

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**



**Dissertação**

**Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos para peso e altura ao  
nascimento de potros da raça Crioula**

**Cristiane da Silva Brum**

**Pelotas, 2016**

**CRISTIANE DA SILVA BRUM**

**Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos para peso e altura ao nascimento de potros da raça Crioula**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial para obtenção do título Mestre em Ciências (área do conhecimento: Produção Animal)**

**Orientador: Prof. Dr. Heden Luiz Marques Moreira**

**Co-Orientador: Dr. Charles Martins**

**Pelotas, 2016**

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

B893e Brum, Cristiane da Silva

Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos para peso e altura ao nascimento de potros da raça Crioula / Cristiane da Silva Brum ; Heden Luiz Marques Moreira, orientadora ; Charles Martins, coorientador. — Pelotas, 2016.

59 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Consanguinidade. 2. Herdabilidade . 3. Potros. I. Moreira, Heden Luiz Marques, orient. II. Martins, Charles, coorient. III. Título.

CDD : 636.1

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Cristiane da Silva Brum

Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos para peso e altura ao  
nascimento de potros da raça Crioula

Dissertação aprovada como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 29 de Maio de 2015.

Banca examinadora:

Dr. Nelson José Laurino Dionello – Universidade Federal de Pelotas, UFPel – PPGZ

Dra. Carla G. Avila Moreira – Universidade Federal de Pelotas, UFPel

Dra. Marília D. Nunes - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS

## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado o direito à vida, guiar sempre meu caminho e oportunizar a realização do sonho de me tornar mestre.

Agradeço a minha família, meus pais Camila e Cláudio, minhas irmãs Michele e Paola e minha sobrinha Maya por me dar carinho e apoio durante este caminho.

Durante a pós-graduação conhecemos pessoas especiais que marcam a nossa vida e que serão sempre inesquecíveis, sou grata a todos os amigos que conquistei e que me conquistaram e que estiveram comigo nos bons e maus momentos sempre levando uma palavra amiga e confortadora.

Um futuro profissional necessita de exemplos para admirar, seguir e espelhar-se, eu agradeço a todos os orientadores que tive durante este período.

Agradeço ao Dr. Cláudio Pimentel pelos conselhos ao longo de minha vida profissional e pela oportunidade de retorno a pós-graduação, através dele conheci meu co-orientador Dr. Charles Martins e meu orientador Dr. Heden Moreira.

Agradeço em especial ao meu orientador Dr. Heden Moreira em aceitar me orientar e acreditar no meu projeto de pesquisa.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de Mestrado.

Agradeço a Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

**Marthin Luther King**

## Resumo

BRUM, C.S. **Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos para peso e altura ao nascimento de potros da raça Crioula.** 2016. 59f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

Nas últimas décadas houve um grande crescimento na comercialização de equinos da raça Crioula no Brasil. Após anos de seleção tornou-se necessária a determinação de características biométricas que caracterizem o desenvolvimento do potro crioulo, de forma a auxiliar tecnicamente o criador, proporcionando maior embasamento técnico-científico à técnicos e criadores desta raça. Para que a seleção possa ser efetiva há a necessidade da estimação de componentes de variância e covariância e parâmetros genético. Com base nisto, e considerando que características avaliadas no início da vida animal afetam o desenvolvimento futuro este estudo teve por objetivo avaliar efeito do ano e mês do nascimento, sexo, idade da mãe e consanguinidade (ajustadas como covariáveis) sobre a altura na cernelha e peso ao nascer. Ao mesmo tempo da avaliação dos efeitos fixos foram estimados os componentes de variância genético direto e herdabilidade para estas características. Foram avaliados 482 potros da raça crioula (machos e fêmeas), nascidos entre os anos de 2009 e 2013, de agosto a março. Estes animais foram gerados a partir de 34 garanhões e 231 éguas. Os dados foram obtidos de um criatório localizado no estado do Rio Grande do Sul. A medição da altura da cernelha foi realizada com o auxílio de um hipômetro posicionado ao lado direito, em piso plano e a massa corporal através da pesagem em balança (zero a mil quilogramas). Dados referentes a idade das reprodutoras, pedigrees das éguas e garanhões foram obtidos através dos registros junto ao serviço genealógico da Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Crioulos (ABCCC). Parâmetros genético, incluindo componentes de variância foram estimados usando procedimento máxima verossimilhança restrita (REML) baseado no modelo animal. Foram avaliados 3 modelos de análises diferindo com relação a composição dos efeitos aleatórios. O modelo I, apenas com efeito aleatório genético direto foi que melhor se ajustou aos dados segundo o teste de LRT. As estimativas de herdabilidade dos efeitos genotípicos ( $h^2_g$ ) e respectivos erros padrão obtidas com a análise bivariada para altura a cernelha e peso ao nascer foram 0,63 ( $\pm 0,14$ ) e 0,45 ( $\pm 0,12$ ), respectivamente. As correlações genéticas e fenotípicas foram 0,92 ( $\pm 0,10$ ) e 0,20 ( $\pm 0,10$ ), respectivamente. Em virtude da moderada a alta herdabilidade estimadas para peso e altura da cernelha ao nascer, as quais indicam a existência de variabilidade genética aditiva pode-se concluir que a seleção para qualquer uma destas características será efetiva. Devido a alta correlação entre estas características, uma seleção para peso pode produzir uma razoável resposta a seleção na altura do animal e vice-versa.

**Palavras Chaves:** consanguinidade, herdabilidade, potros

## Abstract

BRUM, C.S. **Estimates of genetic parameters for weight and wither height at birth in Crioulo horse breed.** 2016. 59f. Master's Thesis – Animal Science Graduate Program. Federal University of Pelotas, Pelotas, RS, Brazil.

In recent decades there has been a boom in the sale of Crioulo horses breed in Brazil. After years of selection it became necessary to determine morphometric traits that characterize the development of Crioulo foal in order to technically assist the breeding plans, providing greater technical and scientific support to technicians and farmers of this breed. To make the selection effective it is necessary to estimate the (co)variance components and genetic parameters. On this basis, and considering that traits evaluated at the beginning of animal life affect its future development this study was carried out to evaluate the effect of year and month of birth, sex, age of dam and inbreeding (adjusted as covariates) on the wither height and weight at birth. At the same time estimates of direct genetic variance components and heritability for these traits were obtained. Five hundred and seven Crioulo foals (males and females) born between the years 2009 and 2013 from August to March were evaluated. These animals were generated from 34 stallions and 231 mares. Data were obtained from a farm located in the state of Rio Grande do Sul. The measurement of the wither height was performed with the aid of a hipometer positioned at the right side on level ground and the body weight by weighing the foals with the in scale ( 0- 1000 kg). Data regarding the age of dam, pedigrees of the mares and stallions were collected from genealogical service of the Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Crioulo (ABCCC). Genetic parameters including variance components and proportions were estimated using restricted maximum likelihood procedure (REML) based on the animal model. We evaluated three models of differing analyzes regarding the composition of the random effects. The model I, only direct genetic random effect was that best fit the data according to the LRT test. Heritability estimates of genotypic effects ( $h^2$ ) and their standard errors obtained with bivariate analysis to the withers height and birth weight were 0.63 ( $\pm$  0.14) and 0.45 ( $\pm$  0.12), respectively. The genetic and phenotypic correlations were 0.92 ( $\pm$  0.10) and 0.20 ( $\pm$  0.10), respectively. Because of the moderate to high heritability estimates for weight and wither height at birth, which indicate the existence of genetic variability additive it can be concluded that the selection of any of these traits will be effective. Due to the high correlation between these characteristics the selection of weight can produce a reasonable response in the wither height, and vice-versa.

Key words: inbreeding, heritability, foals



## **Projeto de pesquisa**

Tabela 1- Cronograma de atividades a realizar em um período de 2013 A 2015. Meses.....	24
---	----

## **Revisão de literatura**

Tabela 1- Medidas de machos e fêmeas de eqüinos dentro da raça Crioula.....	34
---	----

## **Artigo**

Tabela 1 – Estatística descritiva para medida corporal e peso em equinos da raça Crioula.....	57
---	----

Tabela 2 – Médias ajustadas obtidas com o Modelo I para as características de altura da cernelha e peso ao nascer em equinos da raça Crioula .....	57
--	----

Tabela 3 – Estimativas do logaritmo de verossimilhança máximo e critério de classificação de Akaike (AIC) e critério de classificação Bayesiana (BIC) para os modelos empregados na análise da altura a cernelha e peso ao nascer em equinos da raça Crioula obtidos com o programa Wombat.....	58
---	----

Tabela 4 – Variâncias e herdabilidade para altura a cernelha e peso ao nascimento de cavalos Crioulo de modelo bivariado (Modelo I) .....	58
---	----

## Sumário

1. Introdução.....	10
2. Projeto de Pesquisa.....	12
2.1. Caracterização do Problema.....	13
2.2. Objetivos e Metas.....	14
2.3. Metodologia.....	15
2.3.1 Manejo do produto ao nascer.....	15
2.3.2 Manejo nutricional.....	15
2.3.3 Análise de consanguinidade.....	16
2.3.4 Análise de efeito de idade materna.....	16
2.3.5 Análise do mês do nascimento.....	16
2.4. Resultados e Impactos esperados.....	17
2.5. Cronograma de Projeto.....	18
2.6. Aspectos Éticos.....	19
2.7. Referências Bibliográficas.....	20
3. Revisão de literatura.....	21
3.1. Produção Equina do Brasil.....	21
3.2. O Cavalo Crioulo.....	23
3.3. Morfologia do cavalo Crioulo.....	25
3.4. Coeficiente de Consanguinidade.....	26
3.5. Estimativas de herdabilidade para as características de interesse.....	28
3.6. Efeito Materno.....	29
3.7. Influência paterna.....	30
3.8. Efeito do mês de nascimento.....	31
3.9. Sexo do produto.....	32
3.10. Estatística.....	32
4. Artigo.....	34
Título.....	35
Resumo.....	35
Abstract.....	37
Introdução.....	37
Materiais e Métodos.....	40
Resultados e discussão.....	43
Conclusões.....	48
Referências.....	48
5. Conclusão.....	53
6. Referências.....	54

## 1. Introdução

De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) o Brasil possui o maior rebanho de equinos na América Latina sendo o terceiro maior produtor mundial da espécie. O rebanho baseado no último censo agropecuário de 2006 é de aproximadamente 5.947.073 animais (incluindo asininos e muares) (IBGE, 2006). Atualmente o rebanho estimado de equídeos é de 8 milhões de cabeças. O Complexo do Agronegócio Cavalo envolve mais de 30 segmentos distribuídos entre insumos, criação e destinação final, responsável pela geração de 3,2 milhões de empregos diretos e indiretos (Ministério da Agricultura - Equídeos, acesso em 20 de abril 2014).

Durante muitos anos a espécie foi utilizada exclusivamente como meio de transporte, principalmente ao homem do campo, e até hoje continua tendo como principal função o trabalho diário nas atividades agropecuárias. Atualmente o uso dos cavalos domesticados não se restringe somente ao uso na agricultura ou consumo, mas também para esporte, recreação, entretenimento e mesmo em terapias (GIACOMONI, 2007). Na história da humanidade nenhum outro animal doméstico ocupou um lugar tão importante nos processos de desenvolvimento social e político como os cavalos. Isto por que desde a antiguidade estes fazem parte da cultura, da economia e do lazer do homem.

A domesticação dos equinos como meio de locomoção e no lazer foi benéfico aos humanos, porém trouxe influências negativas em seu processo de seleção. A necessidade do aprimoramento morfológico e funcional pode provocar perda em outras características, por exemplo a atividade reprodutiva (PIMENTEL *et al.*, 1989).

