

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CÂMPUS DE ARAÇATUBA

ANÁLISE BIOMECÂNICA DO ANDAMENTO DE POTROS
DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR AOS 30 E 180
DIAS DE IDADE

Carolina de Marchi Soares
Médica Veterinária

ARAÇATUBA – SP
2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CÂMPUS DE ARAÇATUBA

**ANÁLISE BIOMECÂNICA DO ANDAMENTO DE POTROS
DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR AOS 30 E 180
DIAS DE IDADE**

Carolina de Marchi Soares

Orientadora: Profa. Adjunto Juliana Regina Peiró

Coorientadora: Profa. Dra. Lina Maria Wehrle Gomide

Dissertação de mestrado
apresentado à Faculdade de
Medicina Veterinária – Unesp,
Campus de Araçatuba, como
parte das exigências para a
obtenção do título de Mestre
em Ciência Animal
(Fisiopatologia Médica e
Cirúrgica).

ARAÇATUBA – SP

2017

Catálogo na Publicação (CIP)
Serviço de Biblioteca e Documentação – FMVA/UNESP

Soares, Carolina de Marchi

So11

Análise biomecânica do andamento de potros da raça mangalarga marchador aos 30 e 180 dias de idade / Carolina de Marchi Soares.
Araçatuba: [s.n], 2017.
42f. il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Medicina Veterinária, 2017

Orientadora: Profa. Adjunto. Juliana Regina Peiró

Co-orientadora: Profa. Dra. Lina Maria Wehrle Gomide

1. Locomoção - biomecânica 2 .Cavalos. 3. Marcha. 4. Acelerometria. 5. Fenômenos biomecânicos. I. T.

CDD 573.79343

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Análise biomecânica do andamento de potros da raça mangalarga marchador aos 30
e 180 dias de idade

AUTORA: CAROLINA DE MARCHI SOARES

ORIENTADORA: JULIANA REGINA PEIRÓ

COORIENTADORA: LINA MARIA WEHRLE GOMIDE

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIA ANIMAL,
área: Fisiopatologia Médica e Cirúrgica pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. JULIANA REGINA PEIRÓ

Departamento de Clínica, Cirurgia e Reprodução Animal / Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba - Unesp



Profa. Dra. KATIA DE OLIVEIRA

Curso de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - Unesp



Prof. Dr. JOSÉ CORRÊA DE LACERDA NETO

Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária de Jaboticabal - Unesp

Araçatuba, 23 de janeiro de 2017.

DADOS CURRICULARES

CAROLINA DE MARCHI SOARES – nascida em São Paulo, São Paulo, em 08 de setembro de 1989. Graduada em Medicina Veterinária, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus Araçatuba, em 2015. Discente do Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal pela mesma instituição desde 2015.

DEDICATÓRIA

À minha mãe, que virou parte de mim e
me ensina diariamente a ter perseverança.

O mérito é tão meu, quanto seu!

AGRADECIMENTOS

À minha família: pai, mãe e Thaís, aqueles que estão sempre por perto, dando suporte as minhas decisões, conquistas e fracassos, aos quais nunca conseguirei agradecer o suficiente. Minha eterna gratidão e respeito.

A toda a minha família, minhas avós e avô, Tia Heloísa, que sempre estão perto mesmo de longe, com uma palavra de apoio, me dando forças e vibrando com todas as minhas evoluções e conquistas.

À minha orientadora Juliana, quem mais me incentivou e apoiou, me convencendo de que somos capazes de seguir em frente independente do obstáculo a ser ultrapassado. Muito obrigada por me ajudar a evoluir e por toda compreensão! Agradecerei sempre, por tudo.

À minha coorientadora Lina, sem a qual o experimento e todo o projeto não existiriam. Muito obrigada pelo experimento, pelos ensinamentos, pela disponibilidade e paciência, e pelo apoio em tudo!

Ao Professor Luiz Claudio que sempre esteve por perto me dando força e incentivo.

Ao Professor Leydson pelos ensinamentos e votos de confiança!

À Professora Valéria Oliva, pelas excelentes aulas de oratória que me ajudaram muito e por ter intercedido junto à reitoria para a concessão da bolsa de auxílio.

Ao nosso grupo do haras, Lilian, Tais, Pri e Rafa. Sem vocês não seria possível coletar todos os dados. Obrigada pela companhia e amizade!

