



**LUCAS DE FREITAS SCHEFFER**

**CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS QUE IMPACTAM  
A REGULARIDADE DA MARCHA EM EQUINOS ADULTOS  
MANGALARGA MARCHADOR**

**LAVRAS – MG**

**2022**

**LUCAS DE FREITAS SCHEFFER**

**CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS QUE IMPACTAM A REGULARIDADE  
DA MARCHA EM EQUINOS ADULTOS MANGALARGA MARCHADOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes para obtenção do título de mestre.

Prof<sup>ª</sup> Dra. Raquel Silva de Moura  
Orientadora

Prof<sup>ª</sup> Dra. Kátia de Oliveira  
Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

**Scheffer, Lucas de Freitas.**

Características morfométricas que impactam a regularidade da marcha em equinos adultos

Mangalarga Marchador/Lucas de Freitas Scheffer. – 2022.

71 p. : il.

Orientador(a): Raquel Silva de Moura

Coorientador(a): Kátia de Oliveira

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras – 2022

Bibliografia

1 – Morfometria; 2 - regularidade; 3 - biomecânica; 4 - seleção genética

I. Moura, Raquel Silva. II. Oliveira, Kátia. III-Título.

**LUCAS DE FREITAS SCHEFFER**

**CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS QUE IMPACTAM A REGULARIDADE  
DA MARCHA EM EQUINOS ADULTOS MANGALARGA MARCHADOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes para obtenção do título de mestre.

Aprovada em 28/07/2022

Dra. Sarah Laguna da Conceição Meirelles (UFLA)

Dra. Andressa Batista da Silveira Xavier (UFMG)

Dra. Paula Gomes Rodrigues (UFS)

Dra. Raquel Silva de Moura

Orientadora

Dra. Katia de Oliveira

Corientadora

**LAVRAS – MG**

**2022**

## **Dedicatória**

**À minha mãe, famosa Dona Ana, que fez parte dos meus pensamentos diários, que foi motivo de inspiração no início, meio e fim desse trabalho. Que com sua força, coragem e determinação me ensinou a seguir em frente, e me ensinou também que nada na vida é fácil, mas cabe a cada um de nós enxergar beleza em cada momento e fazer o melhor que pudermos em prol de nosso irmão, e de si próprio. Por isso, a ti dedico este trabalho**

**DONA ANA!**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, que sempre esteve comigo durante todo esse tempo, me guiou e protegeu nas minhas idas e vindas, e sempre foi fonte de força e fé.

Agradeço a meu pai Lindberg, meus avós Dona Vanda e Sr. Galvão, meu irmão Mateus e toda minha família, que não mediram esforços em me apoiar, e em me alegrar quando as coisas não iam tão bem.

Agradeço a minha namorada e companheira Laís Casalotti, que sempre esteve ao meu lado, me escutou, me ajudou, me aconselhou e por muitas vezes foi mais que namorada, foi amiga, foi minha família.

Agradeço a minha orientadora professora Raquel Moura por todos os ensinamentos e pela paciência que teve comigo, a senhora mostrou-me o que de fato é ser pesquisador. Agradeço também a minha coorientadora professora Katia de Oliveira, que esteve comigo a todo tempo, e muitas vezes me mostrou o caminho a seguir quando eu já estava sem norte.

Agradeço a minhas queridas amigas Brennda Paula, Ana Karla Alvarenga, Ana Luiza Guimarães e Nathalia Paranhos, que me acolheram, dividiram comigo bons e maus momentos, beberam comigo quando eu precisei, brigaram comigo quando foi necessário, e me ajudaram a tornar esse sonho possível!

Agradeço aos professores Francisco Duque, José Camisão e Matheus Pies por todo o suporte na confecção desse trabalho, assim como o Dr. Felipe Amorim, que estava sempre a postos para sanar minhas dúvidas. E agradeço também a todos os professores que aceitaram prontamente ser parte da minha banca de avaliação, engrandecendo e enriquecendo mais ainda esse trabalho.

Agradeço a todos os integrantes do NEQUI – UFLA, os que já se formaram, e também os atuais.

Agradeço a todos os meus amigos, se fosse para escrever todos iria precisar de muito mais espaço, mas cada um de vocês tem espaço cativo em meu coração.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e a UFLA pela oportunidade de participar de uma pós- graduação tão conceituada, e que somente irá agregar em minha carreira. Agradeço a FAPEMIG, por todo o aporte financeiro nesse período. Agradeço a ABCCMM e ao MAPA por todo o apoio que fomentou a formação desse banco de dados.

## **Epígrafe**

*Santo Anjo do Senhor  
Meu Zeloso e Guardador  
Se a Ti Me Confiou  
A Piedade Divina  
Sempre Me Rege  
Me Guarde  
Me Governe  
Ilumine  
Amém*

*“- E quando a gente se encontrar novamente, meu único desejo é que esteja sorrindo!”*

## RESUMO

O Mangalarga Marchador é uma raça equina nacional com origem no Estado de Minas Gerais e que, ao longo do tempo, tem sido amplamente utilizada para cavalgada, trabalho e esportes hípicas. Para que um animal possa estar devidamente registrado na associação de criadores, ele deve obedecer a parâmetros morfométricos descritos no padrão racial. Neste sentido, foi realizado o presente estudo com objetivo geral de identificar os parâmetros morfométricos de equinos machos e fêmeas da raça Mangalarga Marchador que apresentam correlação significativa com a regularidade do andamento marcha. Para isso, foram utilizados dados de 51 animais da raça Mangalarga Marchador, machos e fêmeas, de marcha batida e picada. Somente fizeram parte do estudo animais registrados, com idade acima de 60 meses, que não fossem filhos de animais TAC (Termo de Ajuste de Conduta), de paternidade comprovada por marcador molecular (DNA vp). Foram realizadas 34 medidas lineares e 12 medidas angulares, usando hipômetro metálico, fita métrica e artrogoniômetro. Para determinação da regularidade da marcha, foi utilizado um acelerômetro fixado na região do esterno dos animais, marchando em linha reta, conduzido pelo cavaleiro, na velocidade média de 12 a 14 km/h. As medidas altura de cernelha, largura do peito, comprimento da espádua, comprimento do antebraço, perímetro do joelho e comprimento da coxa apresentaram correlações positivas ( $P < 0,05$ ) com a regularidade da marcha. A regularidade média verificada foi de 206,45 no total, sendo 243,66 para machos, e 186,76 para fêmeas. Verificou-se a existência de correlação negativa entre a regularidade da marcha e o avanço da idade em equinos adultos da raça MM. Observou-se uma progressão linear da medida altura da cernelha com a regularidade da marcha. Diante disso pode-se concluir que das 12 medidas realizadas no momento do registro genealógico dos animais da raça Mangalarga Marchador, apenas altura de cernelha e comprimento da espádua impactam a regularidade. Sugerindo que estudos acerca da morfometria de equinos marchadores sejam aprofundados para que possam ser utilizados futuramente como ferramenta de melhoramento genético da raça.

**Palavras chave:** Morfometria. Regularidade. Biomecânica. Seleção genética.

## GENERAL ABSTRACT

The Mangalarga Marchador equine breed is a national breed, with origin in the state of Minas Gerais, which, throughout time, has been widely used for horseback riding, work and equestrian sports. For an animal to be duly registered in the breeders' association, it must obey morphometric parameters described in the racial standard. In this sense, the present study was conducted with the general objective of identifying the morphometric parameters of male and female horses of the Mangalarga Marchador breed that present a significant correlation with gait regularity. To this end, data from 51 male and female Mangalarga Marchador horses, gait and foal gait, were used. The study only included registered animals, over 60 months of age, that were not offspring of TAC (Conduct Adjustment Agreement) animals, with paternity confirmed by molecular marker (DNA vp). A total of 34 linear and 12 angular measurements were made using a metal hipometer, tape measure, and arthrogoniometer. To determine the gait regularity, an accelerometer fixed to the sternum region of the animals was used, marching in a straight line, driven by the rider, at an average speed of 12 to 14 km/h. The measurements of withers height, chest width, shoulder length, forearm length, knee circumference and thigh length showed positive correlations ( $P < 0.05$ ) with the gait regularity. The average regularity verified was 206.45 in total, being 243.66 for males, and 186.76 for females. A negative correlation was found between gait evenness and advancing age in adult MM horses. A linear progression of wither height with gait regularity was observed. Therefore, it can be concluded that of the 12 measurements taken at the time of registration of Mangalarga Marchadors, only withers height and shoulder length have an impact on gait evenness. This suggests that further studies on the morphometry of equine gaiters should be conducted, so that they can be used in the future as a tool for genetic improvement of the breed.

**Keywords:** Morphometry. Regularity. Biomechanics. Genetic selection.

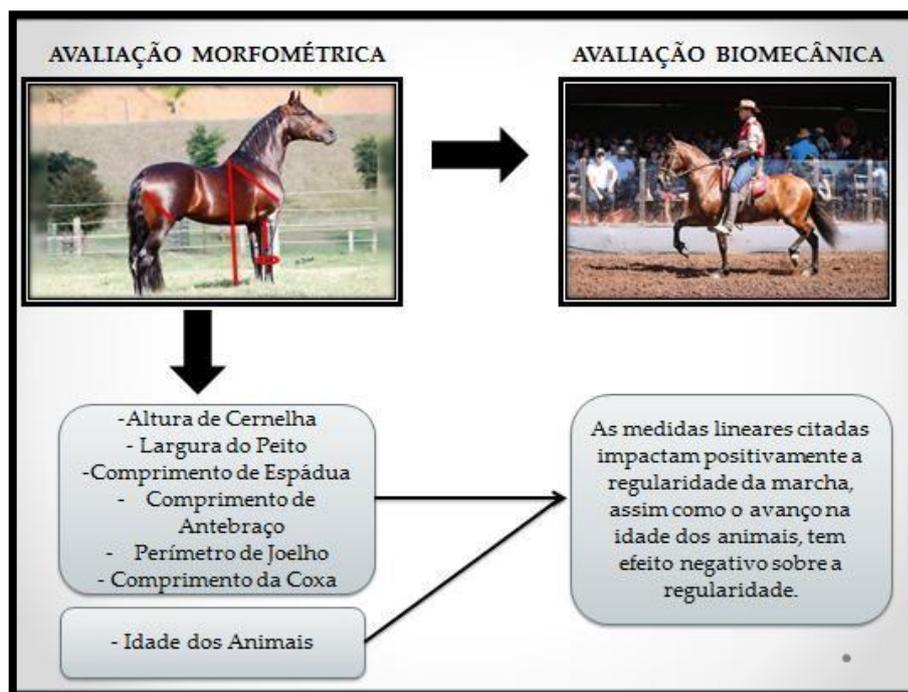
## RESUMO INTERPRETATIVO

### Identificação e descrição de variáveis morfométricas que impactam a regularidade da marcha em equinos adultos da raça Mangalarga Marchador

Elaborado por Lucas de Freitas Scheffer, e orientado por Raquel Silva de Moura.

A raça Mangalarga Marchador é a raça de equinos que detém o maior rebanho de animais no Brasil atualmente, contando com mais de 600 mil exemplares registrados em sua associação de criadores. Conseqüentemente, todo esse volume de animais gera uma enorme demanda por pesquisas que possam ajudar na seleção de animais geneticamente superiores, visto que o foco do melhoramento na raça está voltado para seu andamento característico, denominado marcha.

O presente trabalho teve como objetivo identificar quais medidas morfométricas inerentes aos animais podem estar influenciando a regularidade da marcha dos mesmos, além de verificar o efeito do avanço da idade dos animais atrelado também à regularidade da marcha. Além de trazer informações adicionais sobre fatores externos aos animais que podem estar influenciando nesse parâmetro biomecânico, como o fato de o animal estar em rotina de treinamento ou não ferrado ou não, se já foi campeão em algum tipo de competição oficial ou não.



## LISTA DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
Figura 1 – Esquema de organização da prova de ação.....	19
Figura 2 – Localização do centro de gravidade no corpo dos equinos .....	20
Figura 3 – Planos e eixos anatômicos nos equinos .....	21
Figura 4 – Fases do apoio dos equinos.....	21
Figura 5 – Esquema de funcionamento de um acelerômetro.....	26
<b>CAPÍTULO 2 – ARTIGO CIENTÍFICO .....</b>	<b>35</b>
Figura 1 – Média e desvio padrão da idade (meses) dos cavalos da raça Mangalarga Marchador.....	58
Figura 2 – Correlação entre a regularidade da marcha e a idade do animal.....	58
Figura 3 - Representação do ajuste do modelo linear para regularidade em função da altura da cernelha paramachos e fêmeas da raça Mangalarga Machador .....	59

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
Tabela 1 - Distribuição do plantel brasileiro da Raça Mangalarga Marchador.....	15
Tabela 2 – Critérios do Julgamento de Marcha de Equinos Mangalarga Marchador.....	17
Tabela 3 – Critérios de Julgamento da Morfologia de Equinos Mangalarga Marchador .....	18
Tabela 4 – Padrões cinéticos e cinemáticos .....	25
<b>CAPÍTULO 2 – ARTIGO CIENTÍFICO .....</b>	<b>35</b>
Tabela 1 - Grupos de análise, descrição das variáveis explanatórias, unidade e abreviaturas das variáveis morfométricas de medidas lineares .....	60
Tabela 2 - Grupos de análise, descrição das variáveis explanatórias, unidade e abreviaturas das variáveis morfométricas de medidas angulares .....	60
Tabela 3 - Médias e Desvio Padrão (cm) das medidas lineares de animais da raça Mangalarga Marchador .....	62
Tabela 4 - Médias e Desvio Padrão (cm) das medidas angulares de animais da raça Mangalarga Marchador .....	63
Tabela 5 - Valores Mínimo, Máximo, Mediana, Moda e Coeficiente de Variação (CV) das variáveis morfométricas que apresentaram correlações significativas com a regularidade da marcha .....	64
Tabela 6 - Valores médios, desvio padrão, coeficiente de variação (CV), equação da reta e $R^2$ das variáveis morfométricas que apresentaram correlações significativas com a regularidade da marcha .....	65
Tabela 7 – Valores de regularidade em função do sexo, treinamento e premiações em competições oficiais.....	66
Tabela 8 - Comparação das medidas lineares do presente estudo com as medidas relatadas por Maruch <i>et. al.</i> (2021) .....	67
Tabela 9 - Comparação das medidas angulares do presente estudo com as medidas relatadas por Lage <i>et. al.</i> (2009).....	68

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>13</b>
<b>2. Revisão Bibliográfica sobre o MM e Avaliação Biomecânica de Equinos.....</b>	<b>14</b>
2.1 Origem e seleção na raça Mangalarga Marchador (MM) .....	14
2.2 Padrão Racial .....	16
2.3 Registro Genealógico no MM.....	16
2.4 Julgamentos do MM.....	16
2.4.1 Julgamento dos animais de até 36 meses.....	16
2.4.2 Julgamento dos animais de idade superior a 36 meses .....	17
2.4.3 Julgamento Morfológico e Prova de Ação .....	18
2.5 Estudos sobre a biomecânica equina.....	19
2.5.1 Conceitos básicos de biomecânica .....	19
2.5.2 Caracterização do passo, trote, marcha e galope.....	22
2.5.3 Métodos para análise biomecânica em equinos .....	24
2.5.4 Aplicação de métodos objetivos para avaliação dos andamentos do MM .....	28
<b>3. Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO 2 – ARTIGO CIENTÍFICO .....</b>	<b>35</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>40</b>
2.1 Origem dos dados.....	40
2.2 Variáveis analisadas .....	41
2.3 Coleta de dados morfométricos .....	41
2.4 Coleta de dados biomecânicos.....	45
2.5 Análise Estatística .....	47
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>53</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>54</b>

## CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

### 1 Introdução

O complexo do agronegócio cavalo movimenta anualmente cerca de 16 bilhões de reais e gera três milhões de empregos diretos e indiretos no Brasil, demonstrando sua importância social e econômica para o país. O rebanho equino brasileiro é o quarto maior do mundo, com aproximadamente 5,5 milhões de animais, os quais são utilizados para lida de campo, esportes, lazer, segurança pública e fins terapêuticos. E a raça Mangalarga Marchador (MM) destaca-se como a principal raça nacional criada com foco na seleção para marcha (ABCCMM, 2021; FAO, 2021; MAPA, 2016).

Os andamentos dos equinos possuem baixa herdabilidade, ou seja, são características herdáveis que sofrem grande variação por causa de fatores ambientais. Consequentemente, essas características do fenótipo respondem lentamente a seleção de indivíduos geneticamente superiores. Estudos têm sido realizados na raça MM para caracterizar sua morfometria e dinâmica de locomoção em comparação ao padrão racial preconizado pela Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM), assim como para verificar os efeitos de fatores ambientais sobre a qualidade dos seus andamentos, especialmente a marcha. São exemplos de variáveis não genéticas que podem interferir nos andamentos: tipo e nivelamento do terreno; velocidade; cavaleiro (peso e posição do corpo, nível de equitação); tipo de arreatas (selas e embocaduras); condicionamento físico do animal; doma e temperamento do animal; casqueamento e ferrageamento; estado de saúde; condição nutricional, entre outras (FONSECA, 2018).

