

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO**

JACYARA LOPES PEREIRA

**ESTIMAÇÃO DE COMPONENTES DE VARIÂNCIA NA SELEÇÃO DE
EQUINOS MANGALARGA MARCHADOR**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES
MARÇO/2021**

JACYARA LOPES PEREIRA

**ESTIMAÇÃO DE COMPONENTES DE VARIÂNCIA NA SELEÇÃO DE EQUINOS
MANGALARGA MARCHADOR**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal, na Área de Concentração de Zootecnia.

ORIENTADOR: Prof. Leonardo Siqueira Glória

COORIENTADOR: Prof. Luiz Fernando Brito

CAMPOS DOS GOYTACAZES

MARÇO/2021

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

P436

Pereira, Jacyara Lopes.

Estimação de componentes de variância na seleção de equinos Mangalarga Marchador / Jacyara Lopes Pereira. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

50 f.

Bibliografia: 37 - 40.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2021.

Orientador: Leonardo Siqueira Gloria.

1. Herdabilidade. 2. Correlação. 3. Medidas morfométricas. 4. Melhoramento. 5. Parâmetros genéticos. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 636

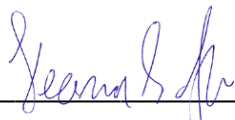
JACYARA LOPES PEREIRA

**ESTIMAÇÃO DE COMPONENTES DE VARIÂNCIA NA SELEÇÃO DE EQUINOS
MANGALARGA MARCHADOR**

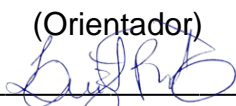
Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como
requisito para obtenção do grau de Mestre em
Ciência Animal, na Área de Concentração de
Zootecnia.

Aprovada em 04 de Março de 2021

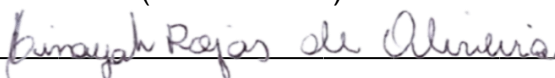
BANCA EXAMINADORA



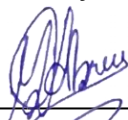
Prof. Leonardo Siqueira Glória (Doutor, Genética e Melhoramento) – UENF
(Orientador)



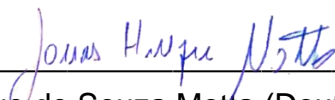
Prof. Luiz Fernando Brito (Doutor, Genética Quantitativa e Genômica Animal) –
Purdue University
(Coorientador)



Hinayah Rojas de Oliveira (Doutora, Genética e Melhoramento) –
University of Guelph



Matheus Lima Corrêa Abreu (Doutor, Ciência Animal) – UFMT



Prof. Jonas Henrique de Souza Motta (Doutor, Ciência Animal) –
Universidade Estácio de Sá

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me sustentado até aqui, e aos meus pais e irmãos, por todo suporte, incentivo e apoio de sempre.

Ao Leo, agradeço pela oportunidade de aprender mais sobre os cavalos que tanto amo e por despertar minha paixão pelo melhoramento animal. Levarei comigo os conselhos de irmão mais velho e seus incentivos de líder. Obrigada por confiar em mim!

Ao Luiz, deixo meu agradecimento pela dedicação e disponibilidade em contribuir com o nosso trabalho. Obrigada por me ensinar tanto. Sua trajetória me inspira, me motiva!

Suzana, sem você este trabalho não existiria. Não tenho palavras para te agradecer. Sua amizade foi mais um presente que o Mangalarga Marchador me deu. Muito obrigada!

Agradeço ao Antônio pela parceria e paciência durante esses dois anos. Essa jornada não teria a mesma graça e o mesmo sentido sem você.

Elon Aniceto e Thaís Fitaroni, nós conseguimos! Obrigada pela amizade e por deixarem essa jornada mais leve. Levarei vocês sempre comigo. Vocês foram meus presentes da Ciência Animal.

Agradeço também aos membros da minha banca de defesa, Hinayah, Jonas, Luiz e Matheus vocês fizeram com que este momento fosse especial e único para mim, totalmente diferente do que eu havia imaginado. Guardo com carinho em meu coração este dia. Desejo a vocês todo o sucesso do mundo. Muito obrigada!

Agradeço à Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador, pela cessão dos dados.

Ao Instituto Federal Fluminense, agradeço o apoio e incentivo a essa capacitação.

A todos que, de alguma forma, torceram e acreditaram em mim, meu muito obrigada!

*“Tenho duas armas para lutar contra o desespero, a tristeza e até a morte:
o riso a cavalo e o galope do sonho.
É com isso que enfrento essa dura e fascinante tarefa de viver.”*

Ariano Suassuna

RESUMO

A seleção de equinos no Brasil ocorre de maneira muito subjetiva. Geralmente a escolha dos garanhões e das matrizes é feita com base em resultados de competições e na experiência de criadores e/ou técnicos. As associações também desempenham papel importante no direcionamento das raças, além de serem responsáveis pelo estabelecimento e atualização do padrão racial. Nesse sentido, torna-se importante a utilização de metodologias que permitam a avaliação quantitativa, e, conseqüentemente, mais objetiva dos animais e de suas características. Este estudo objetivou estimar os componentes de variância, covariância e os parâmetros genéticos, a partir da utilização do Método da Máxima Verossimilhança Restrita - REML, para 12 características morfométricas em equinos da raça Mangalarga Marchador. Foram utilizadas medidas fenotípicas de 134.514 animais, nascidos entre 1966 e 2016, registrados entre 1970 e 2019. Para a análise de pedigree, foram avaliados 412.013 animais, destes 134.830 animais com progênie e 277.183 sem progênie. Para as análises, foram usados os *softwares* R, AIREMLF90 e CFC. A influência genética foi maior para as características de altura na cernelha e na garupa. Enquanto que, para as características de comprimento do corpo, do dorso lombo, da garupa, da cabeça, da espádua e do pescoço, largura da cabeça e da garupa, e perímetro torácico e de canela, sofreram maior influência ambiental. A herdabilidade das características variou de moderada (0,276) a alta (0,544). As correlações genéticas e fenotípicas estimadas foram favoráveis, variando entre 0,0233 e 0,953, e entre 0,0296 e 0,9061, respectivamente. As medidas de altura, na cernelha e na garupa, são as mais correlacionadas genética e fenotipicamente. Os resultados encontrados sugerem que todas as medidas morfométricas avaliadas são herdáveis e podem ser melhoradas por meio de seleção genética direta. Além disso, a alta correlação genética favorável entre algumas características permite a otimização dos índices de seleção em programas de melhoramento de equinos, reduzindo o número de critérios utilizados.

Palavras-chave: herdabilidade, correlação, medidas morfométricas, melhoramento, parâmetros genéticos

ABSTRACT

The selection of Horses in Brazil occurs in a very subjective way. Usually the choice of stallions and mares is based on the results of competitions, the experience of breeders and / or technicians. Associations also play an important role in targeting the races, as well as being responsible for establishing and updating the racial pattern. In this sense, it is important to use methodologies that allow the quantitative evaluation, and consequently more objective assessment of animals and their traits. This study aimed to estimate the components of variance, covariance and genetic parameters, using the Maximum Likelihood Restricted Method – REML, for 12 morphometric traits of Mangalarga Marchador horses. We used phenotypic measurements of 134,514 animals, born between 1966 and 2016, and registered between 1970 to 2019. For pedigree analysis, 412,013 animals were obtained, of these 134,830 animals with progeny and 277,183 without progeny. For the analyzes, the software R, AIREMLF90 and CFC were used. The genetic influence was higher for the height traits at the withers and croup. While body length, back loin, rump, head, shoulder and neck, width of head and hip, and thoracic and shin girth, suffered the greatest environmental influence. The heritability of the traits ranged from moderate (0.276) to high (0.544). The estimated genetic correlations were favorable, varying between 0.0233 and 0.953, and the phenotypic correlations between 0.0296 and 0.9061. Height at the withers and croup are the most genetically and phenotypically correlated traits. The results suggest that all the morphometric measurements evaluated are inheritable and can be improved through direct genetic selection. In addition, the high favorable genetic correlation between some characteristics allows the optimization of selection indexes in horse breeding programs, reducing the number of criteria used.

Keyword: heritability, correlation, morphometrics measurements, breeding, genetic parameters

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 O Mangalarga Marchador.....	10
2.2 Seleção de equinos.....	12
2.3 Características morfológicas.....	15
2.4 Métodos estatísticos para cálculos de variância.....	17
3 Material e Métodos.....	20
4 Resultados.....	24
5 Discussão.....	32
6 Conclusões.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
ANEXO A — Padrão da Raça.....	41

1 INTRODUÇÃO

O complexo do agronegócio do cavalo no Brasil é um segmento importante para a economia do país, com movimentação financeira anual de R\$ 16,15 bilhões (MAPA, 2016). Historicamente, a seleção dos melhores animais é realizada de maneira subjetiva, muitas vezes baseada em critérios visuais, ou até mesmo em uma única característica ou parâmetro. Como exemplo temos os animais da raça Árabe, que, há mais de dois séculos, vêm sendo selecionados para velocidade de corrida ao galope (PEREIRA, 2008).

A principal característica de interesse nos animais da raça Mangalarga Marchador é a marcha. Estudos anteriores demonstram que algumas medidas de conformação podem dar indícios da qualidade do andamento desses animais (FONSECA, 2018). Entretanto características quantitativas são governadas por muitos genes e são significativamente influenciadas pelo ambiente, o que dificulta o processo de seleção dos melhores animais a partir do fenótipo (ROSA et al., 2017). Por apresentarem propriedades de natureza contínua, os fenótipos podem ser selecionados indiretamente a partir da variação existente entre os indivíduos. Nesse sentido, a estimação dos componentes de variância possibilita a predição dos valores de herdabilidade das características e dos valores genéticos dos indivíduos (RESENDE et al., 2014).

Assim sendo, o estudo em questão foi realizado com o objetivo de estimar os componentes de variância e os parâmetros genéticos, a partir da utilização do Método da Máxima Verossimilhança Restrita – REML, para várias características morfométricas de equinos da raça Mangalarga Marchador.