Aos funcionários da Fazenda Haras Cachoeirinha, em especial Valdei e Caio que sempre se disponibilizaram a ajudar, mesmo tendo muito trabalho a fazer. Obrigada pela paciência e disponibilidade!

Ao senhor João Manoel Junqueira de Andrade, proprietário da Fazenda Haras Cachoeirinha.

Aos colegas de profissão que tive o prazer de conhecer durante as disciplinas cursadas e que me ajudaram a aprender muitas coisas sobre nossa profissão e sobre a vida. Vocês se tornaram peças importantes nessa longa trajetória.

Aos meus amigos de graduação, que mesmo distantes permanecem me apoiando, Tamirís, Fernando, Amanda e André Luiz.

À minha conterrânea Rafaela por todo suporte, ajuda, companhia, amizade e por estar sempre do meu lado, sendo praticamente uma parte de mim.

Aos amigos que fiz ao longo da vida e que têm importante papel em minha chegada até aqui. Obrigada por entenderem todas as minhas ausências em momentos importantes da vida de vocês!

Aos amigos e companheiros de longas viagens, Olsilei Alves e William, por toda a correria, compreensão, paciência, comprometimento e por deixarem, muitas vezes, a própria família para me acompanharem.

Aos meus terapeutas e médicos, em especial André, Roberta, Luciana e Gabriela por não me deixarem desistir e por me ajudarem a ficar cada vez mais forte em todos os sentidos. Muito obrigada por me proporcionarem um pouco de independência através de adaptações, sem as quais este trabalho não estaria escrito.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de Demanda Social, possibilitando a realização do meu mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão do apoio financeiro ao projeto de pesquisa (2014/18323-8).

À Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da FMVA e aos funcionários da Seção Técnica de Graduação e Pós-graduação.

À Diretora da Biblioteca da FMVA, Sra. Isabela Pereira de Matos, pela revisão desta dissertação e sugestões propostas.

A Deus, por me dar uma segunda chance de viver e permitir que eu aprenda com os exemplos de outras pessoas.

E talvez os mais importantes, agradeço a todos os animais que um dia me fizeram querer ser Médica Veterinária e permitiram que eu chegasse até aqui.

Aos que passaram e deixaram um pouco de si e aos que ainda passarão por minha vida, espero não decepcioná-los.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
REVISÃO DE LITERATURA	16
MATERIAL E MÉTODOS	20
A Seleção dos animais.....	20
B Análise do andamento	21
C Características da passada	24
1 Variáveis cinemáticas.....	24
a Velocidade.....	24
b Comprimento da passada.....	24
c Frequência da passada	25
d Regularidade da passada.....	25
e Simetria da passada	25
f Deslocamento dorsoventral	25
2 Variáveis cinéticas.....	26
Potencias.....	26
a Potencia dorsoventral	26
b Força de propulsão.....	26
c Potencia mediolateral	26
d Potencia total.....	26
D Análise estatística.....	27
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS

cm	centímetros
CP	comprimento da passada
DDV	deslocamento dorsoventral
EPM	erro padrão da média
FP	frequência da passada
GPS	Global Positioning System
Hz	hertz
km/h	quilômetro por hora
m	metros
m/s	metros por segundo
P	propulsão
PDV	potência dorsoventral
PML	potência mediolateral
PT	potência total
USB	Universal Serial Bus
W/kg	Watts por quilograma

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Colocação e fixação do equipamento de análise de andamento Equimetrix® (Centaure Métrix, Fontainebleau, France) com atadura elástica autoadesiva em potro. Crédito: Juliana R. Peiró.

Figura 2 – Imagem gerada pelo software Equimetrix V 3.0®. Em (A) temos a seleção da melhor parte do trajeto efetuado pelo potro em 10 segundos. Enquanto que (B) é a ampliação do trecho selecionado em (A).

Figura 3 – Valores das variáveis cinéticas ($P = 5,00 \text{ W/kg}$; $FDD = 19,80 \text{ W/kg}$) e cinemáticas ($CP = 1,35 \text{ m}$; $FP = 1,46 \text{ ciclos/s}$, Regularidade = 307 e Simetria = 382) alcançadas pelo potro durante a marcha com velocidade igual a $7,1 \text{ km/h}$.