A marcha selecionada nos equinos MM seja do tipo batida ou picada, é definida como um andamento marchado natural, simétrico, a quatro tempos, com apoios alternados dos bípedes laterais e diagonais intercalado com momentos de tríplice apoio, que ocorrem por causa da dissociação dos movimentos de cada membro durante a passada (PROCOPIO, 2004). Sua avaliação em cavalos MM é feita subjetivamente durante o registro genealógico e julgamentos em exposições e copas de marcha oficializadas pela ABCCMM. Através da observação visual feita por profissionais habilitados que desenvolveram olhar zootécnico para classificar, segundo os critérios estabelecidos no regulamento (gesto de marcha, comodidade, adestramento, estilo, regularidade e rendimento), indivíduos com desempenho ideal ou superior, quando comparado aos demais de sua geração. Este método subjetivo possui a vantagem de ser facilmente aplicado a campo, porém possuem limitações, porque o olho humano não consegue captar e processar movimentos com frequência superior a 20 quadros por segundo (NORMAN, 2014), nem mensurar forças relacionadas ao equilíbrio e atuantes no

movimento (WEEREN *et. al.*; 2017).

Diante disso, a aplicação de métodos objetivos pode contribuir no entendimento e melhoria na seleção de equinos MM, ao gerar informações complementares para análise e identificação de quais características morfozootécnicas, preconizadas no padrão racial do MM e avaliadas durante o registro genealógico definitivo, estão mais relacionadas com a marcha.

## **2 Revisão Bibliográfica sobre o MM e Avaliação Biomecânica de Equinos**

### **2.1 Origem e seleção na raça Mangalarga Marchador (MM)**

Historicamente a raça teve origem há cerca de 200 anos no sul de Minas Gerais, proveniente do cruzamento de éguas nativas denominadas “crioulas” com um garanhão Puro Sangue Lusitano cuja origem étnica descende de cavalos nativos da península Ibérica, germânicos e berberes (Sorraia, Marismeño, Garrano, Bérbere ou Barbo). Estes animais eram denominados Alter por serem originários da coudelaria real de Alter do Chão em Portugal. O garanhão foi cedido por D. João VI ao Barão de Alfenas, Gabriel Francisco Junqueira, patriarca da família Junqueira. O barão era proprietário da fazenda Campo Alegre, em Cruzília-MG, considerada o berço do MM. Os acasalamentos deram origem a animais de porte elegante, temperamento dócil e próprio para montaria (CASIUCH, 2016).

A abertura do primeiro Livro de Registro de Animais da ABCCMM aconteceu no ano de 1949, de acordo com Livro de Registro Definitivo de Machos (MM3), fechado em 09 de fevereiro de 1982. O registro de número 1 pertence ao marchador chamado Angahy e foi realizado em outubro de 1950. Em 14 de Julho de 2015 entrou em vigor o novo Regulamento do SRG (Serviço de Registro Genealógico) aprovado pelo MAPA, com anuência do Ministério Público Federal (MPF). Regulamento este que está adequado ao Termo de Ajuste de Conduta (TAC), chamado de “Resgate Genético”, no qual previa a reabertura e utilização dos Livros Abertos MM3 e MM4 (ABCCMM, 2021).

A primeira vistoria do Livro Aberto aconteceu em Barbacena-MG nos dias 2 a 5 de dezembro de 2015. Segundo o relatório de Inspeções do Livro Aberto apresentado pelo SRG, os técnicos da ABCCMM realizaram, desde dezembro de 2015 até janeiro de 2019, 29 vistorias de Livro Aberto em diferentes estados como Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Pernambuco, Goiás e Santa Catarina. Neste período, foram vistoriados 1880 animais, desses, 1.543 obtiveram aprovação para registro. O estado em que mais se realizou vistorias do Livro Aberto foi Minas Gerais, com 14 inspeções e mais de 930 animais aprovados. (ABCCMM, 2021).

Há mais de 600 mil exemplares registrados criados no Brasil e alguns países no

exterior (ABCCMM, 2021). Na tabela 1 está apresentada a distribuição demográfica de animais da raça MM pelo Brasil. O maior número de animais está no sudeste do Brasil, onde o somatório dos quatro estados desta região (MG, SP, RJ e ES) abrigam 430.269 marchadores. Nessa região, o andamento predominante é a marcha batida. Logo depois, vem à região Nordeste (BA, demais estados da região), que possui 103.608 exemplares da raça e o andamento de destaque é para a marcha picada.

Tabela 1 - Distribuição do plantel brasileiro da Raça Mangalarga Marchador

<b>Estado</b>	<b>Número de animais</b>
<b>Minas Gerais</b>	241.520
<b>São Paulo</b>	94.000
<b>Rio de Janeiro e Espírito Santo</b>	94.749
<b>Bahia</b>	65.490
<b>Demais Estados da região Nordeste:</b>	38.118
<b>Demais Estados brasileiros:</b>	55.412

Fonte: ABCCMM (2021)

Apesar do expressivo rebanho nacional, existem poucas pesquisas diretamente ligadas ao melhoramento genético e seleção da raça. Isso é característica geral dos equinos quando comparados a outras espécies animais, o que pode estar relacionado às particularidades observadas na criação de equinos, tais como: baixo índice reprodutivo e longo período de gestação; baixo número de progênes por parição; falta de escrituração zootécnica ou com informações escassas e imprecisas de caracteres reprodutivos, comportamentais e de desempenho nos criatórios; baixa receptividade das associações de criadores ao uso consciente das tecnologias reprodutivas; e a relação superficial entre órgãos técnicos, criadores e pesquisadores da área (BAENA, 2019; MEIRA, 2010).

Baena (2019) estudou a estrutura populacional do MM, em suas análises a raça mostrou uma estrutura populacional pouco definida, assim como observadas em outras raças brasileiras de marcha (Campolina, Mangalarga), além disso, observou-se o compartilhamento de alelos entre elas, principalmente entre as raças MM e Mangalarga, por serem oriundas de ancestrais comuns.

## **2.2 Padrão Racial**

O cavalo Mangalarga Marchador se caracteriza por ser um animal de porte médio de estrutura forte e leve, dócil e ativo. Os machos permitem registro com altura de 1,47m até 1,57m e para fêmeas 1,40m a 1,54m. Cabeça com forma triangular, bem delineada, média e harmoniosa. Pescoço de forma piramidal, leve, musculoso e oblíquo. Tronco forte bem musculado com regiões bem definidas e proporcionais. Membros bem aprumados, angulados e proporcionais (ABCCMM, 2021).

O andamento único e exclusivamente aceito é a marcha, podendo ser batida ou picada, que usualmente tem a definição como sendo um andamento natural, simétrico, a quatro tempos, com apoios alternados dos bípedes laterais e diagonais sempre intercalados por momentos de tríplice apoio (PROCOPIO, 2004).

## **2.3 Registro Genealógico no MM**

Na raça MM o registro genealógico acontece em indivíduos com no mínimo 36 meses de idade, e estes podem ou não ter genealogia conhecida. Para que os animais possam entrar no studbook da raça, é necessário que seja realizada uma inspeção por técnico habilitado pela ABCCMM. Nesse procedimento, o profissional descreve detalhadamente a pelagem do animal e suas particularidades, além de realização de 12 medidas morfométricas (alturas na cernelha e garupa; comprimentos de cabeça, pescoço, dorso-lombo, garupa, espádua e corporal; larguras de cabeça e garupa; perímetros de tórax e canela) e realizada também a verificação de microchip aplicados nos mesmos (ABCCMM, 2021).

Além dessas medidas, os animais têm seu andamento e morfologia pontuados, segundo normas preconizadas no padrão racial. Um dos critérios desclassificatórios no momento do registro é o somatório dessas notas que não deve ser inferior a 140 pontos para machos, e 120 pontos para fêmeas (ABCCMM, 2021).

## **2.4 Julgamentos do MM**

### **2.4.1 Julgamento dos animais de até 36 meses**

Nos concursos de marcha que são habilitados pela ABCCMM, os animais participantes são avaliados e julgados. Esses são divididos em dois grandes grupos, um de animais de 14 a 36 meses de idade e o outro em que estão os animais com idade superior a 36 meses de idade. O primeiro grupo tem seus participantes posicionados lado a lado, em ordem crescente de idade. Os animais são conduzidos por seus apresentadores na guia em andamento de marcha natural, em sentido anti-horário de forma que os árbitros possam avaliar sua

movimentação por frente, por trás e pelos lados, levando em consideração os mesmo critérios usados na avaliação dos animais do segundo grupo, descritos na Tabela 2, além da análise dos aprumos e articulações de cada animal. O apresentador deve-se posicionar à direita dos animais, e deixar uma relativa folga entre a guia e o cabresto, para que este não exerça nenhum tipo de força ou pressão no animal. O julgamento é feito por árbitros, altamente treinados e capacitados. A decisão dos árbitros é baseada nos critérios previstos pelas normas da associação, seguindo essa ordem de importância (ABCCMM, 2021):

Tabela 2 – Critérios do Julgamento de Marcha de Equinos Mangalarga Marchador

GESTO DE MARCHA	Refere-se ao diagrama da passada, aliado à qualidade de movimento do animal.
COMODIDADE	É resultante da qualidade de movimentação do animal que, mantendo seu tronco estável e sem oscilações, não transmite impactos frontais, laterais ou verticais, torções ou qualquer outro desconforto à posição adequada do cavaleiro sobre a sela. Além da maciez, valorizam-se também características do animal durante seu deslocamento que favoreçam positivamente sua condução pelo cavaleiro, como bom temperamento, equilíbrio, franqueza e apoio leve de rédeas.
ADESTRAMENTO	É o animal solícito às ajudas do cavaleiro, apoiado de forma leve, franca e descontraída na embocadura, apresentando-se calmo, impulsionado e flexível.
ESTILO	Entende-se pela postura corporal do animal durante a marcha e a plástica de seus movimentos ao se deslocar.
RENDIMENTO	É a resultante de passadas amplas, elásticas, desenvoltas e equilibradas, favorecendo o animal a percorrer uma maior distância com menor número de passadas, características apresentadas no ritmo do andamento natural.
REGULARIDADE	É a manutenção do mesmo ritmo, velocidade, gesto, comodidade e estilo durante todo o transcorrer da prova, não procedendo a trocas do andamento inicial e sempre o conservando bem definido e regular.

Fonte: Adaptado de ABCCMM (2021)

Para análise dos aprumos, os animais são novamente puxados por seus apresentadores, individualmente ou em dupla, para realização de comparativo entre os animais. Após essa fase, uma pré-classificação dos animais é realizada, e os animais são posicionados novamente lado a lado em que o animal melhor classificado estará sempre à direita de seu concorrente (ABCCMM, 2021).

#### 2.4.2 Julgamento dos animais de idade superior a 36 meses

Essa avaliação tem duração mínima de 20 minutos e máxima de 70 minutos. O técnico responsável pela realização da prova faz vistoria prévia em arreatas, embocaduras, lesões e possíveis sangramentos antes dos animais entrarem na pista. Em seguida, começa-se a realização da prova com os animais ao passo, em ordem crescente de idade, em sentido anti-

horário sempre mantendo a classificação conforme indicado nos coletes dos cavaleiros. Nessa fase o árbitro avalia a naturalidade do animal na realização do passo, bem como suas reações na manutenção desse andamento (ABCCMM, 2021).

O árbitro solicita que os participantes comecem a executar a marcha em velocidade reduzida, sem ultrapassagem entre os animais. Ao completar 20 minutos de prova, a direção dos animais é invertida, a velocidade pode ser aumentada e as ultrapassagens entre animais passam a ser permitidas. Essa fase serve para que o árbitro avalie de maneira comparativa os animais, em relação aos quesitos mostrados na Tabela 2 (ABCCMM, 2021).

Para avaliação da comodidade dos animais, o árbitro monta em cada um dos equinos participantes, iniciando a movimentação preferencialmente ao passo, realizando em seguida as transições de andamento e mudanças de direção. Assim que todos os animais são montados pelo árbitro, eles são direcionados a prova funcional, e quando a completam voltam a executar a marcha em velocidade média, em velocidade média, seguindo a classificação inicial dos coletes numerados, para a avaliação final. Os animais são parados no centro da pista para inspeção de ferimentos e sangramentos. Posteriormente, é anunciado o resultado final, e são apresentadas as características favoráveis dos animais de melhor colocação em relação aos demais (ABCCMM, 2021).

O animal poderá ser desclassificado independente de sexo, idade e categoria, caso apresente claudicação, mau comportamento, sangramento, ou seu apresentador seja advertido mais de uma vez sobre movimentos impróprios ou imprima velocidade que altere o padrão de andamento de seu animal (ABCCMM, 2021).

### 2.4.3 Julgamento Morfológico e Prova de Ação

Nas exposições especializadas, além do julgamento de marcha, é realizado também julgamento de

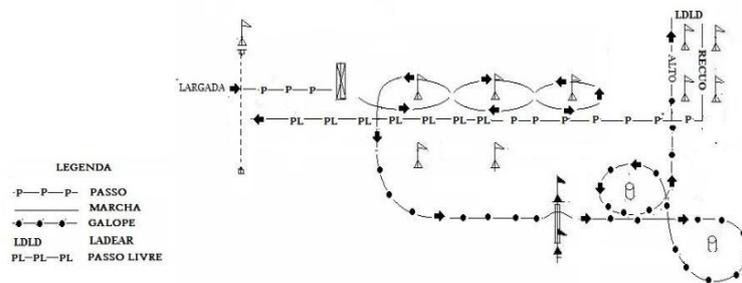
Tabela 3 – Critérios de Julgamento da Morfologia de Equinos Mangalarga Marchador

EXPRESSÃO RACIAL E APARÊNCIA GERAL:	Observa-se a cabeça do animal, pois ela que mostra o quão expressivo é o animal, seguido pela observação do seu corpo por inteiro.
MEMBROS	Observam-se aprumos, proporções e angulações.
TRONCO	Observa-se a cobertura muscular, proporções, profundidade e direcionamento das regiões.
CONJUNTO DE FRENTE	Composto por cabeça e pescoço observa-se direcionamento, cobertura muscular, proporções e formas.

Fonte: Adaptado de ABCCMM (2021)

Nos concursos e exposições de marcha, outra forma de avaliação presente é a prova de ação, esta atividade exige sincronia de animais e apresentadores, e é realizada imediatamente após o árbitro montar no animal participante. Essa prova é constituída por percurso de 10 figuras sequenciais: porteira, baliza, galope, salto, tambores, salto e estação, ladear e recuo, e finaliza com passo livre. Essa prova tenta imitar situações rotineiras nas tarefas da fazenda, como abrir porteiras, saltar obstáculos, entre outras. A prova de ação segue um roteiro pré-descrito que deve ser seguido corretamente (Figura 1), e o não cumprimento de suas etapas na ordem correta pode acarretar na desclassificação do animal do concurso. O animal vencedor será aquele que realizar todo o percurso e cometer menos penalidades (ABCCMM, 2021).

Figura 1 – Esquema de organização da prova de ação



Fonte: Adaptado de ABCCMM (2021)

Os julgamentos de marcha, de morfologia e a prova de ação não mostram diferenças para animais de marcha batida ou picada. Em todas as avaliações os equinos são divididos de acordo como número de animais inscritos naquele evento; por idade crescente, em que os animais com menos de 36 meses são julgados apenas para morfologia e os que possuem mais de 36 meses são avaliados por completo; tipo de marcha e sexo. Cada prova (marcha, morfologia e prova de ação), possui julgamento específico e individual, para posteriormente serem somadas as notas e os campeões de cada categoria serem definidos.

## 2.5 Estudos sobre a biomecânica equina

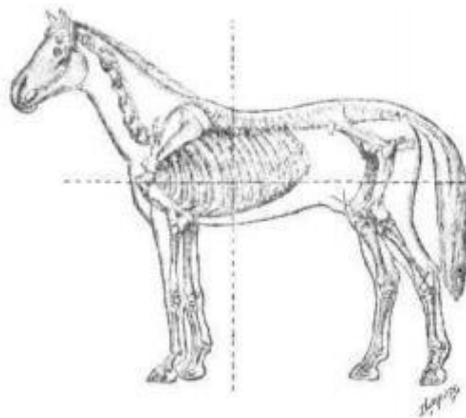
### 2.5.1 Conceitos básicos de biomecânica

A movimentação dos animais pode ser explicada pelas leis da mecânica, sendo a biomecânica definida como a ciência que busca explicar as causas e como ocorre o equilíbrio (estática) e deslocamento (dinâmica) dos corpos dos seres vivos através das análises físicas e matemáticas de sistemas biológicos (KNUDSON, 2007; PROCÓPIO, 2004; HATZE, 1974; CLAYTON & VAN WEEREN, 2013). O estudo biomecânico pode ser dividido em duas grandes áreas, cinemática e cinética (PROCOPIO, 2004). As análises cinéticas estudam as forças que criam e alteram o

movimento. E o estudo da cinemática do movimento analisa as mudanças nos segmentos do corpo no espaço durante um período de tempo, podendo variar de descrições anatômicas e rotações de articulações, para análises matemáticas precisas dos movimentos músculo esqueléticas (BARREY, 1999; CLAYTON & VAN WEEREN, 2013).