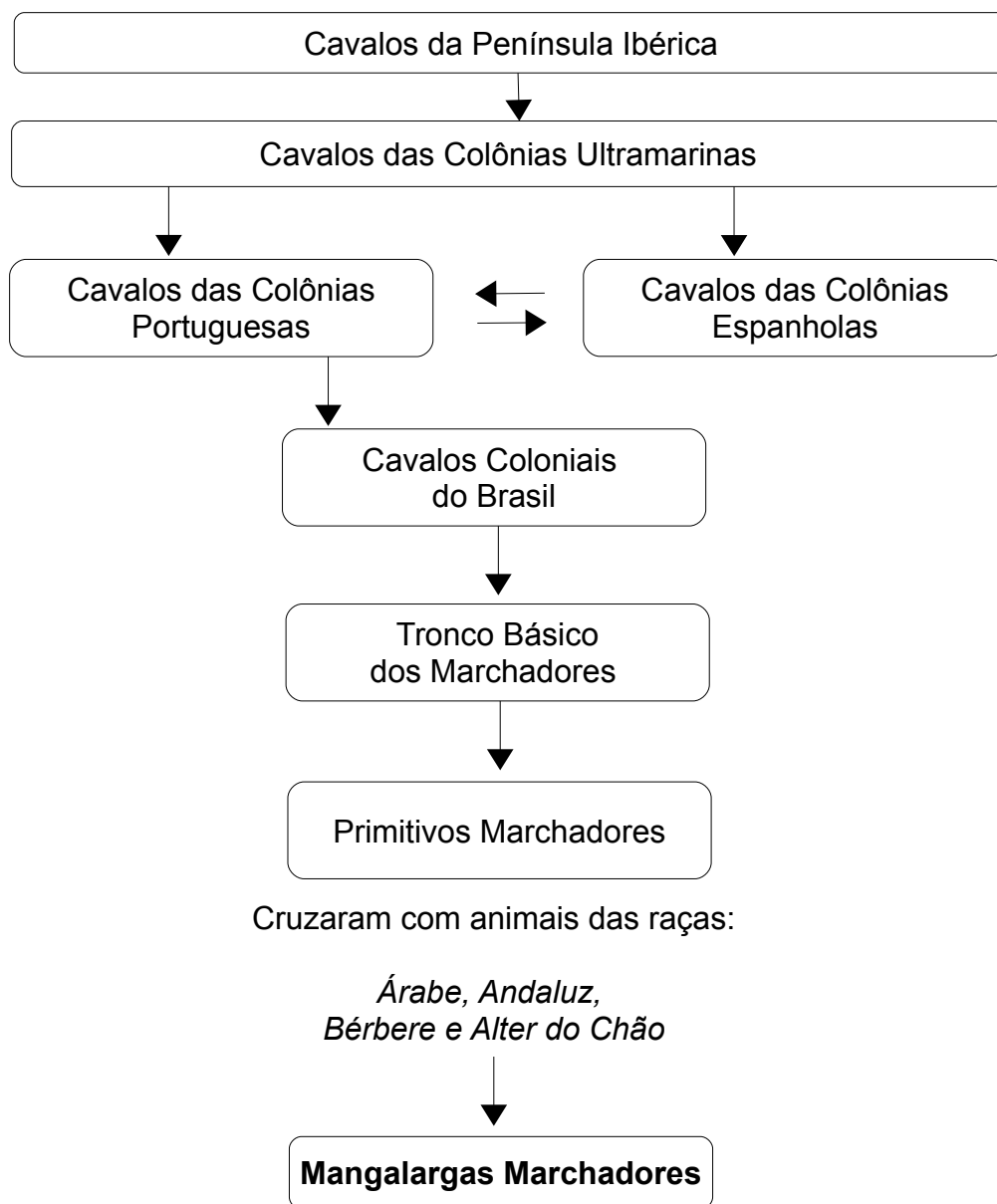
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Mangalarga Marchador

No que se refere às principais raças equinas criadas no Brasil, podemos destacar Mangalarga Marchador (MM), Nordestino, Quarto-de-Milha e Crioula (MAPA, 2016). De acordo com a Associação Brasileira dos Criadores do Cavallo Mangalarga Marchador (ABCCMM), no início do ano de 2019, a associação contava com 589.289 animais registrados no Brasil, dentre eles 241.520 animais, no estado de Minas Gerais, sendo considerada a maior raça de equinos da América Latina (ABCCMM, 2019a).

Originária do sul do estado de Minas Gerais, a raça Mangalarga Marchador tem como base de formação o cruzamento de animais oriundos desta região com animais da raça Alter (constituída pelas raças Árabe, Bérbere e Andaluz). Estes animais foram trazidos da Coudelaria de Alter do Chão com sede em Portugal na ocasião da vinda de Dom João VI junto à Família Real em 1808 (NASCIMENTO, 1999).

Os animais do sul mineiro apresentavam características relacionadas ao trabalho de sela e eram selecionados a partir da sensibilidade de criadores mais observadores de acordo com a forma de andar mais adequada e confortável do cavalo durante as viagens (NASCIMENTO, 1999). A construção das raças marchadoras está ilustrada no Esquema 1.



Esquema 1. Formação das raças Marchadoras

Fonte: adaptado de Nascimento (1999)

Assim, em 1949, com o objetivo de agregar os criadores da região sul do estado de Minas Gerais, foi fundada a Associação dos Criadores do Caval Mangalarga Marchador (NASCIMENTO, 1999). Em outubro de 1950, por sua vez, foi aprovado o primeiro padrão racial (ABCCMM, 1950). Estudos realizados por Costa

et al. (2005), a partir da avaliação dos dados de 233.214 animais inscritos no arquivo zootécnico da ABCCMM, sugerem que a raça está subdividida em cinco principais linhagens, e que os animais podem ser classificados como descendentes dos grupos Herdade, Providência, Abaíba, Tabatinga e Angaí. Linhagens estas formadas pelos descendentes dos animais Herdade Alteza e Seta Caxias, Providência Itu e Tabatinga Predileto, Abaíba Marengo, Tabatinga Cossaco e Angaí Miron. Além disso, o estudo indica que a égua Herdade Alteza foi o principal animal formador da raça, e que os criadores utilizaram como estratégia o acasalamento entre indivíduos aparentados, possivelmente com o objetivo de se fixarem características fenotípicas de maior interesse.

2.2 Seleção de equinos

A partir da domesticação dos cavalos (4.500 a 2.500 a.C), sua relação com o homem tornou-se cada vez mais próxima. Inicialmente, o cavalo foi utilizado como fonte de alimento e, com o passar dos anos, como animal de carga e transporte em batalhas, competições esportivas e no lazer (CINTRA, 2018). Dessa forma, durante todo o processo evolutivo do cavalo, desde seu primeiro ancestral, o *Eohippus*, até o *Equus caballus* que conhecemos hoje, é notável sua ampla variabilidade genética e, por conseguinte, suas mais diversas aptidões as quais estão intimamente relacionadas à conformação do animal, bem como seu andamento e temperamento (PEREIRA, 2008).

Antes mesmo do desenvolvimento das metodologias mais modernas para se estimar o mérito genético dos animais, ao longo dos anos, diversas raças equinas foram melhoradas adquirindo características marcantes. Como exemplo temos os animais da raça Árabe, que, há mais de dois séculos, vêm sendo selecionados para velocidade de corrida ao galope. Mesmo sendo realizado a partir de critérios subjetivos, o processo de seleção permitiu, ao longo do tempo, o direcionamento da criação destes animais para desempenharem atividades específicas (PEREIRA, 2008).

O melhoramento de uma espécie pode ser alcançado de duas formas: (i) por meio do melhoramento zootécnico, com o fornecimento de melhores condições ambientais que proporcionam uma melhoria no desempenho do animal (maior produtividade); (ii) ou por meio do melhoramento genético, quando selecionamos os melhores animais de acordo com as características de interesse para a execução de determinada função, esperando-se que estas características sejam transmitidas para a próxima geração (CINTRA, 2018).

Independentemente da raça de equinos, para que um animal seja considerado superior aos demais, deverá apresentar um conjunto de boas características diretamente relacionadas ao objetivo da sua criação. Dessa forma, as associações de criadores devem estabelecer os parâmetros ideais de um bom exemplar de acordo com a proposta de criação da raça (PEREIRA, 2008).

As características de interesse para seleção dos animais podem ser classificadas como qualitativas ou quantitativas. Como exemplos de características qualitativas, podem-se citar a cor da pelagem e a cor dos olhos, que neste caso, são características governadas por poucos genes e com pouca influência ambiental. Por outro lado, as características quantitativas são influenciadas por muitos pares de genes, como é o caso do peso do animal e da velocidade alcançada por ele (CINTRA, 2018).

A seleção consiste em um processo de escolha dos melhores animais para serem acasalados entre si, levando à concentração dos patrimônios genéticos desejáveis e reduzindo os indesejáveis na população. Esse processo pode acontecer de maneira natural, ou artificial (quando se tem atuação do homem) (ELER, 2017a).

O valor genético dos animais pode ser estimado com base em seus valores fenotípicos. Neste sentido, a herdabilidade (h^2) expressa a fração herdável de uma característica, ou seja, o quanto do desempenho de um animal poderá ser transmitido à sua progênie a partir da razão entre os componentes de variância genético (σ_A) e fenotípico (σ_P) (Equação 1) (ELER, 2017b).

$$h^2 = \frac{\sigma_A}{\sigma_P}$$

Equação 1. Herdabilidade

Dessa forma, uma alta herdabilidade indica que animais com alto desempenho tendem a produzir bons filhos enquanto animais com baixo desempenho tendem a produzir filhos ruins. Enquanto isso, quando se tem uma baixa herdabilidade, o desempenho dos pais indica muito pouco sobre o desempenho da sua progênie. Em síntese, a herdabilidade expressa o quanto da variabilidade de uma característica é de origem genética (ELER, 2017b).

Baseada nos métodos tradicionais, a seleção dos melhores animais pode ser realizada pelo desempenho do animal (*performance* ou fenótipo), pelo pedigree (registro genealógico), pela progênie ou pela combinação de todos estes métodos. De modo que, “o pedigree estima o que o animal deve ser. A *performance* ou o fenótipo estimam o que o animal parece ser. A progênie mostra o que o animal realmente é” (CINTRA, 2018, p.111).

Entretanto, além da seleção dos melhores animais e dos tipos de cruzamentos a serem utilizados, em um programa de melhoramento genético, deve-se considerar a taxa de eliminação dos animais que não atendem o padrão mínimo desejado em uma criação (CINTRA, 2018).

No caso da raça Mangalarga Marchador, o desempenho dos animais nas competições exerce grande influência sobre a seleção dos melhores exemplares e o direcionamento dos cruzamentos dentro da raça. Entretanto as avaliações realizadas nas provas de morfologia e marcha também são feitas de maneira subjetiva por árbitros credenciados pela ABCCMM, sofrendo influência ainda da experiência de cada indivíduo. Dessa maneira, a quantificação das características zootécnicas desses animais se faz importante na realização do melhoramento da raça com maior precisão e exatidão.

2.3 Características morfológicas

As características morfológicas dos equinos estão relacionadas à funcionalidade e à aptidão dos animais (ZAMBORLINI et al., 1996). Na raça Mangalarga Marchador, o andamento marchado é o principal objetivo de seleção. A marcha pode ser classificada como batida ou picada, caracterizadas pela presença do tríplice apoio, isto é, o momento em que três membros do animal mantêm contato com o solo (CINTRA, 2018).