Figura 4 - Valores médios normalizados de frequência da passada (Hz), deslocamento dorsoventral (cm), regularidade, simetria, potência dorsoventral (W/kg) e propulsão (W/kg) de potros da raça Mangalarga Marchador aos 30 e 180 dias de vida, em relação aos melhores adultos de marcha da propriedade, avaliados à marcha (A) e ao passo (B).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis cinemáticas de potros aos 30 e 180 dias de vida e de equinos adultos da raça Mangalarga Marchador avaliados ao passo. Os valores estão expressos em média $\pm$ erro padrão da média e foram obtidos com o equipamento de análise de andamento Equimetrix®

Tabela 2 – Variáveis cinéticas de potros aos 30 e 180 dias de vida e de equinos adultos da raça Mangalarga Marchador avaliados ao passo. Os valores estão expressos em média $\pm$ erro padrão da média e foram obtidos com o equipamento de análise de andamento Equimetrix®

Tabela 3 – Variáveis cinemáticas de potros aos 30 e 180 dias de vida e de equinos adultos da raça Mangalarga Marchador avaliados à marcha. Os valores estão expressos em média $\pm$ erro padrão da média e foram obtidos com o equipamento de análise de andamento Equimetrix®

Tabela 4 – Variáveis cinéticas de potros aos 30 e 180 dias de vida e de equinos adultos da raça Mangalarga Marchador avaliados à marcha. Os valores estão expressos em média $\pm$ erro padrão da média e foram obtidos com o equipamento de análise de andamento Equimetrix®

ANÁLISE BIOMECÂNICA DO ANDAMENTO DE POTROS DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR AOS 30 E 180 DIAS DE IDADE

RESUMO - O método acelerométrico, para a análise biomecânica quando usado a campo tem mostrado vantagens com relação à videogrametria, permitindo obter dados cinemáticos e cinéticos e possuindo um processamento de dados mais rápido. Objetivou-se avaliar o efeito do crescimento sobre as características biomecânicas do passo e da marcha de potros da raça Mangalarga Marchador aos 30 e 180 dias de idade, e estabelecer parâmetros de referência para a raça. Os potros foram equipados com o sistema de análise de andamento Equimetrix® e acompanharam a trajetória da mãe, puxada no cabresto pelo treinador, à marcha e ao passo, com velocidade acompanhada por GPS. As variáveis cinemáticas (comprimento e frequência das passadas, regularidade, simetria e deslocamento dorsoventral do animal) e cinética (propulsão, potências dorsoventral e mediolateral e potência total) foram calculadas e obtidas com o equipamento de análise de andamento Equimetrix®. Durante o passo, as variáveis cinemáticas e cinéticas não apresentaram diferenças entre as duas idades. No andamento marcha, somente as variáveis frequência da passada ($p=0,0092$), simetria ($p=0,0282$) e potencia mediolateral ($p<0,0001$) demonstraram alterações significativa entre as idades dos potros. Apenas a variável cinética potencia mediolateral ($p<0,0001$) diferiu entre as idades. Conclui-se que a maior parte das características biomecânicas (cinemáticas e cinéticas) avaliadas, não se alterou nos potros da raça Mangalarga Marchador, à marcha e ao passo, nos primeiros seis meses de idade. Para determinar se este padrão será mantido, sugere-se a continuidade da avaliação seriada da marcha destes potros até atingirem a idade adulta.

Palavras-chave: acelerometria, fenômenos biomecânicos, marcha, cavalos

BIOMECHANICAL GAIT ANALYSIS OF MANGALARGA MARCHADOR FOALS AT 30 AND 180 DAYS OF AGE

ABSTRACT - The acelerometric method when used to analyze biomechanical parameters in the field has shown advantages in relation to the videogrammetry, enabling to obtain kinematic and kinetic data, and allowing faster gait data processing. The goals of this study was to evaluate the biomechanical characteristics of nine foals, Mangalarga Marchador breed, at 30 and at 180 days of age, to establish parameters for the marcha gait in this breed. Foals were equipped with the gait analysis system Equimetrix®, and were allowed to follow the trajectory of their dams, at speed controlled by GPS. Kinematic (length and frequency of steps, and dorsoventral displacement of the animal) and kinetics (propulsion force) variables were calculated and obtained with the Equimetrix®. This technique is helpful to record the 3D acceleration data (longitudinal, dorsoventral and mediolateral) during the exercise. During step, the kinematic and kinetic characteristics did not change in the foals. During march gait, mean values for step frequency (SF) and symmetry were statistically different between the ages. It was concluded that most of the biomechanical characteristics (kinematic and kinetic) evaluated, did not change in the Mangalarga Marchador foals, gait and step in the first six months of age. To determine if this pattern will be maintained, we suggest continuity of the serial evaluation of gait of these foals until they reach adulthood.