Para Chieffi & Melo (1939) andamento é definido como a movimentação que indica locomoção ou avanço do animal e que tem o intuito de deslocar o centro de gravidade (Figura 2): para frente graças a progressão do tronco; para trás na possível regressão do tronco; ou para o lado quando há mudança de apoio entre os bípedes laterais. Este fica localizado na altura média do costado do animal, caudalmente à linha que separa o terço cranial do terço médio do corpo (BARREY, 1999; HUSSNI *et. al.*, 1995). O andamento equino produz movimento tridimensional, ou seja, no plano vertical gera um movimento de cima para baixo; no plano horizontal, produz um movimento para a esquerda e para a direita; e no eixo longitudinal, um movimento para frente e para trás (CLAYTON & VAN WEEREN, 2013).

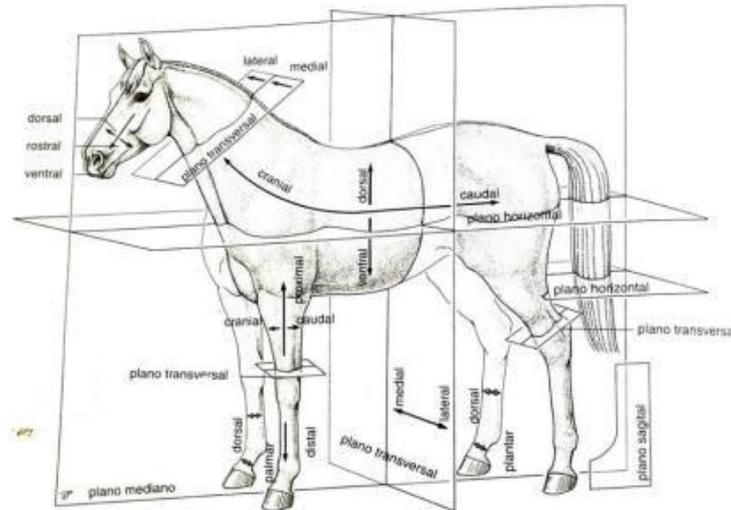
Figura 2 – Localização do centro de gravidade no corpo dos equinos



Fonte: Adaptado de Chieffi e Mello (1939)

Pensando em padronizar o método de estudos foram criadas linhas imaginárias que dividem o corpo do animal, tendo como base a posição anatômica, e com o olhar voltado para o horizonte (Figura 3). O plano que irá dividir o corpo dos animais em dois hemisferos é designado plano mediano, o que está mais próximo ao plano mediano é denominado medial e uma superfície mais distante é denominada lateral (SISSON, 1986). O plano sagital estende-se paralelo ao plano mediano e corresponde aos lados direito e esquerdo. Os planos transversos ou segmentares estendem-se perpendicularmente ao plano mediano, o que estiver mais próximo à cabeça designa-se de cranial e o que estiver mais próximo à cauda, em caudal (SISSON, 1986; KONIG e LIEBICH, 2002).

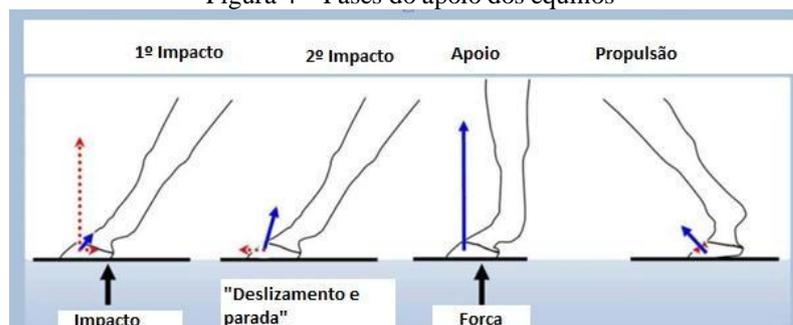
Figura 3 – Planos e eixos anatômicos nos equinos



Fonte: König e Liebich, (2002)

A unidade básica de um andamento é a passada, que pode ser entendida quando um membro realiza todas as fases correspondentes de um passo, elevação, avanço, apoio e propulsão. Ela também pode ser descrita como dois momentos idênticos de apoios sucessivos do mesmo membro (CHIEFFI & MELO, 1939; PROCOPIO, 2004). Segundo Prociópio (2004), a fase de elevação é definida como o momento após o contato final do casco com o solo, sendo assim quando o membro se eleva e não se encontra apoiado no solo. Já na fase de avanço, o membro descreve sua trajetória no ar, sendo chamada também de voo do casco. O período de apoio se dá quando o membro firma-se sobre o solo, suportando o peso do animal (Figura 4), podendo ser dividido a partir da quantidade de membros que se encontram em contato com o solo: um membro apoiado (monopedal); dois membros apoiados (bipedal); três membros apoiados (tripedal); e os quatro membros apoiados (quadrupedal). Finalmente na fase de propulsão do apoio, essa precedendo a fase de elevação, percebe-se a força exercida pelo animal sobre o solo e a resposta imediata do mesmo, retornando força igual ao membro do animal, assim impulsionando-o a elevação.

Figura 4 – Fases do apoio dos equinos



Fonte: Adaptado de Equine Surfaces (2014)

### 2.5.2 Caracterização do passo, trote, marcha e galope

Os andamentos podem ser diferenciados de acordo com a distribuição ou diagrama dos apoios observados na passada. Existem os apoios simultâneos, ou seja, quando os membros anteriores e posteriores, em lateral ou diagonal realizam o movimento no mesmo espaço de tempo. E são encontrados também os apoios dissociados que podem ser definidos quando os membros anteriores e posteriores, em lateral ou diagonal, realizam momentos diferentes da passada. Essas variações podem ocasionar momentos de suspensão total do corpo (andamentos saltados) ou não (andamentos marchados) em relação ao solo, respectivamente (PROCOPIO, 2004). Os equinos executam andamentos progressivos, que são entendidos como uma complexa gama de movimentos rítmicos e coordenados dos membros e de todo o corpo do animal e podem ser classificados em simétricos e assimétricos (BARREY, 1999). São exemplos o passo, o trote, a marcha e o galope.

O passo é caracterizado como um andamento natural, marchado, simétrico, basculado, à quatro tempos, com apoios alternados em bipedais e tripedais, e que provoca pouco deslocamento do centro de gravidade, principalmente na vertical. Pratt (1985) nos oferece mais alguns conceitos e constatações sobre esse andamento, que serão de grande utilidade na compreensão do mesmo. Segundo o autor, é no passo em que são realizadas a maioria das avaliações relacionadas com o sistema locomotor; ele também nos sugere um modelo idealizado de passo, em que os tempos das fases da passada de cada membro são iguais, dessa forma a cada quarto da passada, um casco decola para realizar o avanço. Sua utilização está relacionada ao serviço de tração pesada. (CLAYTON & VAN WEEREN, 2013; NASCIMENTO, 1999). Procopio (2004) relata a semelhança de movimento no passo entre animais jovens e adultos, enfatizando que o passo dos animais jovens foi descontraído e natural, assim como o movimento dos animais mais velhos. Ele ainda traz muitas informações sobre o passo, salientando, por exemplo, como a velocidade pode influenciar na execução deste andamento. Portanto quando essa variável aumenta consideravelmente, o animal não consegue manter a execução plena desse tipo de movimentação.

Outro ponto muito interessante mostrado pelo autor descreve de forma sucinta a fisiologia muscular na execução do passo, diferenciando o recrutamento de fibras musculares de contração lenta durante o passo, e na transição para a marcha ou trote ocorre uma mudança e passam a ser recrutadas fibras de contração rápida.

Para Barrey (1999) o andamento equino pode sofrer variações relacionadas com diversos fatores, tais como raça, hábitos, tipo de movimentação e estado de saúde. Procopio

(2004) em seu estudo relata o passo, tendo comprimento de aproximadamente a altura do animal, julgando que esse tenha em média 1,60 metros, e que sua velocidade fique entre 6 e 7 km/hora. O estudo realizado por Galloux et. al. (1994) mostrou que no passo o movimento de torção acontece mais frequentemente quando comparado a outros andamentos, em que são predominantes os movimentos de rolamento, movimentos laterais e diagonais.

Já o trote é definido como um andamento natural, saltado simétrico, fixo, a dois tempos, no qual os membros diagonais se revezam na fase de suspensão. Este andamento promove grande deslocamento do centro de gravidade no sentido vertical, e pouco deslocamento no sentido lateral, conferindo assim grande equilíbrio ao cavalo. Este andamento é mais utilizado na sela, tração leve e em vários esportes. (CLAYTON & VAN WEEREN, 2013; CHIEFFI & MELO, 1939; NASCIMENTO, 1999).

A marcha é um andamento natural, marchado, simétrico, fixo, à quatro tempos, com apoios alternados dos bípedes laterais e diagonais intercalando momentos de tríplice apoio devido a dissociação dos membros. Suas reações são leves e provocam pouco deslocamento do centro de gravidade. Este andamento é selecionado nas raças brasileiras (MM, Campolina, Pampa), sendo especialmente valorizado para cavalgadas e atividades de lazer. (CLAYTON & VAN WEEREN, 2013; PROCOPIO; 2004).

E o galope, é descrito como um andamento natural, saltado, basculado, assimétrico, a três ou quatro tempos, isso porque pode sofrer variações nos apoios de acordo com a velocidade que é executado, como por exemplo no turfe, em que o animal deve correr em altas velocidades. Este andamento pode ser executado em esportes em que a velocidade é exigida, e também em viagens curtas. (CAYTON & VAN WEEREN, 2013; LOSS, 2018; NASCIMENTO, 1999).

O estudo de biomecânica tem de se mostrar sempre cauteloso com as condições em que o animal avaliado está submetido. Momozawa et. al. (2005) afirmaram que as condições ambientais são capazes de influenciar traços da personalidade e comportamento do indivíduo. Clayton & Van Weeren (2001) citaram o efeito do cavaleiro e do treinamento na análise cinemática dos animais, destacando a uniformidade que pode existir entre diferentes animais, quando se leva em consideração esse efeito ambiental. E Barrey (2004) relata que a biomecânica pode ser afetada por lesões decorrentes de falhas no manejo como alimentação, ferrageamento e treinamento, ou ainda pelas condições ambientais, como as pistas e o tempo. Portanto, vê-se a gama de fatores externos ao animal que podem acometer sua dinâmica de movimentação.

### 2.5.3 Métodos para análise biomecânica em equinos

Os principais métodos utilizados pela biomecânica para quantificar de maneira objetiva os padrões do movimento são: morfometria, cinemetria, dinamometria e eletromiografia (AMADIO, 1996; BAUMANN, 1995). Eles geralmente necessitam de recursos computacionais pelo fato de lidarem com uma grande quantidade de dados de uma só vez, e podem ser executados com o animal em esteira, a campo ou em pista controlada (CHRISTOVÃO, 2007; GOMIDE, 2010).

#### 2.5.3.1 Morfometria

A avaliação morfométrica dos equinos é definida como o ato de medir as superfícies corpóreas do animal, sejam lineares ou angulares e suas proporções. Esse processo é de suma importância para verificar o bom desempenho destes animais nas suas diversas atividades (LAGE *et. al.*, 2009). Santiago *et. al.* (2014) não verificaram diferenças nas medidas lineares e angulares de equinos da raça Mangalarga Marchador de marcha batida ou picada, exceto algumas medidas corporais relacionadas com a flexão dos membros, comprimento e frequência das passadas. Animais de marcha picada, por exemplo, apresentaram maior comprimento de garupa, e menor comprimento de passadas, compensada pela maior frequência dessas. Já os animais de marcha batida apresentaram maior comprimento de espáduas, justificando assim o fato de realizarem passadas de maior comprimento.

#### 2.5.3.2 Cinemetria e/ou Videografia

A cinemetria e/ou videografia baseiam-se no estudo de parâmetros cinéticos e cinemáticos para compreensão do movimento (PROCOPIO, 2004). Na tabela 4 estão apresentados alguns parâmetros cinéticos e cinemáticos (nome, definição, unidade). São exemplos de padrões cinemáticos: tempo, deslocamento, velocidade e aceleração. Segundo Procopio (2004), a cinemática é o estudo da geometria, forma ou padrão do movimento em relação ao tempo, descrevendo ou representando todos os níveis da atividade. Dessa forma consegue-se visualizar de forma objetiva o comprimento e frequência da passada, deslocamento dorsoventral, regularidade e simetria do andamento, sendo que todas essas características influem diretamente na avaliação da marcha equina (SANTOS; 2018).

As análises cinéticas estudam as forças que criam e alteram o movimento. Quando aplicadas, seus mecanismos de análise para determinado movimento serão definidos de acordo com a natureza do movimento eleito (BARREY, 2004; CLAYTON, 2004; KNUDSON, 2007). A avaliação dos parâmetros cinéticos permite quantificar propulsão,

potência dorsoventral, potência médio-lateral e potência total (SANTOS, 2018). O exemplo clássico de parâmetro cinético que influi diretamente sobre a marcha, segundo Whittle (2007), é a força de reação do solo (FRS). AFRS é uma força que atua da superfície de contato para o objeto que está em contato com o solo. Para medir a FRS pode-se usar plataforma de força (dinamometria), sendo este instrumento utilizado para análise cinética da marcha em ambientes controlados (BARELA & DUARTE, 2006).

O estudo da cinemática do movimento analisa as mudanças nos segmentos do corpo no espaço, usando-se de filmagens e imagens tiradas sucessivamente em um período e tempo constante. Os estudos cinematográficos são aqueles que se utilizam câmeras de alta resolução para captar detalhes do movimento não percebidos pelo olho humano, permitindo identificar possíveis alterações e definir parâmetros de avaliação (CHRISTOVÃO, 2007). Esse tipo de estudo apesar de ser ferramenta indiscutível e indispensável na avaliação da biomecânica do movimento equino, ainda é muito pouco explorado na prática.

Tabela 4 – Padrões cinéticos e cinemáticos

<b>VARIÁVEIS CINÉTICAS</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>UNIDADE</b>
<b>Potência Dorsoventral</b>	Representa a potência mecânica média do movimento ao longo do eixo dorsoventral, ou seja, a quantidade de desaceleração e aceleração ao longo do eixo dorsoventral	(W/Kg)
<b>Força de Propulsão</b>	É a potência mecânica média do movimento ao longo do eixo longitudinal, craniocaudal ou anteroposterior, ou seja, a quantidade de desaceleração e aceleração ao longo do eixo longitudinal	(W/Kg)
<b>Potência Mediolateral</b>	Representa a potência mecânica média do movimento ao longo do eixo mediolateral, ou seja, a quantidade de desaceleração e aceleração ao longo do eixo lateral	(W/Kg)
<b>Potência Total</b>	É a soma das três potências calculadas em cada eixo (dorsoventral, longitudinal e mediolateral)	(W/Kg)
<b>VARIÁVEIS CINEMÁTICAS</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>UNIDADE</b>
<b>Velocidade</b>	Deslocamento do animal em função do tempo	KM/h ou m/s
<b>Comprimento de Passada</b>	Deslocamento do membro em uma passada completa	Metros ou centímetros
<b>Frequência da Passada</b>	Número de passadas por unidade de tempo	Passos/segundo ou Hertz
<b>Regularidade da Passada</b>	Cadência e precisão rítmica da passada	Não tem unidade e seu valor máximo deve ser de 450
<b>Simetria da Passada</b>	É quando a ação de cada diagonal se repete em cada ciclo da passada	Não tem unidade e seu valor máximo deve ser 350
<b>Deslocamento Dorsoventral</b>	Deslocamento do corpo ou objeto medido por uma linha reta, entre o ponto inicial e o ponto final.	É medido em centímetros

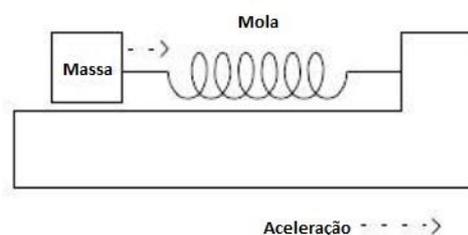
Fonte: Adaptado de Soares (2017)

### 2.5.3.3 Acelerometria

Outra forma de mensurar variáveis cinéticas e cinemáticas de forma clara e objetiva seria através do uso de acelerômetros, esses são dispositivos que captam variações no movimento, medem vibrações, inclinações e forças atuantes em equipamentos ou motores (GOMES *et. al.*, 2009). Os acelerômetros são de vasta importância na avaliação da biomecânica do andamento equinos, pois são capazes de fornecer dados exatos sobre o momento e sobre as variações que o membro do animal sofre ao tocar e ao deixar o solo, sendo importante também na confirmação de animais claudicantes (BRETAS, 2010).