Estudos realizados com animais da raça sugerem que, mesmo não sendo o único parâmetro, algumas medidas de conformação podem indicar sobre a qualidade do andamento desses animais, tanto de marcha batida quanto de marcha picada (FONSECA, 2018). Dessa forma, a avaliação morfométrica de equinos configura-se como uma importante ferramenta na seleção dos animais (SANTIAGO, 2013). Entretanto, para a realização do registro dos animais, notas são atribuídas aos componentes corporais (cabeça, pescoço, tronco, membros anteriores e membros posteriores) e às suas proporções, considerando-se parâmetros como comprimento, profundidade, balanço, harmonia, simetria e desenvolvimento das regiões corporais do animal (ZAMBORLINI et al., 1996).

O regulamento do serviço de registro genealógico do cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM, 2018) estabelece que, após a inspeção para registro definitivo do animal, a partir dos 36 meses de idade, o técnico deverá registrar a mensuração completa do animal. Nesse procedimento, são registradas as medidas de alturas na cernelha e na garupa; comprimentos da cabeça, do pescoço, do dorso lombo, da garupa, da espádua e do corpo; larguras da cabeça e da garupa; e perímetros torácico e de canela. Entretanto o atual padrão racial do cavalo Mangalarga Marchador (ANEXO A) prevê como único parâmetro quantitativo a altura ideal do animal, que, para machos, é de 1,52m (no mínimo 1,47m e no máximo 1,57m) e, para fêmeas, de 1,46m (com no mínimo 1,40m e no máximo 1,54m). E, durante a inspeção, caso o animal não atenda esse critério, não receberá o seu registro em definitivo.

Além da medida de altura na cernelha, o padrão racial caracteriza os componentes corporais e estabelece os parâmetros para avaliação dos animais. Em relação ao tronco do animal, prevê que as costelas devem ser longas e arqueadas, possibilitando boa amplitude torácica; relacionada ao perímetro torácico e à capacidade atlética do animal. O dorso deve ser médio, proporcional e estar ligado harmoniosamente à cernelha e ao lombo, que deve ser curto e apresentar boa ligação com a garupa, a qual, por sua vez, deve ser proporcional, levemente inclinada e não superior à cernelha. O comprimento do dorso lombo influencia na proporcionalidade do cavalo, por ligar as partes anterior e posterior do corpo do animal. Nos membros, a medida de perímetro de canela está relacionada à qualidade óssea dos animais. O padrão prevê que as canelas sejam curtas e possuam tendões bem definidos. Em relação à cabeça do animal, o padrão determina que possua frente larga e plana, o que é extremamente importante para a expressão e caracterização racial, associada à aparência geral e conformação. O pescoço deve ser proporcional, apresentar equilíbrio e flexibilidade. Associado à cabeça, exerce papel importante na liberdade de movimento e qualidade da marcha (ABCCMM, 2000; CABRAL et al., 2004).

Em estudos realizados por Zamborlini et al. (1996), foram estimados, pelo Método III de Henderson, os valores de herdabilidade, das características de conformação, utilizando-se dados de 29.076 animais, registrados na ABCCMM entre os anos de 1967 e 1992 (Tabela 1).

Tabela 1 - Estimativas de herdabilidade (diagonal), correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) das medidas corporais da raça Mangalarga Marchador.

Medidas	AC	AG	LC	LA	PT	PC	CCA	CP	CD	CG	CE	CC
Altura cernelha	0,49	0,96	0,14	0,61	0,45	0,23	0,47	0,29	0,13	0,51	0,34	0,80
Altura garupa	0,93	0,48	0,15	0,58	0,39	0,19	0,54	0,30	0,20	0,51	0,37	0,80
Largura cabeça	0,16	0,16	0,52	0,187	0,20	0,03	0,22	0,33	0,33	-0,05	0,30	0,27
Largura da anca	0,43	0,42	0,20	0,52	0,49	0,29	0,46	0,30	0,28	0,51	0,34	0,70
Perímetro torácico	0,40	0,37	0,18	0,42	0,40	0,45	0,19	0,38	0,02	0,30	0,26	0,52
Perímetro de canela	0,27	0,24	0,09	0,26	0,31	0,43	0,06	0,02	-0,09	0,20	0,19	0,26
Comp. cabeça	0,40	0,41	0,19	0,34	0,22	0,09	0,60	0,41	0,32	0,51	0,70	0,54
Comp. pescoço	0,35	0,33	0,20	0,24	0,28	0,14	0,39	0,56	0,31	0,17	0,37	0,48
Comp. dorso	0,14	0,17	0,26	0,15	0,03	0,00	0,23	0,26	0,80	-0,03	0,23	0,32
Comp. garupa	0,41	0,41	0,07	0,48	0,32	0,17	0,37	0,25	0,09	0,61	0,59	0,53
Comp. espádua	0,35	0,34	0,20	0,35	0,30	0,13	0,44	0,25	0,21	0,19	0,78	0,41
Comp. corpo	0,70	0,69	0,20	0,50	0,41	0,26	0,42	0,39	0,26	0,48	0,39	0,52

AC = Altura na cernelha; AG = Altura na garupa; LC = Largura da cabeça; LA = Largura da anca; PT = Perímetro torácico; PC = Perímetro de canela; CCA = Comprimento da cabeça; CP = Comprimento do pescoço; CD = Comprimento do dorso; CG = Comprimento da garupa; CE = Comprimento da espádua; CC = Comprimento do corpo. Fonte: Zamborlini et al. (1996).

2.4 Métodos estatísticos para cálculos de componentes de variância

Ao longo dos anos, inúmeros métodos vêm sendo propostos com o objetivo de se realizar a avaliação genética de animais (ELIAS et al., 1997). A estimativa dos componentes de variância é essencial para o conhecimento do controle genético das características. Essas estimativas podem ser utilizadas para definir estratégias de melhoramento mais eficientes, na predição de valores genéticos dos animais a serem selecionados e no tamanho da amostra, atrelada à maneira adequada de amostragem para estimação precisa de parâmetros e maximização da acurácia seletiva (RESENDE et al., 2014). Dessa forma, para se realizar a predição dos valores genéticos dos indivíduos, se faz necessária a determinação prévia dos componentes de variância (LOPES et al., 1998).

Nesse sentido, várias metodologias têm sido sugeridas para a estimação desses componentes, como a ANOVA – Método da Análise de Variância, os Métodos I, II e III de Henderson, o Método da Máxima Verossimilhança – ML, o Método da Máxima Verossimilhança Restrita – REML e a Estimação Bayesiana (MCMC).

Estudos pioneiros realizados por Fisher, no início do século XX (FISHER, 1918), introduziram a teoria dos modelos de componentes de variância e o desenvolvimento do método da análise de variância, também conhecido como método ANOVA. Após os primeiros estudos realizados por Fisher, em 1953, Henderson propôs três métodos para estimação dos componentes de variância (HENDERSON, 1953). No Método I, as estimativas são fornecidas de maneira não viesada e com mínima variância nas situações em que os dados são balanceados ou quando o modelo é aleatório e os efeitos não são correlacionados (LOPES et al., 1998). No entanto, caso esse método seja aplicado em modelos mistos, as estimativas obtidas para os componentes de variância serão viesadas (MARCELINO, 2000).

O Método II envolve a estimação dos efeitos fixos por mínimos quadrados, a correção dos dados de acordo com essas estimativas e a aplicação do Método I aos dados corrigidos. Utilizando-se esse método para a estimativa dos componentes de variância, a partir da suposição de que elementos fixos do modelo são variáveis aleatórias, esse viés pode ser eliminado (HENDERSON, 1953). O Método II pode ser aplicado em modelos mistos, caso esses modelos não envolvam interação entre efeitos fixos e aleatórios. Sendo inexistente essa interação, as estimativas fornecidas serão não viesadas, caso contrário, as estimativas obtidas para os componentes de variância serão viesadas (MARCELINO, 2000).

Utilizado em modelos mistos e apresentando estimativas não viesadas, o Método III de Henderson é mais complexo que os Métodos I e II (LOPES et al., 1998). Consiste na redução das somas de quadrados, devidas ao ajuste do modelo completo e de sub-modelos. De modo que as estimativas dos componentes de variância podem ser obtidas igualando-se as diferenças oriundas das reduções nas

somas de quadrados às suas respectivas esperanças matemáticas (MARCELINO, 2000).

Hartley & Rao (1967) apresentaram, de maneira detalhada, o Método da Máxima Verossimilhança – ML, que se baseia na obtenção do ponto máximo de uma função de verossimilhança, por meio da derivação desta função em relação ao parâmetro de interesse. A estimação dos componentes de variância obtida por esse método considera que todos os efeitos fixos são conhecidos sem erros, entretanto as estimativas dos componentes de variância são sempre positivas (RESENDE et al., 2014), além de eliminar o viés atribuído às mudanças nas frequências gênicas, quando se considera o parentesco entre os indivíduos (LOPES et al., 1998).

Proposto por Patterson & Thompson (1971), o Método da Máxima Verossimilhança Restrita – REML foi desenvolvido a partir da busca de melhores estimadores de componentes de variância para dados não ortogonais e desbalanceados (RESENDE et al., 2014). Nesse método, para cada observação, os efeitos fixos e aleatórios são divididos de maneira independente, e então é realizada a maximização da função referente aos efeitos aleatórios, fornecendo estimadores dos componentes de variância, não viesados, já que são considerados os graus de liberdade da porção fixa (MARCELINO, 2000). Esse método se mostra muito eficiente na estimação de componentes de variância em modelos mistos, principalmente para dados desbalanceados (RESENDE et al., 2014).

Ao se utilizar a matriz de parentesco completa, o REML elimina o viés oriundo das mudanças nas frequências alélicas ocasionadas pela seleção, permitindo a obtenção de componentes de variância de uma população base, que não sofreu seleção, bem como a predição dos valores genéticos dos indivíduos em qualquer geração (RESENDE et al., 2014).

3 Material e Métodos

Aquisição e preparação do banco de dados

Foram utilizadas as informações zootécnicas fornecidas pelo Sistema de Registro Genealógico da Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil), distribuídas em dois bancos de dados: o primeiro, com 475.198 animais, contendo informações de pedigree (animal, pai e mãe), tipo de cobertura (monta natural ou transferência de embrião), data de nascimento do animal, sexo do animal (macho, fêmea ou castrado), data do registro do animal, Unidade Federativa (UF) de nascimento do animal (animais nascidos em todos os estados brasileiros, exceto Roraima), data de nascimento da mãe; e o segundo contendo as medidas corporais de 158.000 indivíduos coletadas no momento do registro definitivo do animal (a partir dos 36 meses de idade). Posicionados em estação, em piso regular e sem declividade, com auxílio de hipômetro e fita métrica, os animais foram mensurados por um dos técnicos credenciados pela ABCCMM, tomando como referência o lado direito do corpo (CABRAL et al., 2004) e as referências anatômicas descritas por Santiago et al. (2016).