O Brasil possui um rebanho de cavalos de quase cinco milhões de cabeças, divididos em aproximadamente 11 raças: Baixadeiro, Brasileiro de Hipismo, Campeiro, Campolina, Lavradeiro, Mangalarga Marchador, Mangalarga Paulista, Marajoara, Pantaneiro, Puruca e o cavalo Crioulo (FURTADO 2004; GIACOMONI 2007).

A população equina da península ibérica do século XV (Portugal e Espanha) originou o cavalo Crioulo. Acredita-se que o cavalo Crioulo é originário de duas raças: Andaluz e Jacas, as quais eram reconhecidas por sua valentia e resistência. A partir da chegada de Colombo na América em 1492, várias foram as expedições espanholas que trouxeram estes cavalos para o novo continente. Por suas qualidades acima mencionadas, os andaluzes e os jacas teriam sido escolhidos para

cruzar o oceano e também por serem estas raças as que ocorriam nas regiões próximas aos portos de embarque.

Foi atribuída aos colonizadores portugueses e espanhóis a entrada dos primeiros equinos no Brasil (BRAGA, 2000). Portanto, algumas raças, entre elas a dos cavalos Crioulos, Mangalarga e Pantaneiros estão ligadas ao descobrimento e colonização do Brasil onde foram inseridos os primeiros cavalos na América do sul por volta de 1493. Após a chegada a América estes cavalos se disseminaram a partir da Ilha de São Domingos, hoje Republica Dominicana para Panamá, Colombia Chile e Argentina. Este processo durou todo o século XVI. Somente no século XVII é que os cavalos perdidos e abandonados ao longo de todo o território americano do sul, incluindo o Rio Grande do Sul, passaram a viver livres em manadas.

Muitos destes animais trazidos por estas comitivas a partir do século XVII acabavam extraviando-se, passando então a se criar livremente nas planícies da região sul do continente americano vivendo em estado selvagem por cerca de quatro séculos. As duras condições climáticas impostas e toda a dificuldade de encontrar alimento e abrigo acabaram criando, através da seleção natural, uma raça notavelmente resistente à alta amplitude térmica, à seca e à falta de alimento. (ABCCC, 2013).

A partir do século XX foram capturadas manadas selvagens contribuindo para o início da preservação da raça dos cavalos crioulos, além disso surgiram várias associações de fundamental importância para a inclusão da raça no cenário mundial. Os cavalos crioulos ficaram concentrados, principalmente, no sul da América onde hoje estão as regiões compreendidas pela Argentina, Uruguai, Chile, Paraguai e o sul do Brasil. Ainda hoje existem alguns locais onde estes animais são criados livres, em grandes extensões de campos, e somente quando chegam à idade adulta são laçados e domados.

O cavalo crioulo é um dos ícones do Rio Grande do Sul devido a sua fama e importância histórica para o estado. Para exemplificar este fato, foi sancionado em 2002 o projeto de lei 11.826/02 da Assembleia legislativa do Rio Grande do Sul, o qual incluiu o cavalo Crioulo como animal símbolo do estado. Relacionando as atividades da raça crioula dentro do complexo agroindustrial do cavalo, ela participa de todos os aspectos relacionados e em todas as dimensões (antes, dentro e pós-porteira), principalmente no sul do Brasil onde quase metade da população equina é da raça crioula (MATTOS *et al.*, 2010).

**PRPPG – PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**

**2. PROJETO DE PESQUISA**

**Efeito da consanguinidade e da idade materna na estatura e massa corporal de potros crioulos no primeiro dia de vida.**

**Equipe:**

**Orientador**

**Dr. Heden Luiz Marques Moreira**

Professor Adjunto do Depto. De Zoologia e Genética – Instituto de Biologia – UFPel

**Co-orientador**

**Dr. Charles Martins**

Professor Adjunto do Depto. de Clínicas - Faculdade de Veterinária- UFPel

**Colaboradores**

Dra. Carla G. Ávila Moreira – UFPel

M.Sc. Anelise Hammes Pimentel- UFPel

M.V. Rafaela Estevez Jacques – UFPel

**Graduação**

Cândido Vítor Kern Nunes- Aluno Graduação Medicina Veterinária UFPel

Luiza Lopes- Aluna Graduação Medicina Veterinária UFPel

**Cristiane da Silva Brum**

Pelotas-RS, Maio/ 2015

## 2.1 Caracterização do Problema

---

Nas últimas décadas houve um grande crescimento na comercialização de equinos da raça Crioula no Brasil, o mercado reflete as conquistas individuais obtidas em competições da raça. “O vencedor de um Freio de Ouro possui seu preço aumentado quatro ou cinco vezes” (FILHO, 2010).

Este aumento no interesse pela raça fez com que estudos sobre análise de variabilidade genética, aspectos morfológicos e controle de paternidade da raça venham adquirindo uma crescente importância nos últimos anos. Sua criação é uma atividade em expansão no estado e também em nível nacional, por estes animais possuírem grande resistência e agilidade, sendo também adaptados aos serviços do campo (Torres, 1992). O número de registros tem crescido anualmente, sendo que em 2013 foram registrados 27.200 animais, sendo 14.517 fêmeas e 12.683 machos. O total de animais (leiloados e vendidos diretamente) compreendeu 17.418 animais, gerando em 2013 uma movimentação financeira de R\$ 183.170.707,40. (ABCCC, 2014). Atualmente a associação conta com mais de 311 mil animais, mantidos por cerca de 35 mil criadores e proprietários (ABCCC, 2013).

O enfoque em torno da raça crioula traz a necessidade de transformar informações subjetivas passadas de geração em geração em dados científicos, através de estudos que provem que determinadas características possuem relação com o objetivo principal, ou seja, o melhoramento genético na raça.

Com a valorização comercial destes animais, todas as etapas da criação possuem peculiaridades importantes, questões relacionadas ao desenvolvimento do potro, pontos críticos na sua curva de crescimento e qual o período que a égua necessita de maior suplementação nutricional ainda são subjetivos e muitas vezes os dados se baseiam em estudos de outras raças.

Após anos de seleção da raça Crioula no Brasil, é necessária a determinação de características biométricas relacionadas à massa corporal e altura ao nascer que caracterizem o desenvolvimento do potro crioulo, de forma a auxiliar tecnicamente o criador, proporcionando à associação (ABCCC) maior embasamento técnico-científico.

## 2.2 Objetivos e Metas

---

### **Objetivo Geral:**

Este estudo teve por objetivo analisar fatores que influenciam na massa corporal e altura do potro ao nascer.

### **Objetivos específicos:**

- Avaliar a influência da Idade Materna na massa corporal e altura do potro ao nascimento.
- Avaliar influência do sexo do produto nas características massa corporal e peso do potro ao nascer.
- Avaliar a influência do mês de nascimento nestas características.
- Avaliar o efeito da consanguinidade sobre o peso ao nascer e altura do potro.

### **Metas**

- Estabelecer a média de massa corporal e altura do potro crioulo ao nascer e estabelecer fatores que podem influenciar nestas características, fornecendo ao criador dados concretos a serem utilizados como ferramenta em seu criatório.

## **2.3 Metodologia**

---

O experimento foi desenvolvido no estado do Rio Grande do Sul – Brasil, latitude: 30° 59' 59" S, longitude: 52° 02' 54" W, em uma propriedade de criação de equinos pertencentes à raça Crioula.

Foram utilizados para este estudo 482 cruzamentos de animais da raça crioula de distinta origem genética, incluindo reprodutoras, garanhões e seus respectivos potros.

A análise para a obtenção das medidas de estatura e massa corporal dos potros ao nascimento (entre zero e vinte quatro horas) será obtida através de um estudo retrospectivo dos dados obtidos das temporadas de 2009, 2010, 2011, 2012 e 2013 totalizando 482 potros.

### **2.3.1 Manejo do Produto ao Nascer**

A avaliação dos potros foi realizada através da medição da altura da cernelha com o auxílio de um hipômetro posicionado no lado direito do animal, sendo este posicionado em um piso plano.

A massa corporal foi obtida através da pesagem dos potros em balança (zero a mil quilogramas) em seu primeiro dia de vida (zero a 24 horas).

Há variações diurnas de peso, dependendo do intervalo das mamadas que já ocorreu, evacuação ou micção, portanto o momento após o nascimento e a hora das avaliações subsequentes serão padronizadas, sendo de preferência pela manhã em jejum, e caso não seja possível, serão anotadas a hora.

### **2.3.2 Manejo nutricional**

A população experimental será submetida a condições de manejo semelhantes e padrão nutricional homogêneo no intuito de minimizar possíveis interferências. Os animais permanecerão sob condições naturais de campo, tendo acesso à boa qualidade de pasto e água e manejados para manterem-se em boa saúde.

O manejo de todas as reprodutoras será similar em todo período gestacional, ou seja, todas serão mantidas em pastagem com disposição de sal mineral e água “*ad libitum*”, haverá rígido controle sanitário, incluído vacinações e vermífugos.



### **2.3.3 Análise de Consanguinidade**

As estimativas de consanguinidades do potro em relação ao pedigree do pai e da mãe serão obtidas através da análise da genealogia utilizando-se a metodologia definida no programa Pedigree Viewer (versão 6.5, Kinghorn, 2011).

### **2.3.4 Análise de Efeito da Idade Materna**

Para esta análise será utilizado a idade da égua no momento do parto.

### **2.3.5 Análise do Mês de Nascimento**

Utilizando a data de nascimento do potro podemos estimar se há diferença significativa na altura e massa corporal de acordo com o mês de nascimento de cada temporada reprodutiva.

## **2.4 Resultados e Impactos esperados**

---

### **Impacto Social:**

Atualmente muitas informações sobre a criação de equinos da raça Crioula são subjetivas e passadas de geração em geração, buscando dados com embasamento científico este estudo irá fornecer informações concretas para os criadores, para que assim possam utiliza-las como ferramenta no cruzamento de seus animais.

### **Impacto Científico:**

A produção de informação que esteja relacionada com a explicação ou entendimento dos fenômenos de interesse na criação equina será de grande importância para a comunidade científica. Os resultados deste projeto serão apresentados em revistas especializadas e avaliadas pelo Qualis, assim como em congressos da área.

### **Resultados esperados:**

No final do projeto espera-se obter informação suficiente em termos de consanguinidade, idade materna, mês de nascimento do produto que permitam saber se influenciam positivamente ou negativamente a massa corporal e a altura do potro ao nascer.

Com isso também será definido uma média da altura e massa corporal do produto ao nascer, fornecendo ao criador uma ferramenta padrão para avaliação de seus futuros produtos, estabelecendo assim um manejo diferenciado para os animais que nascem abaixo da média de altura e massa corporal, para que este animal tenha condições de se desenvolver adequadamente durante a sua fase de crescimento.

## 2.5 Cronograma do Projeto

---

**Tabela 1.** Cronograma de atividades a realizar em um período de 2013 A 2015.  
Meses

Atividades	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Nov	Dez
Disciplinas Obrigatórias	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	
Coleta de Dados	x	x	x	X							
Revisão Bibliográfica	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	X
Análise Genealógica	x	x	x	X	x						
Análise Estatística			x	X							
Dissertação Final				X							

## **2.6 Aspectos Éticos (quando aplicável)**

---

Para projetos de pesquisa clínica, epidemiológica, ou no âmbito das Ciências Humanas, que envolva experimentos com seres humanos ou animais, explicitar como estão sendo contemplados seus aspectos éticos.

## 2.7 Referências Bibliográficas

---

- 1- FILHO, Irineu Guarnier (2010). Valorização a galope. <http://www.canalrural.com.br/especial/rs/freio-de-ouro-2010/19,0,2884795,Valorizacao-a-galope.html>
- 2- TORRES, A. P. J., W. R., 1992. Criação do cavalo crioulo e outros equinos. Nobel, São Paulo.
- 3- ABCCC (2013). Manual do criador da raça - Histórico da raça. 43 p (<http://www.abccc.com.br> Accessed June 30, 2013).
- 4- ABCCC, 2014. Jornal Cavalo Crioulo. vol. 240, p. 32.