Keywords: accelerometric, biomechanic phenomena, gait, horse

I INTRODUÇÃO

O Mangalarga Marchador é uma raça de cavalos marchadores conhecidos pelo andamento único e suave. É também um cavalo tipicamente brasileiro que surgiu no sul do Estado de Minas Gerais há aproximadamente 200 anos. Originado do cruzamento de cavalos da raça Alter, trazidos de Portugal, com outros cavalos selecionados pelos criadores da região mineira, tornou-se a raça com maior número de registros do Brasil, somando mais de 600.000 animais registrados segundo a Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM, 2016). Isto talvez se justifique por ter como base cavalos da raça espanhola Andaluza, animais de porte elegante, beleza plástica, temperamento dócil e próprios para a montaria (ABCCMM, 2016).

No Brasil, os cavalos Mangalarga Marchador devem passar por rígidos padrões de conformação, marcha, desempenho e resistência (USMMA, 2013). Tais padrões são regulamentados e supervisionados pela Associação Brasileira dos Criadores de Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM) e pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (PATTERSON; STAIGER; BROOKS, 2015).

A qualidade da marcha do Mangalarga Marchador é certificada por um sistema de registro oficial, que envolve inspeções e concursos que têm sido organizados há mais de três décadas no Brasil. Para obter o registro, o cavalo é submetido a duas inspeções realizadas por um técnico (veterinário ou especialista em ciências animais) autorizado pela ABCCMM e MAPA (PATTERSON; STAIGER; BROOKS, 2015).

A primeira inspeção é provisória e é realizada antes dos dois anos de idade para avaliar a saúde do animal. Em uma segunda inspeção, os cavalos com mais de três anos de idade são montados pelo inspetor e devem cumprir todos os requisitos dos padrões da raça, por exemplo, nenhum momento de suspensão ou movimento lateral excessivo durante a marcha deve ser observado. Somente os cavalos aprovados na segunda inspeção, recebem o registro, que permite a concorrência em provas montadas e o registro da prole.

Estes regulamentos não permitem que o animal trote ou galope durante as provas (ABCCMM, 2016).

Estudos relacionados com a locomoção da espécie são desejáveis e estão sendo realizados mundialmente em diferentes raças, devido à frequência de alterações que ocorrem no sistema locomotor de equinos (SILVA et al., 2015)

Na biomecânica do movimento, existem duas formas de estudar o corpo em movimento: a análise cinética e a cinemática. Para modificar a velocidade de um corpo em movimento, é preciso atuação de forças externas, as quais realizam certo trabalho. Este trabalho é uma apreciação da energia que o corpo apresenta pelo fato de estar em movimento em relação a um dado sistema de referência (BARREY, 1997).

A cinética é a área da biomecânica que estuda as forças que criam e alteram o movimento (CLAYTON, 2003) e é o método pelo qual se estuda a determinante do movimento (BARREY, 1997). Esta análise pode ser realizada por meio de placa de força, ferradura com sensores ou pista de medição de força (BUCHNER, 2005). A cinemática é um ramo da biomecânica que estuda as mudanças de posição dos segmentos corporais no espaço durante um determinado período de tempo. E estudos dessa natureza são utilizados para obtenção de informação mais fidedigna sobre a locomoção dos equinos (BARREY, 1997). Entretanto, são raros os estudos em equinos da raça Mangalarga Marchador utilizando essa técnica considerada eficiente.

A abordagem cinemática é a mais empregada em pesquisas com equinos, provavelmente devido à facilidade de mensuração e de visualização das variáveis quando comparadas com outras técnicas utilizadas na biomecânica (BARREY, 1999; BARREY, 2008; CLAYTON; SCHAMHARDT, 2001).

Os sistemas de análise cinética e cinemática do andamento têm sido utilizados em cavalos para detectar claudicações e ataxias, monitorar os efeitos de drogas sedativas, estudar o efeito do ferrageamento e o quanto este influencia na biomecânica do membro, assim como correlacionar as variáveis

locomotoras com o desempenho dos animais (BACK et al., 2009; BARREY, 1999, BARREY et al., 2001, KEEGAN et al., 2004;; ISHIHARA et al., 2009).