Existem vários tipos e modelos de acelerômetros no mercado, mas a maioria deles se utiliza do sistema de massa-mola (Figura 5). Esse sistema responde a aceleração, que faz uma pequena massa dentro do dispositivo comprimir ou esticar uma mola, assim o deslocamento da mola pode ser quantificado e calculado, servindo para verificar a aceleração naquele momento (MATHIE *et. al.*, 2003; LOSS, 2018).

Figura 5 – Esquema de funcionamento de um acelerômetro



Fonte: Adaptado de Mathie (2003), mostrado por Loss (2018)

O uso de tecnologias para mensuração de parâmetros da locomoção equina é algo que já vem sendo realizado há vários anos, isso é confirmado com o estudo de Barrey *et. al.* (1994) que utilizou acelerômetros presos na linha do esterno de cada animal, buscando variações na frequência de passada e identificação de claudicações. Ele cita em seu trabalho as vantagens desse método de avaliação, que pode ser usado tanto em esteira quanto em situações de campo; que pode ser ajustado anatomicamente de acordo com a necessidade do estudo; e que por ser um aparelho pequeno pode ser facilmente fixado no corpo do animal, não restringindo sua movimentação. Burla, Ostertag, Westerath e Hillmann (2014) constataram a eficácia dos acelerômetros como alternativa promissora para análise do andamento. Em seu estudo realizaram uma comparação usando um acelerômetro e um pedômetro para determinação da marcha, e verificaram que o acelerômetro pode ser usado como sistema de monitoramento automático da atividade locomotora e do comportamento em

repouso, independente do tipo de exercício, da velocidade, de solo e da direção do movimento. Já o pedômetro, apresenta restrições na capacidade de amostragem, não servindo como instrumento para determinação da marcha, tendo seu uso restrito a diferenciação de ativos e inativos.

Weeren *et. al.* (2017) relataram que mesmo em dias atuais, tanto a avaliação subjetiva, quanto a avaliação objetiva através de análises quantitativas, devem ser muito cautelosas. Os autores mostram que em estudo realizado recentemente, que utilizou 57 cavalos julgados como hígidos, animais que apresentaram-se sadios, por seus proprietários, apresentou resultado final que mostrava que 42 dos animais, ou seja, 75% apresentavam algum grau de claudicação. Mas chamam a atenção, que mesmo utilizando ferramentas para análise objetiva a decisão diagnóstica deve-se levar em consideração muito mais que números. Segundo eles, devemos pensar na diferença entre avaliar um animal e classificá-lo como um animal que tem uma marcha ideal em todos os sentidos, ou como sendo um animal como uma marcha clinicamente aceitável, pois assimetrias e claudicação são termos que nem sempre estão juntos no bem-estar dos equinos.

Morales-Acosta, Ortiz-Prado, Jacobo-Armendáriz e González-Carbonell (2018) realizaram estudo para determinação das fases normais da passada, utilizando combinação de acelerometria e fotogrametria como ferramenta na detecção de claudicações. O estudo foi realizado com 23 cavalos, julgados como hígidos por médicos veterinários experientes, foram usados marcadores reflexivos em pontos previamente escolhidos e os acelerômetros foram fixados na lateral dos cascos. Dos 23 animais, apenas 10, ou seja, 43% após as análises foram considerados hígidos, apresentando marcha normal e regular. Portanto o uso de fotogrametria associado à acelerometria contribuiu na identificação das fases da passada, na percepção da amplitude de movimento e na verificação de animais sadios.

#### 2.5.3.4 *Dinamometria*

A dinamometria é uma das formas de se avaliar a biomecânica, ela utiliza plataformas de força. Essa plataforma de força contém uma rede de sensores que servirão para registrar os padrões de pressão na superfície. Essas plataformas podem ser montadas de acordo com a necessidade e disponibilidade de recursos, podendo sofrer variação na quantidade e disposição dos sensores. É usada tanto na medicina humana quanto na medicina veterinária, buscando mapear a distribuição de forças e peso na execução da marcha e da movimentação (CLAYTON *et. al.*, 2013; BARELA & DUARTE, 2006).

A avaliação usando placas de força possui inúmeras vantagens, como alta precisão nos resultados obtidos, repetibilidade nos testes executados, em sua maioria esse equipamento é bastante simples de se montar e usar, não apresenta dificuldades no transporte e possui um software bastante amplo que auxilia o profissional em seu diagnóstico, conduta e decisão prognóstica do paciente (RS SCAN LAB, 2006). Como desvantagens do método e do aparelho, podemos citar que a qualidade dos resultados fica comprometida ao avaliar animais que apresentem patologias que possam comprometer a propriocepção e a coordenação de movimentos, pois estes tendem a apresentar dificuldades em passar corretamente pelo trajeto demarcado, e tocar da maneira esperada o equipamento, podendo mascarar possíveis alterações (TÁBUAS, 2011). O uso de placas de força está diretamente relacionado com o trabalho prático de profissionais do meio equestre, assim como veterinários e ferradores (FIORENZO, 2013). Podemos perceber essa relação quando analisamos o trabalho de Oosterlinck *et. al.* (2010), em que o autor avalia um animal usando o sistema de placas de força, e percebe uma assimetria na distribuição da pressão dos cascos. Foi realizado também o bloqueio do nevo digital palmar, e em seguida nova avaliação na placa de força, e para a surpresa dos avaliadores o resultado não foi alterado. Dessa forma, os resultados foram usados na elaboração de ferraduras ortopédicas que aliviassem as áreas de pressão, proporcionando maior conforto e bem estar ao animal.

#### **2.5.4 Aplicação de métodos objetivos para avaliação dos andamentos do MM**

Para Weishaupt *et. al.* (2001) a avaliação clínica de desvios na locomoção equina depende muito da experiência do técnico responsável pelo exame. Dessa forma as análises quantitativas de assimetrias e desvios nos parâmetros de andamento seria ferramenta auxiliar, mas de extrema importância como instrumento adicional na elucidação do diagnóstico. Mas, o autor salienta que mesmo com todas as análises objetivas em mãos, deve-se ser cauteloso ao realizar as avaliações, pois movimentos assimétricos e desvios podem surgir pela posição do pescoço do cavalo, por exemplo, quando este não está alinhado ao tronco, ou mesmo por desbalanceamento nos cascos contralaterais. E ainda segundo Weishaupt *et. al.* (2001), as lesões musculoesqueléticas são a principal causa de interrupção da carreira atlética de equinos, sendo outra justificativa para crescente interesse e avanços obtidos através de estudo sobre biomecânica equina através do uso de métodos objetivos que vem sendo aplicado em diversas raças equinas e modalidades esportivas, buscando compreensão do movimento e prevenção de lesões.

Andrade (2009) utilizou-se da cinemetria por meio de imagens digitalizadas e redes

neurais, que podem ser interpretadas como um modelo computacional de processamento de informação inspirado no comportamento de neurônios biológicos para identificar o padrão cinemático de animais campeões ou reservados campeões das raças Campolina, MM, Pampa e Mangalarga. Foram utilizados 39 equinos adultos, sendo 29 machos e 10 fêmeas que tiveram suas imagens digitalizadas de oito ângulos em seus membros, usando uma câmera com captação média de 200 Hz, fixada a um tripé e conectada a um computador, estando posicionada a 20 metros do centro da pista. Dessa forma buscou caracterizar o padrão de andamento dessas raças. E ao fim de seu estudo pode concluir que essa metodologia tem possibilidade de ser usada para este fim, mas que pode ser melhorada acrescentando mais informações morfométricas, associadas às curvas ângulo-tempo, assim evidenciando com mais franqueza possíveis alterações de desempenho.

Visto a necessidade de elevar a qualidade e acurácia das avaliações dos andamentos equinos, Bretas (2010) usou um acelerômetro fixado a manta, posicionado imediatamente atrás da sela. O autor usou 46 animais, sendo 42 da raça Mangalarga Marchador e quatro da raça Mangalarga. O estudo dividiu-se em dois momentos, o primeiro em que os animais eram observados subjetivamente, durante 15 minutos, por um único avaliador, sendo este técnico de registro da ABCCM, com vasta experiência no meio equestre. E um segundo momento onde o dispositivo era fixado e os parâmetros objetivos começavam a serem obtidos. Nesse momento os animais eram montados por seus respectivos cavaleiros em cada propriedade e passavam por uma pista de 20 metros de comprimento, por 8 metros de largura, demarcadas com 10 cones posicionados nas bordas da pista. Enquanto os animais estavam sendo avaliados, na parte central da pista estava o avaliador de posse de um computador portátil. O dispositivo acelerométrico foi desenvolvido usando três acelerômetros que geram sinais analógicos proporcionais a aceleração. Em seu trabalho, buscou mensurar de maneira mais segura e confiável possíveis vibrações por parte do animal que gerariam atrito com o cavaleiro, e concluiu que o sistema de acelerometria é eficiente para este fim, mas que ainda é necessário à formação de banco de um banco de dados mais robusto, e que englobe mais raças.

Com o objetivo de identificar precocemente características desejáveis de marcha, Santos (2018) avaliou 12 potros da raça MM do nascimento aos 15 dias de vida, fazendo comparativo destes com dez animais adultos, julgados como melhores daquela propriedade. Esse comparativo foi feito por meio do uso da acelerometria. Os potros foram avaliados por 15 dias consecutivos, ao passo e na marcha, acompanhando suas mães. Cada potro passou pela avaliação de 2 a 4 vezes por dia, até que conseguisse manter um andamento natural e regular por pelo menos 10 segundos. Nos animais adultos o equipamento acelerométrico foi

fixado na região da cilha, seguindo orientações do fabricante, e estes foram avaliados montados, no passo e na marcha. Foram processados os dados das variáveis: comprimento da passada, regularidade, simetria da passada, deslocamento dorso-ventral, força de propulsão, potência dorsoventral e potência médio-lateral. Como resultados foram encontradas evidências de que mesmo aos 15 dias de vida, os equinos já são capazes de apresentar padrões de simetria e regularidade que serão inerentes a cada um durante o decorrer de sua vida.

Procopio (2004) realizou seu estudo durante as Exposições Nacionais da raça Pampa e da raça Mangalarga Marchador, ele usou 49 animais ao todo, sendo 11 animais da raça Pampa (4 cavalos e 7 éguas) e 38 animais da raça MM (10 cavalos, 13 éguas, 8 potros e 7 potras). Desse total foram selecionados 17 animais, cujas filmagens apresentaram alto padrão de qualidade, possibilitando clareza na observação de passadas completas e momentos de apoio dos cascos no solo. O estudo objetivou avaliar através de videografia usando câmera de alta velocidade (250 fps) acoplada a um computador, animais que foram premiados nos eventos citados. Os animais foram filmados ao passo e na marcha. A câmera estava posicionada a 14 metros do centro da pista, essa tinha 80 cm de largura por no mínimo 7 metros de comprimento. Entre os 17 animais participantes, foram selecionados três para que fizessem repetições em diferentes atitudes de condução, passo curto, passo média, passo alongado, marcha curta, marcha média e marcha alongada. A velocidade em que os animais realizavam as filmagens era controlada por GPS. Os animais estavam marcados com 19 marcadores adesivos reflexivos, em determinados pontos anatômicos, para realização de medição morfométrica usando cinemática temporal. O autor demonstra características inerentes à velocidade em cada atitude de condução, apresentando como um de seus resultados que ao modo que se aumenta a velocidade ocorre um aumento na frequência de passadas. Esse importante estudo mostrou a viabilidade do uso de cinemática temporal usando câmeras de alta velocidade para obtenção de dados confiáveis sobre o andamento característico de raças marchadoras.

Fonseca (2018) seguindo o mesmo rumo do autor citado no paragrafo anterior, também realizou sua pesquisa durante a 34ª Exposição Nacional do Cavallo Mangalarga Marchador. Ela utilizou em seu trabalho 29 equinos, sendo 17 machos e 12 fêmeas, em que todos os selecionados já haviam sido campeões ou reservados campeões em competições regionais oficiais. A autora realizou 20 medidas morfométricas em cada animal, usando hipômetro metálico e fita métrica, segundo metodologia de Santiago et. al. (2014). Para que as medidas pudessem ser feitas de maneira mais fidedigna, foram usados também 22 marcadores adesivos reflexivos que serviram de pontos de referência para as medições. Usando uma

câmera a um metro de altura e posicionada perpendicularmente ao animal, a uma distância de cinco metros do mesmo ela capturou imagens do animal em estação forçada, e posteriormente quando os animais estavam montados por seus apresentadores, e em trajeto na pista de avaliação, 18 câmeras capturavam o movimento dos animais, obtendo assim dados cinemáticos tridimensionais. Dessa forma, ela conseguiu evidenciar através de dados cinemáticos diferenças morfológicas entre machos e fêmeas e entre animais de marcha batida e picada, como maior comprimento e altura de garupa em equinos de marcha batida em relação aos de marcha picada. A autora conclui seu trabalho demonstrando as diferenças encontradas na morfologia dos animais, e que puderam ser visualizadas graças a métodos cinemáticos.

### 3 Referencias Bibliográficas

AMADIO, A. C. Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento humano. São Paulo: Laboratório de Biomecânica/ EEFUSP, 1996, 162p.

ANDRADE, André Gustavo Pereira de. **Análise do padrão cinemático da marcha em equinos por meio de redes neurais artificiais.** 2009. 83 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DO CAVALO MANGALARGA MARCHADOR. **A raça Mangalarga Marchador. 2021.** Disponível em: <<http://www.abccmm.org.br/principal.aspx>>. Acesso em: 21 de abr. 2021.

BAENA, Marielle Moura. **Population structure and genetic characterization of the Mangalarga Marchador horse breed.** 2019. 131 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

BARELA, Ana Maria Forti; DUARTE, Marcos. **Utilização da plataforma de força para aquisição de dados cinéticos durante a marcha humana.** 2006. 17 f. Laboratório de Biofísica, Escola de Educação Física e Esporte, USP. São Paulo, 2006.

BARREY, E. Biomechanics of locomotion in the athletic horse. In: HINCHCLIFF, K. W.; KANEPS, A. J.; GEOR, R. J. **Equine Sports Medicine and Surgery: basic and clinical sciences of the equine athlete,** London: W. B. Saunders, 2004, p.210-229.

BARREY, E.. Methods, Applications and Limitations of Gait Analysis in Horses. **The Veterinary Journal**, [s. l], v. 1, n. 157, p. 7-22, 13 maio 1999.

BARREY, E.; HERMELIN, M.; VAUDELIN, J. L.; POIREL, D.; VALETT, J. P. Utilisation of an accelerometric device in equine gait analysis. **Animal Locomotion**, v. 8, n. 17, p. 7-12, 1994.

BAUMAN, W. Métodos de medição e campos de aplicação da biomecânica: Estado da arte e perspectivas. In: **Anais...** VI Congresso Brasileiro de Biomecânica (Conferência), Brasília, 1995.

BRETAS, Mitzem Sathler. **Uso de acelerômetros para a avaliação do andamento de equinos marchadores**. 2010. 46 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

BURLA, Joan-bryce; OSTERTAG, Anic; WESTERATH, Heike Schulze; HILLMANN, Edna. Gait determination and activity measurement in horses using an accelerometer. **Computers And Electronics In Agriculture**, [s.l.], v. 102, p. 127-133, mar. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2014.01.001>.

CASIUCH, R. L. **As costelas do abismo: Os mais influentes gananhões do século XX na raça Mangalarga Marchador**. ESSENTIAL IDEA, São Paulo, 304 p., 2016.

CHIEFFI, A.; MELLO, L. H. Contribuição para o estudo da localização do centro de gravidade no corpo dos animais domésticos e dos fatores que produzem seu deslocamento temporário ou permanente. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária de São Paulo**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 98-152, set. 1939.

CHRISTOVÃO, F. G. et al. Análise cinemática tridimensional do movimento de eqüinos em esteira rolante. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**, Jaboticabal, v. 59, n. 4, p. 862-868, 2007.

CLAYTON, H. M. Temporal kinematics. In: BACK, W; CLAYTON, H.M. W.B. **The dynamic horse: a biomechanical guide to equine movement and performance**. Mason, USA: Sport Horse Publications, 2004. p. 19-32

CLAYTON, H. M.; VAN WEEREN, P. R. **Equine Locomotion**. 2. ed. London: W. B. Saunders, 2001. 305 p.