### 3. Revisão de Literatura

---

#### 3.1 Produção Equina no Brasil

De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) o Brasil possui o maior rebanho de equinos na América Latina sendo o terceiro maior produtor mundial da espécie. O rebanho baseado no último censo agropecuário de 2006 é de aproximadamente 5.947.073 animais (incluindo asininos e muares) (IBGE, 2006). Atualmente o rebanho estimado de equídeos é de 8 milhões de cabeças. O Complexo do Agronegócio Cavalo envolve mais de 30 segmentos distribuídos entre insumos, criação e destinação final, responsável pela geração de 3,2 milhões de empregos diretos e indiretos (Ministério da Agricultura - Equídeos, acesso em 20 de abril 2014).

Durante muitos anos a espécie foi utilizada exclusivamente como meio de transporte, principalmente ao homem do campo, e até hoje continua tendo como principal função o trabalho diário nas atividades agropecuárias. Atualmente o uso dos cavalos domesticados não se restringe somente ao uso na agricultura ou consumo, mas também para esporte, recreação, entretenimento e mesmo em terapias (GIACOMONI, 2007). Na história da humanidade nenhum outro animal doméstico ocupou um lugar tão importante nos processos de desenvolvimento social e político como os cavalos. Isto por que desde a antiguidade estes fazem parte da cultura, da economia e do lazer do homem.

A domesticação dos equinos como meio de locomoção e no lazer foi benéfico aos humanos, porém trouxe influências negativas em seu processo de seleção. A necessidade de aprimorar morfológicamente e funcionalmente pode provocar perda em outras características, por exemplo a atividade reprodutiva (PIMENTEL *et al.*, 1989).

O Brasil possui um rebanho de cavalos de quase cinco milhões de cabeças, divididos em aproximadamente 11 raças: Baixadeiro, Brasileiro de Hipismo, Campeiro, Campolina, Lavradeiro, Mangalarga Marchador, Mangalarga Paulista, Marajoara, Pantaneiro, Puruca e o cavalo Crioulo (FURTADO 2004; GIACOMONI 2007).

A população equina da península ibérica do século XV (Portugal e Espanha) originou o cavalo Crioulo. Acredita-se que o cavalo Crioulo é originário de duas raças: Andaluz e Jacas, as quais eram reconhecidas por sua valentia e resistência.

A partir da chegada de Colombo na América em 1492, várias foram as expedições espanholas que trouxeram estes cavalos para o novo continente. Por suas qualidades acima mencionadas, os andaluzes e os jacas teriam sido escolhidos para cruzar o oceano e também por serem estas raças as que ocorriam nas regiões próximas aos portos de embarque.

Foi atribuída aos colonizadores portugueses e espanhóis a entrada dos primeiros equinos no Brasil (BRAGA, 2000). Portanto, algumas raças, entre elas a dos cavalos Crioulos, Mangalarga e Pantaneiros estão ligadas ao descobrimento e colonização do Brasil onde foram inseridos os primeiros cavalos na América do sul por volta de 1493. Após a chegada a América estes cavalos se disseminaram a partir da Ilha de São Domingos, hoje República Dominicana para Panamá, Colômbia Chile e Argentina. Este processo durou todo o século XVI. Somente no século XVII é que os cavalos perdidos e abandonados ao longo de todo o território americano do sul, incluindo o Rio Grande do Sul, passaram a viver livres em manadas.

Muitos destes animais trazidos por estas comitivas a partir do século XVII acabavam extraviando-se, passando então a se criar livremente nas planícies da região sul do continente americano vivendo em estado selvagem por cerca de quatro séculos. As duras condições climáticas impostas e toda a dificuldade de encontrar alimento e abrigo acabaram criando, através da seleção natural, uma raça notavelmente resistente à alta amplitude térmica, à seca e à falta de alimento. (ABCCC, 2013).

A partir do século XX foram capturadas manadas selvagens contribuindo para o início da preservação da raça dos cavalos crioulos, além disso surgiram várias associações de fundamental importância para a inclusão da raça no cenário mundial. Os cavalos crioulos ficaram concentrados, principalmente, no sul da América onde hoje estão as regiões compreendidas pela Argentina, Uruguai, Chile, Paraguai e o sul do Brasil. Ainda hoje existem alguns locais onde estes animais são criados livres, em grandes extensões de campos, e somente quando chegam à idade adulta são laçados e domados.

### 3.2 O Cavalo Crioulo

O cavalo crioulo é um dos ícones do Rio Grande do Sul devido a sua importância histórica para o estado. Para exemplificar este fato, foi sancionado em 2002 o projeto de lei 11.826/02 da Assembleia legislativa do Rio Grande do Sul, o qual incluiu o cavalo Crioulo como animal símbolo do estado. Relacionando as atividades da raça crioula dentro do complexo agroindustrial do cavalo, ela participa de todos os aspectos relacionados e em todas as dimensões (antes, dentro e pós-porteira), principalmente no sul do Brasil onde quase metade da população equina é da raça crioula (MATTOS *et al.*, 2010).

Este aumento no interesse pela raça Crioula fez com que estudos sobre análise de variabilidade genética, aspectos morfológicos e controle de paternidade da raça venham adquirindo uma crescente importância nos últimos anos. Sua criação é uma atividade em expansão no estado e também em nível nacional, por estes animais possuírem grande resistência e agilidade, sendo também adaptados aos serviços do campo (TORRES, 1992). O número de registros tem crescido anualmente, sendo que em 2013 foram registrados 27.200 animais, sendo 14.517 fêmeas e 12.683 machos. O total de animais (leiloados e vendidos diretamente) compreendeu 17.418 animais, gerando em 2013 uma movimentação financeira de R\$ 183.170.707,40. (ABCCC, 2014). Atualmente a associação conta com mais de 311 mil animais, mantidos por cerca de 35 mil criadores e proprietários (ABCCC, 2013).

Nas últimas décadas houve um grande crescimento na comercialização de equinos da raça Crioula no Brasil, o mercado reflete as conquistas individuais obtidas em competições da raça. “O vencedor de um Freio de Ouro possui seu preço aumentado quatro ou cinco vezes” (FILHO, 2010).

Há 30 anos foi criada a competição denominada Freio de Ouro envolvendo cerca de 2000 animais, competindo em credenciadoras, classificatórias e final do Freio de Ouro. Estes eventos tomaram proporções significativas dentro da raça e com isso, o investimento em genética foi e provavelmente continuará sendo um dos critérios mais utilizados pelos criadores de cavalos crioulos, ao adquirir um animal destacado numa competição, e possivelmente utilizado mais intensivamente na reprodução.

O enfoque em torno da raça crioula traz a necessidade de transformar informações subjetivas passadas de geração em geração em dados científicos,



através de estudos que provem que determinadas características possuem relação com o objetivo principal, ou seja, o melhoramento genético na raça.

Com a valorização comercial destes animais, todas as etapas da criação possuem peculiaridades importantes, questões relacionadas ao desenvolvimento do potro, pontos críticos na sua curva de crescimento e qual o período que a égua necessita de maior suplementação nutricional ainda são subjetivos e muitas vezes os dados se baseiam em estudos de outras raças.

Após anos de seleção da raça Crioula no Brasil, é necessária a determinação de características biométricas relacionadas à massa corporal e altura ao nascer que caracterizem o desenvolvimento do potro crioulo, de forma a auxiliar tecnicamente o criador, proporcionando à associação (ABCCC) maior embasamento técnico-científico.

A pesquisa focada na raça crioula caminha para um maior desenvolvimento científico em várias áreas, desde a reprodução, clínica, cirurgia e neonatologia, sendo ainda poucos os estudos na raça crioula.

Ter potros com desenvolvimento ótimo é o desejo entre os criadores, porém uma das preocupações é como atender uma taxa de crescimento adequada, visto que a curva de desenvolvimento dos equinos em seu primeiro ano de vida é bastante acentuada requerendo uma maior atenção nesta fase (SANTOS *et.al.* 1995; SOUZA *et.al.*1997).

Diversos pesquisadores avaliaram a velocidade de crescimento de diferentes raças equinas. Santos *et.al.* (1999), diz que a altura dos potros ao nascimento representa cerca de 60% da sua altura adulta. REZENDE (1998), afirma que os potros de raça de sela atingem 80 % da altura final adulta aos seis meses de idade (período de desmama) a aos doze meses atingem de 85- 90% da sua altura final. Os percentuais de peso são inferiores a 45% o desmame e 65% aos doze meses.

Ao nascimento os potros apresentam desenvolvimento avançado e seu crescimento em altura é rápido até um ano de idade, principalmente nos três primeiros meses (SOUZA *et.al.*, 1997).

Hintz (1979), afirma que a o peso do potro ao nascer está altamente correlacionado com o peso e a altura aos doze meses (0,61 e 0,50 respectivamente), porém a altura ao nascimento não está correlacionada com a altura aos 12 meses.

Kurtz Filho & Löf (2007), ressaltam que são ainda raros os trabalhos científicos com este grupo genético e dados biométricos, envolvendo potros crioulos são escassos. O mercado justifica a realização de pesquisas na área, pois a atividade envolve diferentes segmentos da sociedade, com significativo impacto econômico.

Alguns trabalhos têm sido realizados, a fim de caracterizar crescimento corporal em equinos da raça crioula, RODRIGUES *et al.* (1999), descreveu o desenvolvimento ponderal em potros da raça Crioula, Hintz *et al.* (1979), publicou dados sobre o ganho de peso, e altura, de cavalos da raça Puro Sangue Inglês, que juntamente com outros estudos proporcionaram informações sobre ganho de peso e sobre desenvolvimento de diferentes segmentos corporais.

Recentemente, um grupo de pesquisadores, no Sul do Rio Grande do Sul (SOUZA *et al.*, 2011), estudando potros crioulos de origem chilena, descreveram que o desenvolvimento corporal mais acentuado em potros crioulos foi observado do nascimento até quatro meses de idade, a altura da cernelha, perímetro torácico e comprimento corporal apresentaram tendência a aumento após o desmame (oito meses), não sendo possível identificar efeito significativo do sexo em nenhuma das variáveis analisadas.

Reed e Dunn (2007) relataram uma correlação significativa entre a altura ao nascer e a altura do mesmo animal em idade adulta, concluindo que a altura ao nascer poderia ser utilizada como um indicador preciso de altura na idade adulta.

### **3.3 Morfologia do Cavallo Crioulo**

Ao analisarmos animais da raça Crioula, fazemos uma inspeção de todas as regiões do conjunto dividindo em três partes, anterior, centro e posterior. A cabeça segue com perfil sub-convexo, retilíneo e sub-côncavo, ganachas delineadas, fortes e moderadamente afastadas. Possuem frente larga e bem desenvolvida e o chanfro curto e largo com comprimento total relativamente curto. As orelhas afastadas bem inseridas e com mobilidade, os olhos proeminentes e bem vivos (ABCCC, 2005).

O pescoço com saídas e inserções a cabeça limpas e resistentes ao tórax rigorosamente apoiadas ao peito. O bordo superior sub-convexo, com crinas grossas e abundantes. O bordo Inferior retilíneo largura amplo, forte e bem musculoso com comprimento mediano (ABCCC, 2005).

A linha superior é moderada e bem musculada, o dorso mediano e bem unido a cernelha e lombo este deve ser forte e unido suavemente ao dorso e a garupa. A garupa moderadamente larga e comprida, levemente inclinada, proporcionando boa descida muscular para os posteriores com inserção da cola proporcionando uma perfeita continuidade a linha superior da garupa.

