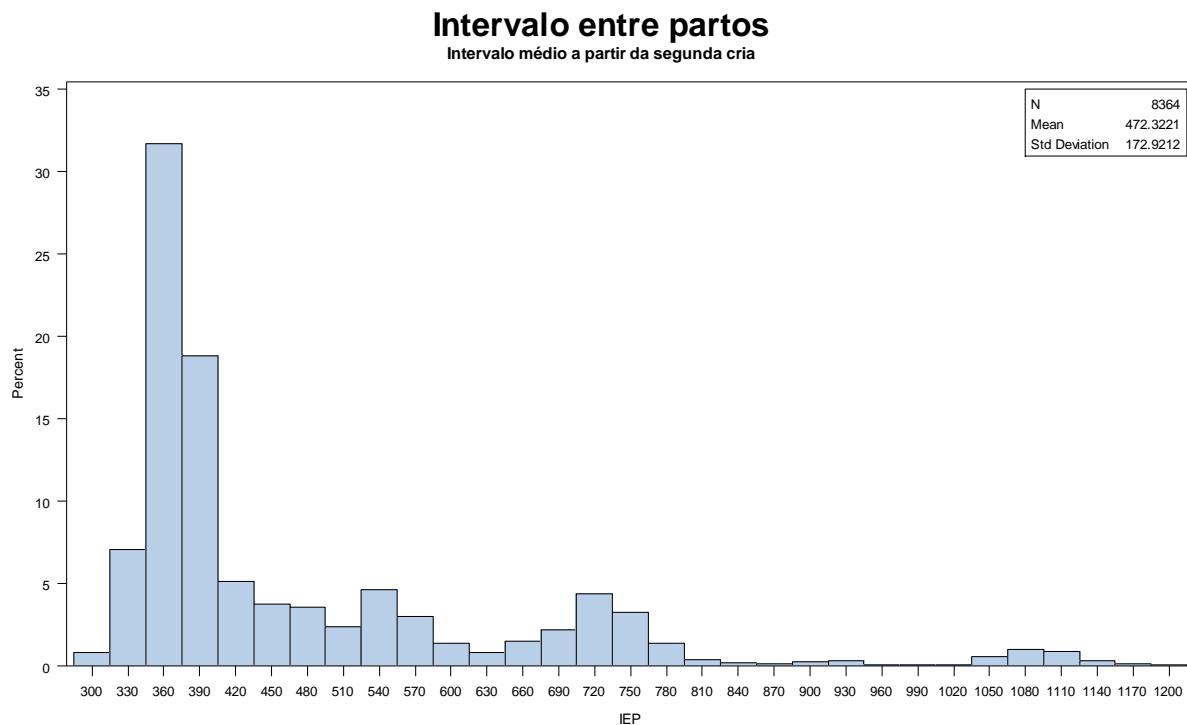


Figura 3.2.5. Distribuição inicial do Intervalo entre partos a partir da segunda cria.

Mediante estas diferenças foram considerados como dois critérios distintos, o primeiro intervalo entre partos (1ºIEP) e o intervalo entre partos (IEP), ambos com limites inferiores e superiores de 295 e 860 dias, respectivamente, porém para IEP foram considerados todos os intervalos como medidas repetidas de cada vaca, o que será explicado na explanação dos modelos utilizados.

O critério 1ºREP foi formulado baseando-se no estudo inicial dos intervalos entre parto, porém como 1ºIEP e o IEP não contemplam fêmeas sem intervalos, objetivou-se criar uma característica de limiar atribuindo escores a primeira repetição de cria, onde se enquadrariam fêmeas com no mínimo uma parição e por algum determinado motivo não apresentaram a segunda. Assim sendo, foram atribuídos escores em uma escala de 0 a 2, em que fêmeas que não repetiram cria receberam 0, fêmeas com intervalos de 1ºIEP entre 295 e 530 dias receberam escore 1 e fêmeas com intervalos de 1ºIEP entre 530 dias e 860 dias receberam escore 2, para a característica 1ºREP.

As novilhas foram consideradas presentes no rebanho com a idade de 18 meses e avaliadas até os cinco anos para a obtenção do NC60, assim sendo, somente as fêmeas que foram pesadas aos 18 meses e com no mínimo cinco anos compuseram a formação desta característica. Se a novilha pariu um terneiro antes de atingir a idade de cinco anos, foi atribuído escore 1, novilhas dois ou mais terneiros antes dos cinco anos de idade no escore 2, e se a novilha falhou ao registrar uma parição antes dos cinco anos de idade, foram consideradas como escore 0. Estas definições estão de acordo com a proposta original de RUST et al., 2009.

A STAY foi definida como uma característica binária (1 e 0), sendo utilizadas fêmeas com 6 anos de idade completos e que tiveram ao menos 1 parto registrado no banco de dados. Dessa forma, se o número de partos era inferior a 3 a STAY foi considerada como 0, caso o número de partos era igual ou superior 3 a STAY recebeu valor de 1.

A PAC foi definida como a quantidade em kg de terneiros desmamados por vaca e por unidade de tempo. Para obter a PAC utilizou-se o peso a desmama do terneiro (PD205), mensurado em um intervalo de 100 a 300 dias de idade dos terneiros (as), e somente vacas que registraram ao mínimo um parto entraram na análise. A seguinte equação foi utilizada para o

$$PAC_i = \frac{\left( \sum_{j=1}^n PD205_{ij} \right) \times 365}{IVP_n - 365}, \text{ onde: } PAC_i = \text{é a produtividade acumulada em}$$

cálculo da PAC:  $\sum_{j=1}^n PD205_{ij}$  = é a soma dos PD205 referente aos kg de terneiro desmamado da  $i$ ésima vaca;  $IVP_n$  = é a idade da  $i$ ésima vaca (em dias) na  $j$ ésimos terneiros desmamados pela  $i$ ésima vaca;  $365$  = no numerador corresponde a produção anual da  $i$ ésima vaca, já no denominador é referente a idade mínima idade a qual a  $i$ ésima vaca pode ser emprenhada. Na figura 3.2.6 está representada a distribuição da PAC, onde a média foi de  $95,98 \text{ kg} \pm 39,3$

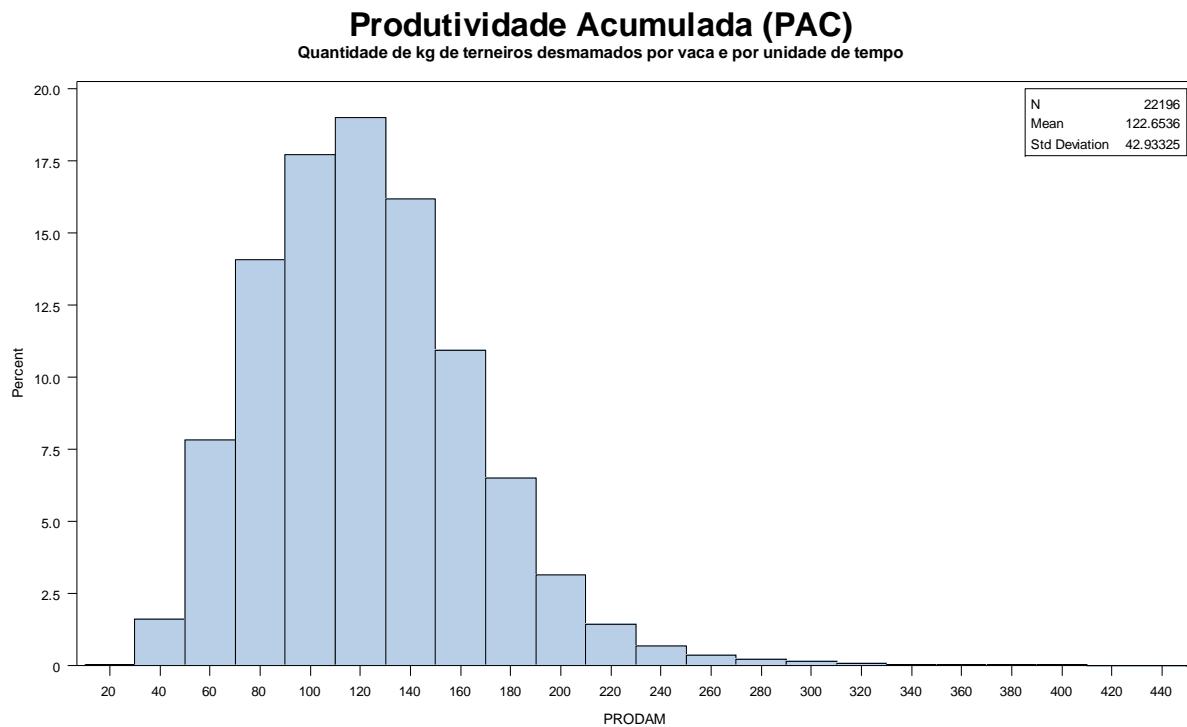


Figura 3.2.6. Distribuição *a priori* da produtividade acumulada (PAC).

O PES foi considerado em escala contínua, medida em centímetros, na época referente ao sobreano (18 meses de média de dos animais), mensurado dentro de um intervalo de idade de 330 a 670 dias de idade, por medidas feitas transversalmente na região de maior diâmetro do escroto. As medições foram feitas usando uma fita métrica escrotal específica.

A tabela 3.2.2 apresenta as estatísticas descritivas de todas as características deste estudo e a tabela 3.2.3 apresenta detalhadamente o número de animais vinculado a cada escore das características de limiar.

Tabela 3.2.2 – Estatísticas descritivas das características retenção de novilhas (RET), idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 14 meses de idade (IPP14), idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 24 meses de idade (IPP), primeiro intervalo entre partos (1ºIEP), primeira repetição de cria (1ºREP), intervalo entre partos (IEP), número de cria aos 60 meses (NC60), habilidade de permanência no rebanho (STAY), produtividade acumulada (PAC) e perímetro escrotal ao sobreano (PES), das raças Hereford e Braford.

Descr.	N	Média	DP	Min.	Max.	GCs	NGCs	NPais	TMR
RET	32.537	1,34	0,47	1,00	2,00	1.207	27	30.644	63.181
IPP14	2.499	745,73	43,23	644,00	898,00	130	19	3.759	6.258
IPP	21.923	1.177,20	165,16	902,00	1.602,00	751	29	18.229	40.152
1ºIEP	13.338	465,03	149,15	295,00	858,00	559	24	13.664	27.002
1ºREP	29.850	1,58	0,68	1,00	3,00	852	35	18.041	47.891
IEP	14.524	447,37	142,76	295,00	858,00	1.488	10	13.847	28.371
NC60	14.450	1,73	0,87	1,00	3,00	799	18	18.945	33.395
STAY	22.631	1,36	0,48	1,00	2,00	745	30	16.339	38.970
PAC	22.196	122,70	43,23	24,33	450,00	1.335	17	19.387	41.585
PES	9.680	32,86	3,51	21,00	47,00	1.125	9	19.650	29.330

N= número de total de animais com fenótipos, Média= valor da média aritmética, DP= desvio padrão associado ao valor da média, Min= valores mínimos descritos, Max= valores máximos descritos, GCs= números de grupos contemporâneos por característica, NGCs= média de animais por grupos contemporâneos, NPais= número animais sem fenótipos compondo o pedigree da característica, TMR= total de animais na matriz de parentesco formada para cada característica (5º gerações).

Tabela 3.2.3 – Número de observações e percentual para as características categóricas de retenção de novilhas (RET), primeira repetição de cria (1ºREP), número de crias aos 60 meses (NC60), habilidade de permanência no rebanho (STAY), das raças Hereford e Braford.

Car.	Escores	Frequência Absoluta	Frequência Relativa (%)
RET	0	21.597	66,38
	1	10.940	33,62
1ºREP	0	15.886	53,08
	1	10.801	36,09
	2	3.243	10,84
NC60	0	7.923	54,83
	1	2.519	17,43
	2	4.008	27,74
STAY	0	14.438	63,80
	1	8.193	36,20

### 3.3. Formação de grupos contemporâneos (GC) e efeitos dos modelos

O grupo de contemporâneos (GC), utilizado nas análises de IPP14, IPP, 1ºIEP, 1ºREP, IEP, NC60, STAY e PAC, foi montado concatenando as variáveis raça da vaca (Hereford ou Braford), composição racial (porcentagem de zebuíno no Braford: 3/8z, 1/4z, 1/2z, 3/4z, 5/8z, e 0 no Hereford), estação de parição e código do rebanho (número único do rebanho o qual a vaca pertence).

Para a característica RET seu GC foi formado por código do rebanho; ano de nascimento; sexo; raça; composição racial do animal; raça da mãe; composição racial da mãe; regime alimentar na desmama; grupo de manejo na desmama e data da pesagem ao desmame.

Após a formação dos GC, calculou-se a diferença de idade máxima entre os animais pertencentes do mesmo grupo, de maneira que, quando este intervalo superava 90 dias de idade, o GC era subdividido até que a diferença de idade nos novos GC não excedesse esse limite de 90 dias.