As medidas fornecidas e utilizadas foram:

- Altura na cernelha;
- Altura na garupa;
- Comprimento da cabeça;
- Comprimento do pescoço;
- Comprimento do dorso lombo;
- Comprimento da garupa;
- Comprimento da espádua;
- Comprimento do corpo;
- Largura da cabeça;
- Largura da garupa;

- Perímetro torácico;
- Perímetro de canela.

Todas as medidas foram fornecidas em metros (m).

O banco de dados foi importado para o *software R version 4.0.3* (R Core Team, 2020), no qual foram removidos os registros discrepantes baseando-se na média $\pm 3,5$ desvios-padrão para cada medida morfométrica.

Considerando-se a data de criação do primeiro padrão da raça (ABCCMM, 1950), foram excluídos os indivíduos com dados de registro incompletos e/ou registrados antes de 1950. De acordo com os critérios estabelecidos pelo padrão racial atual (ABCCMM, 2000), utilizaram-se as medidas corporais dos animais com registro definitivo, ou seja, com idade superior aos 36 meses.

Com o objetivo de atender às exigências estabelecidas desde o primeiro padrão até o padrão atual da raça, no que se refere à característica de altura na cernelha, foram selecionados os animais com altura mínima de 1,38 (menor altura aceitável para fêmeas no primeiro padrão da raça) e máxima de 1,57 (maior altura aceitável para machos no padrão racial atual).

Análise descritiva

Para a análise descritiva, utilizou-se o software R. Os dados foram extraídos e reunidos em planilha eletrônica para criação dos gráficos. Foram gerados dois gráficos, o primeiro com número de animais de acordo com a idade em que foram registrados, e o segundo com número de nascimentos e registros de acordo com as estações do ano conforme o calendário para o hemisfério sul (primavera, verão, outono e inverno).

Os animais foram classificados de acordo com o sexo: machos, fêmeas e castrados. Foram estimados os valores das médias, dos desvios-padrão, máximos e mínimos de cada medida corporal geral dos animais e levando-se em consideração o fator sexo.

Análise do pedigree

O pedigree foi analisado utilizando-se a função *Pedigree Structure* do CFC 1.0 (*Coancestry, Inbreeding (F), Contribution*), desenvolvido por Sargolzaei et al. (2006). As seguintes medidas foram calculadas: total de animais, número de gerações, número de animais com progênie, número de animais sem progênie, número de animais fundadores, tamanho mínimo, médio e máximo das famílias, e os coeficientes de consanguinidade e endogamia. No software R foi calculado o número de animais com fenótipos e progênie.

Definição dos modelos estatísticos

A estimação dos componentes de variância foi realizada com base no modelo animal representado da seguinte forma:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\boldsymbol{\alpha} + \mathbf{e}$$

Em que, \mathbf{y} é o vetor das observações das características medidas nos indivíduos; \mathbf{X} é a matriz de incidência dos efeitos fixos; $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor dos efeitos fixos; \mathbf{Z} é a matriz de incidência dos efeitos genéticos diretos; $\boldsymbol{\alpha}$ é o vetor dos efeitos genéticos diretos, e \mathbf{e} o vetor dos erros aleatórios associados às observações. As pressuposições a cerca do modelo podem ser definidas por:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{a} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} \sim \mathbf{N}(\mathbf{0}, \mathbf{V}); \mathbf{V} = \begin{bmatrix} \mathbf{a} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{G} \otimes \mathbf{A} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{R} \otimes \mathbf{I} \end{bmatrix}$$

Onde:

G = matriz de covariância de efeitos genéticos diretos;

A = matriz de coeficientes de pedigree;

R = matriz de covariância de efeitos residuais;

I = matriz de identidade;

A distribuição normal dos resíduos foi avaliada com uso do teste Kolmogorov-Smirnov utilizando-se função `ks.test` do *software* R. Os modelos foram definidos

individualmente para cada característica, utilizando-se as a funções *lm* (*Fitting Linear Models*) e *step* (*Choose a model by AIC in a Stepwise Algorithm*) do *software R* (ZHANG, 2016). Foram considerados os fatores individuais: unidade da federação (UF) de nascimento, estação de nascimento, estação de registro, tipo de cobertura, sexo, ano de nascimento e ano de registro; foram criadas as colunas de ano de nascimento, ano de registro, idade de registro, idade da mãe ao parto; e as interações criadas par a par entre estes fatores.

Utilizando-se a metodologia *backward selection*, foram selecionados os efeitos fixos e as covariáveis do modelo para cada característica. Para todas as características, foi incluída, como covariável do modelo, a idade da mãe ao parto. Para a característica de altura na cernelha, foi acrescentada a covariável idade de registro.

Estimação dos componentes de variância, herdabilidade e correlações

Após definidos os modelos estatísticos de cada característica, foram estimados os componentes de variância utilizando-se o Método de Máxima Verossimilhança Restrita por meio do algoritmo *AI* (*Average-Information*) do programa *AIREMLF90*, o qual faz parte da família de programas *BLUPF90* (MISZTAL et al., 2002). O critério de convergência adotado foi de 10^{-12} . Os valores de herdabilidade foram calculados a partir da utilização das variâncias genéticas e residuais, considerando todas as gerações do arquivo de pedigree. A partir da análise bicaracterística, foram calculadas as correlações genéticas e fenotípicas entre as características. A primeira, também usando o *AIRMLF90* e a segunda, no *software R*, utilizando a função *corr.test*.

4 Resultados

Análise descritiva

Para a análise das medidas corporais, foram utilizados dados de 134.514 animais, nascidos entre os anos de 1966 e 2016, registrados no período de 1970 a 2019. Deste total, 108.547 animais são produtos de monta natural e 25.967, de transferência de embrião.

Na Figura 1, é apresentado o número de animais de acordo com a idade em que foram registrados.

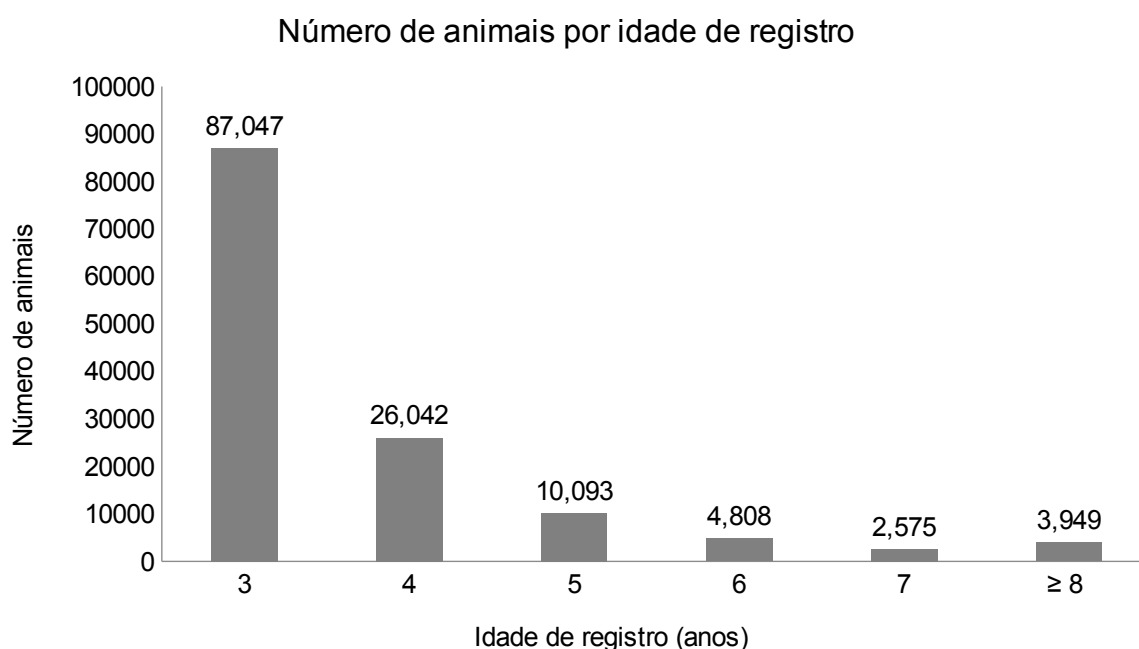


Figura 1: Número de animais por idade de registro.

As datas de nascimento e de registro dos animais foram classificadas de acordo com as estações do ano, gerando, assim, a estação do ano de nascimento e de registro de cada animal (Figura 2).

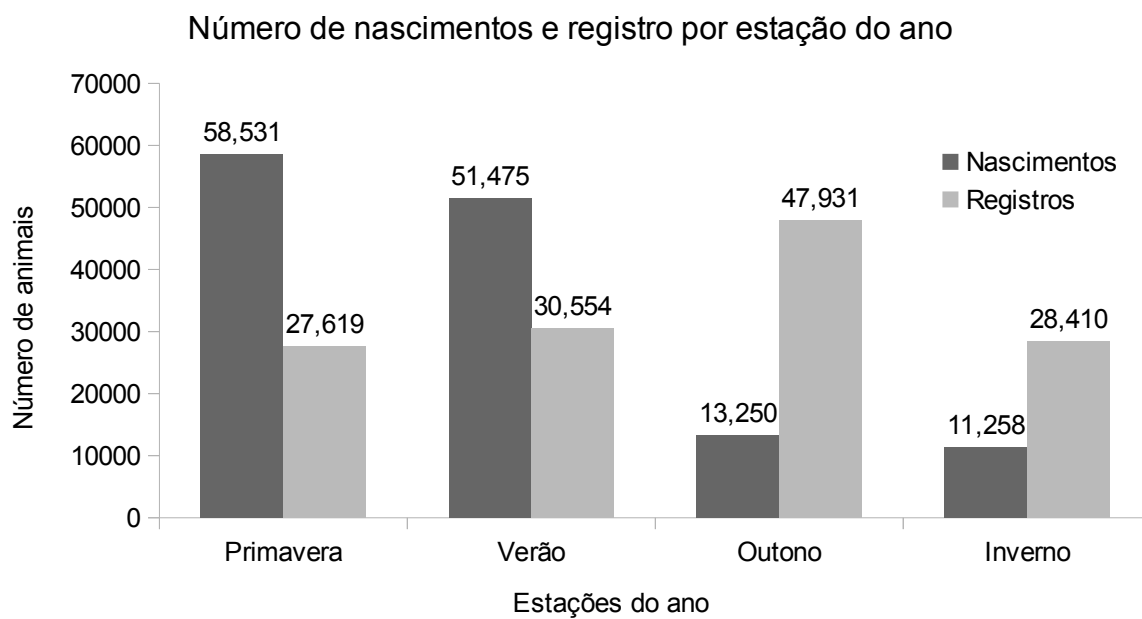


Figura 2: Número de nascimentos e registro por estação do ano.