O tórax que é formado por peito, paletas e costelas. O peito deve ser largo e profundo para os encontros (abertura de peito) serem bem separados e musculosos, as paletas devem ter inclinação e comprimento medianos, musculadas caracterizando encontros com amplitude satisfatória com costelas arqueadas e profundas (ABCCC, 2005).

Ventre com formato sub-convexo, com razoável volume e perfeitamente unido ao tórax e flanco, este sendo curto, cheio e unido harmonicamente ao ventre e posterior.

Os membros anteriores e posteriores devem ser musculosos com braços inclinados com cotovelos afastados, antebraços afinando-se até altura do joelho, estes sendo fortes e nítidos no eixo com canelas curtas e com tendões fortes e definidos e bem equilibrados (ABCCC, 2005)

As medidas de avaliação técnicas da raça Crioula seguem parâmetros, estes são específicos para evitar que animais não aptos a serem confirmados integrem o quadro genealógico da raça, evitando animais descendentes de biótipos indesejáveis (Tabela 1).

Tabela 1: Medidas de machos e fêmeas de eqüinos dentro da raça Crioula.

Machos	Fêmeas
Altura: 1,40 até 1,50 cm	Altura: 1,38 até 1,50 cm
Tórax: Mínimo 1,68 cm	Tórax: Mínimo 1,70
Canela: Mínimo: 0,18 cm	Canela: Mínimo 0,175

Fonte: ABCCC, 2006.

### 3.4 Coeficiente de Consanguinidade

Consanguinidade ou endogamia é um método de seleção que tem como finalidade fixar características desejáveis no plantel, definida como sendo o grau de parentesco entre animais que têm ancestrais em comum. Todavia, muito se comenta

quanto aos riscos da prática subjetiva da consanguinidade, sem embasamento técnico. Como a consanguinidade favorece o emparelhamento de genes semelhantes, o resultado também poderá ser o emparelhamento dos genes recessivos, (FILHO, 2003)

A base dos cruzamentos da raça crioula no Brasil descende de garanhões importados do Chile, dentre eles podemos citar Tren Tren Arrebol, La Invernada Hornero, La Invernada Aniversário, estes garanhões estão presentes na genealogia de inúmeros animais registrados na ABCCC.

Diversos tipos de acasalamentos são praticados na raça crioula, os quais envolvem ou não indivíduos aparentados. Portanto, diferentes níveis de consanguinidade podem ser observados na raça nas diferentes populações que a compõem. Até o presente momento nenhum trabalho tem correlacionado coeficientes de consanguinidade e seu impacto sobre determinadas características na raça Crioula.

Os efeitos da consanguinidade podem ser diversos, sendo que alguns deles podem causar diminuição do valor adaptativo e conseqüentemente diminuir o desempenho dos indivíduos. Apesar desta desvantagem, a consanguinidade apresenta a vantagem de reduzir o acúmulo de mutações recessivas nos genomas (JOLY, 2011). A consanguinidade pode ser estimada a partir de dados genealógicos e/ou análise moleculares (LI *et al.*, 2011).

Langlois *et al.* (2004) em um estudo retrospectivo sobre fatores que levavam a perda de gestação, observou que quanto maior a consanguinidade nos cruzamentos, maiores as chances de perda da gestação.

Os efeitos maternos são mais importantes que os efeitos genéticos diretos no crescimento dos potros no período pós-natal inicial, porém com o passar do tempo a importância da influência materna diminui e os efeitos genéticos diretos tornam-se influenciadores primários no crescimento. (POOL-ANDERSON *et.al*, 1994). Hintz (1982) relata que a herdabilidade do peso do potro ao nascer é relativamente baixa (0,15 a 0,25).

### **3.5 Estimativas de herdabilidade para as características de interesse**

Poucos estudos na raça crioula relatam a herdabilidade de características maternas e paternas nos potros, a busca de ótima morfologia e funcionalidade é a

base dos cruzamentos modernos. No Puro Sangue de Corrida a preservação da velocidade é a característica mais importante de seleção, (VAROLA. 1977).

Analisando as taxas de *handicap* de 1.158 animais Puro Sangue de Corrida com três anos de idade, Field e Cunningham (1976), obtiveram estimativas para os efeitos do sexo, da correlação entre as coberturas, da eficiência de seleção de machos e fêmeas e a herdabilidade para desempenho em corridas. Os resultados indicam uma herdabilidade em torno de 0,35 a 0,40, alguma variabilidade entre as coberturas e alta eficiência na seleção para desempenho.

Verificando a influência de algumas características no desempenho de animais PSC, Mota (1996) observou valores baixos (<0,15) ou médios de (0,15 a 0,40) de herdabilidade. A baixa herdabilidade foi associada ao número de vitórias (0,11), rendimentos monetários (0,14) e melhor tempo de vitória (0,12). A herdabilidade média foi observada no número de largadas (0,22) e percentual de vitórias (0,33).

Hintz (1980) observou altos valores de herdabilidade para o desempenho atlético (0,55), logaritmo de prêmios (0,49) e peso de handicap (0,49) e herdabilidade baixa para o tempo de corrida (0,15) e prêmios recebidos (0,09).

O estudo de Gaffney e Cunningham (1998) mostrou que 80% dos animais PSC derivam de 31 ancestrais conhecidos. Apesar da intensa seleção genética na escolha dos ganhões baseadas em suma no desempenho nas corridas, os tempos dos páreos especiais na Inglaterra não apresentaram melhora.

Cunningham (1991) estudando 10.569 produtos nascidos entre 1961 e 1964 na Irlanda, observou que nos pedigrees analisados quatro ganhões considerados como os melhores contribuíram com um terço dos genes da atual população e que 21 cavalos são responsáveis por 80% dos genes da população moderna.

O autor acima também relata que os coeficientes de consanguinidade de uma amostra de animais investigados desde a fundação da raça, representaram 12,5% e na comparação com a taxa de partos de animais de diferentes níveis de consanguinidade demonstraram que a fertilidade diminuiu em 7% para cada 10% de aumento de consanguinidade. A herdabilidade do desempenho em corrida, medida em 31.263 animais de três anos de idade foi em torno de 35%. Utilizando este valor de herdabilidade foi estimado que a taxa de *Timeform* melhorou 0,92 unidades por ano, valor este próximo na atual tendência genética de 0,94 unidades, estimado a partir de dados de 11.328 ganhões nascidos entre 1952 e 1977. Estes resultados

demonstram que para a taxa de fertilidade aumentar em 8% a cada geração, haverá uma seleção positiva, permitindo compensar a depressão causada pela consanguinidade.

### 3.6 Efeito Materno

O potencial genético de um potro é resultado dos genes maternos e paternos, no PSC genericamente considera-se que a égua contribui com 5 a 10% a mais que o garanhão, isto se deve a fatores não genéticos de influência materna no feto em crescimento e no potro, incluindo a proteção intra-uterina e a nutrição durante a gestação, tamanho uterino, habilidade materna e leiteira (HINTZ, 1979).

A idade da égua possui influência na estrutura do potro ao nascer, éguas com menos de oito anos ou mais de dezessete anos produzem potros menores que as com idade entre oito e doze anos, isto devido a falhas de transferência de nutrientes ao feto. Em éguas primíparas o primeiro potro tende a ser menor que os de geração futura (HINTZ, 1979).

Langlois *et al.* (2012), em um estudo retrospectivo sobre fatores que levavam a perda de gestação, constatou que dentre os principais estavam a idade materna, onde observou que as perdas eram menores em éguas entre sete e dez, sendo maiores as perdas antes dos sete anos ou acima de dez anos.

Elliott *et al.* (2008), em um estudo retrospectivo em reprodutoras da raça Puro Sangue Inglês, concluiu que a paridade das reprodutoras possui mais influência do que a idade das mesmas no peso dos potros ao nascer e no peso da placenta. Este fato também foi mencionado por Wilsher e Allen (2000), os autores também relataram que a paridade é mais importante na determinação do peso do potro ao nascer do que a idade da égua, devido a éguas primíparas possuírem placentas com reduzida superfície de microcotilédones que juntamente com a redução do volume e densidade corial, resulta em menor área total disponível para troca de nutrientes e gases.

O fator materno possui grande influência no peso do potro ao nascer, éguas maiores influenciam diretamente nesta característica, provavelmente devido ao ambiente uterino e nutrientes que chegam até o feto (HINTZ, 1982).

Glade (1993) relata que o desenvolvimento ósseo requer extensa transferência de minerais maternal durante o final da gestação e da lactação. A lactação afeta a integridade óssea, adequadas dietas de cálcio durante a gestação e

início da lactação previnem estas perdas. Diferenças estruturais dos potros ao nascer podem refletir em diferenças nas dietas das éguas durante a gestação.

Éguas a campo com adequado sistema de pastejo podem manter uma alta produção de leite, atendendo a demanda de cálcio da lactação para o eficiente crescimento do potro (MARTIN *et al.*, 1992).

Ainda são poucos os estudos dentro na raça crioula, o seu crescimento nas últimas décadas faz aumentar a exigência de informações com embase científico, para que assim criadores, veterinários, zootecnistas, dentre outros profissionais ligados a raça possam obter informações verdadeiras no intuito de auxiliar a criação e direcionar os cruzamentos.

### **3.7 Influência Paterna**

Atualmente no cenário da raça crioula, muitas são as opções de cruzamentos, cada criatório mantém a sua peculiaridade, o seu tipo morfológico e sua característica funcional. Muitos dos mais importantes garanhões crioulos modernos descendem dos pais da raça como La Invernada Hornero, La Invernada Aniversário, Tren Tren Arrebol e Trongol Pilpilco.

A influência paterna na raça crioula é observado subjetivamente e ainda faltam trabalhos com embasamento genético para então comprovar questões de herdabilidade por influência do garanhão.

Pesquisas no PSC demonstraram inequivocamente que animais com desempenho superior em uma categoria específica como idade, tipo de pista, classe de corrida, podem ser estatisticamente diferenciados por seu pedigree de outros animais também superiores em outras categorias (ROMAN, 2001).

Chrzanowski e Koebecke (1993) analisaram dados de 2.128 cavalos PSC de dois anos de idade, filhos de 55 garanhões e de 1.944 cavalos de três anos de idade, filhos de 54 garanhões que participaram de corridas na década de 70 e 80 na Polônia, verificando que a herdabilidade do desempenho em corrida aos dois e três anos de idade foi de 0,25 e 0,18 respectivamente. O desempenho foi significativamente afetado pelo garanhão, criatório, treinador, sendo que os garanhões importados obtiveram melhor desempenho do que os poloneses.

A duração do período de gestação das éguas também sofre influência do garanhão, Dusek e Munk (1981) avaliando o tempo de gestação de éguas no

período de 1880 e 1972 concluindo que o encurtamento do período gestacional está relacionado com o aumento da idade do garanhão.

### **3.8 Efeito do Mês de Nascimento**

O mês de nascimento do potro tem sido utilizado em alguns casos como fator de decisão na compra de cavalos de corrida, principalmente os que irão participar de provas aos dois anos de idade.

A estação do ano tem sido reportada como um fator de influência no peso do potro ao nascer, na raça PSI (Puro Sangue Inglês), os potros nascidos mais tarde na estação reprodutiva pesam em torno de 5 kg a mais e são 2 cm mais altos, potros nascidos com menos de 41 kg possuem menor chance de vencer uma corrida comparado a potros maiores (Hintz, 1979).

Mota (1997) relata que no PSI a diferença de idade baseada no mês de nascimento pode afetar a maturidade e o desempenho nas primeiras temporadas corrida.

Coloma et al (1999) em um estudo retrospectivo dos resultados das quinze mais importantes corridas clássicas chilenas de animais de dois a três anos observaram que os nascidos nos meses de agosto e setembro possuíam maior probabilidade de participar de corridas clássicas do que os nascidos nos meses de outubro e novembro.