No GC do PES foram código do rebanho; ano de nascimento; sexo; raça; composição racial do animal; raça da mãe; composição racial da mãe; regime alimentar na desmama; grupo de manejo na desmama; data da pesagem ao desmame; regime alimentar ao sobreano; grupo de manejo ao sobreano e data da pesagem ao sobreano. GC com menos de 3 animais foram excluídos das análises, e nos critérios analisados sob um modelo linear, os indivíduos que se distanciaram 3,5 desvios padrão da média fenotípica do seu GC também foram retirados.

Para os critérios 1ºIEP, 1ºREP, IEP idade da vaca ao parto foi utilizada como efeito sistemático, classe de idade da vaca (9 classes), relativo a idade ao parto que influenciou o intervalo entre partos, ou seja, uma fêmea parindo pela terceira vez completa seu segundo intervalo de partos e teve considerada a idade ao segundo parto na análise.

O PES utilizou as classes da idade da vaca, num total de 9 classes, onde a classe 1 corresponde a vacas com 2 anos, e a classe 9 corresponde a vacas com 10 ou mais anos de idade; e os coeficientes lineares e quadráticos, associados a idade do animal na data da observação, como covariáveis. Para a PAC foi considerado o número de partos da vaca na última medida de peso ao desmame de sua progênie como efeito sistemático.

### **3.4. Análise dos dados**

Os componentes de (co) variâncias foram estimados através de análises uni e bi características, baseado em métodos de Monte Carlo via Cadeias de Markov (MCMC) através do software THRGIBBS1f90 (Tsuruta & Misztal, 2006), com valores *a priori* próprios pouco

informativos (*flat*). Do total de 2.000.000 ciclos realizados, 200.000 ciclos iniciais foram descartados (*burn-in*) e foram salvas amostras a cada 100 ciclos, totalizando 18.000 amostras por análise, calculando os parâmetros *a posteriori* (médias, desvios-padrão, intervalo de 95% de probabilidade, etc), utilizando o software POSTGIBBSf90 (MISZTAL et al., 2002) e SAS 9.3.

Dada a natureza categórica das características RET, 1°REP, NC60, STAY, não atendendo as propriedades da distribuição de *Gauss*, foram realizadas as análises por um modelo animal de limiar (*threshold*), sob um enfoque bayesiano, assumindo que estas características possuem uma continuidade subjacente limitada pelo limiar que as divide em escores, e que esta variação subjacente é contínua e com distribuição normal.

Conforme proposto por Gianola (1979), um modelo de limiar foi ajustado para 1°REP e NC60, assumindo-se que uma variável aleatória contínua subjacente  $g$  poderia representar a tendência para esses critérios, sendo que, 1°REP e NC60 foram definidos por registros classificados em três categorias ordenadas mutuamente, um conjunto de dois limiares ( $t1$  e  $t2$ ) corresponderam às descontinuidades na escala observada ( $y$ ), sob o pressuposto de que  $t0 = -\infty$  e  $t3 = +\infty$ , tal que: se  $g < t1$ ,  $y = 0$ ; se  $t1 < g < t2$ ,  $y = 1$ ; e se  $t2 < g < t3$ ,  $y = 2$ . Para RET e STAY, características binárias, apenas um limiar foi utilizado em razão de terem duas classes fenotípicas, sendo assim a dependência de  $g$  foi modelada como:

$$g = X\beta + Z_1a + e,$$

em que:

$g$  é o vetor com continuidade subjacente limitada pelo limiar para as características categóricas;

$\beta$  é o vetor de parâmetros dos efeitos sistemáticos, com matriz de incidência  $X$ ;

$a$  é o vetor de parâmetros dos efeitos genéticos aditivos diretos, com matriz de incidência

$Z_1$ ;

$e$  é o vetor do erro;

Assim, a probabilidade condicional que  $g$  esteja contida na categoria  $i$  ( $i = \{0, 1, \dots, n\}$ ), dado  $\beta$ ,  $\alpha$ , e  $t = (t_{\min}, t_1, t_{\max})$  é dado por:

$$\begin{aligned} \Pr(g_i = j | \beta, \alpha, t) &= \Pr(t_{j-1} < l_i < t_j | \beta, \alpha, t) \\ &= \Phi(t_j - x'_i \beta - z'_i \alpha - m'_i) - \Phi(t_j - x'_i \beta - z'_i \alpha - m'_i) \\ &= p(g_i | \beta, \alpha) \end{aligned}$$

A função de verossimilhança assumida pode ser definida por:

$$\begin{aligned} p(g | \beta, \alpha, t) &= \prod_{i=1}^n \sum_{j=1}^c I(g_i = j) p(g_i | \beta, \alpha, t) \\ &= \prod_{i=1}^n \sum_{j=1}^c I(g_i = j) [\Phi(t_j - x'_i \beta - z'_i \alpha - m'_i) \\ &\quad - \Phi(t_j - x'_i \beta - z'_i \alpha - m'_i)] \end{aligned}$$

em que,  $I(g_i = j)$  é uma função que assume o valor 1 se a resposta se enquadra na categoria  $j$  ou 0, caso contrário.

A distribuição *a priori* para os efeitos sistemáticos foi definida como

$$\beta | \beta_o, V_\beta \sim N(\beta_o, V_\beta) \quad V_\beta \rightarrow \infty;$$

E para efeitos genéticos aditivos direto:

$$f(\alpha) \sim N(0, \mathbf{A} \otimes \mathbf{G}),$$

em que,

$\mathbf{A}$  é a matriz dos numeradores dos coeficientes de parentesco de Wright;

$\mathbf{G}$  é a matriz de covariâncias genéticas.

A distribuição *a priori* para  $\mathbf{G}$  foi definida como qui-quadrada invertida para  $\sigma_a^2$  e  $\sigma_e^2$  (Gianola & Fernando, 1986).

As características em escala contínua IPP14, IPP, 1ºIEP, IEP, PAC e PES foram analisadas em uma modelo linear, descrito em notação matricial, pela seguinte equação:

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2pe + e,$$

em que,

$y$  é o vetor das observações;

$\beta$  é o vetor de parâmetros dos efeitos sistemáticos, com matriz de incidência  $X$ ;

$a$  é o vetor de parâmetros dos efeitos genéticos aditivos diretos, com matriz de incidência  $Z_1$ ;

$pe$  é o vetor de parâmetros dos efeitos de ambiente permanente direto, com matriz de incidência  $Z_2$ , utilizado somente nas análises com IEP;

$e$  é o vetor do erro;

Levando em consideração as definições para as análises bi características, todos os componentes da equação acima tem dois subconjuntos de elementos referentes as duas características incluídas na análise, por exemplo,  $y = [y_1 \ y_2]'$  onde  $y_1$  é subconjunto de dados da característica 1 e  $y_2$  é subconjunto de dados da característica 2,  $a = [a_1 \ a_2]'$  onde  $a_1$  é subconjunto de efeitos genéticos aditivos diretos da característica 1 e  $a_2$  é o subconjunto dos mesmos efeitos para a característica 2, e assim por diante, como todos os efeitos e matrizes.

Na representação hierárquica deste modelo sob o enfoque bayesiano, o primeiro estágio do modelo é a distribuição condicional dos dados ( $y$ ), representada pela seguinte distribuição normal multivariada:

$$y|\beta, a, pe \sim N(X\beta + Z_1a + Z_2pe, R),$$

em que,  $R = \begin{bmatrix} \sigma_{e1}^2 & \sigma_{e1e2} \\ \sigma_{e2e1} & \sigma_{e2}^2 \end{bmatrix} \otimes I$ ,  $R$  é a matriz de covariância residual, onde  $\sigma_{e1}^2$  ( $\sigma_{e2}^2$ ) é a variância residual para a característica 1 (2) e  $\sigma_{e1e2} = \sigma_{e2e1}$  é a covariância residual entre as características 1 e 2.

No 2º estágio, especificamos as *prioris* para os parâmetros definidos no primeiro estágio, isto é:

$$\beta | \beta_o, \mathbf{V}_\beta \sim N(\beta_o, \mathbf{V}_\beta),$$

em que,  $\beta_o$  é a média *a priori* baseada no conhecimento prévio sobre os parâmetros em  $\beta$  e  $\mathbf{V}_\beta$  é a variância dessas médias, que é proporcional a segurança que se tem no conhecimento prévio. No presente estudo foi assumido que  $\mathbf{V}_\beta \rightarrow \infty$ , de forma que toda a inferência foi derivada dos dados.

Para os efeitos genéticos, temos que:

$$[a] = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \sigma_{a1}^2 & \sigma_{a1a2} \\ \sigma_{a2a1} & \sigma_{a2}^2 \end{bmatrix} \otimes A\right)$$

Essa especificação conjunta para os efeitos genéticos aditivos diretos ( $a$ ) é dita estrutural, pois  $A$  é uma matriz de correlações, a matriz do numerador do parentesco, pela qual modelamos o processo mendeliano de herança aditiva com uma estrutura conhecida formada a partir do pedigree e variâncias  $\sigma_{ij}^2$  e  $\sigma_{ijij}^2$  covariâncias desconhecidas para efeitos genéticos aditivos ( $i=a$ ) das duas características ( $j=1,2$ ).

Para os efeitos de ambiente permanente direto, temos que:

$$[pe] = \begin{bmatrix} pe_1 \\ pe_2 \end{bmatrix} \sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \sigma_{pe1}^2 & \sigma_{pe1pe2} \\ \sigma_{pe1pe2} & \sigma_{pe2}^2 \end{bmatrix} \otimes I\right)$$

Essa especificação para os efeitos não genéticos de ambiente permanente materno ( $pe$ ) também é estrutural, em que  $I$  é uma matriz identidade, diagonal,  $\sigma_{pe1}^2$  ( $\sigma_{pe2}^2$ ) é a variância de ambiente permanente materno para a característica 1 (2) e  $\sigma_{pe1pe2} = \sigma_{pe2pe1}$  é a covariância de ambiente permanente materno entre as características 1 e 2.

Uma vez que os componentes de variância são desconhecidos, um terceiro estágio para especificar as distribuições *a priori*, neste caso Wishart invertidas ( $W^{-1}$ ), se faz necessário.

Para a matriz de componentes de variância residual ( $R_o$ ), temos:

$$R_o = \begin{bmatrix} \sigma_{e1}^2 & \sigma_{ele2} \\ \sigma_{e2e1} & \sigma_{e2}^2 \end{bmatrix} \sim W_2^{-1}(\mathbf{T}_e, \nu_e),$$

isto é, uma priori conjugada Wishart invertida para  $R_o$ , com  $\nu_e$  graus de liberdade (ou confiança) e matriz escalar  $\mathbf{T}_e$ , representando os valores prévios dos parâmetros em  $R_o$ .

Para a matriz de componentes de variância genéticos ( $G_o$ ), temos:

$$G_o = \begin{bmatrix} \sigma_{al}^2 & \sigma_{ala2} \\ \sigma_{a2al} & \sigma_{a2}^2 \end{bmatrix} \sim W_2^{-1}(\mathbf{T}_a, \nu_a)$$

isto é, uma priori conjugada Wishart invertida para  $G_o$ , com  $\nu_a$  graus de liberdade (ou confiança) e matriz escalar  $\mathbf{T}_a$ , representando os valores prévios dos parâmetros em  $G_o$ .

Para a matriz de componentes de variância de ambiente permanente da materno ( $P_o$ ), temos:

$$P_o = \begin{bmatrix} \sigma_{pe1}^2 & \sigma_{pe1pe2} \\ \sigma_{pe2pe1} & \sigma_{pe2}^2 \end{bmatrix} \sim W_2^{-1}(\mathbf{T}_{pe}, \nu_{pe})$$

isto é, uma priori conjugada Wishart invertida para  $P_o$ , com  $\nu_{pe}$  graus de liberdade (ou confiança) e matriz escalar  $\mathbf{T}_{pe}$ , representando os valores prévios dos parâmetros em  $P_o$ .

Para testar a convergência das cadeias, foram adotados os procedimentos descritos em Cardoso (2008), gerando gráficos de traço para todos os componentes de covariâncias versus o ciclo, verificando o cruzamento da cadeia sobre a linha da média por mais de duas vezes no período de *burn-in*, sendo observado que após esse período as amostras variaram sobre a linha da média, sem tendência observável da cadeia, juntamente com correlações de Pearson entre as amostras dos diferentes componentes de covariâncias e as auto correlação referentes aos diferentes atrasos, 1, 10 e 100 entre amostras de um mesmo componente de (co) variância, averiguando a ausência de interdependência nas amostras da distribuição *a posteriori*.

As herdabilidades ( $h^2$ ) e as correlações genéticas ( $r_G$ ) para as características foram obtidas a partir das distribuições *a posteriori* das (co) variâncias calculadas a cada ciclo de *Gibbs*.

Foram calculadas as tendências genéticas das características formuladas neste estudo utilizando a distribuição marginal das médias *a posteriori* das soluções para os valores genéticos (VGs), por ano de nascimento dos animais através de regressão linear,

$$y_i = a + bx_i + e_i,$$

em que,

$y_i$  é a média das VGs dos animais nascidos no  $i$ ésimo ano;

$a$  é o intercepto;

$b$  é o coeficiente de regressão linear da média das VGs;

$x_i$  é o  $i$ ésimo ano de nascimento;

$e_i$  é o erro aleatório associado a regressão.