Foram calculadas a média geral para cada característica e as médias das características, considerando-se o sexo dos animais, bem como seus respectivos desvios-padrão e amplitude de variação (Tabela 2).

Tabela 2 - Médias geral, dos machos, das fêmeas e dos animais castrados para cada característica, acompanhadas de seus desvios-padrão, valores mínimos e máximos.

	Geral	Machos	Fêmeas	Castrados
Medidas corporais	\bar{X} (m) \pm SD [Min – Max]	\bar{X} (m) \pm SD [Min – Max]	\bar{X} (m) \pm SD [Min – Max]	\bar{X} (m) \pm SD [Min – Max]
Altura na cernelha	1,47 \pm 0,04 [1,38 – 1,57]	1,50 \pm 0,02 [1,46 – 1,57]	1,46 \pm 0,03 [1,38 – 1,54]	1,48 \pm 0,04 [1,40 – 1,57]
Altura na garupa	1,46 \pm 0,03 [1,35 – 1,57]	1,48 \pm 0,03 [1,42 – 1,57]	1,45 \pm 0,03 [1,35 – 1,56]	1,46 \pm 0,04 [1,35 – 1,57]
Comprimento do corpo	1,49 \pm 0,04 [1,35 – 1,64]	1,51 \pm 0,03 [1,35 – 1,64]	1,49 \pm 0,04 [1,35 – 1,64]	1,49 \pm 0,04 [1,35 – 1,64]
Largura da cabeça	0,20 \pm 0,01 [0,15 – 0,25]	0,20 \pm 0,01 [0,17 – 0,25]	0,20 \pm 0,01 [0,15 – 0,25]	0,20 \pm 0,01 [0,15 – 0,25]
Comprimento do dorso lombo	0,48 \pm 0,04 [0,31 – 0,81]	0,48 \pm 0,04 [0,35 – 0,77]	0,49 \pm 0,04 [0,31 – 0,81]	0,48 \pm 0,04 [0,37 – 0,66]
Largura da garupa	0,49 \pm 0,02 [0,42 – 0,57]	0,49 \pm 0,02 [0,42 – 0,57]	0,49 \pm 0,02 [0,42 – 0,57]	0,49 \pm 0,02 [0,42 – 0,57]
Comprimento da garupa	0,51 \pm 0,03 [0,41 – 0,60]	0,51 \pm 0,03 [0,41 – 0,60]	0,50 \pm 0,03 [0,4 – 0,60]	0,50 \pm 0,03 [0,41 – 0,60]
Comprimento da cabeça	0,56 \pm 0,02 [0,47 – 0,67]	0,57 \pm 0,02 [0,47 – 0,65]	0,56 \pm 0,02 [0,47- 0,67]	0,57 \pm 0,02 [0,50 – 0,65]
Perímetro torácico	1,71 \pm 0,06 [1,46 – 1,96]	1,72 \pm 0,05 [1,52 – 1,94]	1,71 \pm 0,06 [1,46 – 1,96]	1,70 \pm 0,06 [1,46 – 1,91]
Comprimento da espádua	0,51 \pm 0,02 [0,43 – 0,60]	0,52 \pm 0,02 [0,44 – 0,60]	0,51 \pm 0,02 [0,43 – 0,60]	0,51 \pm 0,02 [0,43 – 0,60]
Comprimento do pescoço	0,61 \pm 0,03 [0,51 – 0,71]	0,62 \pm 0,03 [0,51 – 0,71]	0,60 \pm 0,03 [0,51 – 0,71]	0,62 \pm 0,03 [0,51 – 0,71]
Perímetro de canela	0,18 \pm 0,01 [0,14 – 0,23]	0,18 \pm 0,01 [0,16 – 0,22]	0,18 \pm 0,01 [0,14 – 0,23]	0,18 \pm 0,01 [0,14 – 0,23]
Número de indivíduos avaliados	134.514	28.777	97.193	8.544

\bar{X} = Média; SD = Desvio-padrão; Min = Valor mínimo; Max = Valor máximo; m= Metros

Análise de pedigree

Na análise de pedigree, foram avaliados 412.013 animais. Deste total, foram encontradas 11 gerações, 134.830 animais com progênie (24.071 garanhões e 110.759 éguas), 277.183 animais sem progênie e 66.071 animais com fenótipo e progênie.

Foram identificados 59.765 indivíduos fundadores, com uma progênie total de 244.655 animais (Tabela 3), e 352.248 animais não fundadores.

Tabela 3 - Classificação dos animais fundadores (garanhões e éguas) e suas respectivas progênies.

Categorias	Número de indivíduos
Garanhões fundadores	10.349
Progênie dos garanhões fundadores	154.770
Éguas fundadoras	49.416
Progênie das éguas fundadoras	175.645

O tamanho médio das famílias de irmãos completos foi de 2,5 indivíduos, apresentando tamanho mínimo de 2 animais e tamanho máximo de 170. Também foram identificados 56.552 grupos de irmãos completos.

Dentre todos os animais avaliados, foi estimado um coeficiente médio de consanguinidade de 0,003. Além disso, foram encontrados 18.300 indivíduos consanguíneos (4,4% do total da população), com um coeficiente médio de consanguinidade 0,068. O coeficiente mínimo de endogamia encontrado foi de 0,000 e o máximo, de 0,375. Na Tabela 4, são apresentados intervalos de coeficientes de endogamia e o número de indivíduos endogâmicos encontrados para cada intervalo.

Tabela 4 - Distribuição dos coeficientes de endogamia (F).

Distribuição do coeficiente de endogamia	Número de indivíduos	Percentual em relação ao total da população (%)
$0,00 < F \leq 0,05$	9.919	2,41
$0,05 < F \leq 0,10$	3.326	0,81
$0,10 < F \leq 0,15$	3.019	0,73
$0,15 < F \leq 0,20$	326	0,08
$0,20 < F \leq 0,25$	1.595	0,39
$0,25 < F \leq 0,30$	89	0,02
$0,30 < F \leq 0,35$	17	0
$0,35 < F \leq 0,40$	9	0
$0,40 < F \leq 1,00$	0	0

Definição dos modelos estatísticos

Na Tabela 5, são apresentados os efeitos fixos e as covariáveis, bem como seus respectivos níveis, incluídos no modelo de cada característica.

Tabela 5 - Efeitos fixos, covariáveis e seus respectivos níveis, selecionados para cada característica.

	Efeitos fixos							Covariáveis			
	Ano de nascimento	Ano de registro	UF de nascimento estação de nascimento	UF de nascimento estação de registro	Estação de nascimento estação de registro	Estação de nascimento tipo de cobertura	Estação de nascimento sexo	Estação de registro sexo	Tipo de cobertura sexo	Idade da mãe ao parto	Idade do animal ao registro
Níveis/ Características	50	49	104	105	16	8	12	12	6	6175	3632
Altura na cernelha		X	X		X	X	X		X	X	X
Altura na garupa		X	X		X	X	X		X	X	
Comprimento do corpo	X	X		X	X		X	X	X	X	
Largura da cabeça	X	X	X	X					X	X	
Comprimento do dorso lombo	X	X	X	X		X	X		X	X	
Largura da garupa	X	X		X			X		X	X	
Comprimento da garupa	X	X		X	X				X	X	
Comprimento da cabeça	X	X		X	X	X			X	X	
Perímetro torácico	X	X		X	X				X	X	
Comprimento da espádua	X	X		X	X				X	X	
Comprimento do pescoço	X	X	X	X	X	X			X	X	
Perímetro de canela	X	X		X		X	X	X	X	X	

Estimação dos componentes de variância, herdabilidade e correlações

Foram estimados os componentes de variância genético e residual, acompanhados de seus respectivos erros, para cada característica. Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Variância genética e residual ($\cdot 10^3$), seguidos de seus respectivos erros padrão ($\cdot 10^3$), para cada característica.

Característica	Variância genética	Erro padrão da média	Variância residual	Erro padrão da média
Altura na cernelha	0.5272	0.0076	0.4411	0.0050
Altura na garupa	0.5271	0.0076	0.4449	0.0050
Comprimento do corpo	0.6764	0.0114	0.8583	0.0082
Largura da cabeça	0.0466	0.0008	0.0770	0.0006
Comprimento do dorso lombo	0.3857	0.0071	0.7063	0.0056
Largura da garupa	0.1434	0.0028	0.2662	0.0022
Comprimento da garupa	0.2497	0.0048	0.4703	0.0038
Comprimento da cabeça	0.1242	0.0025	0.2462	0.0020
Perímetro torácico	1.0683	0.0218	2.1680	0.0173
Comprimento da espádua	0.1809	0.0036	0.3702	0.0029
Comprimento do pescoço	0.2471	0.0050	0.5132	0.0040
Perímetro de canela	0.0171	0.0004	0.0449	0.0003

Foram calculados os valores de herdabilidade e seus respectivos desvios-padrão para cada medida corporal avaliada. Além disso, foram estimadas as correlações genéticas e residuais entre as características (Tabela 7).

Tabela 7 - Estimativas de herdabilidade acompanhada de seus desvios-padrão (diagonal), correlação genética (valores acima da diagonal) acompanhada de seus erros-padrão e correlação fenotípica (valores abaixo da diagonal) \pm intervalo de confiança (95%) para cada característica.