O mês de nascimento, segundo Langlois & Blouin (1997) teve aspecto significativamente positivo no desempenho dos cavalos de corrida. O autor verificou que quanto mais cedo o nascimento do produto, melhor a sua performance esportiva. Esta vantagem decresceu com a idade mas permaneceu de maneira significativa durante a campanha atlética, com isto os autores sugerem que o mês de nascimento deve ser utilizado como ferramenta de seleção na escolha de animais atletas.

Langlois & Blouin (1998) verificaram também que o efeito do mês de nascimento torna-se inexistente aos quatro anos de idade.

Moritsu *et al.* (1998) analisou 1.803 PSC de 4 anos e 2.067 de 5 anos verificando efeito significativo no mês de nascimento, os animais de ambas idades nascidos nos meses de janeiro e fevereiro obtiveram melhor performance que os nascidos em maio e julho.



Contrariando os autores acima Scharnhöz (1976) observou que os cavalos nascidos no início da temporada oficial obtiveram resultados inferiores do que os nascidos no fim da mesma temporada.

### **3.9 Sexo do Produto**

Segundo Mota (1997) geralmente os machos são superiores as fêmeas no desempenho esportivo, mesmo correlacionando o desempenho das melhores fêmeas com os melhores machos a média é inferior.

Harkins *et al.* (1992) concluiu que machos foram mais rápidos que fêmeas em todas as corridas de 1200 e 1600 metros, não observando diferença nos resultados em relação a idade.

Avaliando os dados obtidos do *General Handicap* de cavalos PSC alemães, verificou-se que a média de duração dos animais no turfe é de quatro anos, sendo que a principal diferença entre machos inteiros e fêmeas foi o início e término mais cedo nas fêmeas e mais tarde nos machos (DUSEK *et al.*, 1991).

Coloma *et al.* (1999) comparou o sexo dos produtos que disputaram corridas clássicas no Chile, observou que as fêmeas tiveram uma percentagem significativamente menor de acesso a estes páreos, possuindo chance de 77,2 % de participar.

### **3.10 Estatística**

Diversas metodologias podem ser utilizadas para estimação de componentes de variância e parâmetros genéticos (entre eles a herdabilidade e correlações genéticas). O uso de modelos lineares e REML (MEYER 1991; KAPS *et al.*, 2010) é ainda amplamente utilizado para estimação de componentes de variância (MAGNABOSCO *et al.* 2000). Além da variação na metodologia de estimação dos componentes de variância e parâmetros genéticos, os modelos podem empregar diferentes parâmetros (efeitos aleatórios), os quais geram estimativas diferentes para a mesma característica. Estimativas diferentes para mesma metodologia empregada podem ser obtidos dependendo da estrutura de dados (KAPS *et al.*, 2010). Portanto, em muitas situações diversos modelos devem ser avaliados de forma a compreender melhor as relações entre os efeitos aleatórios que estão sendo modulados, pois caso contrário estimativas completamente diferentes das reais podem ser obtidas. Portanto, teste de diferentes modelos, no

que diz respeito a composição e número de efeitos aleatórios devem ser avaliados e a significância destes efeitos estimados. Para identificação da significância de efeitos aleatórios podem ser utilizados o teste de proporção de verossimilhança (DOBSON, 1990). Apesar de apresentar uma limitada sensibilidade (SOUTHWOOD *et al.*, 1989) este é um método amplamente utilizado. Os critérios de informação de Akaike (AIC) e Bayesianos (BIC), os quais também utilizam o logaritmo da função de verossimilhança obtida pelo modelo para testar os efeitos aleatórios, levam em consideração o número de parâmetros do modelo, número total de observações e posto da matriz.

#### **4. Artigo**

---

**Artigo a ser enviado para periódico Pesquisa Agropecuária Brasileira**

## **Estimativas de parâmetros genéticos para altura a cernelha e peso ao nascer em equinos da raça Crioula**

Cristiane da Silva Brum<sup>1</sup>, Carla Giovane Avila Moreira<sup>2</sup>, Charles Martins<sup>3</sup>, Heden Luiz Marques Moreira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mestranda Departamento de Zootecnia- UFPel

<sup>2</sup> Doutoranda Departamento de Genética- UFPel

<sup>3</sup> Professor Adjunto do Depto. de Clínicas- Faculdade de Veterinária- UFPel

<sup>4</sup> Professor Adjunto do Depto. de Zoologia e Genética- Instituto de Biologia- UFPel

### **Resumo**

O objetivo do presente trabalho foi estimar a variância e covariância e os parâmetros genéticos para altura da cernelha e peso no nascimento de potros da raça Crioula. Foram avaliados 479 potros (209 machos e 270 fêmeas) nascidos entre os anos de 2009 e 2013 no Rio Grande do Sul (Brasil). Foram avaliados 3 modelos para estimação dos componentes de variância e parâmetros genéticos, em análises univariada e bivariada. O modelo I considerou os efeitos genéticos direto como aleatórios, e efeitos fixados do sexo, ano e mês de nascimento e como covariáveis o efeito linear do inbreeding e efeito linear e quadrático da idade da mãe ao parto. Alternativamente a idade da mãe ao parto foi substituída pela ordem de parição como efeito fixo do modelo. Além dos efeitos fixados e covariáveis utilizados no modelo I foram incluídos para o modelo II o efeito materno aleatório e para o modelo III o efeito materno aleatório e o efeito de ambiente permanente. Comparação e ajustes dos modelos foram acessados através do critério de informação de Akaike e Bayesiano e LTR. De acordo com o teste de razão de verossimilhança (LTR), o modelo I foi o mais adequado para ajustar os efeitos estudados. As estimativas de herdabilidade dos efeitos genotípicos ( $h^2$ ) e respectivos erros padrão obtidas com a análise bivariada para altura a cernelha e peso ao

nascer foram 0,63 ( $\pm 0,14$ ) e 0,45 ( $\pm 0,12$ ), respectivamente. As correlações genéticas e fenotípicas foram 0,92 ( $\pm 0,10$ ) e 0,20 ( $\pm 0,10$ ), respectivamente. Em virtude da moderada a alta herdabilidade estimadas para peso e altura da cernelha ao nascer, as quais indicam a existência de variabilidade genética aditiva pode-se concluir que a seleção para qualquer uma destas características será efetiva. Devido à alta correlação entre estas características, uma seleção para peso pode produzir uma razoável resposta a seleção na altura do animal e vice-versa

**Termos para indexação:** Herdabilidade, raça de cavalo Crioulo, potros.

## **Estimates of genetic parameters for weight and wither height at birth in Crioulo horse breed.**

### **Abstract**

The objective of this work was to estimate the (co)variance and the genetic parameters for wither height and birth weight, in foals from Crioulo horse breed. We evaluated 479 foals (209 males and 270 female) born from 2009 to 2013 in Rio Grande do Sul state (Brazil). We evaluated three models for estimation of (co)variance components and genetic parameters in univariate and bivariate analyzes. The model I considered the direct genetic effects as random ones, as fixed, the effects of sex and month and year of birth and as covariates the linear effect of inbreeding and linear and quadratic age of mare at parity. Alternately, age of mare at parity was changed by parity order as fixed effect of model. Besides of fixed effects and covariates used in model I were included to model II the random maternal genetic effect and to model III the random maternal genetic and permanent environment effects. Comparison of adjustments models were accessed through the LTR and Information Criterion of Akaike and Bayesian. Comparison and fits of the models were assessed by using Akaike and Bayesian information criteria. The likelihood ratio test indicated Model I best fitted the data. Heritability estimates of genotypic effects ( $h^2$ ) and standard errors obtained with bivariate analysis to the withers height and birth weight were  $0.63 (\pm 0.14)$  and  $0.45 (\pm 0.12)$ , respectively. The genetic and phenotypic correlations were  $0.92 (\pm 0.10)$  and  $0.20 (\pm 0.10)$ , respectively. Because of the moderate to high heritability estimates for weight and wither height at birth, which indicate the existence of genetic variability additive it can be concluded that the selection of any of these traits will be effective. A selection for birth weight will produce a reasonable change for wither height, due to the high correlation between these characteristics.

**Index terms: heritability, Crioulo horse breed**

## **Introdução**

A raça de cavalos Crioulo tem mostrado um crescimento significativo nos últimos anos. Segundo Moreira (2014) foram registrados 27.200 animais em 2013, sendo compostos por 14.517 fêmeas e 12.683 machos. Ainda segundo este autor a movimentação financeira neste ano com a raça Crioula foi de R\$ 183.170.707,40. De acordo com a Associação Brasileira de Cavalos Crioulo (ABCCC, 2013) a raça atualmente conta com mais de 311 mil animais registrados.

O padrão racial definido pela ABCCC, 2013, que mantém os registros dos equinos da raça Crioula, baseia-se nas características externas e na mensuração da espessura da canela e da altura na cernelha, sendo que valores mínimos para machos e fêmeas existem para esta última mensuração. Animais que não atingem altura mínima ou ultrapassam o valor máximo não são registrados. Portanto, isto é uma fonte de preocupação para os criadores da raça, ao realizar os acasalamentos. Segundo o padrão, para machos a faixa aceitável para registro está entre 1,40 e 1,50 cm para machos e de 1,38 a 1,48 para fêmeas. Portanto, se caracterizando como uma raça de tamanho mediana, a qual vem mantendo o seu porte em função deste controle estabelecido pela ABCCC. Segundo Meira (2010) a morfologia tem grande importância em programas de melhoramento genético em equinos, tanto pelo aspecto econômico, como por sua relação funcional com o desempenho dos animais em diferentes atividades.

A seleção animal após avaliação genética depende de vários fatores segundo Sarmiento *et al.* (2006), entre eles a disponibilidade de componentes de variância e covariância e estimativas de parâmetros genéticos para as características de interesse. O melhoramento animal utiliza os componentes de co-variâncias para estimação da herdabilidade e correlações genéticas, ambientais e fenotípicas, construção de índices de seleção, estimação do valor

genético, e para o planejamento dos próprios programas de melhoramento genético, entre outros (HENDERSON, 1986).

Diversos métodos podem ser utilizados para estimação dos componentes de variância e covariância e parâmetros genéticos. O uso de modelos lineares e REML (MEYER, 1991, KAPS *et al.*, 2010) é ainda amplamente utilizado para estimação de componentes de variância (MAGNABOSCO *et al.* 2000). Além da variação na metodologia de estimação dos componentes de variância e parâmetros genéticos, os modelos podem empregar diferentes parâmetros (efeitos aleatórios), os quais geram estimativas diferentes para a mesma característica. Outra fonte de variação de estimativas, diz respeito a estrutura dos dados, a qual interfere na escolha da metodologia e modelo de análise (KAPS *et al.*, 2010).

Estimativas de componentes de variância e herdabilidade para caracteres de peso e conformação são escassos em equinos de raça brasileira. No tocante ao peso ao nascer nenhuma estimativa de herdabilidade foi encontrada e para altura da cernelha ao nascimento somente as estimativas providenciadas por Kaps *et al.* (2010).

O conhecimento de parâmetros genéticos para características morfométricas de peso e altura da cernelha é importante na tomada de decisões em programas de melhoramento genético. Considerando a importância econômica que a raça Crioula vem demonstrando e a falta de estudos relacionados a estimativas de parâmetros genéticos nesta raça, o objetivo deste estudo foi estimar a herdabilidade e correlações fenotípicas e genética para peso ao nascer e altura na cernelha para equinos da raça Crioula. Dado a ampla troca genética entre manadas de equinos da raça Crioula do Brasil, Argentina e Uruguai, as informações aqui obtidas são extensivas a estes países.