Estudos dessa natureza são importantes nas diferentes raças de equinos, pois ao avaliar o movimento natural em um animal sadio pode-se aprimorar o desempenho do atleta e facilitar o diagnóstico de anormalidade no andamento (BACK et al., 1993), sendo assim uma ferramenta essencial e inovadora para os veterinários que trabalham na área de clínica médica e cirúrgica de equinos.

Desta forma, os objetivos do presente estudo foram avaliar o efeito do crescimento sobre as características biomecânicas (comprimento e frequência da passada, deslocamento dorsoventral, regularidade e simetria da passada, além da propulsão e potencias dorsoventral, mediolateral e total) da marcha e do passo em potros aos 30 e aos 180 dias de idade, com o uso do equipamento de análise de andamento Equimetrix®; e determinar através dos valores obtidos, quais animais apresentam as características desejadas para os padrões da raça desde jovens, para que seja possível realizar a seleção precoce, buscando a uniformidade e qualidade do plantel.

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A análise dos movimentos dos equinos iniciou-se com Marey, em 1873, na França, o qual estudou o tempo de cada andamento durante a locomoção utilizando o método cronográfico, e com Muybridge, em 1887, nos Estados Unidos da América, que utilizou 24 máquinas fotográficas acopladas para fornecer fotos em sequência realizando pequenos filmes (CLAYTON; SCHAMHARDT, 2001).

Somente no início da década de 1990 houve estabelecimento da técnica de análise dos andamentos dos equinos, com a formação de vários centros de qualidade na Europa e nos Estados Unidos da América (CLAYTON; SCHAMHARDT, 2001). Além disso, outros projetos em escala menor foram

realizados, aumentando assim a importância da pesquisa, inclusive no Brasil (HORIZONTE, 2012).

Nos últimos anos, os avanços tecnológicos têm facilitado a análise do movimento em equinos através dos equipamentos de vídeo e computadores, porém, quando comparados às pesquisas feitas com análise de andamento humano, ainda deixam muito a desejar (BARREY, 1999). No Brasil, os estudos cinematográficos com análises tridimensionais do movimento de equinos ainda não são tão comuns como em humanos, embora ofereçam dados qualitativos e quantitativos do padrão de movimentação desta espécie, o que os torna ferramentas de indiscutível importância na análise do andamento (CHRISTÓVÃO et al., 2007).

A técnica mais comum no estudo da biomecânica dos equinos é a análise por meio de sistemas de análises do movimento com a utilização de câmeras e filmes de alta resolução, que aliado a métodos ópticos e computacionais (CLAYTON; SCHAMHARDT, 2001) podem oferecer diagramas e gráficos cujos resultados podem ser utilizados na avaliação do aperfeiçoamento do treinamento físico do animal, auxiliar na obtenção de melhores resultados em competições desportivas, ajudar em diagnósticos de alterações locomotoras, além de demonstrar dados preliminares que possam ser utilizados nas avaliações durante a recuperação do animal (BACK et al., 1993; FREDRICSON et al., 1980).

Como os sistemas padrões requerem que o cavalo se movimente dentro dos limites de visão da câmera, muitas análises cinemáticas são realizadas em esteira rolante (KRAMER; KEEGAN, 2014), mas também é possível estudar a locomoção destes animais em pista experimental (BARREY et al., 2002; LOREDO et al., 2012; BARREY, 2014), o que torna os dados mais próximos à realidade.

Quando se utilizam uma ou mais câmeras, a campo ou em laboratórios, é necessária a colocação de marcadores reflexivos sobre as articulações de cada membro, permitindo a calibração do espaço da gravação, a captura e a digitalização das imagens para coleta das coordenadas fornecidas pelos

marcadores. Esta técnica permite avaliar as características do movimento de cada segmento do corpo, segundo as trajetórias das articulações (CLAYTON; SCHAMHARDT, 2001). No entanto, deve-se ter cuidado na avaliação dos resultados, pois a fixação de marcadores para técnicas de filmagens pode tornar-se imprecisa quando são selecionados locais de difícil palpação ou onde a individualização das estruturas anatômicas apresenta-se duvidosa, como é o caso dos processos espinhosos das vértebras sacrais (LICKA et al., 2001).