CLAYTON, H. M.: P.; VAN WEEREN, René. Performance in Equestrian Sports. In: BACK, W.; CLAYTON, H. M. **Equine Locomotion**. 2. ed. Merelbeke; East Lansing: Elsevier, 2013. Cap. 14. p. 322-326

FAO. **HORSES**: Live Animals (Production). Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#search/horses>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

FIORINZO, Sara Beatrice dos Santos Venâncio. **RELAÇÃO DOS CENTROS DE PRESSÃO DOS QUATRO APOIOS DO CAVALO COM A CONFORMAÇÃO DOS RESPECTIVOS MEMBROS**. 2013. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2013.

FONSECA, Mayara Gonçalves. **MANGALARGA MARCHADOR: ESTUDO MORFOMÉTRICO, CINEMÁTICO E GENÉTICO DA MARCHA BATIDA E DA MARCHA PICADA**. 2018. 73 f. Tese (Doutorado) - Curso de Clínica Médica Veterinária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2018.

GALLOUX, P; RICHARD, N; DRONK, T; LEARD, M; A PERROT,; JOUFFROY, J L; A CHOLET,. Analysis of equine gait using three-dimensional accelerometers fixed on the saddle. **Equine Vet. J.**, [s. l.], v. 5, n. 17, p. 44-47, maio 1994.

GOMES, D.W.; SANTOS, R.G.; QUINTINO, M.V. et al. **Acelerômetro**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2009. 4p.

GOMIDE, Lina Maria Wehrle. **Efeito do tipo de ferradura e angulação do casco sobre o**

- movimento do membro torácico em equinos ao trote.** 2010. 79 f. Tese (Doutorado) - Curso de Medicina Veterinária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2010.
- HATZE, H. The meaning of the term: “Biomechanics.” **Journal of Biomechanics**, v. 7, p. 189–190, 1974.
- HUSSNI, C. A.; WISSDORF, H.; NICOLETTI, J. L. M. Variações da marcha em equinos da raça Mangalarga Marchador. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 91-95, 22 nov. 1995.
- KNUDSON, Duane. INTRODUCTION TO BIOMECHANICS OF HUMAN MOVEMENT. In: KNUDSON, Duane. **Fundamentals of Biomechanics**. 2. ed. Chico: Springer, 2007. Cap.1. p. 3-4.
- KONIG, H. E.; LIEBICH, H. G. Anatomia dos animais domésticos. Texto e atlas colorido. 1ªed. Artmed; 2002. 291p.
- LAGE, M. C. G. R.; BERGMANN, J. A. G.; PROCÓPIO, A. M.; PEREIRA, J. C. C.; BIONDINI, J. Associação entre medidas lineares e angulares de equinos da raça Mangalarga Marchador. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 968-979, 2009.
- LOSS, Daiene Elisa. **Uso do acelerômetro como método de mensuração de níveis de atividade física em equinos.** 2018. 77 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Medicina Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Faculdade de Veterinária, Porto Alegre, 2018.
- MAPA. **Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavalo.** Brasília: Assessoria de Comunicação e Eventos, 2016. 56 p.
- MATHIE, M.J. et al. Accelerometry: providing an integrated, practical method for longterm, ambulatory monitoring of human movement. **Physiological Measurement**, v. 25, p. 1-20, 2003.
- MEIRA, C. T. **Avaliação de características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador.** 2010. 48 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.
- MOMOZAWA, Y. et al. Assessment of equine temperament questionnaire by comparing factor structure between two separate surveys. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 92, p. 77–84, 2005
- MORALES-ACOSTA, L.; ORTIZ-PRADO, A.; JACOBO-ARMENDÁRIZ, V. H.; GONZÁLEZ-CARBONELL, R. A. Analysis and characterization of the normal gait phases of walking Warmblood horses as a tool for the diagnosis of lameness. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, [S.L.], v. 38, n. 3, p. 536-543, mar. 2018.
- NASCIMENTO, J. F. **Mangalarga Marchador: Tratado Morfofuncional.** Belo Horizonte: Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador, 1999. 577p.
- NORMAN, Thomas. Information Technology Systems Infrastructure. **Integrated Security Systems Design**, [s.l.], p. 203-249, 2014.
- Oosterlinck, M., Pille, F., Huppés, T., Gasthuys, F. & Back, W. (2010b) **Comparison of**

**pressure plate and force plate gait kinetics in sound Warmbloods at walk and trot. The veterinary journal.** 186, 347-51.

PRATT, G. W. **Remarks on Gait Analysis. Gait.** Boston, p. 245-262. jun. 1985.

PROCÓPIO, A. M. **Análise cinemática da locomoção de equinos marchadores.** 2004. 93 f. Tese (Doutorado) - Curso de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

Rs Scan. (2006). Acesso em 15 de Janeiro de 2022.  
[http://footscanusa.com/wpcontent/uploads/2010/08/RSSC-catalogus-070\\_108-A4-for-web.pdf](http://footscanusa.com/wpcontent/uploads/2010/08/RSSC-catalogus-070_108-A4-for-web.pdf)

SANTIAGO, J.M.; REZENDE, A.S.C.; LANA, Â.M.Q.; FONSECA, M.G.; ABRANTES, R.G.P.; LAGE, J.; ANDRADE, J.M.; RESENDE, T.M. Comparação entre as medidas morfométricas de equinos Mangalarga Marchador de marcha batida e marchapicada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s.l.], v. 66, n. 2, p. 635- 639, abr. 2014.

SANTOS, Lilian Utraga dos. **Análise biomecânica do andamento em potros da raça Mangalarga Marchador nos primeiros 15 dias de vida.** 2018. 45 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Medicina Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária – Unesp, Campus de Araçatuba, Araçatuba, 2018.

SISSON, G. G. **Anatomia dos animais domésticos.** 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara; 1986. 1986p

SOARES, Carolina de Marchi. **Análise biomecânica do andamento de potros da raça Mangalarga Marchador aos 30 e 180 dias de idade.** 2017. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Medicina Veterinária Câmpus de Araçatuba, Araçatuba, 2017.

Tábuas, C. S. D., (2011). **Análise da Pressão Plantar para fins de Diagnóstico.** Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia e Universidade do Porto para obtenção do grau “Mestre”, orientada por João Tavares, Porto. Acesso em 18 de Novembro de 2021, de  
[http://paginas.fe.up.pt/~tavares/downloads/publications/relatorios/MEB\\_TP\\_CTabuas.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~tavares/downloads/publications/relatorios/MEB_TP_CTabuas.pdf).

WEEREN, P. R.; PFAU, T.; RHODIN, M.; ROEPSTORFF, L.; BRAGANÇA, F. Serra; WEISHAUPT, M. A.. Do we have to redefine lameness in the era of quantitative gait analysis? **Equine Veterinary Journal**, [S.L.], v. 49, n. 5, p. 567-569, 13 ago. 2017. Wiley.  
<http://dx.doi.org/10.1111/evj.12715>.

WEISHAUPT, M. A.; WIESTNER, T.; HOGG, H. P.; JORDAN, P.; AUER, J. A.; BARREY, E. Assessment of gait irregularities in the horse: eye vs. gait analysis. **Equine Veterinary Journal**, Zurich, v. 33, n. 33, p. 135-140, mar. 2001.

WHITTLE, M. **Gait analysis: an introduction.** 4. ed. Edinburgh: Butterworth Heinemann, 2007.

## **CAPÍTULO 2 – ARTIGO CIENTÍFICO**

**Características morfométricas que impactam a regularidade da marcha em equinos adultos Mangalarga Marchador**

**Artigo preparado de acordo com as normas da revista Livestock Science**

1 **Características morfométricas que impactam a regularidade da**  
2 **marcha em equinos adultos Mangalarga Marchador**

3  
4 Lucas F. Scheffer<sup>a</sup>, Kátia Oliveira<sup>b</sup>, Sarah L.C. Meirelles<sup>a</sup>, José C. Souza<sup>a</sup>, Raquel S.Moura<sup>a\*</sup>

5  
6 <sup>a</sup>Universidade Federal de Lavras, Faculdade de Zootecnia e Medicina Veterinária, Campus  
7 Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras/MG, Brazil; E-mail:  
8 lucasscheffer12@hotmail.com, sarah@ufla.br, jcamisao@ufla.br, raquelmoura@ufla.br\*

9 <sup>b</sup> Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena, São  
10 Paulo, Brasil. katia.oliveira@unesp.br

11 \*Autor correspondente: Universidade Federal de Lavras, Faculdade de Zootecnia e Medicina  
12 Veterinária, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras/MG, Brazil; E-mail:  
13 raquelmoura@ufla.br

14  
15 **Declarations of interest:** none

16  
17 **Funding:** This work was supported by the MAPA, ABCCMM, FAPEMIG, Conselho Nacional de  
18 Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), CAPES.

19  
20 **RESUMO**

21 O cavalo Mangalarga Marchador tem sido amplamente utilizado para cavalgada, trabalho e esportes  
22 hípicas. Sendo assim, estudos que utilizem medidas morfométricas e parâmetros biomecânicos  
23 podem contribuir para a seleção de animais cada vez melhores. Neste sentido, foi realizado o  
24 presente estudo com objetivo geral de identificar quais parâmetros morfométricos apresentam  
25 correlação significativa à regularidade do andamento marcha para machos e fêmeas da raça  
26 Mangalarga Marchador. Foram utilizados dados de 51 animais da raça Mangalarga Marchador,

27 machos e fêmeas, de marcha batida e picada. O critério utilizado para participação no estudo se  
28 baseava na seguintes normas: animais com idade acima de 60 meses, que não fossem filhos de  
29 animais TAC (Termo de Ajuste de Conduta), além de terem paternidade comprovada por marcador  
30 molecular (DNA vp). Foram realizadas 34 medidas lineares e 12 medidas angulares, usando  
31 hipômetro metálico, fita métrica e artrogoniômetro. Para realização da medida de regularidade  
32 da marcha, foi utilizado um acelerômetro fixado ao esterno do cavalo, conduzido por um cavaleiro,  
33 marchando em linha reta, na velocidade média de 12 a 14 km/h. As medidas altura de cernelha,  
34 largura do peito, comprimento da espádua, comprimento do antebraço, perímetro do joelho e  
35 comprimento da coxa apresentaram correlações positivas ( $P < 0,05$ ) com a regularidade da marcha  
36 em equinos da raça Mangalarga Marchador. A regularidade média verificada foi de 206,45 no total,  
37 243,66 só para machos, e 186,76 para fêmeas. Verificou-se a existência de correlação negativa entre  
38 a regularidade da marcha e o avanço da idade em equinos adultos da raça MM. Observou-se uma  
39 progressão linear positiva da medida altura da cernelha com a regularidade da marcha. Portanto é  
40 possível concluir que os criadores devem focar na seleção genética da tropa baseado em  
41 características morfométricas dos animais, visando melhorar a qualidade da marcha em equinos  
42 Mangalarga Marchador.

43

44 **Palavras chave:** Acelerometria; biomecânica; cavalos.

45

#### 46 **ABSTRACT**

47 The Mangalarga Marchador horse has been widely used for horseback riding, work and equestrian  
48 sports. Therefore, studies using morphometric measurements can contribute to the selection of  
49 better animals. In this sense, the present study was carried out with the general objective of  
50 identifying which morphometric parameters are of significant importance to the regularity of gait  
51 gait, and subsequently, to describe them for males and females of the Mangalarga Marchador breed.  
52 Data from 51 animals of the Mangalarga Marchador breed, males and females, with gait and pacing,

53 were used. Only registered animals were used and not being the offspring of TAC animals (Term of  
54 Adjustment of Conduct), in addition to having proven paternity by molecular marker (DNA vp).  
55 The collection sites were defined according to the availability of animals and owners. Thirty-four  
56 linear measurements and 12 angular measurements were performed using a metallic hypometer,  
57 tape measure and arthrogoniometer. To measure gait regularity, an accelerometer was used,  
58 attached to the horse's sternum, marching in a straight line, led by the rider, at an average speed of  
59 both  $\pm$  sd. Height at withers, chest width, shoulder length, forearm length, knee circumference and  
60 thigh length showed positive correlations ( $P < 0.05$ ) with gait regularity in Mangalarga Marchador  
61 horses. The average regularity verified was 206.45 in total, 243.66 for males only, and 186.76 for  
62 females. There was a negative correlation between gait regularity and advancing age in adult horses  
63 of the MM breed. A linear progression of the height at the withers was observed with the  
64 regularity of the gait. Therefore, breeders should focus on the development of these traits, aiming  
65 to obtain better gait results in Mangalarga Marchador horses.

66

67 **Keywords:** Horses; animal breeding; animal husbandry

68

## 69 1 INTRODUÇÃO

70

71 Desde os primórdios da humanidade o cavalo esteve presente junto ao homem, auxiliando  
72 este em seu processo de evolução e migração por todo o território terrestre. Assim sendo, cada vez  
73 mais o processo de domesticação desses animais foi sendo apurado, buscando sempre atender as  
74 necessidades de cada povo, e região. Dessa forma, foram sendo efetuados cruzamentos entre as  
75 diferentes raças existentes, começando assim todo o processo evolutivo e de seleção genética dentro  
76 dos equinos (Darwin, 2018).

77 A raça Mangalarga Marchador, tem sua origem do cruzamento de animais provenientes da  
78 Coudelaria de Alter do Chão em Portugal, com éguas nativas. Os animais provenientes desse

79 cruzamento apresentavam porte elegante, temperamento próprio para montaria e andamento  
80 confortável denominado marcha, sendo esta a principal característica da raça (ABCCMM,  
81 2021). Ela possui a maior associação de criadores do Brasil, contando com mais de 16 mil  
82 associados ativos e mais de 600 mil animais registrados em seu studbook, demonstrando toda a sua  
83 importância econômica e financeira no cenário nacional e internacional (ABCCMM, 2021).

84         Esse andamento característico pode ser dividido em marcha batida ou picada, mas é  
85 identificado de maneira geral por ser um andamento marchado, ou seja, o animal sempre terá um de  
86 seus membros apoiados no solo durante a execução da marcha; simétrico, esse termo se refere à  
87 movimentação dos antímeros direito e esquerdo, que devem ser iguais em comprimento, força e  
88 execução; fixo, não havendo movimento de balsa em seu conjunto de frente; há quatro tempos,  
89 podendo-se identificar quatro batidas de som independentes durante a execução do andamento,  
90 devido o processo de dissociação existente, em que cada um dos membros executa um momento  
91 diferente durante a execução da passada (ABCCMM, 2021).

92         Aliando prática e teoria cada vez mais, visto a importância da raça e necessidade de  
93 evolução constante, uma grande quantidade de estudos vem sendo desenvolvidos, buscando  
94 elucidar fatores positivos a marcha (Santos, 2018). Assim, para plena execução do movimento é  
95 importante pensar nas proporções do animal, suas medidas morfométricas, seu temperamento, e não  
96 se esquecer de fatores extrínsecos que podem vir a influenciar o movimento (Leleu, 2004).

97         A regularidade da marcha dos animais é uma variável adimensional, que busca descrever e  
98 relatar a similaridade dos padrões de aceleração na movimentação durante um determinado período  
99 de tempo (Oliveira et al., 2020), e visto sua importância é um dos critérios que são avaliados  
100 durante o concurso de marcha. Segundo Riber et al. (2006), para avaliação da locomoção, é  
101 necessário pontuar propulsão, atitude e regularidade da marcha. Todavia, estudos relatando a  
102 correlação entre medidas morfométricas e a regularidade da marcha são escassos.

103         Neste sentido, foi realizado o presente estudo com objetivo geral de identificar os  
104 parâmetros morfométricos que possuem correlação com a regularidade do andamento marcha, e

105 subsequentemente, realizar a descrição dos mesmos, para machos e fêmeas da raça Mangalarga  
106 Marchador.

107 Os objetivos específicos foram: (1) Definir as variáveis morfométricas lineares e angulares  
108 que impactem positivamente o índice de regularidade do andamento da marcha, em equinos  
109 montados, da raça Mangalarga Marchador; (2) Descrever os valores de regularidade da marcha,  
110 expressos na forma de médias, medianas, modas, coeficientes de variação, bem como os valores  
111 máximos e mínimos observados de cavalos montados, da raça Mangalarga Marchador, executando  
112 o andamento da marcha; (3) Verificar a possível existência de correlação positiva entre a  
113 regularidade da marcha e o avanço da idade em equinos adultos da raça MM.

114 Assim, as hipóteses foram: (1) Todas as medidas morfométricas realizadas no ato do registro  
115 genealógico de equinos da raça Mangalarga Marchador impactam positivamente a regularidade do  
116 andamento marcha; (2) Os cavalos com maiores índices de regularidade apresentarão os melhores  
117 valores descritivos observados, das variáveis identificadas como significativas ao desenvolvimento  
118 do andamento da marcha; (3) Medidas morfométricas que não estão contidas no registro  
119 genealógico afetam positivamente a regularidade do andamento marcha.