## Material e Métodos

O presente estudo incluiu dados de peso ao nascer e altura na cernelha coletados de 2009 a 2013 em um rebanho equino localizado no município de Cristal-RS. Todos os dados coletados foram de animais registrados no Studbook da Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Crioulo (ABCCC). Os dados coletados foram tomados no dia do nascimento. Foram anotados dados de 480 potros (machos e fêmeas), filhos de 34 garanhões e 231 éguas. O número de observações por sexo, ano e mês de nascimento é apresentado na Tabela-1.

A análise para avaliação da altura da cernelha dos potros foi realizada com o auxílio de um hipômetro posicionado no lado direito em piso plano e a massa corporal foi obtida através da pesagem dos potros em balança (zero a mil quilogramas) em seu primeiro dia de vida.

Há variações diurnas de peso, dependendo do intervalo das mamadas que já ocorreu, evacuação ou micção, portanto o momento após o nascimento e a hora das avaliações subsequentes foram realizadas no período da manhã.

A população experimental foi submetida a condições de manejo semelhantes e padrão nutricional homogêneo no intuito de minimizar possíveis interferências. Os animais permaneceram sob condições naturais de campo, tendo acesso à boa qualidade de pasto e água “ad libidum”, disposição de sal mineral, rígido controle sanitário, incluído vacinações e vermífugos

No estudo preliminar, foram avaliados os efeitos fixos do modelo. A checagem e influência foi realizada usando o procedimento MIXED do SAS com a inclusão somente dos efeitos fixos ajustados (SAS, 1998). Previamente foram obtidos os coeficientes de endogamia utilizando a matriz completa de informações obtidas pelos registros genealógicos junto a ABCCC. Para obtenção dos coeficientes de endogamia foi utilizado o programa Pedigreeviewer (KINGHORN, 2011).

Parâmetros genético, incluindo componentes de variância e proporções, foram estimados usando procedimento máxima verossimilhança restrita (REML) baseado no modelo animal, usando o programa Wombat (MEYER, 2010) o qual permitiu incluir regressões em um modelo misto com covariáveis (idade da mãe e consanguinidade). Três modelos foram avaliados:

$$\text{Modelo I: } \mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Za} + \mathbf{e}$$

$$\text{Modelo II: } \mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Za} + \mathbf{Wc} + \mathbf{e}$$

$$\text{Modelo III: } \mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Za} + \mathbf{Mm} + \mathbf{Wc} + \mathbf{e}$$

Onde  $\mathbf{y}$  o vetor de observações fenotípicas,  $\mathbf{b}$  é o vetor de efeitos fixos (média geral, sexo, ano e mês de nascimento),  $\mathbf{a}$  é o vetor de efeitos genéticos aditivos,  $\mathbf{c}$  é o vetor de efeitos materno aleatórios (efeitos genéticos e de ambiente) (KRUUK, 2004),  $\mathbf{m}$  = vetor de valores genéticos aditivos maternos;  $\mathbf{c}$  = vetor de efeitos de ambiente permanente; e  $\mathbf{e}$  é o vetor de efeitos residuais (efeitos ambientais e não aditivos).  $\mathbf{X}$ ,  $\mathbf{Z}$ ,  $\mathbf{M}$  e  $\mathbf{W}$  são matrizes de incidência respectiva para cada efeito. Os efeitos aleatórios são assumidos seguirem uma distribuição normal uni ou multivariada.

Pressuposições:  $E(\mathbf{y}) = \mathbf{X}\beta$   $E(\mathbf{a}) = 0$ ,  $E(\mathbf{m}) = 0$ ,  $E(\mathbf{c}) = 0$  e  $E(\mathbf{e}) = 0$ .

$$\text{Var} \begin{bmatrix} \mathbf{a} \\ \mathbf{m} \\ \mathbf{c} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A\sigma_m^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_{nv}\sigma_c^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{nb}\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

em que:  $A$  = matriz de parentesco genético aditivo;  $I_{nv}$  e  $I_{nb}$  = matrizes identidade de dimensão número de mães ( $nv$ ) e total de observações ( $nb$ );  $\sigma_a^2$  = variância genética aditiva direta;  $\sigma_m^2$  = variância genética aditiva materna;  $\sigma_c^2$  = variância de ambiente permanente materno;  $\sigma_e^2$  = variância residual.

Para verificar a significância dos efeitos aleatórios incluídos nos modelos e definir o modelo mais adequado, foi utilizado o teste de razão de verossimilhança (LRT) (DOBSON, 1990) e análise de Deviance (RESENDE, 2006).

A herdabilidade no sentido restrito ( $h^2$ ) e estimativas de efeito comum materno serão calculados para altura a cernelha e peso ao nascer, como segue:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2}$$

$$h^2m = \frac{\sigma_m^2}{\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2}$$

Respectivamente, onde  $\sigma_a^2$  é a variância genética aditiva,  $\sigma_c^2$  é a variância do efeito de ambiente materno comum (combinação do efeito de ambiente comum da progênie, com ¼ do efeito não aditivo e com o efeito materno, sem a estrutura genética), e  $\sigma_e^2$  a variância residual  $\sigma_e^2$ .

As correlações genéticas entre as variáveis serão obtidas como segue:

$$r_{xy} = \sigma_{xy} / \sqrt{\sigma_x^2 \sigma_y^2}$$

onde  $\sigma_{xy}$  é a covariância genética entre a altura a cernelha e o peso ao nascimento,  $\sigma_x^2$  e  $\sigma_y^2$  são as variâncias genéticas aditivas para as características altura a cernelha e peso ao nascer.

Ajustes do modelo da estrutura de variância foram comparados através do uso de  $-2\log$  restricted likelihood ( $-2\log RL$ ), critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação Bayesiana (BIC), considerando os mesmo efeitos fixados nos modelos propostos. O AIC é definido como  $-2\log RL + 2p$  e BIC como  $-2\log RL + p \log(df)$ , onde  $p$  é o número de parâmetros e  $df$  os graus de liberdade residual. O AIC e BIC providenciam medidas do número de parâmetros ajustados, e  $-2\log RL$  explica o ajuste geral (KAPS *et al.*, 2010).

Após avaliação inicial isolada ou conjuntamente do efeito genético materno direto e de ambiente materno permanente verificou-se que, ao incluir ambos no modelo não houve convergência. Possivelmente a estrutura e o volume de dados disponíveis influenciaram este resultado. Portanto, para as análises finais foi considerado somente os modelos contendo somente o efeito genético direto e de ambiente materno permanente (Modelo I e II).

### **Resultados e Discussão**

O peso médio e a altura média na cernelha e respectivos erros-padrões foram 45,92Kg ( $\pm 5,67$ ) e 90,56 cm ( $\pm 2,67$ ), com coeficientes de variação de 12,34% e 2,94%, respectivamente.

Não houve efeito significativo do sexo do potro sobre o peso ao nascer ( $P = 0,6081$ ) e a altura da cernelha ( $P=0,4307$ ) (Tabela-1). Heusner (1992) também não encontrou diferença significativa do sexo sobre o peso ao nascer. Embora, não tenha sido o objetivo, em análise prévia se constatou que embora não haja uma relação direta entre peso do potro e duração da prenhez, existe um efeito do sexo na duração da mesma. Parece haver um efeito compensatório estendendo a gestação nos machos, de forma a retirar o efeito do mesmo no peso ao nascer, o que faz com que machos e fêmeas apresente pesos e alturas muito semelhantes ao nascimento. Por outro lado, em pôneis não foi constatado nenhuma relação entre a duração da prenhez e a dimensão do feto (WALTON & HAMMOD, 1938), de forma que fosse constatado tal relação.

Não houve efeito significativo do ano de nascimento sobre o peso ao nascer e altura a cernelha ( $P > 0,05$ ). Isto provavelmente, seja reflexo das condições de manejo apresentadas neste rebanho ao longo dos anos, as quais têm sido aplicadas uniformemente a todos os animais da propriedade. Houve efeito significativo do mês de nascimento do potro para peso ( $P < 0,0001$ ) e altura a cernelha ( $P < 0,0046$ ). Os maiores valores de peso foram obtidos para

o nascimento nos meses de agosto a outubro (Tabela-2). Resultado semelhante do efeito do ano sobre o peso ao nascer foi obtido por Heusner (1992) em cavalos da raça Quarto de milha americano, porém os valores maiores foram obtidos para os meses de abril e maio, resultado provavelmente referente a diferença de hemisfério de criação.

A consanguinidade média obtida com o software Pedigree viewer foi de 0,026 ( $\pm 0,03$ ) e os valores mínimo e máximo foram de 0 e 0,297, respectivamente. A consanguinidade utilizada como covariável com efeito linear foi significativa ( $P < 0,0039$ ) para peso ao nascimento, mas não apresentou significância para altura a cernelha ( $P=0,082$ ). Um valor positivo para o coeficiente linear de 15,66 foi obtido. Não foi observado na literatura consultada nenhum estudo do efeito da consanguinidade sobre os caracteres peso e altura ao nascimento.

A covariável idade da fêmea (linear e quadrático) foram significativos sobre o peso e altura da cernelha. Alternativamente foi utilizado a ordem de parto (1 a 4) para substituir o efeito da idade da mãe ao parto. Resultado significativo para este efeito fixo foi obtido ( $P < 0,018$ ) para peso ao nascer, mas não para altura da cernelha. Houve um crescimento do peso com o aumento da ordem de partos. Hintz *et al.*, (1979) também encontraram efeito significativo da idade da mãe sobre o peso ao nascer em Thoroughbreds. Entretanto, este fator foi considerado como efeito fixo e não variável. A semelhança deste estudo, houve um aumento do peso ao nascer a medida que aumentou a idade da mãe, com os valores maiores sendo observados nas idades entre 10 e 20 anos, diferindo do apresentado por Hintz *et al.*, (1979), cujos maiores pesos foram obtidos por mães com idade entre 7 e 11 anos. Contudo, no trabalho de Hintz *et al.*, (1979) a idade máxima avaliada foi de 12 anos.

Após avaliação inicial isolada ou conjuntamente do efeito genético materno direto e de ambiente materno permanente verificou-se que, ao incluir ambos no modelo não houve convergência. Possivelmente a estrutura e o volume de dados disponíveis influenciaram este

resultado (éguas pluríparas). Portanto, para as análises finais foi considerado somente os modelos contendo somente o efeito genético direto (Modelo I) e efeito genético direto e de ambiente materno permanente (Modelo II). Portanto, não foi possível confirmar a informação de TorzYnski *et al.* (2005) referentes a uma covariância negativa entre efeito genético direto e de genético materno direto.

Os valores logaritmo da função de verossimilhança ( $\log L$ ) para cada modelo bivariado (altura da cernelha e peso ao nascer), estão sumarizadas na Tabela-3. A significância de efeitos aleatórios além do genético direto foram verificados através do teste de proporção de verossimilhança (DOBSON, 1990). Este é um método amplamente utilizado para verificação da adequação do modelo, apesar de apresentar limitada sensibilidade (SOUTHWOOD *et al.*, 1989). Critério de Informação de Akaike e Bayesianos também foram usados para classificar os modelos de acordo com a sua adequação (Tabela-3). O teste de razão de verossimilhança não identificou diferença significativa entre o modelo I e II ( $P > 0,05$ ). Portanto, a inclusão do efeito de ambiente materno permanente apresenta importância para a estimação dos componentes de variância e covariância e herdabilidade para as duas características analisadas. Portanto, os valores de herdabilidades apresentados a seguir foram obtidos com o modelo contendo como efeito aleatório genético direto. Mesmo embora não incluindo o efeito de ambiente materno permanente, a utilização da idade da mãe ao parto ou da ordem de parto, capturou significativa variação nos dados. Portanto, considerando ao mesmo tempo o valor significativo do efeito aleatório genético direto e do efeito fixo da ordem de parto, pode inferir que se existentes os efeitos genéticos aditivo materno poderia não ser significativos ou de baixa magnitude.