Resposta diretas e indiretas a seleção, assim como eficiência da seleção indireta nos critérios foram calculadas conforme Falconer & Mackay (1996), levando em consideração uma seleção de 10% dos machos mediante seu valor genético para cada característica representada pela intensidade de seleção ( $i$ ) de 1,76, e uma seleção nas fêmeas nas fêmeas de 50% com  $i = 0,80$ , valores estabelecidos em base do que se encontra tradicionalmente nos rebanhos, sendo:

$$\Delta G_x = i \times h \times \sigma_a,$$

Em que,

$\Delta G_x$  é o ganho genético direto na característica  $x$ ;

$h$  é a acurácia de seleção dada pela raiz quadrada da característica em análise;

$\sigma_a$  é o desvio padrão genético aditivo, dado pela raiz quadrada da média *a posteriori* da densidade marginal da variância genética aditiva de cada característica.

A resposta correlacionada dada por:

$$RC_y = b(a)_{yx} \times \Delta G_x,$$

Em que,

$RC_y$  é a resposta correlacionada indireta na característica  $y$  via seleção direta na característica  $x$ .

$b(a)_{yx}$  é a regressão dos valores genéticos entre as características  $y$  e  $x$ , dada por:

$$b(a)_{yx} = r_a \times \frac{\sigma_{ay}}{\sigma_{ax}}, \text{ em que:}$$

$r_a$  é a média  $a$  *posteriori* da densidade marginal da correlação genética entre as características  $y$  e  $x$ .

$\sigma_{ay}$  e  $\sigma_{ax}$  são os desvios padrão genético aditivo, dado pela raiz quadrada da média  $a$  *posteriori* da densidade marginal da variância genética aditiva de cada característica ( $y$  e  $x$ ).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho apresenta novos critérios de seleção, mensurados nas fêmeas, formatados através da mineração de dados de registro e desempenho dos animais já presentes no banco de dados PampaPlusNet (Alves et al., 2013).

A análise de convergência das cadeias de *Gibbs* foram baseadas nos procedimentos descritos em Geyer (1992), utilizando uma cadeia longa de 2.000.000 com 10% de *burn-in*, foram gerados gráficos de traço para todos os componentes de covariância estimados, que demonstraram que os 200.000 ciclos de *burn-in* foram suficientes para o aquecimento da cadeia de *Gibbs* como período para atingir a convergência para a distribuição de equilíbrio.

Após este passo foram calculadas correlações de Pearson entre as amostras dos diferentes componentes de covariâncias e as auto correlação referentes aos diferentes atrasos, 1, 10 e 100, apresentadas na tabela 4.1, entre amostras de um mesmo componente de (co) variância, onde as auto correlações de atraso 100 para todos os componentes de covariância apresentaram-se ao redor de zero (entre -0,04 e 0,11), demonstrando já não haver mais interdependência nas amostras. Os tamanhos efetivos de amostra variaram entre 161 e 18.000, e os critérios de Geweke apresentaram valores ao redor de 0. Os componentes de covariância estimados apresentando baixos erros de Monte Carlo, com exceção do primeiro intervalo entre partos (1ºIEP), porém com todos os outros critérios apresentando convergência em suas análises.

Tabela – 4.1. Erro de Monte Carlo (MCE), tamanho efetivo de amostra (ESZ), critério de convergência de Geweke (Geweke) e Auto correlações de atraso (1, 10, 100) para os componentes de covariância( $\sigma^2$ ) das características reprodutivas das raças Hereford e Braford estimados via inferência bayesiana.

Car.	$\sigma^2$	MCE	ESZ	Geweke	Auto correlações de atraso		
					1	10	100
RET	$\sigma^2_a$	0,00	481,40	0,03	0,95	0,61	0,00
	$\sigma^2_e$	0,00	17.921,00	-0,01	0,00	0,01	0,00
IPP14	$\sigma^2_a$	1,01	1.494,30	0,00	0,83	0,02	-0,04
	$\sigma^2_e$	0,96	1.963,60	0,00	0,60	0,14	-0,03
IPP	$\sigma^2_a$	4,84	7.300,40	-0,03	0,42	0,00	0,00
	$\sigma^2_e$	4,02	8.288,30	0,02	0,34	-0,01	0,00
1°IEP	$\sigma^2_a$	23,68	188,00	0,04	0,97	0,76	0,11
	$\sigma^2_e$	22,73	250,80	-0,04	0,69	0,54	0,09
1°REP	$\sigma^2_a$	0,07	1.080,20	-0,03	0,88	0,29	-0,01
	$\sigma^2_e$	0,44	1.941,60	0,02	0,47	0,15	-0,01
IEP	$\sigma^2_a$	3,67	1.067,80	0,02	0,82	0,18	0,03
	$\sigma^2_e$	4,82	161,30	-0,03	0,98	0,81	0,10
NC60	$\sigma^2_a$	2,69	3.472,30	-0,01	0,31	0,06	0,01
	$\sigma^2_e$	0,01	198,40	-0,02	0,97	0,76	0,09
STAY	$\sigma^2_a$	0,01	1.135,10	0,00	0,15	0,11	0,03
	$\sigma^2_e$	0,00	1.999,40	-0,01	0,77	0,07	0,00
PAC	$\sigma^2_a$	0,00	18.000,00	0,00	0,00	-0,01	0,00
	$\sigma^2_e$	0,47	843,00	-0,04	0,91	0,40	-0,01

PES	$\sigma^2_a$	0,00	1.677,00	0,02	0,84	0,17	0,02
	$\sigma^2_e$	0,00	2.119,20	-0,03	0,64	0,13	0,01

$\sigma^2_a$  = variância genética aditiva direta;  $\sigma^2_{pe}$  = variância de ambiente permanente direto;  $\sigma^2_e$  = variância residual.

RET = retenção de novilhas; IPP14 = idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 14 meses de idade; IPP = idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 24 meses de idade; 1°IEP = primeiro intervalo entre partos; 1°REP = primeira repetição de cria; IEP = intervalo entre partos; NC60 = número de cria aos 60 meses; STAY = habilidade de permanência no rebanho; PAC = produtividade acumulada; PES = perímetro escrotal ao sobreano.

A análise das distribuições *a posteriori* geradas através da Amostragem de Gibbs, apresentadas na tabela 4.2, possibilitaram inferências sobre médias, modas, medianas e intervalos de probabilidade de 95% dos parâmetros de interesse no modelo, de acordo com as propriedades da inferência bayesiana relatadas por Gianola e Fernando (1986); Tempelman (1998); Blasco (2001); Cardoso e Tempelman (2004).

A formação da RET, baseado no trabalho de Rust et al. (2009), que utilizaram um modelo touro de limiar, encontraram valores de variância genéticas superiores a média *a posteriori* deste estudo, consequentemente a uma inferior distribuição *a posteriori* da  $h^2$  estimada da RET, (tabela 4.2), que apresentou uma média baixa, mas ainda assim com possibilidade de tornar-se um critério prático dada sua inclusão no PampaPlus, mediante sua facilidade de implementação e entendimento conceitual simples ao tentar identificar touros com valores genéticos favoráveis a ter um maior aproveitamento de suas filhas nos rebanhos dos criadores.

Há de se ressaltar que nem todas as novilhas tem a mesma chance de entrar em reprodução, algumas são descartadas por falhas de padrão racial, ou ainda outros defeitos desclassificatórios como aprumos, pigmentação ocular, tamanho de umbigo e conformação estrutural, além do descarte daquelas que foram incluídas na estação de monta e falharam.

Sendo assim, a RET, aparentemente teria relação com outros quesitos além dos reprodutivos na seleção, podendo estar contemplando uma união de fatores que motivam o criador a escolher entre uma novilha e outra para ficar em seu rebanho.

A RET permite que o criador efetivamente selecione touros, os quais, suas filhas têm maior probabilidade de serem selecionadas como novilhas reprodutoras. Eler et al. (2002) e Rust et al. (2009), recomendam que este critério seja somente utilizado na escolha de touros, quando se quer melhorar a precocidade sexual das novilhas, porque a precisão da previsão é maior para os touros, dependendo do número de filhas avaliadas.

A IPP14 apresentou variabilidade genética passível de seleção, (tabela 4.2), sendo uma característica de fácil mensuração (Notter, 1995). Segundo Lôbo et al. (1994) a idade tardia ao primeiro parto reflete negativamente na eficiência reprodutiva dos rebanhos, podendo ser usada como critério de descarte de fêmeas. Entre as principais vantagens em se emprenhar fêmeas cada vez mais jovens estão o menor tempo para retorno do investimento, aumento da vida reprodutiva da vaca e aumento do número de terneiros por ano (Short et al., 1994). Portanto, dependendo do sistema de produção, a IPP14 pode ser um critério de seleção interessante, porém, mesmo que as performances reprodutivas das futuras matrizes dependam da idade em que essas fêmeas parem pela primeira vez (Martin et al., 1992), de nada adianta emprenhar a fêmea cedo e a mesma falhar nos próximos anos, ou seja, a repetição de cria deve acompanhar a precocidade sexual. Neste sentido, um parto mais cedo na estação proporcionará mais tempo para a primípara reconceber dentro do período de acasalamento subsequente.

A média da distribuição *a posteriori* da herdabilidade para IPP14, (tabela 4.2), pode ser considerada moderada, sendo um pouco inferior a valores relatados em trabalhos desenvolvidos na raça Nelore (Pereira et al., 2002; Bolignon et al., 2007; Eler et al., 2014), similar a Bolignon & Albuquerque (2011) e superior a Buzanskas et al. (2010) na raça Canchim, mesmo esse último apresentando variância genética próxima aos demais. Grande influência de efeitos

ambientais nas diferenças entre os animais nesta característica, reduz a probabilidade de um ganho genético mediante a seleção direta para este critério. O limite superior do intervalo de probabilidade *a posteriori* (IPP95%) alcançou 0,22 de herdabilidade (tabela 4.2), indicando que um controle destes efeitos ambientais para que os animais expressarem mais acuradamente a sua diferença genética em relação à média do rebanho poderia possibilitar uma melhor identificação dos indivíduos com maior potencial genético para este critério.

A IPP foi a característica que apresentou a maior herdabilidade dentro todos os critérios estudados, 0,32, (Tabela 4.2), corroborando com os valores descritos por Koots et al. (1994); Mercadante et al. (1996); Gutiérrez et al. (2002); Faria (2003), e superiores aos estudos de Buzanskas et al. (2010); Schimidt et al. (2017) o que demonstra um interessante potencial para ser adotada como critério para seleção de precocidade sexual.

As características 1ºIEP e IEP, (tabela 4.2), tiverem valores de herdabilidade similares e baixos, neste estudo, inferiores a Gutiérrez et al. (2002), inicialmente divididos nesse estudo em 2 critérios mediante diferenças fenotípicas, porém nenhum deles se apresenta como um critério com grande potencial de implementação para seleção em programas de avaliação genética, além de que a medida de IEP, que inclui medidas repetidas, pode facilmente ser viesada, pois o valor genético de um touro será referente a média de IEP de suas filhas, não levando em consideração novilhas dão uma única cria e são descartadas ao falhar a repetição.

Tabela – 4.2. Médias *a posteriori*, desvio-padrão *a posteriori* (DP), mediana *a posteriori*, modas *a posteriori*, intervalo de 95% de probabilidade *a posteriori* (95% IPP) para os parâmetros genéticos ( $\sigma^2$ ,  $h^2$ ) das características reprodutivas nas raças Hereford e Braford estimados via inferência bayesiana.