	AC	AG	CC	LC	CDL	LA	CG	CCA	PT	CE	CP	PC
AC	0,544 6,132.10⁻³	0,953 7,276.10 ⁻⁶	0,793 7,973.10 ⁻⁶	0,217 1,801.10 ⁻⁶	0,280 5,329.10 ⁻⁶	0,085 9,637.10 ⁻⁷	0,411 4,579.10 ⁻⁶	0,487 3,305.10 ⁻⁶	0,588 1,017.10 ⁻⁵	0,501 4,072.10 ⁻⁶	0,508 4,794.10 ⁻⁶	0,377 1,278.10 ⁻⁶
AG	0,906 9,609.10 ⁻⁴	0,542 6,144.10⁻³	0,780 7,907.10 ⁻⁶	0,190 1,798.10 ⁻⁶	0,299 5,370.10 ⁻⁶	0,503 3,579.10 ⁻⁶	0,401 4,559.10 ⁻⁶	0,486 3,312.10 ⁻⁶	0,548 1,004.10 ⁻⁵	0,497 4,055.10 ⁻⁶	0,474 4,758.10 ⁻⁶	0,385 1,270.10 ⁻⁶
CC	0,692 2,799.10 ⁻³	0,665 2,988.10 ⁻³	0,441 6,244.10⁻³	0,224 2,192.10 ⁻⁶	0,383 6,644.10 ⁻⁶	0,608 4,482.10 ⁻⁶	0,499 5,689.10 ⁻⁶	0,475 4,023.10 ⁻⁶	0,603 1,249.10 ⁻⁵	0,504 4,958.10 ⁻⁶	0,482 5,737.10 ⁻⁶	0,426 1,563.10 ⁻⁶
LC	0,211 5,111.10 ⁻³	0,193 5,151.10 ⁻³	0,188 5,161.10 ⁻³	0,377 5,724.10⁻³	0,255 1,731.10 ⁻⁶	0,240 1,089.10 ⁻⁶	0,114 1,404.10 ⁻⁶	0,283 1,038.10 ⁻⁶	0,175 2,999.10 ⁻⁶	-0,021 1,214.10 ⁻⁶	0,028 1,429.10 ⁻⁶	0,021 3,963.10 ⁻⁷
CDL	0,119 5,272.10 ⁻³	0,208 5,118.10 ⁻³	0,233 5,061.10 ⁻³	0,197 5,141.10 ⁻³	0,353 5,696.10⁻³	0,252 3,206.10 ⁻⁶	0,205 4,199.10 ⁻⁶	0,355 3,021.10 ⁻⁶	0,209 8,849.10 ⁻⁶	0,249 3,651.10 ⁻⁶	0,103 4,210.10 ⁻⁶	0,125 1,182.10 ⁻⁶
LA	0,353 4,685.10 ⁻³	0,393 4,530.10 ⁻³	0,471 4,170.10 ⁻³	0,195 5,147.10 ⁻³	0,288 4,909.10 ⁻³	0,350 6,026.10⁻³	0,530 2,864.10 ⁻⁶	0,416 1,969.10 ⁻⁶	0,535 6,066.10 ⁻⁶	0,484 2,466.10 ⁻⁶	0,393 2,792.10 ⁻⁶	0,392 7,211.10 ⁻⁷
CG	0,357 4,671.10 ⁻³	0,354 4,682.10 ⁻³	0,415 4,431.10 ⁻³	0,149 5,229.10 ⁻³	0,241 5,041.10 ⁻³	0,476 4,143.10 ⁻³	0,347 5,866.10⁻³	0,384 2,561.10 ⁻⁶	0,343 7,614.10 ⁻⁶	0,530 3,278.10 ⁻⁶	0,385 3,636.10 ⁻⁶	0,412 9,976.10 ⁻⁷
CCA	0,358 4,667.10 ⁻³	0,435 4,345.10 ⁻³	0,335 4,752.10 ⁻³	0,277 4,941.10 ⁻³	0,224 5,082.10 ⁻³	0,333 4,760.10 ⁻³	0,363 4,647.10 ⁻³	0,335 5,959.10⁻³	0,359 5,361.10 ⁻⁶	0,432 2,246.10 ⁻⁶	0,381 2,652.10 ⁻⁶	0,114 6,963.10 ⁻⁷
PT	0,455 4,248.10 ⁻³	0,435 4,345.10 ⁻³	0,488 4,084.10 ⁻³	0,120 5,270.10 ⁻³	0,151 5,226.10 ⁻³	0,455 4,249.10 ⁻³	0,343 4,725.10 ⁻³	0,220 5,091.10 ⁻³	0,330 6,031.10⁻³	0,467 6,803.10 ⁻⁶	0,22706 7,553.10 ⁻⁶	0,508 2,200.10 ⁻⁶
CE	0,454 4,254.10 ⁻³	0,441 4,313.10 ⁻³	0,446 4,292.10 ⁻³	0,104 5,289.10 ⁻³	0,183 5,171.10 ⁻³	0,439 4,324.10 ⁻³	0,507 3,983.10 ⁻³	0,358 4,667.10 ⁻³	0,413 4,440.10 ⁻³	0,328 5,880.10⁻³	0,273 3,102.10 ⁻⁶	0,302 8,641.10 ⁻⁷
CP	0,443 4,306.10 ⁻³	0,415 4,432.10 ⁻³	0,384 4,566.10 ⁻³	0,059 5,327.10 ⁻³	0,030 5,340.10 ⁻³	0,328 4,777.10 ⁻³	0,333 4,760.10 ⁻³	0,340 4,733.10 ⁻³	0,209 5,116.10 ⁻³	0,286 4,915.10 ⁻³	0,325 5,910.10⁻³	0,093 9,939.10 ⁻⁷
PC	0,364 4,644.10 ⁻³	0,334 4,756.10 ⁻³	0,362 4,653.10 ⁻³	0,088 5,305.10 ⁻³	0,069 5,320.10 ⁻³	0,216 5,100.10 ⁻³	0,267 4,971.10 ⁻³	0,071 5,319.10 ⁻³	0,372 4,614.10 ⁻³	0,279 4,935.10 ⁻³	0,132 5,255.10 ⁻³	0,276 5,669.10⁻³

AC = Altura na cernelha; AG = Altura na garupa; CC = Comprimento do corpo; LC = Largura da cabeça; CDL = Comprimento do dorso lombo; LA = Largura da garupa; CG = Comprimento da garupa; CCA = Comprimento da cabeça; PT = Perímetro torácico; CE = Comprimento da espádua; CP = Comprimento do pescoço; PC = Perímetro de canela.

5 Discussão

A partir da análise descritiva dos dados utilizados, observou-se que a maior parte dos animais são registrados, em definitivo, logo após completar os três anos e antes de completar os quatro anos de idade (Figura 1). Satisfazendo-se, assim, o requisito estabelecido no regulamento do serviço de registro genealógico do cavalo Mangalarga Marchador, que prevê a emissão do registro definitivo dos animais após 36 meses de idade (ABCCMM, 2018). Além disso, o Regulamento Geral para Eventos Oficializados também prevê que não serão aceitas inscrições de animais com idade acima de 36 meses que não possuam registro definitivo em competições oficiais (ABCCMM, 2019b). O Regulamento do Serviço de Registro Genealógico também exige que os animais tenham o registro definitivo para serem usados como matriz ou reprodutor (ABCCMM, 2018). Esses fatores contribuem para que os animais sejam registrados logo após atingirem os três anos de idade.

Durante o período avaliado, o maior número de nascimentos ocorreu na primavera e no verão, respectivamente (Figura 2). O que evidencia a fisiologia dos cavalos, principalmente das éguas, que são classificadas como poliéstricas estacionais de dias longos (CINTRA, 2018). A ocorrência dos nascimentos durante a primavera também pode ser uma estratégia favorável aos criadores na participação dos animais em competições, levando-se em consideração o período de início do ano hípico.

O número de animais nascidos por monta natural ainda é superior aos oriundos de transferência de embrião na raça Mangalarga Marchador. Entretanto estudos realizados com o Cavalo de Polo Argentino comprovam que a utilização de biotécnicas reprodutivas pode levar à redução do intervalo de geração e ao aumento do fluxo de material genético em uma população ou rebanho, contribuindo com o aumento das taxas de progresso genético (AZCONA et al., 2020).

Cada raça é caracterizada por uma faixa de altura dos animais, em que as medidas dos indivíduos variam dentro de um pequeno intervalo (BROOKS et al.,

2010). Essa informação pode ser observada em relação à medida de altura na cernelha dos animais avaliados neste estudo. O padrão racial prevê, para machos, que altura ideal na cernelha seja de 1,52 m, mínima de 1,47 m e máxima de 1,57 m e, para fêmeas, a altura ideal é de 1,46 m, variando entre 1,40 m e 1,54 m. Para animais castrados, a altura na cernelha mínima é de 1,40 m e máxima de 1,57 m (ABCCMM, 2000). Dessa maneira, o padrão sugere a existência do dimorfismo sexual. Podendo este ser identificado a partir das médias das medidas corporais obtidas para diferentes categorias (Tabela 2) corroborando os resultados encontrados em outros trabalhos com animais marchadores (GONÇALVES *et al.*, 2012) e com cavalos Lusitanos (BARTOLOMÉ *et al.*, 2019).

Estudos realizados com cavalo islandês concluíram que as medidas de conformação influenciam na velocidade do andamento dos animais (STEFÁNSDÓTTIR *et al.*, 2021). Dessa forma, se faz necessária a utilização de medições quantitativas objetivas a fim de se obterem fenótipos com mais precisão (BROOKS *et al.*, 2010).

O percentual de indivíduos aparentados no grupo avaliado foi pequeno, se comparado ao tamanho total da população. Entretanto, para realizar o direcionamento adequado dos acasalamentos, Rosa *et al.* (2017) ressalta que é importante conhecer o relacionamento genético entre os indivíduos a fim de controlar a consanguinidade. Nesse sentido, torna-se importante a avaliação genômica dos animais.

O uso de biotécnicas reprodutivas pode contribuir com o progresso genético de um rebanho, entretanto pode aumentar o parentesco entre os animais e diminuir a variabilidade genética da população (AZCONA *et al.*, 2020). Assim uma estratégia para se manter a variabilidade genética dos animais e uma menor endogamia, é o acasalamento entre animais de linhagens diferentes.

Para a estimação dos componentes de variância, foi definido um modelo estatístico específico para cada característica. Já que, não necessariamente, todos

os fatores interferem da mesma forma em cada uma delas. Desse modo, a partir de todos os fatores avaliados, foram selecionados os que melhor explicaram cada característica, com base no p-valor de cada fator do modelo, associado ao princípio da parcimônia.

As medidas de altura na cernelha e na garupa sofreram maior influência genética do que ambiental. Enquanto comprimento do corpo, do dorso lombo, da garupa, da espádua, do pescoço e da cabeça, largura da cabeça e da garupa, e perímetro torácico e de canela foram mais influenciadas por fatores ambientais do que por fatores genéticos (Tabela 6). Resultados semelhantes de variância genética e residual foram encontrados por Costa et al. (1998), avaliando-se medidas lineares de pôneis da raça brasileira.

Entretanto Maruch (2018), ao avaliar dados de medidas morfométricas, identificou maior influência genética sobre essas mesmas características. Essa divergência entre os resultados pode ter sido ocasionada pelos diferentes critérios utilizados na etapa de preparação do banco de dados. O fato de Maruch (2018) ter incluído como critério animais nascidos, criados e registrados na mesma fazenda, enquanto o presente estudo considerou apenas o Estado de nascimento do animal, mostra o quanto os efeitos ambientais influenciam essas características, a importância do monitoramento desses animais e do controle local aos se estimarem as componentes de variância.