Para a análise biomecânica a campo, o método acelerométrico tem mostrado vantagens em relação à videogrametria, permitindo obter dados cinemáticos e cinéticos sem a necessidade de um campo limitado para a filmagem e de câmeras de boa resolução, além de possuir um processamento dos dados mais rápido (BARREY et al., 2002; KEEGAN et al., 2002; NANKERVIS et al., 2008; BARREY, 2014; BURLA et al., 2014).

A acelerometria é a técnica de avaliação cinética que mede a aceleração em relação à superfície à qual os animais estão conectados (CLAYTON; SCHAMHARDT, 2001). Esta técnica tem sido amplamente utilizada em medicina humana e veterinária para comparar padrões de marchas normais e alteradas, avaliar os efeitos biomecânicos de diferentes tipos de pistas, avaliar a evolução após procedimentos cirúrgicos e avaliar as mudanças de marcha e atividade física, incluindo indivíduos idosos (BARTHÉLÉMY et al., 2009; CHATEAU et al., 2009; THOMSEN et al., 2010; WATT et al., 2010).

Sabe-se que o andamento é a forma de locomoção que tem como objetivo o deslocamento do centro de gravidade para frente, para o lado ou para trás, permitindo que os membros apresentem os movimentos de elevação, avanço, apoio e propulsão. Portanto, o andamento é definido por um conjunto de características próprias dos movimentos que são realizados como forma de locomoção: velocidade, simetria, comprimento do passo, sequência e número de apoios dos cascos no solo, sequência dos membros e número de batidas. Estas são descritas de forma semelhante por diversos autores (HUSSNI, 1996; STASHAK, 1994; SEIDEL, 1989; THOMASSIAN, 1990), determinando assim diferentes andamentos bem como suas respectivas variações.

O passo é definido como um conjunto de movimentos percorrido desde a elevação da pata do animal até a propulsão. O comprimento do passo representa o trecho que foi percorrido durante um passo, sendo que ao tocar o solo o casco produz uma batida. Outra característica de um andamento refere-se à frequência do contato do animal com o solo, sendo assim marchado ou saltado quando o animal apresenta momento de suspensão (momento em que os quatro membros encontram-se no ar) (HUSSNI; WISSDORF; NICOLETTI, 1996).

O passo, o trote e o galope, são os andamentos mais comuns encontrados nas diferentes raças de equinos, sendo a função locomotora de interesse na produção e exploração da espécie. Além disso, como citado anteriormente, o conhecimento dos diferentes tipos de andamentos é extremamente importante durante a avaliação do aparelho locomotor para o diagnóstico de claudicações. Neste sentido, o trote é considerado o andamento ideal para tal finalidade (STASHAK, 1994).

No entanto, algumas raças de equinos, como a Mangalarga Marchador, não possuem o trote e sim a marcha como andamento natural. Desta forma, tal andamento, pelas suas características, pode vir a confundir o veterinário durante o exame do aparelho locomotor, exigindo maior atenção e conhecimento deste tipo particular de locomoção (HUSSNI et al., 1996).

O padrão da raça Mangalarga Marchador caracteriza a marcha como sendo andamento natural, simétrico, a quatro tempos, com apoios alternados dos bípedes laterais e diagonais, intercalados por momentos de tríplice apoio, as reações são suaves, com pouco deslocamento vertical do centro de gravidade (NASCIMENTO, 1999).

A marcha é considerada um andamento complexo (PROCÓPIO, 2005), com muitas variações (ideal, batida, picada, legítima e intermediária), sendo a marcha batida e a picada as mais comuns (HUSSNI et al., 1996; PROCÓPIO, 2005). Na marcha picada, os membros se movimentam predominantemente com os bípedes laterais, aproximando-se, em seus extremos, da andadura. A marcha batida, por outro lado, apresenta predomínio dos deslocamentos dos

bípedes em diagonal, aproximando-se do trote (PROCÓPIO, 2005). Portanto, a avaliação clínica do sistema locomotor requer bom conhecimento da movimentação normal do animal e da variação entre raças e tipos (DYSON, 2003).

O controle da velocidade do movimento é necessário, pois muitos parâmetros cinemáticos são dependentes da velocidade (CLAYTON, 2004; LELEUA et al., 2005; KRAMER; KEEGAN, 2014).

As características de andamento relacionadas à idade podem interferir nas análises biomecânicas. Quando o cavalo se move à velocidade constante, as medidas temporais são bastante consistentes entre passadas. Variações maiores são mais encontradas entre animais diferentes do que em relação a passadas consecutivas do mesmo animal (CLAYTON, 2004). Determinadas assimetrias locomotoras podem ser notadas desde muito cedo em alguns cavalos jovens, tornando o exame completo dos movimentos de potros muito importante (DREVEMO et al., 1987).