Distribuição marginal <i>a posteriori</i>					
Característica	Parâmetro	Média $\pm$ DP	Moda	Mediana	IPP95%
	$\sigma^2_a$	0,11 $\pm$ 0,02	0,10	0,11	0,07 : 0,16
RET	$\sigma^2_e$	1,02 $\pm$ 0,01	1,02	1,02	0,99 : 1,04
	$h^2$	0,10 $\pm$ 0,02	0,09	0,10	0,06 : 0,14
	$\sigma^2_a$	100,66 $\pm$ 38,95	82,99	94,99	41,37 : 190,00
IPP14	$\sigma^2_e$	692,79 $\pm$ 42,34	703,76	695,60	602,00 : 768,00
	$h^2$	0,13 $\pm$ 0,05	0,11	0,12	0,05 : 0,24
	$\sigma^2_a$	6.483,54 $\pm$ 413,86	6.499,99	6.483,00	5.684,00 : 7.302,00
IPP	$\sigma^2_e$	14.016,98 $\pm$ 365,91	13.984,70	14.010,00	13.300,00 : 14.730,00
	$h^2$	0,32 $\pm$ 0,02	0,32	0,32	0,28 : 0,35
	$\sigma^2_a$	686,63 $\pm$ 324,69	445,06	645,00	180,00 : 1.414,00
1ºIEP	$\sigma^2_e$	14.829,97 $\pm$ 359,98	14.885,00	14.850,00	14.075,00 : 15.470,00
	$h^2$	0,04 $\pm$ 0,02	0,03	0,04	0,01 : 0,09
	$\sigma^2_a$	0,07 $\pm$ 0,01	0,07	0,07	0,05 : 0,09
1ºREP	$\sigma^2_e$	0,44 $\pm$ 0,01	0,44	0,44	0,41 : 0,46
	$h^2$	0,14 $\pm$ 0,02	0,13	0,14	0,10 : 0,18
	$\sigma^2_a$	725,04 $\pm$ 119,83	713,07	721,40	498,60 : 964,20
IEP	$\sigma^2_{pe}$	92,98 $\pm$ 61,21	50,26	77,68	22,12 : 254,00
	$\sigma^2_e$	13.704,04 $\pm$ 158,22	13.707,60	13.700,00	13.390,00 : 14.010,00
	$h^2$	0,05 $\pm$ 0,01	0,05	0,05	0,04 : 0,07

	$\sigma^2_a$	$0,36 \pm 0,09$	0,35	0,36	0,2 : 0,54
NC60	$\sigma^2_e$	$3,45 \pm 0,16$	3,44	3,44	3,14 : 3,76
	$h^2$	$0,10 \pm 0,02$	0,09	0,09	0,05 : 0,14
STAY	$\sigma^2_a$	$0,43 \pm 0,06$	0,43	0,43	0,33 : 0,55
	$\sigma^2_e$	$1,01 \pm 0,01$	1,01	1,01	0,99 : 1,04
PAC	$h^2$	$0,30 \pm 0,03$	0,30	0,30	0,25 : 0,35
	$\sigma^2_a$	$69,27 \pm 13,60$	67,46	68,71	43,93 : 97,86
PES	$\sigma^2_e$	$1.005,14 \pm 15,86$	1.005,01	1.005,00	973 : 1.035,00
	$h^2$	$0,06 \pm 0,01$	0,06	0,06	0,04 : 0,09
	$\sigma^2_a$	$1,03 \pm 0,17$	1,01	1,03	0,72 : 1,40
	$\sigma^2_e$	$4,43 \pm 0,16$	4,45	4,44	4,10 : 4,74
	$h^2$	$0,19 \pm 0,03$	0,19	0,19	0,13 : 0,25

$\sigma^2_a$  = variância genética aditiva direta;  $\sigma^2_{pe}$  = variância de ambiente permanente direto;  $\sigma^2_e$  = variância residual;  $h^2$  = herdabilidade.

RET = retenção de novilhas; IPP14 = idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 14 meses de idade; IPP = idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 24 meses de idade; 1°IEP = primeiro intervalo entre partos; 1°REP = primeira repetição de cria; IEP = intervalo entre partos; NC60 = número de cria aos 60 meses; STAY = habilidade de permanência no rebanho; PAC = produtividade acumulada; PES = perímetro escrotal ao sobreano.

No entanto a 1°REP, formulada através da distribuição *a priori* do 1°IEP, obteve uma herdabilidade quase 3 vezes superior aos intervalos entre parto, (tabela 4.2), ainda que moderada, corrobora com os resultados de Boligon et al. (2012) e Guarini et al. (2014), porém na faixa de critérios de desenvolvimento ponderal apresentados por Teixeira et al, (2018), e que hoje compõem o índice de seleção do PampaPlus, ou seja, passível de implementação direta em

programas de avaliação genética, além de contemplar a informação de fêmeas que falharam a repetição de cria.

O critério NC60 (tabela 4.2), tem semelhanças com a taxa de parição, conforme definido por Meyer et al. (1990); Rust & Groeneveld (2002) e Guarini et al. (2014), e apresentou uma baixa de baixa magnitude, inferior a Rust et al. (2009) e Guarini et al. (2014), indicando uma resposta lenta mediante a seleção, mesmo a NC60 refletindo a fertilidade das filhas de um touro, pois discrimina até uma determinada idade o número de terneiros paridos, possibilitando identificar diferenças genéticas entre touros através de sua prole, (Rust et al., 2009), os valores fenotípicos não são bons critérios de seleção para esta característica, necessitando, para incrementar seu ganho genético, a utilização de DEPs em índices compostos com outros critérios que possuam resposta correlacionada com NC60 .

A STAY, que apresentou alta variância genética, (tabela 4.2), após o PES deve ser o critério com o conceito mais difundido entre os produtores, porém com uma certa variabilidade na forma como é construída nos diferentes trabalhos que vem estudando a característica, ora sendo tratada como binária, ora em uma maior escala de escores, além da prerrogativa inicial se a fêmea pode falhar uma cria, ou não pode falhar nenhuma cria até uma idade específica (Hudson & Vleck, 1981; Silva et al., 2003; Marcondes et al., 2005; Silva et al., 2006; Van Melis et al., 2007; Nieto et al., 2007). Essas alternativas foram propostas baseadas na análise do tipo de sistema de criação que os animais são criados. É evidente que sistemas pastoris mais extensivos por uma questão alimentar, principalmente durante o inverno, podem mascarar o potencial genético de uma matriz pela falta das mínimas condições ambientais para sua manutenção (Rovira, 1973; Rovira, 1996).

A STAY foi a característica deste estudo que apresentou o segundo maior valor de herdabilidade e no presente trabalho, sendo maior que o encontrado em outros estudos em diversas raças (Snelling et al., 1995; Nieto et al., 2007; Buzanskas et al., 2010; Santana et al.,

2011; Eler et al., 2014; Guarini et al., 2014; Schimidt et al., 2017). Isto indica bom potencial de uso na seleção de animais mais rentáveis aos sistemas de produção. Formigoni et al., (2005) descreveram valores econômicos negativos para STAY indicando que o valor de descarte da vaca supera o custo de compra da novilha, ou seja, quanto maior for o valor gasto na reposição de novilhas maior será a importância econômica da STAY.

A seleção baseada em previsões de valor genético para STAY (DEPs) representa uma oportunidade para diminuir os custos e aumentar o lucro líquido. Para o rebanho comercial com o objetivo principal de produzir um terneiro vivo e saudável a cada ano, nenhum fator desempenha um papel mais importante do que a aptidão reprodutiva de vacas no rebanho, pois a reposição, recria das novilhas, requer um grande investimento de tempo e recursos.

Do ponto de vista do entendimento prático por parte do produtor, a PAC, em razão de relacionar a quantidade de kg de terneiro desmamados por cada vaca em sua vida reprodutiva, tende a ser um dos critérios com maior aceitação e compreensão por parte dos produtores, porém, (tabela 4.2), apresenta baixas herdabilidades, inferiores a Rosa (1999); Shwengber et al. (2001); Dias (2002); Schmidt et al. (2017), demonstrando que, apesar desta possível compreensão visual por parte dos usuários dos programas de avaliação genética, não é um critério de seleção que possa causar grande impacto na melhoria reprodutiva dos rebanhos.

O PES (tabela 4.2), que apresentou uma  $h^2$  moderada, similar com Everling et al. (2001) em animais cruzados Angus × Nelore, porém inferior aos resultados de Bourdon e Brinks (1986); Evans et al. (1999) e Oliveira et al. (2004) na raça Hereford; Vargas et al. (1998) na raça Brahman; Davis et al. (1993), nas raças Brahman, Brangus e Braford; Dias et al. (2003); Yokoo et al. (2007) e Guarini et al. (2014) na raça Nelore; e ainda um pouco menor que o relatado por Teixeira et al. (2018) também estudada em animais Hereford e Braford participantes do PampaPlus, porém com quase 8.000 informações fenotípicas a menos, dando

a entender que pode haver um grande número de efeitos não genéticos que não estão sendo captados pela análise como inconsistências relacionadas a coleta ou digitação dos dados.

A tabela 4.3 apresenta as correlações genéticas entre todas as características avaliadas neste estudo.

Não foi encontrada associação genética da IPP com STAY, (tabela 4.3), o que difere de Buzanskas et al. (2010), na raça Canchim, e Eler et al. (2014), na raça Nelore, que encontraram associação negativa moderada-alta entre estes critérios, entretanto corrobora com Schmidt et al. (2017), na raça Nelore, que também apresentou um intervalo de probabilidade *a posteriori* composto por números negativos e positivos, demonstrando ausência de correlação genética. Nas raças Hereford e Braford a seleção favorecendo fêmeas sexualmente precoces através dos valores genéticos de IPP não resultará em melhoria de STAY.

A ausência de correlação genética entre NC60 e STAY difere de Guarini et al. (2014), que encontraram alta correlação genética entre STAY e número de crias por vaca. (tabela 4.3). Num primeiro momento estes dois critérios podem parecer parecidos, e obviamente dependerá da forma como foram estipulados, Guarini et al. (2014) trabalhou com um intervalo de 53 meses e uma categorização em 4 escores, enquanto que nesse trabalho foram consideradas fêmeas que foram pesadas ao sobreano, avaliadas até os 60 meses e numa escala de 3 escores, enquanto que para participar da STAY a vaca deveria ter tido ao menos uma cria antes dos seis anos de idade. Normalmente os criadores fazem o maior descarte na desmama de animais machos, ou simplesmente castram os refugados e depois os avaliam como bois, já as fêmeas são levadas, na maioria, até a avaliação de sobreano, (Cardoso & Lopa, 2013), porém, não necessariamente todas são expostas a reprodução, muitas excedentes são comercializadas como solteiras e até como novilhas prenhas em remates de produção, acabando indo para rebanhos que muitas vezes não fazem avaliação genética e consequentemente perdendo a informação de sucesso ou não de

sua vida reprodutiva, e no entanto, mesmo tendo vir a parir em outro estabelecimento, para o escore do critério, ela fica na categoria das que não pariram.

Correlação de alta magnitude foi encontrada para os critérios de NC60 e 1ºREP, (tabela 4.3), similares a Guarini et al. (2014), de maneira que o NC60 tende a representar de forma indireta um intervalo satisfatório entre partos até os cinco anos, pois uma fêmea entourada com 24 meses, parindo a primeira vez aos 3 anos, caso repita cria na estação de monta subsequente teria aos 5 anos contribuído com dois terneiros para o sistema e consequentemente valores fenotípicos máximos para estes dois critérios. Essa associação favorável indica também que fêmeas que tendem a repetir cria em seu momento mais crítico de desenvolvimento corporal, aleitar um terneiro, manter-se, adquirir condição corporal e ciclar, Rovira (1996), são mais adaptadas, possuem genes mais favoráveis, a manter-se produzindo no rebanho.

Tabela 4.3 – Médias *a posteriori* para correlações genéticas ( $r_G$ ), acima da diagonal e intervalo de 95% de probabilidade a posteriori (95% IPP), abaixo diagonal, das características reprodutivas das raças Hereford e Braford estimadas via inferência bayesiana.

	RET	IPP14	IPP	1ºIEP	1ºREP	IEP	NC60	STAY	PAC	PES
RET	--	0,065	-0,46	0,45	0,46	0,89	0,89	0,05	0,36	0,21
IPP14	-0,37 : 0,49	--	0,11	-0,18	0,24	-0,46	-0,46	-0,29	0,23	-0,14
IPP	-0,63 : -0,26	-0,36 : 0,57	--	-0,95	-0,58	-0,78	-0,74	-0,09	-0,84	0,12
1ºIEP	0,08 : 0,71	-0,78 : 0,57	-0,97 : -0,79	--	0,97	0,99	0,71	-0,45	0,08	-0,31
1ºREP	0,29 : 0,61	-0,18 : 0,59	-0,70 : -0,43	0,95 : 0,98	--	0,95	0,79	0,53	0,00	-0,07
IEP	0,77 : 0,96	-0,81 : 0,15	-0,86 : -0,69	0,99 : 1,00	0,93 : 0,96	--	0,76	-0,70	-0,50	-0,09
NC60	0,82 : 0,94	-0,63 : -0,26	-0,89 : 0,51	0,31 : 0,91	0,68 : 0,85	0,51 : 0,91	--	0,16	0,07	-0,09
STAY	-0,17 : 0,26	-0,61 : 0,09	-0,23 : 0,06	-0,72 : -0,17	0,37 : 0,66	-0,82 : -0,55	-0,21 : 0,50	--	0,53	0,09
PAC	0,12 : 0,57	-0,18 : 0,60	-0,91 : -0,76	-0,36 : 0,50	-0,24 : 0,24	-0,76 : -0,16	-0,31 : 0,45	0,37 : 0,68	--	0,49
PES	-0,11 : 0,47	-0,56 : 0,35	-0,90 : 0,33	-0,68 : 0,12	-0,33 : 0,20	-0,62 : 0,49	-0,59 : 0,42	-0,13 : 0,30	0,24 : 0,69	--

RET = retenção de novilhas; IPP14 = idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 14 meses de idade; IPP = idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 24 meses de idade; 1ºIEP = primeiro intervalo entre partos; 1ºREP = primeira repetição de cria; IEP = intervalo entre partos; NC60 = número de cria aos 60 meses; STAY = habilidade de permanência no rebanho; PAC = produtividade acumulada; PES = perímetro escrotal ao sobreano.

A correlação favorável de alta magnitude entre STAY e 1ºREP, concorda com os estudos de Guarini et al. (2014) e Van Mellis et al. (2014), e demonstra que fêmeas com maior potencial para repetir a primeira cria tem genes favoráveis a manter-se férteis por um longo período no rebanho.