Tomando-se como referência o trabalho de Rosa et al. (2017), podemos considerar que todas as características avaliadas são sujeitas a modificações significativas pela seleção, pois apresentam valores de herdabilidade variando de médio (0,10 – 0,50) a alto (0,50 – 1,00).

A herdabilidade das características é importante para a predição dos valores genéticos dos indivíduos, permitindo a identificação dos melhores animais de acordo com o objetivo de seleção estabelecido.

Os resultados da análise bicaracterística (Tabela 7) indicam que as medidas de altura na cernelha e altura na garupa são as mais altamente correlacionadas geneticamente de maneira favorável. Essa alta correlação também foi encontrada em outros trabalhos com Mangalarga Marachador e com pôneis (COSTA et al., 1998; MARUCH, 2018; ZAMBORLINI et al., 1996), o que indica que podem ser governadas pelos mesmos genes, e que a seleção de uma característica influenciaria em outras medidas corporais (COSTA et al., 1998; ROSA et al., 2017).

Diferente dos resultados de estudos anteriores (COSTA et al., 1998; MARUCH, 2018; ZAMBORLINI et al., 1996), foi obtida uma correlação genética desfavorável entre as medidas de comprimento da espádua e largura da cabeça. No entanto, apesar de o valor obtido ser negativo, está muito próximo de zero, o que pode indicar que não há correlação entre essas características.

Assim podemos considerar que as correlações genéticas entre comprimento de pescoço e perímetro de canela, largura da cabeça e perímetro de canela, largura da cabeça e comprimento do pescoço, largura da garupa e altura na cernelha e as correlações fenotípicas entre comprimento de pescoço e largura da cabeça, comprimento de pescoço e perímetro de canela, comprimento da cabeça e perímetro de canela, comprimento do dorso lombo e perímetro de canela e comprimento do dorso lombo e perímetro torácico estão muito próximas de zero.

6 Conclusões

Os resultados sugerem que todas as medidas morfométricas avaliadas são herdáveis, podendo ser transmitidas para a próxima geração, viabilizando a implementação de um programa de melhoramento genético na raça. A alta correlação genética favorável entre algumas características pode permitir a otimização do índice de seleção em programas de melhoramento de equinos, possibilitando a redução do número de critérios utilizados. Além disso, que os fatores ambientais influenciam as medidas morfométricas de cavalos Mangalarga Marchador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCCMM. **Padrão para o Cavalo Mangalarga Marchador**. Disponível em: <<https://www.marchatech.com/copia-instrutores>>.

ABCCMM. **Padrão da Raça**. Disponível em: <<http://leia.abccmm.org.br/portal/regulamentos/padraodaraca.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2021.

ABCCMM. **Regulamento do serviço de registro genealógico do cavalo Mangalarga Marchador**. Disponível em: <<http://leia.abccmm.org.br/portal/regulamentos/regulamentosrg.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2021.

ABCCMM. **O MM em números**. Disponível em: <<http://www.abccmm.org.br/leitura?id=9525>>. Acesso em: 6 set. 2019a.

ABCCMM. **Regulamento geral para eventos oficializados do cavalo Mangalarga Marchador**. Disponível em: <<http://leia.abccmm.org.br/portal/regulamentos/regulamentoeventos.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2021b.

AZCONA, F. et al. Impact of reproductive biotechnologies on genetic variability of Argentine Polo horses. **Livestock Science**, v. 231, n. August 2019, p. 103848, 2020.

BARTOLOMÉ, E. et al. Genealogical and morphological analysis of Lusitano Purebred horses participating at international Dressage competitions. **Research in Veterinary Science**, v. 122, n. November 2018, p. 124–131, 2019.

BROOKS, S. A. et al. Morphological variation in the horse: defining complex traits of body size and shape. **Animal Genetics**, v. 41, n. SUPPL. 2, p. 159–165, dez. 2010.

CABRAL, G. C. et al. Avaliação Morfométrica de Equinos da Raça Mangalarga Marchador: Medidas Lineares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 989–1000, 2004.

CINTRA, A. G. DE C. **O Cavalo: características, manejo e alimentação**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Roca Ltda, 2018.

COSTA, M. D. DA et al. Estimativas de parâmetros genéticos das medidas lineares dos pôneis da raça Brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p. 498–503, 1998.

COSTA, M. D. et al. Estudo da subdivisão genética da raça Mangalarga Marchador. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 2, p. 272–280, 2005.

ELER, J. P. **Teorias e métodos em melhoramento genético animal: Seleção**. E-book ed. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2017a. v. 66

ELER, J. P. **Teorias e métodos em melhoramento genético animal: bases do melhoramento genético animal**. E-book ed. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2017b.

ELIAS, N. M. et al. **Uso de Modelos Mistos na Avaliação Genética Animal**. Viçosa: UFV, 1997.

FISHER, R. A. The Correlation between Relatives on the Supposition of Mendelian Inheritance. **Royal Society of Edinburgh**, v. 52, p. 399–433, 1918.

FONSECA, M. G. **Mangalarga Marchador: estudo morfométrico, cinemático e genético da marcha batida e da marcha picada**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista - UNESP, 2018.

GONÇALVES, R. W. et al. Efeito da endogamia sobre características morfométricas em cavalos da raça mangalarga marchador. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 2, p. 419–426, 2012.

HARTLEY, A. H. O.; RAO, J. N. K. Maximum-Likelihood Estimation for the Mixed Analysis of Variance Model. **Biometrika**, v. 54, n. 1, p. 93–108, 1967.

HENDERSON, C. R. Estimation of Variance and Covariance Components. **Biometrics**, v. 9, n. 2, p. 226–252, 1953.

LOPES, P. S. et al. **Estimação dos componentes de variância**. Viçosa: UFV, 1998.

MAPA. Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavallo. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, p. 70, 2016.

MARCELINO, S. D. D. R. **Métodos de estimação de componentes de variância em modelos mistos desbalanceados**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2000.

MARUCH, S. Estudo de características morfométricas em equinos Mangalarga Marchador por meio de modelo animal e componentes principais. 2018.

MISZTAL, I. et al. **BLUPF90 and related programs**. Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. **Anais...Montpellier:**

2002Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/262224129_BLUPF90_and_related_programs>

NASCIMENTO, J. F. DO. **Mangalarga Marchador: tratado morfofuncional**. 1ª ed. Belo Horizonte: Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador, 1999.

PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of Inter-Block Information when Block Sizes are Unequal. **Biometrika**, v. 58, n. 3, p. 545, 1971.

PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento Genético Aplicado à Produção Animal**. 5ª ed. Belo Horizonte: Fepmvz Editora, 2008.

RESENDE, M. D. V. DE et al. **Estatística matemática , biométrica e computacional: modelos mistos, multivariados, categóricos e generalizados (REML/BLUP), inferência bayesiana, regressão elatória, seleção genômica, QTL-GWAS, estatística espacial e temporal, competição, sobrevivência**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2014.

ROSA, A. DO N. et al. **Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa**. Embrapa ed. Brasília, DF: 1ª, 2017.

SANTIAGO, J. M. **Caracterização Morfométrica da Raça Mangalarga Marchador**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

SANTIAGO, J. M. et al. Evolution of Morphometric Measures in the Mangalarga Marchador Breed. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 1, p. 191–199, 2016.

SARGOLZAEI, M. et al. **CFC: a tool for monitoring genetic diversity**. 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. **Anais...**Belo Horizonte: 2006Disponível em:
<https://www.researchgate.net/profile/Jj-Colleau/publication/260779062_Sargolzaei_M_H_Iwaisaki_JJ_Colleau_CFC_a_tool_for_monitoring_genetic_diversity_8th_World_Congress_on_Genetics_Applied_To_Livestock_Production_27_28/links/548b38370cf214269f1dd2a4/Sargol>

STEFÁNSDÓTTIR, G. J. et al. Speed of gaits in Icelandic horses and relationships to sex, age, conformation measurements and subjective judges' scores. **Comparative Exercise Physiology**, v. 17, n. 2, p. 151–160, 2021.

TEAM, R. C. **R: A language and environment for statistical computing.R Foundation for Statistical Computing**.Vienna, Austria, 2020. Disponível em:
<<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 1 fev. 2021

ZAMBORLINI, L. C. et al. Estudo genético-quantitativo de medidas lineares de equinos da raça Mangalarga Marchador - I . Estimativas dos fatores de ambiente e parâmetros genéticos. **Revista brasileira de ciências veterinárias**, v. 3, n. 2, p. 33–37, 1996.

ZHANG, Z. Variable selection with stepwise and best subset approaches. **Annals of Translational Medicine**, v. 4, n. 7, p. 1–6, 2016.

ANEXO A — Padrão da Raça**PADRÃO DA RAÇA**

APROVADO PELO CDT – CONSELHO DELIBERATIVO TÉCNICO

DA ABCCMM EM 24/06/98

APROVADO PELO MAPA EM 05/07/2000

I - APARÊNCIA GERAL:

1 - Porte médio, ágil, estrutura forte e bem proporcionada, expressão vigorosa e sadia, visualmente leve na aparência, pele fina e lisa, pelos finos, lisos e sedosos, temperamento ativo e dócil.

2 - Altura:

Para machos a ideal é de 1,52m, admitindo-se para o registro definitivo a mínima de 1,47m e a máxima de 1,57m.

Para fêmeas a ideal é de 1,46m, admitindo-se para o registro definitivo a mínima de 1,40m e a máxima de 1,54m.

II - CABEÇA:

1 - Forma: triangular, bem delineada, média e harmoniosa, frente larga e plana;

2 - Perfil: retilíneo na frente e de retilíneo a sub-côncavo no chanfro;

3 - Olhos: afastados e expressivos, grandes, salientes, escuros e vivos, pálpebras finas e flexíveis;

4 - Orelhas: médias, móveis, paralelas, bem implantadas, dirigidas para cima, de preferência com as pontas ligeiramente voltadas para dentro;

5 - Garganta: larga e bem definida;

6 - Boca: de abertura média, lábios finos, móveis e firmes;

7 - Narinas: grandes, bem abertas e flexíveis;

8 - Ganachas: afastadas e descarnadas.

III- EXPRESSÃO E CARACTERIZAÇÃO:

O que exprime e caracteriza a raça em sua cabeça, aparência geral e conformação.

IV - PESCOÇO:

De forma piramidal, leve em sua aparência geral, proporcional, oblíquo, de musculatura forte,

apresentando equilíbrio e flexibilidade, com inserções harmoniosas, sendo a do tronco no terço superior do peito, admitindo-se, nos machos, ligeira convexidade na borda dorsal – como expressão de caráter sexual secundário - crinas ralas, finas e sedosas.