120

## 121 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

122

123 Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de  
124 Animais da UFLA (CEUA 009/15), sendo parte do projeto denominado “Caracterização genética e  
125 fenotípica de equinos da raça Mangalarga Marchador”.

126

### 127 **2.1 Origem dos dados**

128

129 Foram utilizados dados de 51 animais da raça Mangalarga Marchador, sendo 13 machos e  
130 38 fêmeas, de marcha batida e picada. Desse total de animais, 37% estavam passando por regime de

131 treinamento, o que corresponde a 19 animais; 43% deles estavam ferrados, correspondentes a 43%  
132 do total; e 41% dos animais já tinham sido campeões em provas de marcha oficiais, equivalentes a  
133 21 indivíduos. Um dos critérios adotados para escolha dos animais participantes foi que os mesmos  
134 não deveriam ter idade superior a 60 meses, visto a partir dessa idade os animais estabilizam as  
135 variações em sua curva de crescimento.

136 Os outros critérios de inclusão para que o animal pudesse participar do projeto, foi que o  
137 indivíduo deveria estar registrado em definitivo nos livros MM5 ou MM6 (com genealogia  
138 conhecida) da ABCCMM, e não ser filho de animais TAC (Termo de Ajuste de Conduta), ser  
139 descendente dos ancestrais genéticos identificados por Baena et al. (2020), e possuir paternidade  
140 comprovada por marcador molecular (DNA vp).

141 As coletas de dados foram financiadas com recursos do MAPA e da ABCCMM, e foram  
142 realizadas em haras e exposições especializadas da raça. Devido a dificuldades em padronizar o  
143 cavaleiro que montaria os animais, optou-se por manter em cada local o próprio peão de cada haras  
144 sendo responsável pela condução dos animais. Os locais de coleta foram definidos de acordo com a  
145 disponibilidade dos animais e proprietários.

146

## 147 **2.2 Variáveis analisadas**

148

149 Visando atender os objetivos do presente trabalho, as coletas de dados se iniciaram de forma  
150 a coletar medidas morfométricas dos animais, num total de 44, que serão descritas detalhadamente a  
151 seguir. E para que a correlação entre dados morfométricos e biomecânicos pudesse ser realizada,  
152 também foram coletados dados acelerométricos, com ênfase na regularidade da marcha quando  
153 executada em velocidade média pelos animais.

154

## 155 **2.3 Coleta de dados morfométricos**

156

157 Foram coletadas 46 diferentes medidas morfométricas no corpo dos animais utilizados neste  
158 estudo. A coleta de dados teve início com a identificação de 18 pontos anatômicos no corpo dos  
159 equinos usando adesivos circulares reflexivos posicionados nos centros geométricos de rotação das  
160 articulações. Foram realizadas 32 medidas lineares e 12 medidas angulares, para isso foi utilizado  
161 hipômetro metálico, fita métrica e artrogoniômetro. Para realização das medidas morfométricas, os  
162 animais foram posicionados em estação forçada, num local com terreno plano, amplo, tranquilo e  
163 regular, permanecendo os animais calmos e relaxados.

164 As medidas lineares mensuradas foram: Altura de cernelha – **AC** (distância do ponto mais  
165 alto da cernelha entre os processos espinhosos de T5 e T6 até o solo); Altura do Dorso – **AD**  
166 (distância da oitava vértebra torácica, T8, até o solo); Altura da Garupa – **AG** (distância do ponto  
167 mais alto da tuberosidade sacral até o solo); Altura do Costado – **ACO** (distância entre a oitava  
168 vértebra torácica T8 e o processo xifoide do osso esterno); Altura de talão anterior (ant) – **ATA**  
169 (distância entre a porção superior da banda coronária caudal do casco do membro torácico e o solo);  
170 Altura de talão posterior (post) – **ATP** (distância entre a porção superior da banda coronária caudal  
171 do membro pélvico e o solo); Largura da cabeça – **LC** (distância entre a porção livre da articulação  
172 temporo-mandibular esquerda e direita); Largura do peito – **LP** (distância entre a porção cranial da  
173 tuberosidade maior do úmero esquerdo e direito); Largura da garupa – **LG** (distância entre a porção  
174 cranial do túber coxal do íleo direito e esquerdo); Comprimento do braço – **CB** (distância entre a  
175 porção cranial da tuberosidade maior do úmero esquerdo e epicôndilo lateral do úmero);  
176 Comprimento do pescoço – **CP** (distância entre a porção lateral da face cranial do atlas e terço  
177 médio da borda cranial da escápula); Comprimento do antebraço – **CAT** (distância entre o  
178 epicôndilo lateral do rádio e o processo estilóide lateral do rádio, pouco acima do osso acessório do  
179 carpo); Comprimento da quartela ant. – **CQA** (distância entre a epífise lateral da falange proximal e  
180 epífise lateral da falange média); Comprimento da canela ant. – **CCA** (distância entre a extremidade  
181 proximal do quarto osso metacárpico e epífise lateral do terceiro osso metacárpico); Comprimento  
182 da espádua – **CE** (distância entre a borda dorsal da cartilagem da escápula e a porção cranial da

183 tuberosidade maior do úmero esquerdo); Comprimento do dorso lombo – **CDL** (distância entre a  
184 oitava vértebra torácica T8 e o espaço entre a vértebra L6 e a porção cranial da vértebra S1);  
185 Comprimento da garupa – **CG** (distância entre a porção cranial do túber coxal esquerdo e porção  
186 caudal da tuberosidade isquiática esquerda); Comprimento da pinça do casco ant. – **CPA** (distância  
187 entre a coroa do casco do membro torácico esquerdo e a ponta da pinça do mesmo casco);  
188 Comprimento do corpo – **CCO** (distância entre a porção cranial da tuberosidade maior do úmero  
189 esquerdo e a porção caudal da tuberosidade isquiática esquerda); Comprimento da cabeça – **CC**  
190 (distância entre a ponta focinho e a crista nugal); Comprimento anca-fêmur – **CAF** (distância entre  
191 a porção cranial do túber coxal do ílio esquerdo e a epífise lateral do falange média); Comprimento  
192 anca-soldra – **CAS** (distância entre a porção cranial do túber coxal do ílio esquerdo e a face cranial  
193 da patela); Comprimento fêmur-soldra – **CFS** (distância entre a parte cranial do trocânter maior do  
194 fêmure a face cranial da patela); Comprimento da coxa – **CCX** (distância entre a parte cranial do  
195 trocânter maior do fêmur e o epicôndilo lateral do fêmur); Comprimento da coxa-jarrete – **CCXJ**  
196 (distância entre a parte cranial do trocânter maior do fêmur e a borda cranial da tíbia); Comprimento  
197 da perna – **CPE** (distância entre a borda lateral e cranial da tíbia); Comprimento da canela  
198 post. – **CCP** (distância entre a extremidade proximal do quarto osso metatarso e a epífise lateral do  
199 terceiro osso metatarso); Comprimento da quartela post. – **CQP** (distância entre a epífise próximo-  
200 lateral da falange proximal e a epífise lateral da falange média); Comprimento da pinça do casco  
201 posterior – **CPP** (distância entre a coroa do casco do membro pélvico e a ponta da pinça do mesmo  
202 casco); Perímetro do antebraço – **PA** (medida da circunferência total da região média do antebraço,  
203 correspondente ao osso rádio e ulna); Perímetro de canela post. – **PCP** (medida da circunferência  
204 total da região média da canela do membro pélvico, correspondente ao osso metatarso); Perímetro  
205 do joelho – **PJ** (medida da circunferência total da região média do joelho, correspondente aos ossos  
206 cárpicos); Perímetro torácico - **PT** (medida total da circunferência torácica); e Perímetro da canela  
207 ant. – **PCA** (medida da circunferência total da região média da canela do membro torácico,  
208 correspondente ao osso metacarpo).

209 As medidas angulares medidas foram: Ângulo escápulo-solo – **AES** (ângulo do vértice  
210 formado entre as linhas traçadas na borda dorsal da cartilagem da escápula e nas porções craniais  
211 das tuberosidades maiores do úmero esquerdo, em reação a linha do solo); Ângulo metacarpo-  
212 falangeano – **AMF** (ângulo do vértice formado entre as linhas traçadas na extremidade proximal do  
213 quarto osso metacárpico esquerdo e epífise próximo-lateral da falange proximal do membro  
214 torácico, em relação a linha traçada na epífise próximo-lateral da falange proximal do membro  
215 torácico e epífise lateral da falange média do membro torácico); Ângulo escápulo-umeral – **AEU**  
216 (ângulo do vértice formado entre as linhas traçadas na borda dorsal da cartilagem da escápula e  
217 porção cranial da tuberosidade maior do úmero esquerdo, em relação a linha traçada entre a porção  
218 cranial da tuberosidade maior do úmero esquerdo e o epicôndilo lateral do úmero); Ângulo do casco  
219 anterior – **ACA** (ângulo do vértice formado entre as linhas traçadas na parte medial da coroa do  
220 casco do membro torácico e a ponta da pinça do casco do membro torácico, em relação a linha  
221 traçada entre a ponta da pinça do casco do membro torácico e a base do talão do casco do membro  
222 torácico); Ângulo úmero-radial – **AUR** (ângulo do vértice formado entre as linhas traçadas na  
223 porção cranial da tuberosidade maior do úmero esquerdo e epicôndilo lateral do úmero, em relação  
224 a linha traçada entre o epicôndilo lateral do úmero e o processo estilóide lateral do rádio, acima do  
225 osso acessório do carpo); Ângulo do casco posterior – **ACP** (ângulo do vértice formado entre as  
226 linhas traçadas na parte medial da coroa do casco do membro posterior e ponta da pinça do casco do  
227 membro pélvico, em relação a linha traçada entre a ponta da pinça do casco do membro pélvico e o  
228 bulbo do talão do casco do membro pélvico); Ângulo pelve-solo – **APS** (ângulo do vértice formado  
229 entre as linhas traçadas na porção cranial do tuber coxal do íleo esquerdo e a parte cranial do  
230 trocânter maior do fêmur, em relação a linha paralela do solo); Ângulo pelve-femoral - **APF**  
231 (ângulo do vértice formado entre as linhas traçadas na porção cranial do tuber coxal do ílio  
232 esquerdo e a parte cranial do trocânter maior do fêmur, em relação a linha traçada entre a porção  
233 cranial do tuber coxal do ílio esquerdo e o epicôndilo lateral do fêmur); Ângulo femuro-tibio-  
234 patelar – **AFTP** (ângulo do vértice formado entre as linhas traçadas na parte cranial do trocânter

235 maior do fêmur e a face cranial da patela, em relação a linha traçada entre a face cranial da patela e  
236 o maléolo lateral da tibia); Ângulo fêmuro-tibial – **AFT** (ângulo do vértice formado entre as linhas  
237 traçadas na parte cranial do trocânter maior do fêmur e no epicôndilo lateral do fêmur, em relação a  
238 linha traçada entre o epicôndilo lateral do fêmur e o maléolo lateral da tibia); Ângulo tibio-tarsico-  
239 metatarsiano – **ATTM** (ângulo do vértice formado entre as linhas traçadas entre a borda cranial da  
240 tibia e o maléolo lateral da tibia, em relação a linha traçada entre o maléolo lateral da tibia e a  
241 epífise lateral do terceiro osso metatarso); e Ângulo metatarsico-falangeano – **AMF** (ângulo do  
242 vértice formado entre as linhas traçadas no maléolo lateral da tibia e epífise lateral do terceiro osso  
243 metatarso, em relação a linha traçada entre a epífise lateral do terceiro osso metatarso e a epífise  
244 lateral da falange média do membro pélvico).

245

#### 246 **2.4 Coleta de dados biomecânicos**

247

248 A coleta de dados biomecânicos foi realizada em uma pista de terra batida, plana, com no  
249 mínimo 30 metros de comprimento. Essa distância se fez necessária visto que o número de passadas  
250 em cada atitude de condução se altera, e o tempo mínimo para que o acelerômetro realizasse a  
251 análise era de 20 segundos.

252 O tempo da avaliação foi cronometrado, iniciado no momento que o animal estava realizando  
253 de maneira contínua e natural o andamento marcha, em velocidade média de 12 a 14 km/hora  
254 (Procópio, 2004). Cada animal teve seu movimento avaliado por três vezes consecutivas, sendo  
255 o mesmo apresentador que montou nessas três passadas, e usando as mesmas arreatas, a fim de  
256 minimizar as possíveis fontes de variação durante as avaliações.

257 O sistema Equimetrix© (Centaure Métrix©, Fontainebleau, France) foi utilizado com o  
258 intuito de coletar e calcular em software específico, parâmetros biomecânicos de forma rápida e  
259 prática com uso de único acelerômetro localizado próximo ao centro de gravidade do corpo do  
260 animal.

261           Esse sistema é constituído por um acelerômetro fixado na região do esterno dos animais,  
262 abaixo do seu centro de gravidade, conectado a um registrador de dados. O aparelho fornece  
263 informações cinéticas sobre o movimento (Biau and Barrey, 2004), determinando aceleração  
264 contínua do tórax nos eixos dorsoventral, longitudinal e mediolateral do equino.

265 Usando o software Equimetrix®, foi calculado a regularidade da marcha dos animais, descrevendo  
266 e relatar a similaridade dos padrões de aceleração na movimentação durante um determinado  
267 período de tempo (Oliveira et al., 2020). Esse parâmetro descrito como uma variável adimensional,  
268 pode ser definido como a soma dos coeficientes de correlação correspondentes aos picos da função  
269 de autocorrelação da aceleração dorsoventral, em vezes iguais às durações de meia passada e  
270 passada completa (Barrey et al., 2002).

271 Na interface do software, é gerado um gráfico que representa o tempo total de análise de  
272 marcha dos animais. Para cada de cada animal foram escolhidos gráfico três momentos diferentes  
273 do movimento, e selecionado aqueles que apresentavam curvas mais homogêneas e valor de  
274 regularidade mais próximo do valor ideal, conforme sugerido pelo programa. Dessa forma buscou-  
275 se minimizar fontes de variação no momento da avaliação, dando mais credibilidade ao resultado  
276 final. Essa metodologia é descrita pelo criador do software Willie Barrey, e amplamente utilizadas  
277 em seus trabalhos.

278 Para identificar quais os parâmetros morfométricos influenciam a regularidade da  
279 marcha, foram utilizadas as variáveis explanatórias coletadas para cada animal, morfometria linear e  
280 morfometria angular, que foram divididas em grupos de análises conforme dados apresentados nas  
281 Tabelas 1 e 2.

282

## 283 **2.5 Análise Estatística**

284

285 O teste de normalidade de Shapiro Wewl dos dados foi realizado, atestando assim a  
286 natureza Gaussiana dos mesmos. As distribuições de probabilidade, assim como os quantis e  
287 medidas estatísticas foram calculadas. As análises de correlação dos coeficientes de Pearson das  
288 variantes explanatórias foram feitas para cada grupo de variáveis. Essa análise permitiu investigar a  
289 presença de um efeito importante da variável em seu grupo de análise sobre a regularidade da  
290 marcha. O conjunto de dados sofreu teste estatístico descritivo, mas somente as variáveis que foram

291 significativas foram reportadas e demonstradas em evidência. As correlações de algumas variáveis  
292 foram estimadas pelo método Pairwise, e as demais pelo método da máxima verossimilhança  
293 restrita (REML). Para as variáveis sexo, treino, idade, e premiação foram ajustados modelos  
294 inteiros, em que foram obtidos o resumo do ajuste, a análise de variância e a estimação dos  
295 parâmetros, de valores preditos e residuais. Um modelo linear foi ajustado para regularidade da  
296 marcha em função da altura da cernelha. Todas as análises foram feitas utilizando o software JMP  
297 PRO 12 (SAS, 2022).

298

### 299 **3 RESULTADOS**

300

301 Foram avaliadas 34 medidas lineares e 12 medidas angulares, totalizando 46 medidas. A  
302 idade média dos animais foi de  $126,2 \pm 47$  meses, o que corresponde a aproximadamente 10,5 anos  
303 (Figura 1), e desvio padrão de aproximadamente 47 meses o que corresponde a cerca de 3,9 anos.

304 As medidas foram coletadas em 38 fêmeas e 13 machos. Como descrito por Santiago (2014),  
305 os machos apresentaram diferenças morfométricas sobre as fêmeas, visto que na espécie equina o  
306 dimorfismo sexual se faz presente. Podemos destacar que as fêmeas obtiveram maiores médias  
307 somente para as seguintes medidas morfométricas: altura do costado, largura da cabeça,  
308 comprimento do dorso-lombo, comprimento da garupa, largura da garupa, comprimento do corpo,  
309 comprimento do braço, comprimento anca-fêmur, comprimento da coxa e comprimento de quartela  
310 posterior. Para as medidas angulares, os machos também apresentam maiores médias, exceto para  
311 ângulo pelve-solo e ângulo metatarso-falangeano. As médias das medidas lineares e angulares dos  
312 animais estão apresentadas nas Tabelas 3 e 4. A Tabela 5 apresenta os valores de estatística  
313 descritiva dos dados.