Do ponto de vista fisiológico, um dos principais problemas de diferenças na repetição de cria entre novilhas e vacas, é que as vacas precisam de 40-60 dias para se recuperar do parto e para superar o equilíbrio energético negativo resultante. Uma vez feito isso, uma vaca retornará a atividade estral regular e estará pronta para o cio, mas novilhas de 2 e 3 anos podem exigir entre 70 e 90 dias.

A 1ºREP também apresentou correlações positivas com a RET, na faixa de 0,46, assim sendo a união destes três critérios soma-se a necessidade real dos pecuaristas de selecionarem fêmeas que tem condições de emprenharem, repetir a cria e manter-se no rebanho produzindo terneiros. Seguindo essa lógica também foi identificada alta correlação genética entre 1ºREP e a NC60, auxiliando na formação da ideia de que novilhas que repetem a primeira cria são realmente mais férteis, e mantém essa diferenciação reprodutiva ao longo de sua vida produtiva nos rodeios, sendo assim, também foi identificada correlação positiva entre PAC e RET. (Tabela 4.3)

A PAC apresentou alta correlação genética negativa com IPP, o que nos reporta ao entendimento de que, quanto mais cedo a novilha inicia sua vida reprodutiva, maior a chance de acumular kg de terneiros produzidos. Correlação favorável entre PAC e PES também foram encontradas, sendo a única característica que teve essa relação somado ao estudo de Teixeira et al. (2018) que relata correlações genéticas positivas entre PES, peso a desmama e peso ao sobreano, leva crer que esta relação é muito mais ponderal do que reprodutiva, visto que é formada justamente utilizando os dados de pesagens ao desmame.

A ausência de correlação genética do PES com as características reprodutivas nas fêmeas corrobora com os achados de Evans et al. (1999), Doyle et al. (2000), Pereira et al. (2002), Rochetti et al. (2007) e Boligon et al. (2007), demonstrando não haver relação genética dado que na Tabela 4.3 todos os IPP95% incluem o valor zero.

Este resultado diverge de alguns trabalhos , Pereira et al. (2000); Eler et al. (2004); Castro-Pereira et al. (2007); Van Melis et al. (2007), mas é de se analisar que, na sua maioria, os estudos que encontraram valores de correlação genética entre o perímetro escrotal e alguma característica reprodutiva das vacas, estes perímetros foram medidos aos 14 ou 12 meses, diferente do presente estudo, e correlacionados com caracteres das fêmeas mensurados na mesma idade, levando a crer que em idades mais jovens, com menor efeito correlacionado com o potencial de ganho de peso (Teixeira et al., 2018), o crescimento das gônadas masculina e feminina se equivalem, mas não teriam uma relação linear, ou que ainda o simples controle de tamanhos mínimos de PES já poderiam causar algum tipo de efeito na população, pensando-se em fertilidade do macho.

A tendência genética calculada para RET, figura 4.1, apresenta uma elevação positiva significativa no valor genético dos animais, demonstrando que apesar de ainda não ser utilizada como um critério de seleção direta, as decisões dos produtores na seleção dos animais via outros critérios está causando impacto na RET.

Na figura 4.2 a tendência genética para IPP14 apesar da significância do aumento do valor genético dos animais, identifica um coeficiente linear de 0,02 dias, ou seja, um incremento anual muito pequeno, consequentemente o baixo ajuste ( $R = 0,247$ ) com a linha de regressão linear demonstra uma grande variação anual, ora positiva, ora negativa.

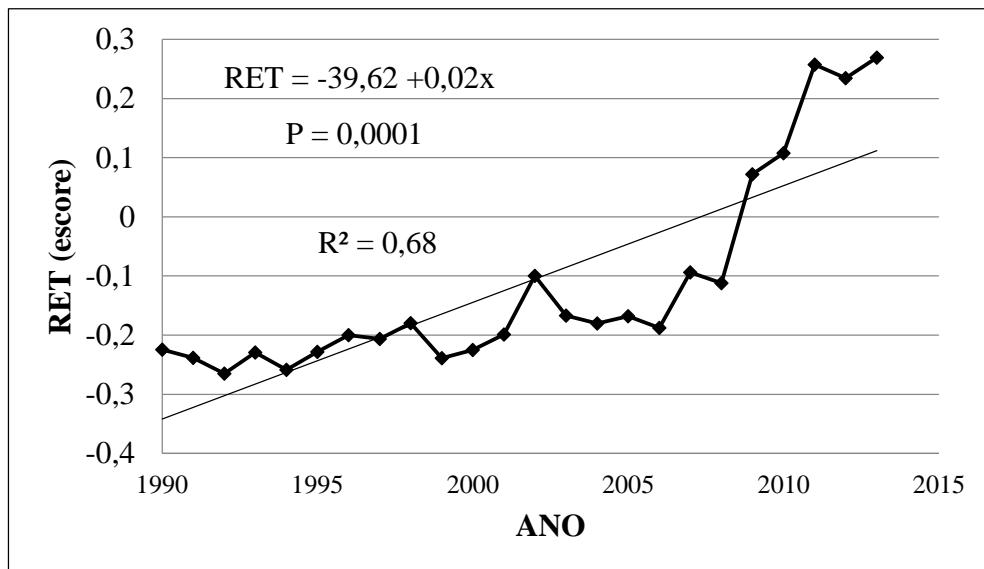


Figura 4.1 – Tendência Genética para a Retenção de Novilhas (RET)

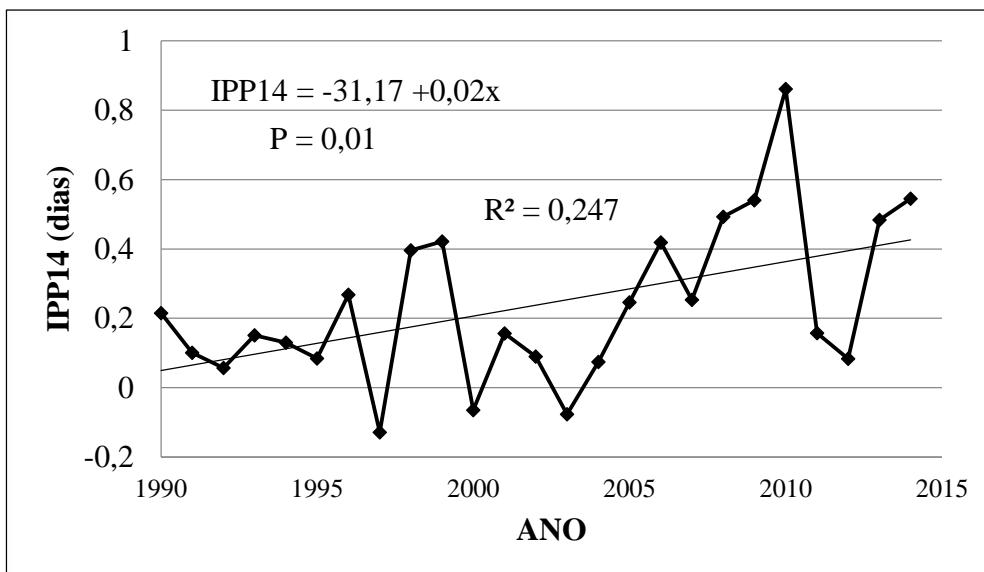


Figura 4.2 – Tendência Genética para a Idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 14 meses de idade (IPP14).

A IPP tem apresentado uma diminuição anual de 1,16 dias conforme exposto na figura 4.3, que fica realmente evidente a partir do ano de 2005, demonstrando que a cada ano as fêmeas tem apresentado uma maior capacidade genética quanto a precocidade sexual.

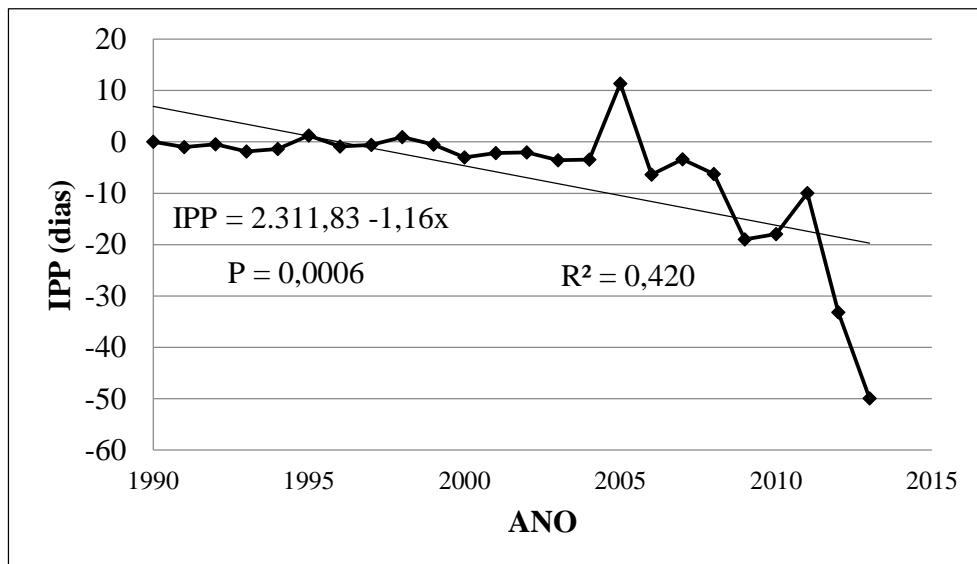


Figura 4.3 – Tendência Genética para a idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 24 meses de idade (IPP).

Em contraponto a redução desejável observada para IPP, o 1º IEP vem apresentado também um aumento do valor genético de 0,09 dias (Figura 4.4), o que é indesejável, porém explicável através deste estudo, pois apresentou uma correlação genética extremamente desfavorável de -0,95 com IPP.

Como nenhum desses critérios estão sendo controlados ou selecionados do ponto de vista genético, hoje em dia, nesses rebanhos assistidos pelo PampaPlus, tendo incremento favorável em critérios correlacionados desfavoravelmente com outros, tem como consequência a redução de valor genética para critérios que podem ter importância econômica, podendo ser resolvido através da composição de índices de seleção constituídos dos critérios com importância econômica significativa. (MacNeil et al., 1994; Costa 2017).

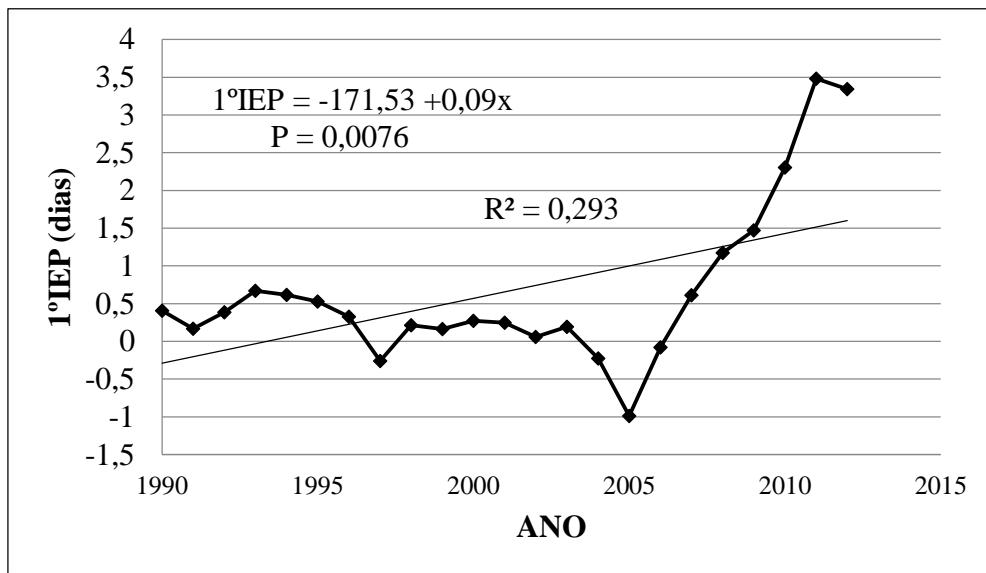


Figura 4.4 – Tendência Genética para o primeiro intervalo entre partos (1ºIEP).

Apesar da tendência positiva para o 1ºIEP, pequena, mas significativa, a 1ªREP tem apresentado aumento favorável no valor genético dos animais, já com um ajuste bem maior a linha de tendência e bastante significativo (Figura 4.5), esse critério tenta identificar fêmeas com potencial para repetir cria, de preferência na estação de monta subsequente ao seu primeiro parto, porém valoriza mais a repetição em si de cria, mesmo no segundo ano, embora seja um escore formulado a partir dos dias de intervalo entre partos, visto que enquanto os valores genéticos dos animais indicam aumento no intervalo, as novilhas estão demorando mais para repetir cria, porém com maior taxa de repetição.