V - TRONCO:

1 - Cernelha: bem definida, longa, proporcionando boa direção à borda dorsal do pescoço;

2 - Peito: profundo, largo, musculoso e não saliente;

3 - Costelas: longas, arqueadas, possibilitando boa amplitude torácica;

4 - Dorso: de comprimento médio, reto, musculado, proporcional, harmoniosamente ligado à cernelha e ao lombo;

5 - Lombo: curto, reto, proporcional, harmoniosamente ligado ao dorso e à garupa, coberto por forte massa muscular;

6 - Ancas: simétricas, proporcionais e bem musculadas;

7 - Garupa: longa, proporcional, musculosa, levemente inclinada, com a tuberosidade sacral pouco saliente e de altura não superior à da cernelha;

8 - Cauda: de inserção média, bem implantada, sabugo curto, firme, dirigido para baixo, de preferência com a ponta ligeiramente voltada para cima quando o animal se movimenta. Cerdas finas, ralas e sedosas.

VI - MEMBROS ANTERIORES:

1 - Espáduas: longas, largas, oblíquas, musculadas, bem implantadas, apresentando amplitude de movimentos;

2 - Braços: longos, musculosos, bem articulados e oblíquos;

3 - Antebraços: longos, musculosos, bem articulados, retos e verticais;

4 - Joelhos: largos, bem articulados e na mesma vertical do antebraço;

5 - Canelas: retas, curtas, descarnadas, verticais, com tendões fortes e bem delineados;

6 - Boletos: definidos e bem articulados;

7 - Quartelas: de comprimento médio, fortes, oblíquas e bem articuladas;

8 - Cascos: médios, sólidos, escuros e arredondados.

9 - Aprumos: corretos.

VII - MEMBROS POSTERIORES:

1 - Coxas: musculosas e bem inseridas;

2 - Pernas: fortes, longas, bem articuladas e aprumadas;

3 - Jarretes: descarnados, firmes, bem articulados e aprumados;

4 - Canelas: retas, curtas, descarnadas, verticais, com tendões fortes e bem delineados;

5 - Boletos: definidos e bem articulados;100

6 - Quartelas: de comprimento médio, fortes, oblíquas e bem articuladas;

7 - Cascos: médios, escuros e arredondados;

8 - Aprumos: corretos.

VIII - AÇÃO:

1 - Passo: andamento marchado, simétrico, de baixa velocidade, a quatro tempos, com apoio alternado dos bípedes laterais e diagonais, sempre intercalados por tempo de tríplice apoio.

Características ideais: regular, elástico, com ocorrência de sobrepegada; equilibrado, com avanço sempre em diagonal e tempos de apoio dos bípedes diagonais pouco maiores que laterais; suave movimento de báscula com o pescoço; boa flexibilidade de articulações.

2 - Galope: andamento saltado, de velocidade média, assimétrico, a três tempos, cuja sequência de apoios se inicia com um posterior, seguido do bípede diagonal colateral (apoio simultâneo) e se completa com o anterior oposto.

Características ideais: regular, justo, com boa impulsão, equilibrado, com nítido tempo de suspensão, discreto movimento de báscula com o pescoço, boa flexibilidade de articulações.

IX – ANDAMENTO:

Marcha batida ou picada – é o andamento natural, simétrico, a quatro tempos, com apoios alternados dos bípedes laterais e diagonais, intercalados por momentos de tríplice apoio.

Características ideais: regular, elástico, com ocorrência de sobrepegada ou ultrapegada, equilibrado, com avanço sempre em diagonal e tempos de apoio dos bípedes diagonais maiores que laterais, movimento discreto de anteriores, descrevendo semicírculo visto de perfil, boa flexibilidade de articulações.

Aprovado pelo CDT – Conselho Deliberativo Técnico da ABCCMM em 11/02/2003

Aprovado pelo MAPA em 08/12/2003

X - PONTOS DE DESCLASSIFICAÇÃO:

1 - EXPRESSÃO E CARACTERIZAÇÃO:

Quando se distingue da raça.

2 - DESPIGMENTAÇÃO:

2.1 - Pele (Albinismo)

2.2 - Íris (Albinóide)

3 - TEMPERAMENTO:

Vícios considerados graves e transmissíveis.

4 - ORELHAS:

Mal dirigidas (Acabanadas)

5 - PERFIL DA FRONTE:

Convexilíneo

6 - PERFIL DO CHANFRO:

Convexilíneo ou concavilíneo

7 - LÁBIOS:

Com relaxamento das comissuras (belfo)

8 - ASSIMETRIA DA ARCADA DENTÁRIA:

(Prognatismo)

9 - PESCOÇO:

Cangado, invertido (de cervo) e rodado

10 - LINHA DORSO-LOMBAR:

Cifose (de carpa), lordose (selado) e escoliose (desvio lateral da coluna)

11 - GARUPA:

Demasiadamente inclinada (derreada), de altura superior à da cernelha, tolerando-se, neste caso, nas fêmeas, diferença de até 2 centímetros.

12 - MEMBROS:

Taras ósseas congênitas e defeitos graves de aprumos.

13 - APARELHO GENITAL:

13.1- Anorquidia (ausência congênita dos testículos)

13.2- Monorquidia (roncolho)

13.3- Criptorquidia (1 ou 2 testículos na cavidade abdominal)

13.4- Assimetria testicular acentuada

13.5- Anomalias congênitas do sistema genital feminino

14 - ANDAMENTO:

14.1- Andadura

14.2- Trote

14.3- Marcha trotada

XI - TABELA DE PONTOS PARA REGISTRO DEFINITIVO

	ESPECIFICAÇÃO	VALORES
I	– APARÊNCIA GERAL	04 pontos
II	– CABEÇA	05 pontos
III	– CARACTERIZAÇÃO/EXPRESSÃO	10 pontos

IV – PESCOÇO	04 pontos
V – TRONCO	23 pontos
CERNELHA	03 pontos
PEITO	02 pontos
TÓRAX	03 pontos
DORSO LOMBO	07 pontos
ANCAS	02 pontos
GARUPA	05 pontos
CAUDA	01 pontos
VI – MEMBROS ANTERIORES	24 pontos
ESPÁDUA	04 pontos
ANTEBRAÇO/BRAÇO	04 pontos
JOELHOS	03 pontos
CANELAS	02 pontos
BOLETOS	03 pontos
QUARTELAS	02 pontos
CASCOS	02 pontos
APRUMOS	04 pontos
VII – MEMBROS POSTERIORES	20 pontos
COXA/PERNA	04 pontos
JARRETES	03 pontos
CANELAS	02 pontos
BOLETOS	03 pontos
QUARTELAS	02 pontos
CASCOS	02 pontos
APRUMOS	04 pontos
VIII - AÇÃO	10 pontos
PASSO	05 pontos
GALOPE	05 pontos
SUB-TOTAL	100 pontos

IX – ANDAMENTO	100 pontos
TOTAL	200 pontos

OBSERVAÇÕES:

1 - Para fins de Registro Definitivo, o animal deverá obter, no mínimo, 50% (cinquenta por cento) dos pontos de EXPRESSÃO/CARACTERIZAÇÃO E DE ANDAMENTO.

2 - Para o Registro Definitivo, deverá o animal ter obtido, no mínimo:

a) Machos - 140 (cento e quarenta) pontos.

b) Fêmeas - 120 (cento e vinte) pontos.

**Instruções Normativas para Inscrição de
Potros Futuros Castrados e Machos Adultos Castrados**

Obs: As normas contidas nesta instrução não integram o Regulamento do Serviço de Registro Genealógico da ABCCMM, exatamente por versarem sobre animais castrados.

Instruções Normativas para a Inscrição de Potros Futuros Castrados

I - Fica instituído na Associação Brasileira dos Criadores do Cavalão Mangalarga Marchador (ABCCMM), o registro de Potros na condição de Futuros Castrados e o Livro de Machos Adultos Castrados.

II - Constituem condições essenciais e obrigatórias para a inscrição do animal nas modalidades que trata o anterior:

a) Futuros Castrados:

a.1) O proprietário deverá optar pela condição de Potro Futuro Castrado, na época do preenchimento da Comunicação de Nascimento ou até à visita do técnico para confecção da resenha de Potro-ao-Pé. Elaborada a resenha por técnico credenciado, o Serviço de Registro Genealógico emitirá o Certificado do Registro Provisório na condição de Futuro Castrado, apondo selo alusivo. Enquanto assim permanecer, estarão os animais impedidos de participarem das Exposições Oficializadas da Raça e Nacionais Jovem da Raça;

a.2) A possibilidade de reversão de Futuro Castrado para animal destinado à reprodução será possível, podendo ser exercida por uma única vez, por desejo expresso do criador e/ou proprietário por ocasião do Registro Definitivo ou até o limite máximo de 48 meses. Neste caso, o criador e/ou proprietário solicitante deverá arcar com os custos da diferença do valor do Registro Provisório normal e do Futuro Castrado, e pagar taxa correspondente ao triplo daquela cobrada para emissão de 2ª via de Certificado;

a.3) A omissão do criador em optar pela futura castração será considerada como intenção de controle do Potro para reprodução, não podendo ser revertida a condição após a emissão do Registro Provisório.

Instruções Normativas para o Registro de Machos Castrados

De acordo com a resolução do Conselho Deliberativo Técnico (CDT), fica instituído para a inscrição no Registro Definitivo de Machos Castrados o seguinte:

b) Machos Castrados:

b.1) Para animais com idade igual ou superior a 36 meses, o animal deverá ter sido inscrito, provisória ou definitivamente, no competente Livro de Registro Genealógico do Caval Mangalarga Marchador;

- b.2) O animal deverá ser apresentado ao técnico para Registro Definitivo, munido do original do Registro Provisório devidamente transferido, se for o caso, e atestado ou laudo pericial de orquiectomia bilateral, firmado por médico veterinário, mencionando o respectivo nome do animal, número de registro, pelagem e a data de nascimento;
- b.3) O animal deverá ter obtido, no mínimo, 60 (sessenta) pontos, de acordo com a tabela de pontos para Registro Definitivo;
- b.4) A altura mínima para Registro Definitivo do Cavalo Castrado é de 1.40 m (um metro e quarenta centímetros) e a máxima 1.57 m (um metro e cinquenta e sete centímetros), admitindo-se uma assimetria de 0,02 m (dois centímetros) com relação à mensuração da cernelha para garupa;
- b.5) Animais registrados em Definitivo como reprodutores, e que forem Castrados; e a apresentação do Certificado de Registro Definitivo e do atestado de orquiectomia bilateral firmado por médico veterinário ao Serviço de Registro, são requisitos suficientes para mudança à condição de Macho Castrado, não sendo necessária nova vistoria por técnico da ABCCMM;
- b.6) Após confirmado o Registro Definitivo, o Serviço de Registro Genealógico emitirá o certificado com a inscrição no competente Livro de Registro, apondo selo indicativo da condição de Castrado.