A herdabilidade da altura na cernelha ao nascer foi de 0,63 ( $\pm 0,14$ ) (Tabela-4). Este valor é bem superior aos obtidos por Kaps *et al.* (2010) que encontraram valores entre 0,17 e 0,33. Por outro lado, valores de herdabilidade para esta característica em idades superiores

foram de média a alta magnitude. Considerando as poucas estimativas obtidas na literatura e a alta correlação entre medidas repetidas para esta característica, o valor obtido será comparado com medidas tomadas em idades superiores a do presente trabalho. Levando isto em consideração um valor semelhante ao do presente estudo para herdabilidade para altura na cernelha em cavalo da raça Pantaneira tomado ao registro ( $h^2 = 0,61$ ) foi obtida por Miserani *et al.* (2002). Valor superior ( $0,75 \pm 0,10$ ) para esta característica em equinos da raça Menorca da Espanha foi obtido por Solé *et al.* (2014) utilizando um modelo univariado sem inclusão de efeito do ambiente permanente. Por outro lado, Molina *et al.* (1999) obtiveram valor inferior para altura da cernelha de ( $0,58 \pm 0,13$ ) em equinos da raça Andaluzia estimada por modelo animal BLUP e REML. Neste modelo os efeitos aleatórios foram o genético direto e o residual e a matriz de parentesco inclui todos os ancestrais encontrados no registro da raça. Valores inferiores foram obtidos por Rustin *et al.*, (2009) e Dario *et al.* (2006), sendo da ordem de ( $0,34 \pm 0,06$ ) e ( $0,24 \pm 0,167$ ), respectivamente.

O estudo de Rustin *et al.* (2009) foi realizado em equinos da raça Sangue quente da Bélgica e aplicado um método de transformação canônica e maximização da esperança REML (EM-REML) com um passo adicional de desaceleração, método desenvolvido por Misztal *et al.* (1995). O estudo de Dario *et al.* (2006) foi realizado com equinos da raça italiana Murgese e aplicado o método da Máxima Verossimilhança Restrita do procedimento Mixed do pacote estatístico SAS (SAS, 1998). Estes valores discrepantes de herdabilidade para altura na cernelha podem ser resultados da metodologia de análise e da estrutura dos dados, haja visto que estes fatores afetam as estimativas dos parâmetros genéticos (KAPS *et al.*, 2010).

A idade da tomada desta medida também pode interferir na estimativa da herdabilidade, pois medidas obtidas em diferentes idades podem ser consideradas como características únicas. Kaps *et al.* (2010) obtiveram valores de herdabilidade variando de 0,17

a 0,33, para medidas tomadas entre o nascimento e 36 meses de idade. Cabe salientar que houve flutuação e tendência de aumento ou diminuição entre estas idades de acordo com o modelo de estrutura de variância genética aditiva utilizado. Portanto, a escolha do modelo depende não somente do ajuste geral, mas também do ajuste dos componentes genético e ambiental (Kaps *et al.*, 2010).

Estimativas de herdabilidade para peso são mais raras do que altura a cernelha em equinos. Valores de herdabilidade em diferentes idades variaram de 0,40 ( $\pm 0,29$ ) a 0,77 ( $\pm 0,33$ ) em um estudo realizado por Tamioso *et al.* (2012) com cavalos do exército brasileiro (sem raça definida). Os valores oscilaram entre estes valores extremos, não mostrando tendência de aumento ou redução conforme ocorria o aumento da idade. Embora, não tenha sido estimada a herdabilidade para peso ao nascer no estudo de Tamioso *et al.* (2012), cabe salientar a ampla faixa que pode ser atribuído para este parâmetro na característica peso. As altas estimativas de herdabilidade para as características neste estudo indicam a existência de variabilidade genética aditiva, uma característica da raça Crioula. No rebanho estudado, havia animais com sangue de origem chilena, uruguaia e argentina, o que pode ter contribuído para esta variabilidade genética nas duas características estudadas.

A correlação genética entre altura a cernelha e peso ao nascer foi extremamente alta ( $0,92 \pm 0,10$ ), indicando que qualquer alteração para peso ao nascer terá grande impacto sobre a altura a cernelha. A altura a cernelha é um critério excludente para registro de potros, que não se enquadram na faixa entre 1,40 e 1,50 m para machos e 1,38 e 1,48 m para fêmeas, no período de confirmação do registro provisório (ABCCC). Portanto, um critério de orientação de cruzamentos de reprodutores pode produzir resultados satisfatório no sentido de um reprodutor compensar outro que produz potros de baixa ou alta estatura.



## Conclusões

Tamanho de população pequeno e alguma aproximação matemática pode visar os resultados. Portanto, cuidado com relações as conclusões em relação aos fatores aleatórios materno direto e de ambiente materno permanente devem ser tomadas. Moderada a alta herdabilidade para peso ao nascer e altura da cernelha foram estimadas na população da raça Crioula estudada, as quais indicam a existência de variabilidade genética aditiva. Devido à alta correlação entre estas características, uma seleção para peso pode produzir uma razoável resposta a seleção na altura do animal e vice-versa. Portanto, um critério de orientação de cruzamentos de reprodutores pode produzir resultados satisfatório no sentido de um reprodutor compensar outro que produz potros de baixa estatura.

## Referências

- DARIO, C.; CARNICELLA, D.; DARIO, M.; BUFANO, G. Morphological evolution and heritability estimates for some biometric traits in the Murgesse horse breed. **Genetics Molecular Research**, vol. 5, n.2, p.309-314, 2006.
- DOBSON, A.J. An introduction to generalized linear models. Melbourne: Chapman and Hall, 1990. 174p.
- HENDERSON, C.R. Recent Developments in Variance and Covariance Estimations. **Journal Animal Science**, v.63, p.208-216, 1986.
- HEUSNER, G.L. Effect of month of birth on the size of foals. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.12, n.5, p.297-300, 1992.
- HINTZ, R.L.; HINTZ, H.F.; VAN VLECK, L.D. Growth rate of Thoroughbreds. Effect of age of dam, year and month of birth, and sex of foal. **Journal of Animal Science**, v. 48, p.480–487, 1979.
- KAPS, M.; CURIK, I.; BABAN, M. Modeling variance structure of body shape traits of Lipizzan horses. **Journal Animal Science**, v. 88, p.2868–2882, 2010.
- KINGHORN, B. Na algorithm for eficiente constrained mate selection. **Genetics Selection Evolution**, v.43, n.1, p.1-9, 2011.
- KRUUK, L.E.B. Estimating genetic parameters in natural populations using the ‘animal model’. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**. Series B, Biological Sciences, 359, 873–890, 2004.

MAGNABOSCO C.U., LÔBO R.B., FAMULA T.R. (2000) Bayesian inference for genetic parameter estimation on growth traits for Nelore cattle in Brazil, using the Gibbs sampler. **J. Anim. Breed. Genet.**, 117, 169–188.

MEIRA, C.T. **Avaliação de características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga marchador**. Dissertação de mestrado. Diamantina: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 47 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 2010.

MEYER, K. **WOMBAT**: a program for mixed model analyses by restricted maximum likelihood. Users note: Animal Genetics and Breeding Unit. Armidale, 2010.

MEYER, K. Estimating variances and covariances for multivariate animal models by restricted maximum likelihood. **Genet. Sel. Evol.**, V.23, P.67–83, 1991.

MEYER, K. Estimating genetic covariance functions assuming a parametric correlation structure for environmental effects. **Genet. Sel. Evol.** V.33, P.:557-585, 2001.

MISERANI, M.G.; McMANUS, C.; SANTOS, S.A. *et al.* Heritability estimates for biometric measures of the pantaneiro horse. **Archivos de Zootecnia**, v.51, n.193-194, p.107-112, 2002.

MISZTAL, I.; WEIGEL, K.; LAWLOR, T.J. Approximation of estimates of (co) variance components with multiple trait restricted maximum likelihood by multiple diagonalization for more than one random effect. **Journal Dairy Science.**, v. 78, P. 1862–1872, 1995.

MOLINA, A.; VALERA, M.; SANTOS, R.; RODERO, A. Genetic parameters of morphofunctional traits in Andalusian horse. **Livestock Production Science**, v. 60, p.295-303, 1999.

RESENDE, M.D.V. O Software Selegen-Reml/Blup. Documentos EMBRAPA Campo Grande – 2006. 305p.

RUSTIN, M.; JANSSENS, S.; BUYS, N.; GENGLER, N. Multi-trait animal model estimation of genetic parameters for linear type and gait traits in the Belgian warmblood horse. **Journal Animal Breeding Genetics**, v. 126, p. 378-386, 2009.

TAMIOSO, P. R.; COSMO, T.R.; PIMENTEL, C.M.M.; DIAS, L.T.; TEIXEIRA, R.A.; Heritability estimates for body weight and height at withers in Brazilian army horses. **Ciência Rural**, v.42, n.12, p.2246-2251, 2012.

SARMENTO, J.L.R.; TORRES, R.A.; SOUSA, W.H. *et al.* Estimação de parâmetros genéticos para características de crescimento de ovinos Santa Inês utilizando modelos uni e multicausais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.581-589, 2006.

S.A.S. (1998). Guide for personal computers. 6th edn. S.A.S. Institute Inc., Cary, NC, USA.

SOLÉ, M.; CERVANTES, I.; GUTIERREZ, J.P.; GOMEZ, M.D.; VALERA, M. Estimation of genetic parameters for morphological and functional traits in a Menorca horse population. **Spanish Journal of Agricultural Research** v. 12, n. 1, p.125-132, 2014.

SOUTHWOOD O.L., KENNEDY B.W., MEYER K., GIBSON J.P. Estimation of additive and cytoplasmic genetic variances in animal models. **Journal Dairy Science**, v.72, p. 3006-3012, 1989.

TORZYNSKI, G.; WOLC, A.; SZWACZKOWSKI, T. Maternal effects on the conformation traits in half-bred horses. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 14, p.595–605, 2005.

WALTON A., HAMMOND J.. The maternal effects on growth and conformation in Shire horse - Shetland pony crosses. **Proc. Roy. Soc. London**, Ser. B, v.115, P. 311-335, 1938.

ZAMBORLIN, L.C.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, C.S.; FONSECA, C.G.; CARNEIRO, A.S.R. Estudo genético-quantitativo de medidas lineares de equinos da raça Mangalarga Marchador - I. Estimativas dos fatores de ambiente e parâmetros genéticos. **Revista Brasileira Ciência Veterinária**, v.3, n.2, 33-37, 1996.

## Tabelas

**Tabela 1** – Estatística descritiva para medida corporal e peso em equinos da raça Crioula.

Variável	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Altura cernelha (cm)	477	90,56	2,67	72,00	97,00
Peso (kg)	476	45,92	5,67	35,00	65,00
Consanguinidade	477	0,026	0,0304	0,0	0,296

**Tabela 2** – Médias ajustadas obtidas com o Modelo I para as características de altura da cernelha e peso ao nascer em equinos da raça Crioula

Efeito	N		Média	
			Altura cernelha (cm)	Peso (kg)
Sexo	199	Machos	90,19	46,00
	270	Fêmeas	90,43	46,15
Ano	117	2009	90,42	45,96
	125	2010	89,65	44,81
	111	2011	90,74	46,34
	110	2012	90,64	47,12
	116	2013	89,33	45,50
Mês	32	Janeiro	89,62	43,75
	15	Fevereiro	89,67	42,87
	4	Março	89,50	43,50
	24	Agosto	90,67	45,80
	92	Setembro	91,43	48,50
	111	Outubro	90,00	47,10
	96	Novembro	90,33	44,81
	95	Dezembro	89,93	44,53

**Tabela 3** – Estimativas do logaritmo de verossimilhança máximo e critério de classificação de Akaike (AIC) e critério de classificação Bayesiana (BIC) para os modelos empregados na análise da altura a cernelha e peso ao nascer em equinos da raça Crioula obtidos com o programa Wombat.