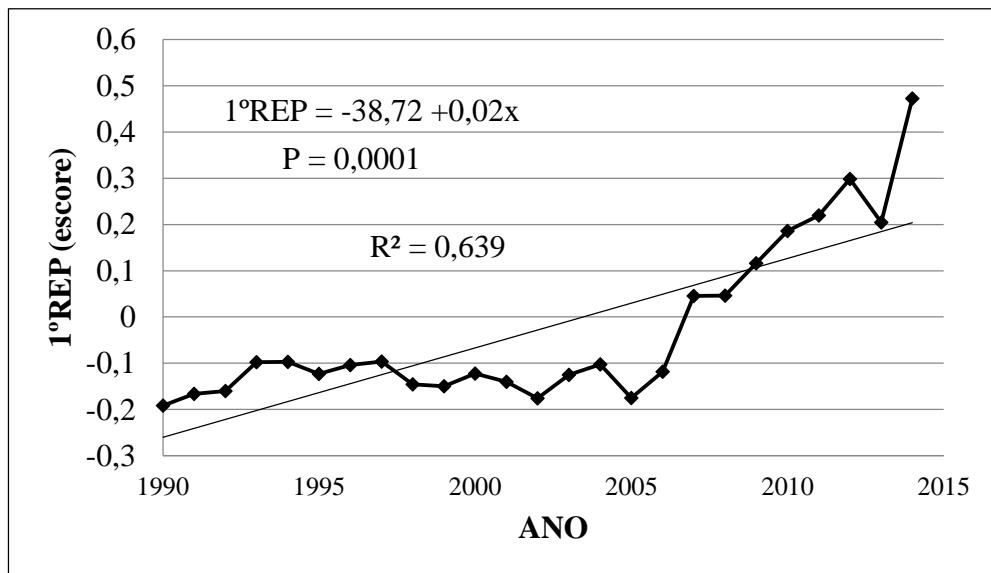


Figura 4.5 – Tendência Genética para a primeira repetição de cria (1ºREP).

Na Figura 4.6 é apresentada a tendência genética para IEP, que identifica uma tendência positiva e, no entanto, desfavorável, com alta significância e um pequeno coeficiente de mudança anual de 0,21 dias.

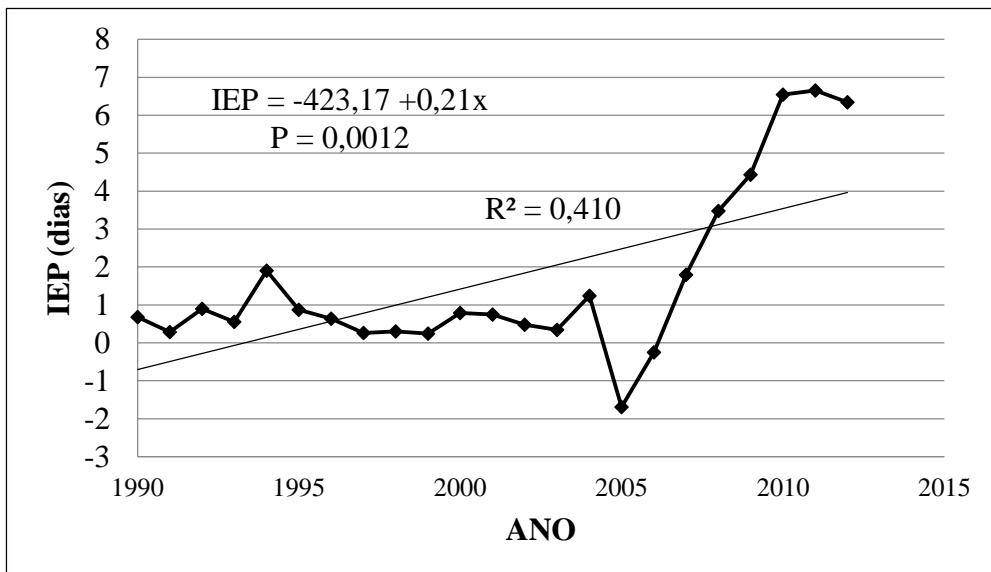


Figura 4.6 – Tendência Genética para o intervalo entre partos (IEP).

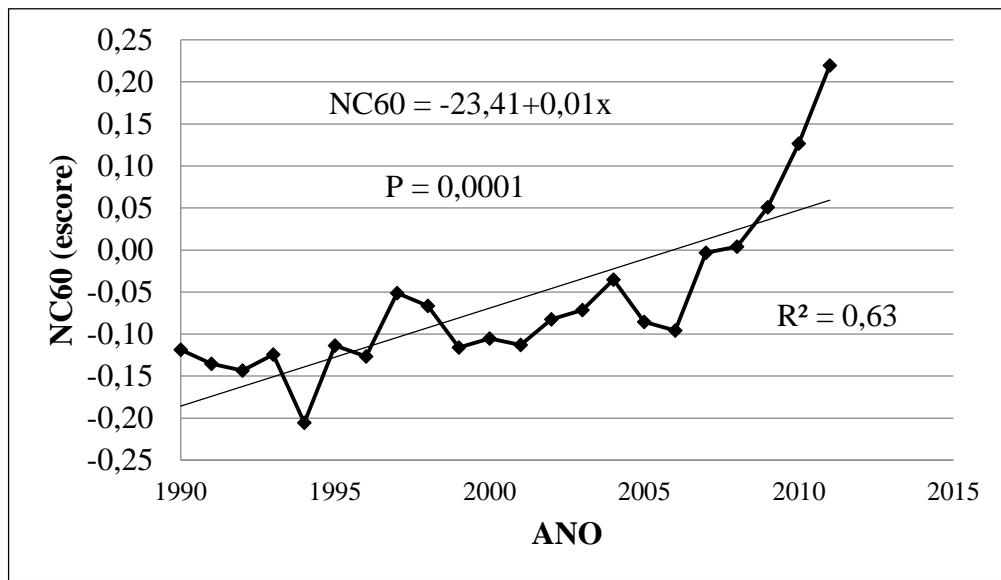


Figura 4.7 – Tendência Genética para o número de cria aos 60 meses (NC60).

O critério NC60 tem apresentado incremento positivo, figura 4.7, referente ao um aumento no valor genético dos animais quanto ao número de terneiros produzidos até a idade de 5 anos, enquanto a STAY, figura 4.8, vem apresentando um declínio desfavorável, contrário a uma possível intenção dos criadores em terem vacas que se mantenham mais tempo produzindo nos rebanhos.

Como no caso dos outros critérios já citados, hoje em dia não existe nenhuma DEP indicadora destas características para a seleção, sendo assim, outros critérios que estão sendo utilizados nos rebanhos, como o índice de seleção do PampaPlus (Teixeira et al., 2018), ou outros critérios fenotípicos de escolha de animais, estão causando interferência no valor genéticos das características formuladas neste estudo.

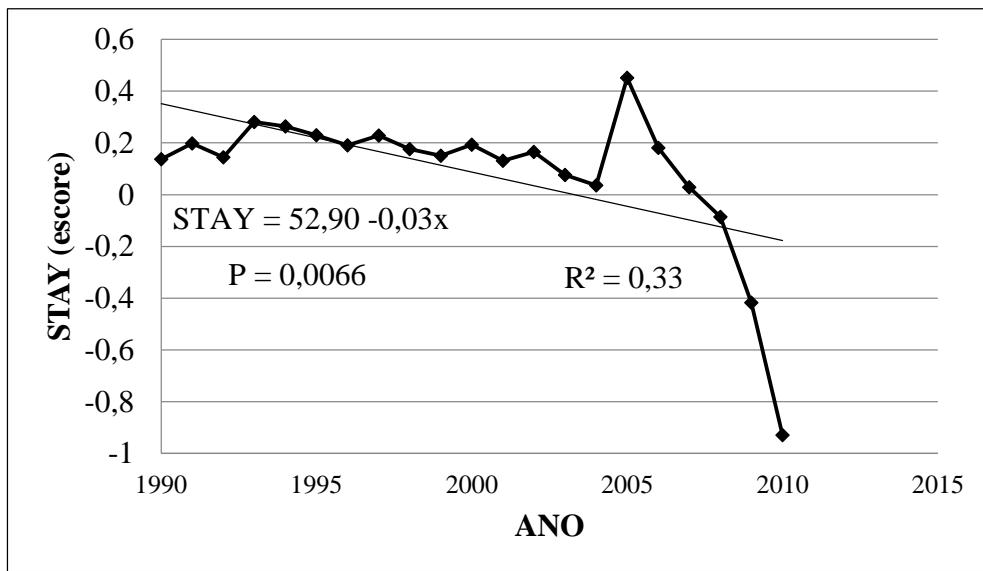


Figura 4.8 – Tendência Genética para a habilidade de permanência no rebanho (STAY).

A figura 4.9 identifica uma ausência de mudança genética para PAC, visualmente com uma leve inclinação para sua redução, o que acompanharia a tendência para IEP que faz parte da formulação desta característica, e contrário ao aumento do valor genético para o peso a desmame identificado em (Teixeira et al., 2018).

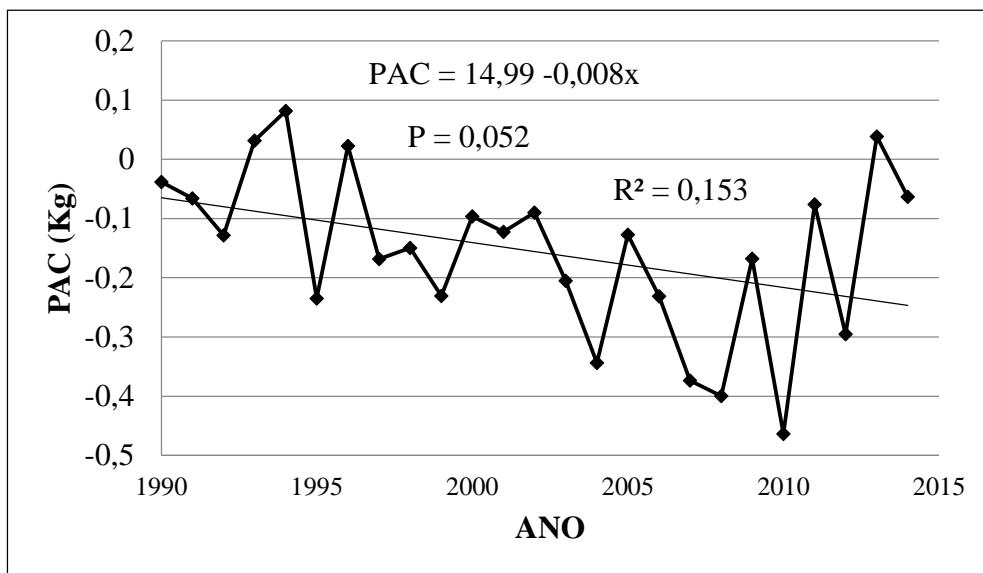


Figura 4.9 – Tendência Genética para a produtividade acumulada (PAC).

Enfim, a figura 4.10 apresenta a tendência genética para o PES, positiva e favorável, porém com um pequeno valor de mudança de 0,003 cm. Teixeira et al. (2018), também

relataram um pequeno incremento para este critério, que mesmo fazendo parte do índice de seleção do PampaPlus, tem obtidos ganhos inferiores a possibilidade de ganhos genéticos mediante uma seleção única pelo índice do programa. (Costa et al., 2017).

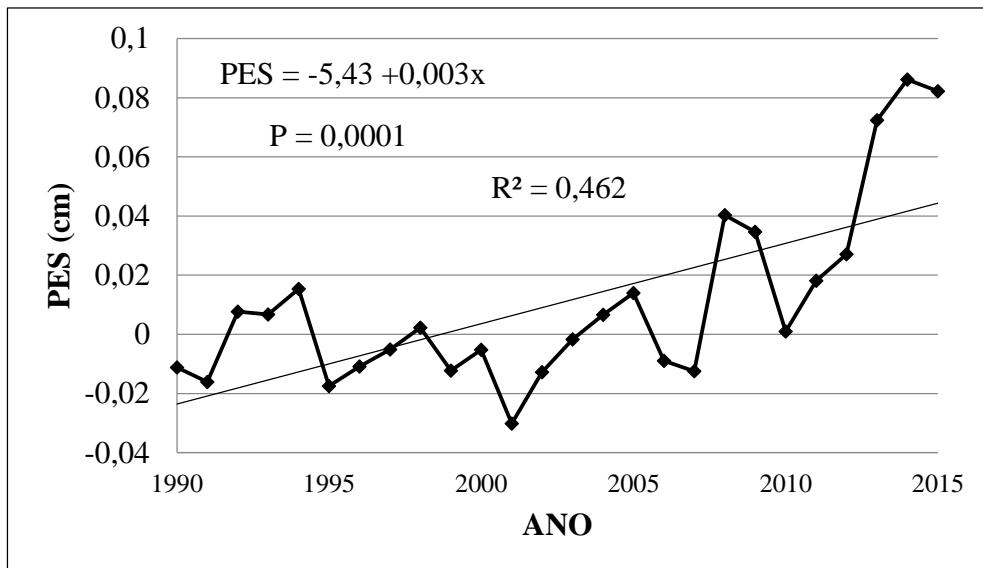


Figura 4.10 – Tendência Genética para o perímetro escrotal ao sobreano (PES).