314 As distribuições de probabilidade para as medidas lineares e angulares foram obtidas. De  
315 modo geral, as medidas estão normalmente distribuídas, pois apresentam distribuição simétrica em  
316 relação à medida central. Além disso, as médias e medianas das medidas são aproximadamente

317 iguais, que é uma propriedade de uma distribuição normal. O mesmo acontece para a distribuição de  
318 probabilidade da regularidade e também para os três resultados de regularidade, que foram obtidos  
319 um por vez, em cada trecho da análise, estes também apresentam distribuição normal. A  
320 regularidade média verificada foi de 206,45, sendo esta quanto mais próxima de 300, melhor.

321 A correlação entre a regularidade da marcha e a idade dos animais apresentou correlação  
322 significativa ( $P < 0,01$ ), sendo observada uma diminuição da regularidade de acordo com o aumento  
323 da idade (Figura 2).

324 A correlação entre a regularidade e as medidas lineares e angulares foi calculada. As  
325 correlações entre regularidade e as medidas altura de cernelha, largura do peito, comprimento da  
326 espádua, perímetro do antebraço, perímetro do joelho e comprimento da coxa, apresentaram efeito  
327 significativo a 5% de significância. Os coeficientes de correlações entre regularidade e as medidas  
328 são 0,2988, 0,3112, 0,3760, 0,3442, 0,2967 e 0,2940, respectivamente.

329 Os valores médios das medidas que apresentaram correlações com a regularidade da marcha  
330 estão apresentados na tabela 6.

331 Para mais, foram ajustados modelos para regularidade em função: do sexo, treino,  
332 idade e premiação de campeão em competições oficiais. Na Tabela 7 estão apresentadas as médias  
333 de regularidade em função de sexo, treino, premiação em eventos, sendo que esses três critérios  
334 apresentaram efeito significativo ( $P < 0,05$ ) com valores-p iguais a 0,0169, 0,0028 e 0,0104,  
335 respectivamente. Vale ressaltar que, esperava-se que a variável sexo apresentasse efeito  
336 significativo, já que a média de regularidade dos machos foi de 243,66, enquanto as fêmeas  
337 apresentaram média de regularidade igual a 186,76. Os animais que estavam sob regime de  
338 treinamento apresentaram maiores médias de regularidade da marcha, assim como os animais que já  
339 haviam sido campeões em competições oficiais.

340 Por fim, o ajuste do modelo linear para regularidade em função de altura da cernelha  
341 apresentou efeito significativo a 5% de significância, com valor-p igual a 0,0414. O modelo é  
342 dado por  $y = -492,3636 + 4,6730 x$ . Então, no intervalo estudado, de 140 cm a 156 cm, espera-se

343 um aumento médio de 4,67 na regularidade a cada 1% de aumento da altura da cernelha. O gráfico  
344 do ajuste é mostrado na Figura 3.

345

#### 346 **4 DISCUSSÃO**

347

348 O presente estudo foi realizado com objetivo de identificar quais parâmetros morfométricos  
349 apresentam importância significativa à regularidade do andamento da marcha, e subsequentemente,  
350 realizar a descrição dos mesmos, para machos e fêmeas da raça Mangalarga Marchador. Foram  
351 avaliadas 34 medidas lineares e 12 medidas angulares, totalizando 46 medidas. As medidas lineares  
352 e angulares já têm sido empregadas em estudos com objetivos de avaliação de parâmetros  
353 morfométricos em cavalos por diferentes autores (Mostafa and Elemmawy, 2020; Padilha et al.,  
354 2017; Pérez-Ruiz et al., 2020; Santiago et al., 2013; Santiago et al., 2014).

355 De acordo com Pérez-Ruiz et al. (2020) as características morfológicas de equinos são de  
356 extrema importância para programas de seleção genética. No caso dos cavalos, a estreita ligação  
357 entre parâmetros biométricos, características de locomoção e o desempenho esportivo é na maioria  
358 das vezes a única ferramenta para o melhoramento genético (Pallottino et al., 2015) e como  
359 indicador de longevidade funcional.

360 A idade média dos animais foi de  $126,2 \pm 47$  meses. De acordo com Teixeira et al. (2021) a  
361 curva de crescimento morfométrico de equinos Mangalarga Marchador é crescente até a idade  
362 aproximada de 50 meses, em ambos os sexos, todavia a partir dessa idade, os animais não  
363 mostram variações expressivas no crescimento.

364 A maior proporção de fêmeas avaliados em relação a machos utilizados nas avaliações  
365 morfométricas, é devido a maior disponibilidade desses animais em estarem aptos a participarem do  
366 estudo, tendo em vista, que a presente pesquisa envolveu animais de diferentes localidades, e  
367 somente aqueles que atenderam os critérios de inclusão foram avaliados, portanto, não foi um fator  
368 que dependia do pesquisador.

369 As medidas lineares verificadas neste estudo estão dentro dos limites estabelecidos por  
370 Maruch et al. (2021), do qual avaliaram as características morfométricas obtidas no registro  
371 genealógico de 38.341 cavalos Mangalarga Marchador, nascidos entre 1987 e 2012, e  
372 estabeleceram alguns parâmetros morfométricos para estes animais, conforme pode ser observada a  
373 comparação na tabela 8.

374 No presente estudo verificou-se uma altura de cernelha de 147,13 para fêmeas e 149,45 para  
375 machos, de acordo com Santiago et al. (2016) a altura de cernelha ideal para machos é de 152,0 cm,  
376 todavia, altura entre 147,0 cm e 157,0 cm são aceitos para registro. Já para as fêmeas, a média ideal  
377 é de 146,0 cm, sendo as observadas neste estudo superior a este valor.

378 Já as medidas angulares verificadas neste estudo estão dentro dos limites observados por  
379 Lage et al. (2009), do qual avaliaram as características morfométricas de cavalos Mangalarga  
380 Marchador, conforme pode ser observada a comparação na tabela 9.

381 Para as medidas lineares, em geral, os machos apresentaram maiores médias, exceto para as  
382 medidas de altura do costado, largura da cabeça, comprimento do dorso-lombo, comprimento  
383 da garupa, largura da garupa, comprimento do corpo, comprimento do braço, comprimento anca-  
384 fêmur, comprimento da coxa e comprimento de quartela posterior. Para as medidas angulares, os  
385 machos também apresentam maiores médias, exceto para ângulo pelve-solo e ângulo metatarso-  
386 falangeano. Santiago et al. (2016) apontam que as médias padrões para algumas medidas  
387 morfométricas são superiores nos animais machos em relação às fêmeas.

388 A correlação entre a regularidade da marcha e a idade dos animais apresentou correlação  
389 significativa, sendo observada uma diminuição da regularidade de acordo com o aumento da idade.  
390 Os estudos relatando a correlação da idade com a regularidade da marcha em cavalos Mangalarga  
391 Marchador são escassos. No entanto, Barrey et al. (1995), verificaram correlações negativas fracas  
392 entre a idade e todas as variáveis que descrevem a simetria e regularidade do trote em velocidade  
393 máxima em cavalos de corrida. Santos (2018) conclui sua pesquisa afirmando que a regularidade é  
394 o único parâmetro que se manteve consistente desde o nascimento do animal, até o determinado

395 tempo do estudo, portanto percebe-se a ligação desse parâmetro com o desenvolvimento do animal.  
396 Hall (2013) faz uma importante consideração ao relacionar o que chama de “estado de felicidade”  
397 dos animais com regularidade, liberdade, leveza e harmonia dos passos, o que quando confrontado  
398 com os resultados deste trabalho chama atenção para a diminuição não só da regularidade, mas  
399 também do estado emocional dos animais.

400 Foram verificadas correlações entre regularidade e as medidas altura de cernelha, largura do  
401 peito, comprimento da espádua, comprimento do antebraço, perímetro do joelho e comprimento da  
402 coxa. Na literatura são escassos os relatos sobre as correlações entre regularidade e medidas  
403 morfométricas de cavalos Mangalarga Marchador, por isso estes dados são importantes,  
404 principalmente para a seleção genética de melhores animais. Fonseca (2018) correlacionou medidas  
405 morfométricas com parâmetros cinemáticos da marcha batida ou picada avaliados através de  
406 cinemática temporal. Na marcha batida houve correlação da largura do peito com a duração da  
407 passada (0,37) e frequência da passada (-0,38); do ângulo escapulo-umeral com o comprimento da  
408 passada (-0,37); do comprimento do braço e da perna com apoio quadrupedal (0,45 e -0,42,  
409 respectivamente); do comprimento da canela torácica com dissociação diagonal de decolagem (-  
410 0,44); do comprimento da quartela pélvica com velocidade (-0,40). As alturas na cernelha (0,52),  
411 dorso (0,50) e garupa (0,61), junto com comprimento de pescoço (0,47) e garupa (0,46),  
412 apresentaram correlação com tríplice apoio torácico. E, dentre outras correlações encontradas,  
413 destacamos correlação entre tríplice apoio pélvico e comprimentos de garupa (0,37) e braço (0,39),  
414 e com ângulo umeroradial (- 0,45). Na marcha picada, esta autora encontrou, dentre entre outras,  
415 correlação entre altura na garupa e comprimento de passada (-0,60) e tríplice apoio torácico (0,57);  
416 largura do peito com dissociação diagonal de apoio (-0,58) e com apoio lateral (0,54); e ângulo  
417 escapuloumeral com comprimento da passada (-0,50).

418 Neste estudo, os cavalos Mangalarga Marchador utilizados para a análise foram de  
419 diferentes locais e em idade diferentes, o que pode ter influenciado nos resultados obtidos, pois  
420 de acordo com Lage et al. (2009), essa raça de cavalo significativamente influenciada pela idade e

421 pelo ambiente, fatores que, segundo os autores, deve ser levado em consideração ao escolher um  
422 animal com base nas medidas angulares e lineares. Dessa forma, considerando o trabalho de Barrey  
423 (2002), que cita a regularidade como um parâmetro que é altamente influenciado pelo nível de  
424 treinamento dos animais, entende-se a variação nos valores de regularidade, visto que no presente  
425 estudo grande parte dos animais se encontrava sem treinamento regular.

426 A variável sexo apresentou efeito significativo na média de regularidade, sendo que os  
427 machos apresentaram regularidade de 243,66, enquanto as fêmeas apresentaram média de  
428 regularidade igual a 186,76. Esta diferença na regularidade entre macho e fêmeas pode ser devido a  
429 algumas medidas morfométricas, que são superiores nos machos, o que pode lhes proporcionar  
430 melhores desempenhos.

431 De acordo com o ajuste do modelo linear para regularidade da marcha em função de altura  
432 da cernelha apresentou efeito significativo, do qual, no intervalo estudado, de 140 cm a 156 cm,  
433 espera-se um aumento médio de 4,67 na regularidade a cada 1% de aumento da altura da cernelha.  
434 Assim, estes dados indicam que os criadores de cavalo Mangalarga Marchador que desejam  
435 melhorar a regularidade dos seus animais devem focar no aumento da altura da cernelha. Santiago  
436 (2016) relata que nos últimos 40 anos a raça Mangalarga Marchador vem sofrendo um aumento em  
437 sua estatura, o que vem corroborar com o resultado e sugestão deste trabalho, sabendo que este  
438 crescimento trará benefícios à regularidade da marcha. A altura na cernelha é um parâmetro  
439 fenotípico importante em animais e pode ser usado para seleção e desempenho, especialmente dos  
440 cavalos (Chrószcz et al., 2014).

441 Embora este trabalho traga novos dados para estudos envolvendo a avaliação da morfometria  
442 na regularidade da marcha de cavalos Mangalarga Marchador, futuros estudos devem ser realizados  
443 com a finalidade de obter um número maior de animais mais homogêneos para a avaliação.

444

## 445 **5 CONCLUSÕES**

446

447 Das 12 medidas realizadas no momento do registro genealógico dos animais da raça  
448 Mangalarga Marchador, apenas altura de cernelha e comprimento da espádua impactam a  
449 regularidade, sugerindo assim que outras medidas possam ser inseridas nessa avaliação, como  
450 largura de peito, perímetro de antebraço, perímetro do joelho e comprimento da coxa, a fim de  
451 aprimorar ainda mais a seleção genética na raça.

452

## 453 **6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

454

455 Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador, 2021. A raça Mangalarga  
456 Marchador. <http://www.abccmm.org.br/principal.aspx>. (accessed 13 March 2021).

457

458 Baena, M.M., 2019. Population structure and genetic characterization of the Mangalarga Marchador  
459 horse breed. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Lavras.

460

461 Barrey, E., Auvinet, B., Couroucé, A., 1995. Gait evaluation of race trotters using an accelerometric  
462 device. *Equine Vet. J.* 27, 156-160. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1995.tb04910.x>.

463

464 Barrey, E., Desliens, F., Poirel, D., Biau, S., Lemaire, S., Rivero, J.L.L., Langlois, B., 2002. Early  
465 evaluation of dressage ability in different breeds. *Equine Vet. J.* 34, 319e24.  
466 <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05440.x>.

467

468 Biau, S., Barrey, E., 2004. The trot characteristics during the first years of dressage training.  
469 *Pferdeheilkunde.* 20, 135-138.

470

471 Chrószcz, A., Janeczek, M., Pasicka, E., Klećkowska-Nawrot, J., 2014. Height at the withers  
472 estimation in the horses based on the internal dimension of cranial cavity. *Folia Morphol.* 73, 143-

473 148. <https://doi.org/10.5603/FM.2014.0021>.

474

475 Darwin, C., 2018. Origem das espécies: ou A preservação das raças favorecidas na luta pela vida.

476 Ubu Editora LTDA-ME, São Paulo.

477

478 Hall, C., Huws, N., White, C., Taylor, E., Owen, H., Mcgreevy, P., 2013. Assessment of ridden

479 horse behavior. *J. Vet. Behav.* 8, 62-73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jveb.2012.05.005>.

480

481 Lage, M.C.G.R., Bergmann, J.A.G., Procópio, A.M., Pereira, J.C.C., Biondini, J., 2009.

482 Associação entre medidas lineares e angulares de equinos da raça Mangalarga Marchador. *Arq.*

483 *Bras. Med. Vet. Zoot.* 61, 968-979. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000400027>.

484

485 Leleu, C., Bariller, F., Cotrel, C., Barrey, E., 2004. Reproducibility of a locomotor test for trotter

486 horses. *Vet. J.* 168, 160-166. [http://dx.doi.org/10.1016/s1090-0233\(03\)00109-6](http://dx.doi.org/10.1016/s1090-0233(03)00109-6).

487

488 Maruch, S., Rezende, A.S.C.D., Gouveia, G.C., Ribeiro, V.M.P., Abreu, L.R.A., Toral, F.L.B.,

489 2021. Estimation of genetic parameters and trends for morphometric traits in Brazilian Mangalarga

490 Marchador horses. *Rev. Bras. Zoot.* 50, e20190262. <https://doi.org/10.37496/rbz5020190262>.

491

492 Mostafa, M.B., Elemmawy, Y.M., 2020. Relationships between morphometric measurements and

493 musculoskeletal disorders in jumping Thoroughbred horses. *J. Equine Sci.* v. 31, n. 2, p. 23-27,

494 2020.

495

496 Oliveira, K., Clayton, H.M., Harada, E.S. Gymnastic training of hippotherapy horses benefits gait

497 quality when ridden by riders with different body weights. *J. Equine Vet. Sci.* 4, 1-7.

498 <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103248>.

499

500 Padilha, F.G.F., Andrade, A.M.D., Fonseca, A.B.M., Godoi, F.N.D., Almeida, F.Q.D., Ferreira,  
501 A.M.R., 2017. Morphometric measurements and animal- performance indices in a study of racial  
502 forms of Brazilian Sport Horses undergoing training for eventing. *Rev. Bras. Zootec.* 46, 25-32.  
503 <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000100005>.

504

505 Pallottino, F., Steri, R., Menesatti, P., Antonucci, F., Costa, C., Figorilli, S., Catillo, G., 2015.  
506 Comparison between manual and stereovision body traits measurements of Lipizzan horses.  
507 *Comput. Electron. Agric.* 118, p. 408-413, 2015. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(00\)00160-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(00)00160-5).

508

509 Pérez-Ruiz, M., Tarrat-Martín, D., Sánchez-Guerrero, M.J., Valera, M., 2020. Advances in horse  
510 morphometric measurements using LiDAR. *Comput. Electron. Agric.* 174, 105510.  
511 <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105510>.

512

513 Procópio, A.M., 2004. Análise cinemática da locomoção de equinos marchadores. Tese  
514 (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

515

516 Riber, C., Cuesta, L., Munoz, A., Gata, J., Trlgo, P., Castejon, F.M., 2006. Equine locomotor  
517 analysis on vet-gates in endurance events. *Equine Vet. J.* 36, 55-59. [https://doi.org/10.1111/j.2042-](https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05513.x)  
518 [3306.2006.tb05513.x](https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05513.x).