Modelo	LogL	AIC	BIC
I	-1.911,37	-1.917,37	-1.931,78
II	-1.912,34	-1.927,67	-1.956,56

**Tabela 4** – Variâncias e herdabilidade para altura a cernelha e peso ao nascimento de cavalos Crioulo de modelo bivariado (Modelo I)

Característica	Variância genética aditiva	Variância residual	$h^2$ direta
Altura a cernelha	22,519 ± 6,521	13,366 ± 4,565	0,63 ± 0,144
Peso ao nascer	8,1061 ± 2,656	9,8557 ± 1,976	0,45 ± 0,126

## 5. Conclusão

---

A utilização da metodologia de modelos misto e RELM permitiu estimar os componentes de variância, covariância e parâmetros genéticos para altura a cernelha e peso ao nascer de equinos da raça Crioula.

Moderada a alta herdabilidade para peso ao nascer e altura da cernelha foram obtidas neste estudo, as quais indicam a existência de variabilidade genética aditiva na raça Crioula. Portanto, a seleção para qualquer uma destas características apresentará resultados satisfatórios em termos de resposta. Embora, não esteja entre os objetivos dos produtores selecionar para peso ao nascer, interesse há com relação à altura da cernelha, haja visto que há um controle rigoroso por parte da ABCCC para que animais atinjam uma faixa pré-especificada quando do registro definitivo. Portanto, cuidado se deverá tomar para seleção a altura da cernelha, pois produzirá uma resposta positiva no peso a desmama face a alta correlação genética entre estas características.

## 6. Referências Bibliográficas

---

- ABCCC (2005). Associação Brasileira de Criadores de cavalos Crioulos, **Manual do Criador**, ed. nº 40. P.T. 100, 2005
- ABCCC (2013). **Manual do criador da raça** - Histórico da raça. 43 p (<http://www.abccc.com.br> Accessed June 30, 2013.
- ABCCC, 2014. **Jornal Cavalo Crioulo**. vol. 240, p. 32.
- BRAGA, R. M., 2000. Cavalo Lavradeiro em Roraima. **Embrapa**, Brasília, vol. 75, p.10.
- B. LANGLOIS-, C. BLOUIN AND S. CHAFFAUX. Analysis of several factors of variation of gestation loss in breeding mares. In: **Animal (2012)**, 6:12, pp 1925–1930 & **The Animal Consortium** 2012. Doi:10.1017/S1751731112001164.
- CUNNINGHAM, P. The genetics of Thoroughbred horses. **Scientific American**, v.264, n.5, p.56-62, 1991.
- CHRZANOWSKI, S., KOEBCKE, K. Estimation of breeding value of Thoroughbred horses on the basis of racing performance of their progeny at the age 2 and 3 years. Warsaw agricultura. **I university SGGW-AR, animal breeding (Anais)**, n.29, p.35-39, 1993.
- COLOMA, I., MANSILLA, A. MUÑOZ, B. Effects of birth month, sex of new born and parent age on pure breed race horse performance: II. Effects on probabilities to access the important classical races, of the pure breed race horse. **Avances em produccion animal**, v.24, n.1-2, p.113-119, 1999.
- DOBSON, A.J. An introduction to generalized linear models. Melbourne: Chapman and Hall, 1990. 174p.

DUSEK, J., MUNK, Z. Evaluation of variability of duration pregnancy in mares. **Vet. Med (Praha)**, v.26, n.5, p. 297-304, 1981.

DUSEK, J., VONDRACEK, J., VON ENGELHARDT, V., BORMAN, P., VON ENGELHARDT, W. The development of performance in Thoroughbred horses during their racing career. **XV geneticke dny, ceske budejovice, Czechoslovakia**, p.156, 1991.

ELLIOTT, C., MORTON, J., CHOPIN, J. Factors affecting foal birth weight in Thoroughbred horses. **Theriogenology** v.71, p. 683–689, 2009.

FIELD, J.K., CUNNINGHAM, P. A further study of the inheritance of racing performance in Thoroughbred horses. **J. Hered.**, v. 67, n.4, p.247-248, 1976.

FILHO, IRINEU GUARNIER (2010). Valorização a galope. <http://www.canalrural.com.br/especial/rs/freio-de-ouro-2010/19,0,2884795>, Valorizacao-a-galope.html.

FILHO, W.K. Mitos e Realidade sobre Consanguinidade ou Endogamia. **Revista ABCZ**, 2003.

FURTADO, C. E., 2004. Perspectivas da equinocultura no Brasil. XIV Congresso Brasileiro de Zootecnia. **Anais Zootec**, v.450, p.536-541.

GAFFNEY, B., CUNNINGHAM, E.P. Estimation of genetic trend in racing performance of Thoroughbred horses. **Nature**, v.332, n.6166, p.722-724, 1988.

GLADE, M.J. Effects os gestation, lactation and maternal calcium intake on mechanical atrenght of equine bone. **Coll. Nutr.**, v.12, n.4, p.372-377, 1993.

GIACOMONI, E. H., 2007. Estudo da variabilidade genética em quatro raças brasileiras de cavalos (Equus Caballus - Equidae) utilizando marcadores microsatélites. Programa de Pós- Graduação em Genética e Biologia Molecular. **Tese Doutorado. UFRGS, Porto Alegre.**



HARKINS, J.D., KAMERLING, S.G., CHURCH, G. Effect of competition on performance of Thoroughbred racehorses. *J. Appl. Physiol.*, v.72, n.3, p.839-842, 1992.

HINTZ, H. F., R. L. HINTZ, and L. D. VAN VLECK. Growth rate of Thoroughbreds: Effect of age of dam, year and month of birth, and sex of foal. **Journal Animal Science** 48:480. 1979.

HINTZ, R.L. Genetics of performance in the horse. **J. ANIM. SCI.**, v.51, n.3, p.582-594, 1980.

JOLY, E. [The existence of species rests on a metastable equilibrium between inbreeding and outbreeding. An essay on the close relationship between speciation, inbreeding and recessive mutations.](#) **Biol Direct.** 2011; 6: 62.

KAPS, M.; CURIK, I.; BABAN, M. Modeling variance structure of body shape traits of Lipizzan horses. **Journal Animal Science**, v. 88, p.2868–2882, 2010.

LANGLOIS, B., BLOUIN, C. Effect of a horse's month on its future sport performance. I. Effect on annual phenotypic indices. **Annales de Zootechnie**, v.46, n.5, p.393-398, 1997.

LANGLOIS, B., BLOUIN, C. Effect of a horse's month on its future sport performance. II. Effect on annual earnings and annual earnings per start. **Annales de Zootechnie**, v.47, n.1, p.67-74, 1998.

LANGLOIS B AND BLOUIN C 2004. Statistical analysis of some factors affecting the number of horse births in France. **Reproduction, Nutrition, Development** 44, 583–595.

LI, M-H; STRANDÉ, I.; TIIRIKKA, T.; SEVÓN-AIMONEN, M.L.; KANTANEN, J. A Comparison of Approaches to Estimate the Inbreeding Coefficient and Pairwise

Relatedness Using Genomic and Pedigree Data in a Sheep Population. **Plosne**, vol,6 n.11 p.1-9, 2011.

MATTOS, P., RODRIGUES, R. G., CELIA, A. P., SAGGIN, K. D., PADILHA, A. C. M., 2010. O perfil empreendedor do criador de cavalo crioulo no estado do Rio Grande do Sul. Anais **48º Congresso SOBER-Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural, Campo Grande-MS.**

MEYER, K Estimating variances and covariances for multivariate animal models by restricted maximum likelihood. **Genet. Sel. Evol.**, V.23, P.67–83, 1991.

MOTA, M.D.S. Principais fontes de variação do desempenho em corridas. Puro Sangue Inglês, ano 4, n.44, **Ed. Segmento**, São Paulo, 1997.

MOTA, M.D.S. Estudo Genético-quantitativo de Características Ligadas ao Desempenho em Corridas de Cavalos da Raça Puro- Sangue Inglês. **Dissertação (Doutorado em Zootecnia), FUNESP, Ribeirão Preto, SP**, 1996.

MORITSU, Y., TERAJ, A., KIMURA, M., ICHIKAWA, S. The Effect of month of birth on Racing performance in Thoroughbred racehorses. J. Rakuno Gakuen. **Univ., Nat. Sci.** v.23, n.1, p.1-4, 1998a.

PIMENTEL,C.A., SANTOS, P.F.M., ALVES, A.M., HAMMES, A.M. Biópsia endometrial em equinos. In: **Laboratório Regional de Diagnósticos. Doenças Diagnosticadas no ano de 1999**, Pelotas, UFPel, 1989, p. 47-49.

POOL-ANDERSON., K., RAUB, R.H., WARREN, J.A. Maernal influences on growth and development of full-sibling foals. **J. Anim. Sci.**, v.72, n.7. p. 1661-1666, 1994

KURTZ FILHO, M.; LÖF, H.K. Biometria de equinos da raça Crioula no Brasil. **Archives of Veterinary Science** v.12, n.1, p. 47- 51, 2007.

REED R, DUNN N. Growth and development of the Arabian horse. **In: Proceedings of the fifth equine nutrition physiology symposium**; 1977. p. 76–98.

RODRIGUES, W.B. Características morfológicas e desenvolvimento ponderal em potros da raça Crioula do nascimento aos três anos de idade. **Dissertação. (Mestrado em Produção Animal) Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 59p. 1999.**

ROMAN, S. Breeding theories and statistics. [http://www.chef-de-race.com/articles/breeding\\_theories\\_and\\_statistics.htm](http://www.chef-de-race.com/articles/breeding_theories_and_statistics.htm). On Line. 09/09/2001.

SANTOS, S.A.; SOUZA, G.S.; OLIVEIRA, M.R. et al. Using nonlinear models to describe height growth curves in Pantaneiro horses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.7, p.1133-1138, 1999.

SCHARNHÖLZ, R. Vergleich von Trächtigkeitsdauer, Geburtsmonat und Alter der Mutter mit der Rennleistung von Vollblupferden sowie Erhebungen über Zwillingsfruchtbarkeit und Fohlenverluste. Inaugural- **Dissertation, Tierärztlichen Hochschule Hannover**, 1976.

SOUTHWOOD O.L., KENNEDY B.W., MEYER K., GIBSON J.P. Estimation of additive and cytoplasmic genetic variances in animal models. **Journal Dairy Science**, v.72, p. 3006-3012, 1989.

SOUZA, J. R. M. ; FOLLE, V. A. ; PFEIFER, J. P. H. ; SCHUSTER, A. B. G. ; MARTINS, C. F. . Características biométricas corporais de potros crioulos do nascimento ao desmame. In: **XX Congresso de Iniciação Científica da UFPel, 2011, pelotas. Editora e Gráfica Universitária, 2011.**

SOUZA, J.A.T.; GACEK, F.; OLIVEIRA, J.V. et al. Desenvolvimento corporal e estabelecimento da puberdade em potras a raça Brasileira de Hipismo. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.21, n.3, p.117-120, 1997.

TORRES, A. P. J., W. R., 1992. Criação do cavalo crioulo e outros equinos. **Nobel, São Paulo.**

VAROLA, F. TYPOLOGY of the racehorse, ed. **J.A. Allen**, London, 1977, 242p.

WILSHER S, ALLEN W. The influences of maternal size, age and parity on placental and fetal development in the horse. In: Katila T, Wade J, editors. **Proceedings of the fifth international symposium on equine embryo transfer**. 2000. p. 74–5.