Com o objetivo de obter conclusões mais informativas sobre o comportamento e associação entre as características estudas, além das correlações genéticas, a tabela 4.4 apresenta os ganhos genéticos esperados mediante uma seleção direta e única em cada critério, e também identifica a resposta correlacionada indireta em todas as características ao selecionar-se por STAY, IPP, 1<sup>a</sup>REP e PES, além do percentual de eficiência da seleção indireta que identifica a proporção do ganho indireto em relação com o possível ganho via seleção direta.

Os ganhos em separado para machos e fêmeas, com diferentes intensidades de seleção, demonstram que o impacto dos touros é maior no avanço genético do rebanho, em função de serem em menor número, o que possibilita elencar somente animais com maiores valores genéticos, e consequentemente um maior número de filhos relacionado a cada touro durante sua vida reprodutiva conforme relatam Cardoso & Teixeira (2015). Porém o ganho real em um rebanho refere-se a média entre machos e fêmeas, tabela 4.4, pois os critérios de escolha dos

animais hoje aplicados ao programa, índice de seleção do PampaPlus, (Teixeira et al., 2017), não define características em separado para cada sexo.

Entre as características de limiar estudadas, a STAY é que apresenta maior probabilidade de ganho genético médio, 0,46, seguida de NC60, 1<sup>a</sup>REP e RET, sendo o critério categórico com maior herdabilidade a associação genética com outros critérios, sua utilização como critério de seleção apresenta um reflexo interessante quanto a resposta correlacionada em outras características, promoveria uma redução 1ºIEP, -8,27 dias e IEP, -13,21 dias por geração, contrário as tendências atuais, além de aumentar a 1<sup>a</sup>REP.

A seleção direta para IPP tem a possibilidade de redução de 58,30 dias por geração, podendo causar um impacto indireto aumentando a RET, o NC60 e uma elevação da PAC de 5,06 kg, superior a própria seleção direta neste critério, ou seja, quanto mais cedo a vacas começarem a parir, maior será a chance de desmamarem mais kg de terneiros em sua vida reprodutiva. No entanto a seleção única para IPP, tende a causar um reflexo desfavorável elevando em 18,02 dias o 1ºIEP, e 15,21 dias o IEP, evidenciando a necessidade de trabalhar com estes critérios em conjunto num índice caso sejam tratados como objetivos de criação, (MacNeil et al., 1994). (Tabela 4.4).

Corroborando com o cenário atual apresentado pelas tendências genéticas, a seleção direta para 1<sup>a</sup>REP, levará um aumento desfavorável de dos intervalos entre parto, porém com uma redução de 22,37 dias na IPP, sem causar mudança na PAC, e com um aumento no NC60 similar a sua seleção direta. (Tabela 4.4).

A seleção direta para PES tem a capacidade de elevar este critério em 0,57 cm por geração, causando uma resposta indireta de aumento 2,28kg na PAC. No entanto, a utilização do PES como critério de seleção não afetaria diretamente as outras características reprodutivas, pois os valores de mudança são muito baixos, e dependendo do cenário nos rebanhos, sem

associação genética, conforme os intervalos de probabilidade *a posteriori* apresentados na tabela 4.3, como por exemplo a correlação genética de PES e 1ºIEP que apresenta uma média *a posteriori* de -0,31, o que indicaria uma associação favorável onde o aumento do PES diminuiria as dias de intervalo entre o primeiro e o segundo parto em 4,53 dias, conforme a tabela 4.4, apresenta valores de sua distribuição *a posteriori* de -0,68 à 0,12, ou seja, em alguns cenários esta associação é desfavorável, ou inexistente, sendo assim, não indica um critério favorável para esta seleção indireta nas fêmeas.

Tabela 4.4 – Ganhos genéticos esperados mediante seleção direta, resposta correlacionada indireta ao selecionar-se por habilidade de permanência no rebanho ( $RC_{STAY}$ ), idade ao primeiro parto de fêmeas expostas a reprodução aos 24 meses ( $RC_{IPP}$ ), primeira repetição de cria ( $RC_{1^{\circ}REP}$ ) e perímetro escrotal ao sobreano ( $RC_{PES}$ ), e eficiência da seleção indireta nas características reprodutivas das raças Hereford e Braford utilizando os componentes de covariância estimados via inferência bayesiana.

	RET	IPP14	IPP	1ºIEP	1ºREP	IEP	NC60	STAY	PAC	PES
$\Delta G_m$	0,18	-6,37	-80,17	-9,22	0,17	-10,60	0,33	0,63	3,59	0,78
$\Delta G_f$	0,08	-2,89	-36,44	-4,19	0,08	-4,82	0,15	0,29	1,63	0,35
$\Delta G$	0,13	-4,63	-58,30	-6,71	0,13	-7,71	0,24	0,46	2,61	0,57
$b(a)_{yx}$	0,03	-4,44	-11,05	-17,98	0,21	-28,74	0,15	--	6,73	0,14
$RC_m$	0,02	-2,80	-6,99	-11,37	0,14	-18,17	0,09	--	4,25	0,09
$RC_{STAY}$	$RC_f$	0,01	-1,27	-3,18	-5,17	0,06	-8,26	0,04	--	1,93
	RC	0,01	-2,04	-5,08	-8,27	0,10	-13,21	0,07	--	3,09
	ESI	8,66%	44,05%	8,71%	123,24%	77,58%	171,46%	27,71%	--	118,51%
	$b(a)_{yx}$	0,00	0,01	--	-0,31	0,00	-0,26	-0,01	0,00	-0,09
	$RC_m$	0,15	-1,10	--	24,78	0,15	20,91	0,44	0,06	6,96
$RC_{IPP}$	$RC_f$	0,07	-0,50	--	11,27	0,07	9,50	0,20	0,03	3,16
	RC	0,11	-0,80	--	18,02	0,11	15,21	0,32	0,04	5,06
	ESI	82,29%	17,26%	--	-268,70%	87,69%	-197,33%	132,38%	9,30%	193,99%
	$b(a)_{yx}$	0,58	9,10	-176,52	96,07	--	96,68	1,79	1,31	0,00
	$RC_m$	0,10	1,59	-30,75	16,74	--	16,85	0,31	0,23	0,00
$RC_{1^{\circ}REP}$	$b(a)_{yx}$	0,58	9,10	-176,52	96,07	--	96,68	1,79	1,31	-0,27
	$RC_m$	0,10	1,59	-30,75	16,74	--	16,85	0,31	0,23	-0,05

	RC <sub>f</sub>	0,05	0,72	-13,98	7,61	--	7,66	0,14	0,10	0,00	-0,02
	RC	0,07	1,15	-22,37	12,17	--	12,25	0,23	0,17	0,00	-0,03
	ESI	54,43%	-24,91%	38,36%	-181,47%	--	-158,97%	93,47%	36,21%	0,00%	-6,01%
	b(a) <sub>yx</sub>	0,07	-1,38	9,52	-8,00	-0,02	-2,39	-0,05	0,06	4,02	--
	RC <sub>m</sub>	0,05	-1,08	7,41	-6,23	-0,01	-1,86	-0,04	0,05	3,13	--
RC <sub>PES</sub>	RC <sub>f</sub>	0,02	-0,49	3,37	-2,83	-0,01	-0,85	-0,02	0,02	1,42	--
	RC	0,04	-0,78	5,39	-4,53	-0,01	-1,35	-0,03	0,03	2,28	--
	ESI	28,95%	16,93%	-9,25%	67,56%	-8,15%	17,54%	-12,41%	7,16%	87,20%	--

RET = retenção de novilhas; IPP14 = idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 14 meses de idade; IPP = idade ao primeiro parto de novilhas expostas a reprodução aos 24 meses de idade; 1ºIEP = primeiro intervalo entre partos; 1ºREP = primeira repetição de cria; IEP = intervalo entre partos; NC60 = número de cria aos 60 meses; STAY = habilidade de permanência no rebanho; PAC = produtividade acumulada; PES = perímetro escrotal ao sobreano.

$\Delta G_m$  = ganho genéticos esperado por geração considerando a seleção direta de 10% dos machos ( $i = 1,76$ );  $\Delta G_f$  = ganho genéticos esperado por geração considerando a seleção direta de 50% das fêmeas ( $i = 0,80$ );  $\Delta G$  = ganho genéticos médio entre machos e fêmeas esperado por geração;  $b(a)_{yx}$  = coeficiente de regressão entre os valores genéticos das características Y (seleção indireta) e X (seleção direta; STAY, IPP, 1ºREP e PES);  $RC_m$  = resposta correlacionada considerando a seleção nos machos;  $RC_f$  = resposta correlacionada considerando a seleção nas fêmeas;  $RC$  = resposta correlacionada média; ESI = eficiência média da seleção indireta calculada como a proporção da  $RC$  no  $\Delta G$ .

## 5. CONCLUSÕES

A análise das informações contidas no banco de dados PampaPlusNet possibilitou a formatação de critérios de seleção reprodutivos associados as fêmeas.

Há variabilidade genética passível de seleção das características reprodutivas estimadas neste estudo e associação genética favorável entre elas, possibilitando ganhos genéticos indiretos via resposta correlacionada da seleção.

Os critérios retenção de novilhas, idade ao primeiro parto, primeira repetição de cria e habilidade de permanência no rebanho apresentaram potencial satisfatório para implementação na avaliação genética do PampaPlus auxiliando no progresso genético das raças Hereford e Braford em objetivos de seleção reprodutivos das fêmeas, causando respostas correlacionadas indiretas satisfatórios para maioria dos critérios estudados.

As tendências genéticas no período avaliado demonstram evolução favorável para retenção de novilhas, idade ao primeiro parto, primeira repetição de cria, número de crias aos 60 meses de idade e perímetro escrotal ao sobreano; com mudanças desfavoráveis para primeiro intervalo de partos, intervalo de partos e habilidade de permanência no rebanho.

A seleção para perímetro escrotal promoverá ganho genético lento através da seleção direta para este critério e não apresenta correlações genéticas favoráveis com as características reprodutivas mensuradas nas fêmeas sendo que sua utilização como critério de seleção não ocasionará mudanças na precocidade sexual e fertilidade nas fêmeas Hereford e Braford do PampaPlus.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R. M.; TEIXEIRA, B. B. M.; COSTA, R. F.; AZAMBUJA, R. C. C.; SILVA, F. L.; YOKOO, M. J. I.; CARDOSO, F. F.; PAMPAPLUSNET: Sistema Web para coleta, armazenamento e tratamento de informações para avaliação genética de bovinos, **III Salão de Iniciação Científica do CPPSUL. Anais...**; Embrapa Pecuária Sul. 2013.
- BERETTA, V.; LOBATO, J.F.P.; MIELITZ NETTO, C.G.A. Produtividade e Eficiência Biológica de Sistemas Pecuários de Cria Diferindo na Idade das Novilhas ao Primeiro Parto e na Taxa de Natalidade do Rebanho no Rio Grande de Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30 n.4, p.1278-1286, 2001.
- BIF; **Guidelines for uniform improvement programs**; BEEF IMPROVEMENT FEDERATION; Ninth edition, 2010.
- BOLIGON, A. A.; AYRES, D. R.; PEREIRA, R. J.; MOROTTI, N. P.; ALBUQUERQUE, L. G.; Genetic associations of visual scores with subsequent rebreeding and days to first calving in Nellore cattle. **Journal Animal Breeding and Genetics**, v. 129 n.6, p. 448-456, 2012.
- BOLIGON, A. A.; ALBUQUERQUE, L. G.; Genetic parameters and relationships of heifer pregnancy and age at first calving with weight gain, yearling and mature weight In Nellore cattle. **Livestock Science (Print)**, v. 141, p. 12-16, 2011.
- BOLIGON, A. A.; RORATO, P. R. N.; ALBUQUERQUE, L. G.; Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nellore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.565-571, 2007.
- BOURDON, R. M.; BRINKS, J. S.; Scrotal circumference in yearling Hereford bulls: adjustment factors, herabilities and genetic, environmental and phenotypic relationships with growth traits. **Journal Animal Science**, v. 62, p. 958-967, 1986.
- CACHAPUZ, J. M. da S.; **O panorama setorial da bovinocultura de corte gaúcha no processo de integração do Mercosul**. 2.ed. Porto Alegre: Emater, 1995. 68p. (Realidade Rural, 7).
- CAMPOS, G. S.; BRACCINI, N. J.; OAIGEN, R. P.; CARDOSO, F. F.; COBUCI, J. A.; KERN, E. L.; CAMPOS, L. T.; BERTOLI, C. D.; MACMANUS, C. M.; Bioeconomic model and selection indices in Aberdeen Angus cattle. **Journal Animal Breeding and Genetics**, v. 12, p.131-305, 2014.

CARDELLINO, R. A.; ROVIRA, J.; **Mejoramiento genético animal**. Montevideo, Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R. L. 1987. 253p.

CARDOSO, F. F.; TEIXEIRA, B. B. M.; Papel dos touros no melhoramento genético de bovinos de corte. In: Silvio Renato Oliveira Menegassi, Júlio Otávio Jardim Barcellos. (Org.). **Aspectos reprodutivos do touro: teoria e prática**. 1ed. Guaíba: Agrolivros, v. 1, p. 201-216, 2015.

CARDOSO, F. F.; LOPA, T. P.; **Pampa Plus: Avaliação Genética Hereford e Braford**. *Manual do 5º Curso de Melhoramento de Bovinos de corte PampaPlus / Embrapa*, Bagé, Embrapa – Pecuária Sul, 2013, 47 p.