519

520 Santiago, J.M., de Rezende, A.S.C., Fonseca, M.G., Abrantes, R.G.P., Lage, J., Lana, A.M.Q.,  
521 2013. Comparação entre as medidas morfométricas do rebanho atual de machos Mangalarga  
522 Marchador e dos campeões da raça. *Bol. Ind. Anim.* 70, 46-52.  
523 <https://doi.org/10.17523/bia.v70n1p46>.

524

525 Santiago, J.M., Rezende, A.S.C., Lana, A.M.Q., Fonseca, M.G., Abrantes, R.G.P., Lage, J.,  
526 Andrade, J.M., Resende, T.M., 2014. Comparação entre as medidas morfométricas de equinos  
527 Mangalarga Marchador de marcha batida e marchapicada. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 66, 635-  
528 639. <https://doi.org/10.1590/1678-41626870>.

529

530 Santiago, J., Rezende, A.S.C.D., Lana, A., Quintão, M., Fonseca, M.G., Lage, J., 2016.  
531 Evolution of morphometric measures in the Mangalarga Marchador breed. *Rev. Caatinga.* 29, 191-  
532 199. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n122rc>.

533

534 Sas Institute Inc., 2022. *SAS/STAT. User's guide, version 12.* SAS Institute, Cary.

535

536 Teixeira, G.L., Fernandes, T.J., Muniz, J.A., de Souza, F.A.C., de Moura, R.S., dos Santos Melo,  
537 R.M.P., 2021. Growth curves of campolina horses using nonlinear models. *Livest. Sci.* 251,  
538 104631. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104631>.

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

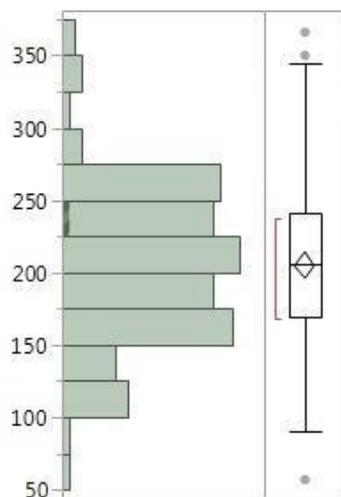
551

552

553 **FIGURAS**

554

555 Figura 1 – Média e desvio padrão da idade (meses) dos cavalos da raça Mangalarga Marchador

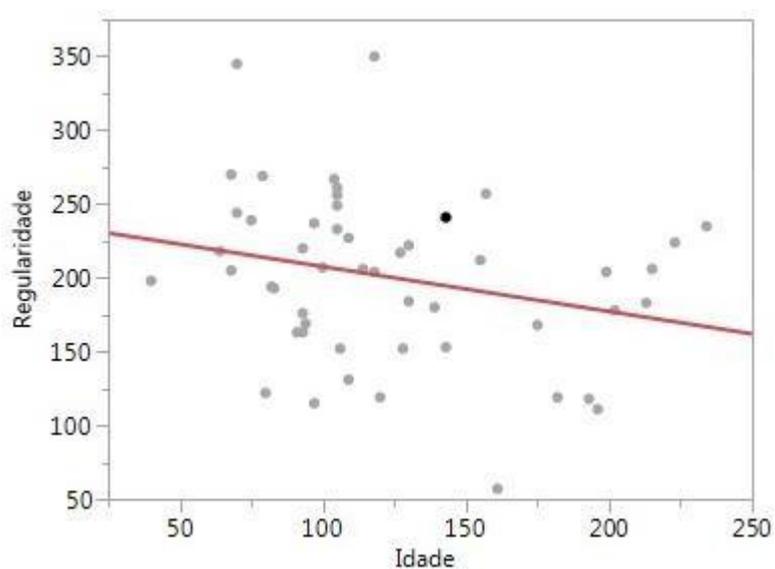


556

557

558

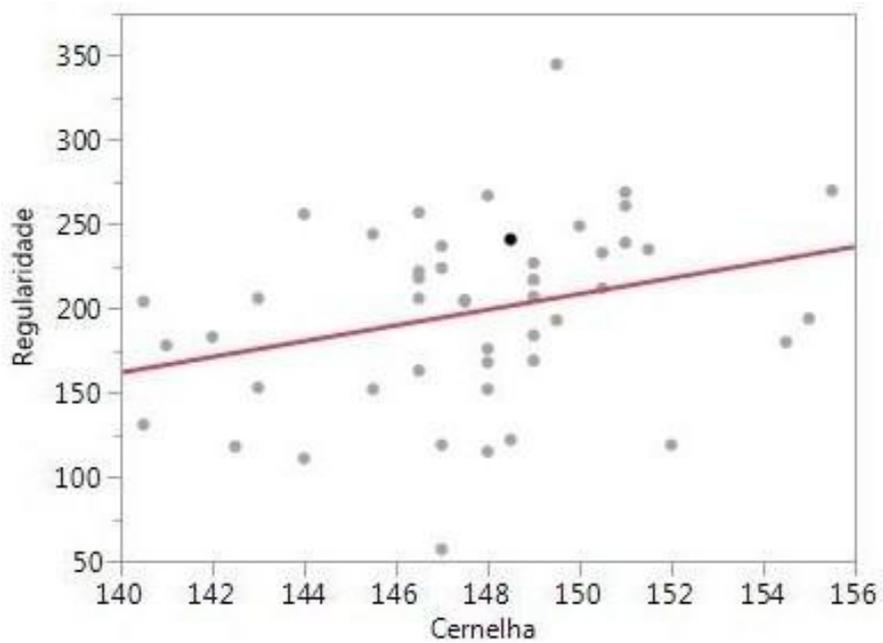
Figura 2 – Correlação entre a regularidade da marcha e a idade do animal.



559

560

561 Figura 3 - Representação do ajuste do modelo linear para regularidade em função da altura da  
562 cernelha paramachos e fêmeas da raça Mangalarga Machador



563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

## TABELAS

579 Tabela 1 - Grupos de análise, descrição das variáveis explanatórias, unidade e abreviaturas das  
580 variáveis morfométricas de medidas lineares

<b>Grupo de análise</b>	<b>Descrição da Variável Explanatória</b>	<b>Unidade</b>	<b>Abreviação</b>
<b>Medidas Lineares</b>	Altura de cernelha	cm	(AC)
	Altura do Dorso	cm	(AD)
	Altura da Garupa	cm	(AG)
	Altura do Costado	cm	(ACO)
	Altura de talão ant.	cm	(ATA)
	Altura de talão post.	cm	(ATP)
	Largura da cabeça	cm	(LC)
	Largura do peito	cm	(LP)
	Largura da garupa	cm	(LG)
	Comprimento do braço	cm	(CB)
	Comp. do pescoço	cm	(CP)
	Comp. do antebraço	cm	(CAT)
	Comp. da quartela ant.	cm	(CQA)
	Comp. da canela ant.	cm	(CCA)
	Comp. da espádua	cm	(CE)
	Comp. do dorso lombo	cm	(CDL)
	Comp. da garupa	cm	(CG)
	Comp. da pinça do casco ant.	cm	(CPA)
	Comp. do corpo	cm	(CCO)
	Comp. da cabeça	cm	(CC)
	Comp. anca-fêmur	cm	(CAF)
	Comp. anca-soldra	cm	(CAS)
	Comp. fêmur-soldra	cm	(CFS)
	Comp. da coxa	cm	(CCX)
	Comp. da coxa-jarrete	cm	(CCXJ)
	Comp. da perna	cm	(CPE)
	Comp. da canela post.	cm	(CCP)
	Comp. da quartela post.	cm	(CQP)
	Comp. da pinça do casco post.	cm	(CPP)
	Perímetro do antebraço	cm	(PA)
	Perímetro de canela post.	cm	(PCP)
	Perímetro do joelho	cm	(PJ)
	Perímetro torácico	cm	(PT)
	Perímetro da canela ant.	cm	(PCA)

581

582 Tabela 2 - Grupos de análise, descrição das variáveis explanatórias, unidade e abreviaturas das  
583 variáveis morfométricas de medidas angulares

<b>Grupo de</b>	<b>Descrição da Variável Explanatória</b>	<b>Unidade</b>	<b>Abreviação</b>
-----------------	---	----------------	-------------------

<b>análise</b>			
<b>Medidas</b>			
<b>Angulares</b>	Ângulo escápulo-solo	Graus (°)	(AES)
	Ângulo metacarpo.-falangeano	Graus (°)	(AMF)
	Ângulo escápulo-umeral	Graus (°)	(AEU)
	Ângulo do casco anterior	Graus (°)	(ACA)
	Ângulo úmero-radial	Graus (°)	(AUR)
	Ângulo do casco posterior	Graus (°)	(ACP)
	Ângulo pelve-solo	Graus (°)	(APS)
	Ângulo pelve-femoral	Graus (°)	(APF)
	Ângulo fêmuro-tíbio-patelar	Graus (°)	(AFTP)
	Ângulo fêmuro-tibial	Graus (°)	(AFT)
	Ângulo tíbio-társico-metatarsiano	Graus (°)	(ATTM)
	Ângulo metatársico-falangeano	Graus (°)	(AMF)

584 Tabela 3 - Médias e Desvio Padrão (cm) das medidas lineares de animais da raça Mangalarga

585 Marchador

Medidas lineares	Médias	
	Fêmeas	Machos
Altura de cernelha	146,90 (3,37)	149,92 (2,93)
Altura do dorso	138,09 (3,48)	139,88 (3,30)
Altura da garupa	145,77 (3,11)	147,29 (3,36)
Altura no costado	60,91 (3,21)	54,13 (11,07)
Largura da cabeça	19,44 (7,83)	17,88 (1,03)
Comprimento da cabeça	53,94 (2,36)	54,46 (2,22)
Largura do peito	31,11 (4,87)	31,83 (1,86)
Comprimento do pescoço	53,81 (3,70)	54,42 (2,76)
Comprimento do dorso-lombo	49,33 (20,12)	44,83 (2,60)
Comprimento da garupa	45,71 (3,43)	45,38 (2,06)
Largura da garupa	46,61 (2,35)	44,75 (3,13)
Comprimento do corpo	150,26 (5,23)	148,63 (4,16)
Comprimento da espádua	52,20 (2,15)	53,42 (2,32)
Comprimento do braço	29,13 (1,89)	28,67 (2,96)
Comprimento do antebraço	30,14 (1,48)	32,17 (3,15)
Comprimento da canela anterior	19,77 (1,21)	20,29 (1,03)
Comprimento da quartela anterior	9,87 (0,91)	9,71 (0,62)
Comprimento da pinça do casco anterior	9,07 (0,99)	9,38 (0,64)
Altura do talão do casco anterior	5,57 (0,84)	6,04 (0,86)
Perímetro do antebraço	28,29 (4,76)	32,95 (6,19)
Perímetro do joelho	27,33 (1,93)	29,44 (0,97)
Perímetro de canela anterior	18,14 (1,66)	18,45 (0,84)
Comprimento anca-fêmur	30,70 (4,52)	28,63 (1,90)
Comprimento anca-soldra	53,62 (4,20)	54,50 (2,51)
Comprimento fêmur-soldra	42,33 (2,75)	42,33 (1,72)
Comprimento da coxa	38,20 (3,72)	36,88 (2,66)
Comprimento coxa-jarrete	69,89 (2,38)	70,33 (5,38)
Comprimento da perna	32,29 (2,49)	34,13 (1,48)
Comprimento de canela posterior	24,69 (1,93)	25,33 (0,98)
Comprimento de quartela posterior	9,71 (0,60)	9,58 (0,87)
Comprimento da pinça do casco posterior	9,00 (1,37)	9,58 (1,04)
Altura do talão do casco posterior	5,41 (0,70)	6,17 (1,07)

586

587

588

589

590

591

592 Tabela 4 - Médias e Desvio Padrão (cm) das medidas angulares de animais da raça Mangalarga

593 Marchador

Medidas angulares	Médias	
	Fêmeas	Machos
Ângulo Escápulo-solo	58,83 (4,06)	58,83 (4,28)
Ângulo Escápulo-umeral	96,03 (10,43)	98,75 (6,21)
Ângulo Úmero-radial	126,66 (5,36)	128,42 (5,88)
Ângulo Pelve-solo	35,11 (4,41)	34,92 (3,58)
Ângulo Pelve-femoral	100,26 (7,14)	105,33 (7,60)
Ângulo Fêmur-tibio-patelar	116,26 (5,73)	122,42 (6,53)
Ângulo Fêmur-tibial	133,97 (6,99)	133,00 (12,09)
Ângulo Tibia-tarso-matatarsiano	147,89 (5,16)	148,83 (3,46)
Ângulo Metatarso-falangeano	150,66 (7,05)	151,50 (4,74)
Ângulo Metacarpo-falangeano	143,63 (7,94)	149,25 (5,83)
Ângulo Casco anterior	46,86 (4,17)	47,83 (4,63)
Ângulo Casco posterior	47,76 (4,18)	48,17 (4,30)

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608 Tabela 5 – Valores Mínimo, Máximo, Mediana, Moda e Coeficiente de Variação (CV) das variáveis  
 609 morfométricas que apresentaram correlações significativas com a regularidade da marcha

<b>Medidas</b>	<b>Mínimo</b>		<b>Máximo</b>		<b>Mediana</b>		<b>Moda</b>		<b>CV(%)</b>	
	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos
<b>Altura da cernelha</b>	140,5	146,5	154,5	155,5	147,5	149,8	148	147	2,29	1,95
<b>Largura do peito</b>	24	29	52	35	30	31,75	30	31,5	15,65	5,85
<b>Comprimento da espádua</b>	48	51	57	58	52	53	50	51	4,11	4,35
<b>Perímetro do antebraço</b>	28	29	35,5	38	30	31,5	30	29	4,9	9,79
<b>Perímetro do joelho</b>	18,5	27,8	30	30,8	28	29,75	28	30	7,08	3,28
<b>Comprimento da coxa</b>	30	33	47	43	38	36,5	37	35	9,74	7,2

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626 Tabela 6 - Valores médios, desvio padrão, coeficiente de variação (CV), equação da reta e R<sup>2</sup> das  
 627 variáveis morfométricas que apresentaram correlações significativas com a regularidade da marcha

Variáveis	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação	Equação da reta	P
Altura da cernelha	136,08	39,83	0,29	$y = 0,6178x$	0,0391
Largura do peito	28,84	9,35	0,32	$y = 0,1306x$	0,0313
Comprimento da espádua	48,39	14,27	0,29	$y = 0,2201x$	0,0084
Perímetro do antebraço	28,25	8,50	0,30	$y = 0,1285x$	0,0166
Perímetro do joelho	7,72	25,68	0,30	$y = 0,1168x$	0,0429
Comprimento da coxa	34,89	10,81	0,30	$y = 0,1588x$	0,2940

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646 Tabela 7 - Valores de regularidade em função do sexo, treinamento e premiações em competições  
 647 oficiais

Número de Animais			Média de Regularidade	Valores-p
<b>Sexo</b>	Machos	13	243	0,0169
	Fêmeas	38	186	
<b>Treinamento</b>	Sim	19	233	0,0028
	Não	32	186	
<b>Premiações oficiais</b>	Sim	21	225	0,0104
	Não	30	187	

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667 Tabela 8 - Comparação das medidas lineares do presente estudo com as medidas relatadas por  
 668 Maruch et al. (2021).

Medidas lineares	Médias		Valores de referência mínimo-máximo (Maruch et al., 2021)
	Fêmeas	Machos	
Altura de cernelha	147,13	149,45	140-171
Altura da garupa	145,92	146,95	135-157
Largura da cabeça	19,46	17,68	17-32
Comprimento da cabeça	54,03	54,23	42-87
Comprimento do pescoço	53,92	54,14	40-80
Comprimento do dorso- lombo	49,21	44,82	35-68
Comprimento da garupa	45,67	45,05	36-63
Largura da garupa	46,69	44,32	39-62
Comprimento do corpo	150,25	148,50	133-176
Perímetro de canela posterior	19,57	20,34	15-26
Perímetro torácico	189,47	179,27	143-197

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682 Tabela 9 - Comparação das medidas angulares do presente estudo com as medidas relatadas por  
 683 Lage et al. (2009).

Medidas angulares	Médias		Valores de referência mínimo- máximo (Lage et al., 2009)
	Fêmeas	Machos	
Ângulo Escápulo-solo	58,75	59,09	52-70
Ângulo Escápulo-umeral	96,17	97,91	80-135
Ângulo Úmero-radial	126,81	126,91	118-155
Ângulo Fêmur-tibial	133,14	133,18	131-166
Ângulo Tibia-tarso- matatarsiano	147,89	148,45	105-164
Ângulo Metatarso-falangeano	150,81	150,55	60-171
Ângulo Metacarpo- falangeano	143,83	149,36	112-159

684