CARDOSO, F. F.; **Ferramentas e estratégias para o melhoramento genético de bovinos de corte**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, (Embrapa Pecuária Sul. Documentos; 83; ISSN 1982-5390). 2009.

CASTRO-PEREIRA, V. M. de; ALENCAR, M. M. de; BARBOSA, R. T.; Estimativas de parâmetros genéticos e de ganhos direto e indireto à seleção para características reprodutivas e de crescimento em um rebanho da raça Canchim. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1029-1036, 2007 (supl.)

COSTA, R. F.; TEIXEIRA, B. B. M.; YOKOO, M. J.; CARDOSO F. F.; Economic selection indexes for Hereford and Braford cattle raised in southern Brazil. **Journal of Animal Science**. 95:1-13, 2017.

DAVIS, G. P.; Genetic parameters for tropical beef cattle in Northern Australia: a review. **Crop and Pasture Science**, 44(2), 179-198. 1993.

DIAS, L. T.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G.; Estimativas de Herdabilidade para Perímetro Escrotal de Animais da Raça Nelore. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1878-1882, 2003 (Supl. 2).

DOYLE, S. P.; GOLDEN, B. L.; GREEN, R. D.; BRINKS, J. S.; Additive genetic parameter estimates for heifer pregnancy and subsequent reproduction in Angus females. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2091-2098, 2000.

ELER, J. P.; SILVA, J. A.; FERRAZ, J. B., DIAS, F.; OLIVEIRA, N. H.; EVANS, J. L.; GOLDEN, B. L.; Genetic evaluation of the probability of pregnancy at 14 months for Nellore heifers. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 3, p. 951-954, 2002.

EVANS, J. L.; GOLDEN, B. L.; BOURDON, R. M.; LONG, K. L.; Additive genetic relationship between heifer pregnancy and scrotal circumference in Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2621-2628, 1999.

EVERLING, D. M.; FERREIRA, G. B. B.; RORATO, P. R. N.; ROSO, V. M.; MARION, A. E.; FERNANDES, H. D.; Estimativas de herdabilidade e correlação genética para características de crescimento na fase de pré-desmama e medidas de perímetro escrotal ao sobreano em bovinos Angus-Nelore. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 30(6S):2002-2008, 2001.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Harlow: Longman Group Ltda, 1996. 464p.

FIELDS, M.J.; SAND, R.S.; YELICH, J.V.; **Factors affecting calf crop – Biotechnology of Reproduction**. Boca Raton, USA. CRC PRESS, 2002. 320p.

FISHER, R. A.; **The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance**. Trans. Royal Society, v.52, p.399-433, 1918.

FRIES, L. A.; Normas e bases para programas uniformes de melhoramento de gado de corte, traduzido, BEEF IMPROVEMENT FEDERATION; **Guidelines for uniform improvement programs**; U. S. Government Printing Office, 1972.

GEYER, C.J. Practical Markov chain Monte Carlo. **Statistical Science**, Hayward, v. 7, n. 4, p. 473-511, Nov. 1992

GEWEKE, J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments. In: BERNARDO, J.M.; BERGER, J.O.; DAWID, A.P. et al. (Eds.) **Bayesian statistics**. New York: Oxford University Press, 1992. p.625-631.

GIANOLA, D.; FERNANDO, R. L. Bayesian methods in animal breeding theory. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, p. 217-244, 1986.

GOTTSCHALL, C. S. Indicadores de Produtividade em Rebanhos de Bovinos de Corte e Leite. In: **Bovinocultura – PROMEVET – Programa de Atualização em Medicina Veterinária**. Artmed/ Panamericana Editora Ltda, 1<sup>a</sup> ed. Porto Alegre. v. 1, p. 11-49, 2008.

GOTTSCHALL, C. S.; FERREIRA, E.T.; CANELLAS, L.; BITTENCOURT, H.R. The reproductive performance of beef cows of different ages with calves weaned. **Animal Reproduction**, v. 4, p. 42-45, 2007.

GUARINI, A. R.; NEVES, H. H. R.; SCHENKEL, F. S.; CARVALHEIRO, R.; OLIVEIRA, J. A.; QUEIROZ, S. A. Genetic relationship among reproductive traits in Nellore cattle. **Animal**, p. 1-6, 2014.

HENDERSON, C. R. **Applications of linear models in animal breeding**. 1<sup>st</sup> ed. Canadian cataloguing in publication data. Canadá. 461 p. 1984.

HENDERSON, C. R.; **Estimation of changes in herd environment**. J. Dairy Sci. v.32, p.706-711, 1949.

HOLMES, P. R. **The opportunity of a lifetime. Reproductive efficiency in the beef herd**. Rahway: MSDAGVET, 1989. 34p.

KOOTS, K.R.; GIBSON, J.P.; WILTON, J.W. Analyses of published genetic parameters estimates for beef production traits. 1- Heritability. **Animal Breeding Abstracts**, v.62, n.5, p.309-338, 1994a.

KOOTS, K.R.; GIBSON, J.P.; WILTON, J.W. Analyses of published genetic parameters estimates for beef production traits. 2 - Phenotypic and genetic correlations. **Animal Breeding Abstracts**, v.62, n.11, p.825-853, 1994b.

LASKE, C. H.; TEIXEIRA, B. B. M.; DIONELLO, N. J. L.; CARDOSO, F. F.; Breeding objectives and economic values for traits of low input family based beef cattle production system in the State of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 41 : 298 e 305. 2012.

LASTER, D. B.; SMITH, G. M.; CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E.; Characterization of biological types of cattle (Cycle II). II. Postweaning growth and puberty of heifers. **Journal of Animal Science**. 48(3):500–508. 1979.

LÔBO, R. N. B.; Genetic parameters for reproductive traits of zebu cows in the semi-arid region of Brazil. **Livestock Science**, v.55, p.245-248, 1998.

LUSH, J.L.; **Animal breeding plans**. si.; Collegiate Press, 1945.

MACNEIL, M. D.; NEWMAN, S.; ENNS, R. M.; STEWART-SMITH, J.; Relative economic values for Canadian beef production using specialized sire and dam lines. **Canadian Journal of Animal Science**. 74: 411-417. 1994.

MACMILLAN, K. L. Reproductive Management. In: Van Horn, H. H., and C. J. Wilcox. **Large Dairy Herd Management**. EUA: Champaign, p. 88-98. 1992.

MARTIN, L. C.; BRINCKS, J. S.; BOURDON, R. M.; CUNDIFF, L. V.; Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. **Journal of Animal Science**. 70(12):4006–4017.1992.

MERCADANTE, M. E. Z.; LÔBO, R. B.; de OLIVEIRA, H. N.; Estimativas de (co) variâncias entre características de reprodução e de crescimento em fêmeas de um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 29:997-1004. 2000.

MERCADANTE, M.F.Z.; LOBO, R.B.; REYES, A. de los, BEZERRA, L.A.F.; OLIVEIRA, H.N. Estudo genético quantitativo de características de reprodução e produção em fêmeas da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, FORTALEZA, 1996. Anais... Fortaleza, SBZ, p.155. 1996.

MEYER, K., HAMMOND, K.; PARRELL, P. F.; MACKINNON, M. J.; SIVARAJASINGAM, S.; Estimates of heritability and repeatability for reproductive traits in Australian beef cattle. **Livestock Production Science**. 25:15–30. 1990.

NEVES, H. H. R.; CARVALHEIRO, R.; QUEIROZ, S. A.; Genetic parameters for an alternative criterion to improve productive longevity of Nellore cows. **Journal of Animal Science**. 90: 4209-4216. 2012.

NEVES, J. P.; GONÇALVES, P. B. D.; OLIVEIRA, J. F. C.; Fatores que afetam a eficiência reprodutiva na vaca. **Revista Brasileira Reprodução Animal**. 23: 105. 1999.

NEWMAN, S.; MORRIS, C. A.; BAKER, R. L.; NICOLL, G. B.; Genetic improvement of beef cattle in New Zealand: breeding objectives. **Livestock Production Science**. 32:111–130. 1992.

OLIVEIRA, M. M.; DIONELLO, J. L.; CAMPOS, L. T.; ROTA, E. L. Efeitos de fatores ambientais e herdabilidade no perímetro escrotal em bovinos Hereford. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.10 n. 3, p. 353-356, 2004.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29(6), 1676-1683. 2000.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol.37, n.5, p.703-708, maio, 2002.

PHOCAS, F.; BLOCH, C.; CHAPELLE, P.; BÉCHEREL, F.; RENAND G.; MÉNISSIER, F.; Developing a breeding objective for a French purebred beef cattle selection programme. **Livestock Production Science**. 57: 49-65. 1998.

PINEDA, N. R.; Influência do zebu na produção de carne no Brasil. In: Simpósio Nacional de Melhoramento Animal, 3, 2000, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBMA, 2000. p.136-149.

PRAIVA, M. I.; RAVAGNOLO, O.; URIOSTE, J. I.; GARRICK, D. J.; Identification of breeding objectives using a bioeconomic model for a beef cattle production system in Uruguay. **Livestock Science**. 160 : 21 e 8. 2014.

ROCHETTI, R. L.; ELER, J. P.; CINTRA, D. C.; MATTOS, E. C. de; FERRAZ, J. B. S.; BALIEIRO, C.; de C.; Estimativas de parâmetros genéticos para características reprodutivas em bovinos da raça Nelore. Anais da 44<sup>a</sup> Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ), Jaboticabal, 2007. CD-ROM.

ROVIRA, J.; **Reproducción y manejo de los rodeos de cria**. Montevideo: Hemisferio Sur, 1973. 293 p.

ROVIRA, J.; **Manejo nutritivo de los rodeos de cria en pastoreo**. Ed. Hemisferio Sur Montevideo – Uruguay. 1996. 288p.

ROSO, V. M.; FRIES, L. A.; Avaliação das heteroses maternas e individuais sobre o ganho de peso do nascimento ao desmame em bovinos Angus x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29(3):732-737, 2000.

ROSO, V. M.; SCHENKEL, F. S.; Tendência genética da idade ao primeiro parto de vacas Nelore. In: Anais da 36a REUNIÃO ANUAL DA SBZ, Porto Alegre, RS. 1999.

RUST, T.; SCHOE MAN, S. J.; VAN DER WESTHUIZEN, J.; VAN WYK, J. B.; Non-linear model analysis of categorical traits related to female reproduction efficiency in beef cattle. **South African Journal of Animal Science**. 39:260–266. 2009.

RUST, T.; GROENEVELD, E.; Variance component estimation of female fertility traits in two indigenous and two European beef cattle breeds of South Africa. **South African Journal of Animal Science**. 32, 23-29. 2002.

SANTANA, M. L. Jr.; ELER, J. P.; BIGNARDI, A. B.; FERRAZ, J. B. S.; Two-trait random regression model to estimate the genetic association of scrotal circumference with female reproductive performance in Nelore cattle. **Theriogenology**. 83: 1534-1540. 2015.

SANTANA, M. L. Jr.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; MATTOS, E. C.; Genetic relationship between growth and reproductive traits in Nellore cattle. **Animal**, 6, 565-570. 2012.

SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. SAS users guide: basics. 9.3 ed. Cary, 2008-2010.

SILVA, A. M.; ALENCAR, M. M.; FREITAS, A. R.; BARBOSA, R. T.; BARBOSA, P. F.; OLIVEIRA, M. C. S.; CORRÊA, L. A.; NOVAES, A. P.; TULLIO, R. R. Herdabilidades e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.2223-2230. 2000.

SPANGLER, M. L.; SAPP, R. L.; REKAYA, R.; BERTRAND, J. K.; Success at first insemination in Australian Angus cattle: Analysis of uncertain binary responses. **Journal of Animal Science**. 84, 20-24. 2006.

SPLAN, R. K.; CUNDIFF, L. V.; VAN VLECK, L. D. Genetic parameters for sex-specific traits in Beef Cattle. **Journal of Animal Science**. 76(9):2272–2278. 1998.

TEIXEIRA, B. B. M.; MACNEIL, M. D.; COSTA, R. F. da; DIONELLO, N. J. L.; YOKOO, M. J.; CARDOSO, F. F.; Genetic parameters and trends for traits of the Hereford and Braford breeds in Brazil. **Livestock Science**, 208 (2018) 60–66. 2018.

VAN VLECK, L. D.; **Selection Index na Introduction to Mixed Model Methods: The Green Book**. ISBN: 0-8493-8762-0, Selection indexes (Animal breeding) – Statistical methods, 1999 406p.

VARGAS, C. A.; ELZO, M. A.; CHASE, C. C. Jr.; CHENOWETH, P. J.; OLSON, T. A.; Estimation of genetic parameters for scrotal circumference, age at puberty in heifers, and hip height in Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, v. 76, n.10, p. 2536-2541, 1998.

YOKOO, M. J. I.; WERNECK, J. N.; PEREIRA, M. C.; ALBUQUERQUE, L. G.; KOURY FILHO, W.; SAINZ, R. D.; LOBO, R. B.; ARAUJO, F. R. C.; Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1761-1768, 2007.