As elevadas perdas econômicas decorrentes das claudicações em equinos justificam o grande investimento material e humano voltado à pesquisa da locomoção equina, inclusive com aplicações clínicas e técnicas para preveni-las (BACK; CLAYTON, 2013; BARREY, 2014) ou realizar ajustes na forma e intensidade do movimento do animal (PILLINER et al., 2004), podendo também ser útil quando utilizadas durante o treinamento, ou auxiliar na seleção, manutenção ou descarte de animais do plantel.

III MATERIAL E MÉTODOS

A Seleção dos animais

Para o presente estudo, foram utilizados nove potros (três fêmeas e seis machos), avaliados aos 30 e 180 dias de idade. Os animais foram selecionados em uma propriedade de criador tradicional de cavalos da raça Mangalarga

Marchador na região de Araçatuba. O proprietário da fazenda autorizou o uso de seus animais durante o projeto, proporcionando um método de avaliação diferenciado a ele.

A título de comparação com dados da raça foram utilizados os valores dos cinco equinos adultos (4 fêmeas e 1 macho), classificados pelo treinador como os melhores animais de marcha da propriedade.

Todos os animais permaneceram em pastos de Tifton (*Cynodon* spp.), com água *ad libitum*. Os animais foram submetidos a exame geral para avaliação da higidez e exame físico minucioso do sistema locomotor de acordo com os métodos de Alves (2014). Desta forma, foram utilizados animais hígidos.

B Análise do andamento

A obtenção das variáveis cinemáticas (comprimento e frequência da passada, deslocamento dorsoventral, regularidade e simetria) e cinética (propulsão, potência dorsoventral, potência mediolateral e potência total) foi realizada com o equipamento de análise de andamento Equimetrix® (Centaure Métrix, Fontainebleau, França). A velocidade foi obtida com o uso do GPS (Polar Equine RS-300X G1®, Polar, Estados Unidos). Os potros foram avaliados ao completarem 30 e 180 dias de idade.

O sistema de análise de andamento Equimetrix® é constituído por um transdutor de aceleração conectado a um pequeno registrador de dados. O transdutor é composto por dois acelerômetros ortogonais, este mede a aceleração contínua do tórax nos eixos dorsoventral e longitudinal e mediolateral do cavalo. O aparelho é fixado na região do esterno, abaixo do centro de gravidade do animal, e captura as informações cinéticas sobre o andamento (BIAU; BARREY 2004).

Nos potros, o equipamento foi preso e fixado na região do esterno com o auxílio de atadura elástica autoadesiva (Figura 1). Os animais seguiam a trajetória da mãe, que era conduzida no cabresto pelo treinador, mantendo uma

linha reta e velocidade confortável para que o animal executasse o andamento natural durante pelo menos dez segundos, em pista plana de grama, primeiro ao passo e depois à marcha, com a velocidade acompanhada com auxílio de um GPS (Polar Equine RS-300X G1[®]) preso no braço do treinador.

Cada potro, por estar em liberdade, foi avaliado no trajeto de 2 a 4 vezes, até que o andamento fosse mantido de forma regular, por pelo menos, 10 segundos. A hora era anotada nos momentos em que o aparelho era ligado e quando o animal iniciava e terminava o andamento.



Figura 1 – Colocação e fixação do equipamento de análise de andamento Equimetrix[®] (Centaure Métrix, Fontainebleau, France) com atadura elástica autoadesiva em potro. Crédito: Juliana R. Peiró.

Nos animais adultos o equipamento foi fixado à região do esterno na barrigueira da sela, conforme as instruções do fabricante, sendo avaliados

montados ao passo e depois à marcha média. A velocidade (tabelas 1 e 3), assim como nos potros, foi monitorada com o auxílio de GPS.

Após a obtenção dos dados a campo, as informações foram transmitidas para um computador através de cabo USB e analisadas através do software Equimetrix V 3.0®. A seleção dos dados foi feita pela análise de gráficos, selecionando-se a melhor parte do trajeto realizado pelo potro (Figura 2). Nestes trechos, um padrão regular foi visualizado, permitindo que os dados necessários para o cálculo das variáveis cinemáticas e cinéticas pudesse ser determinado.

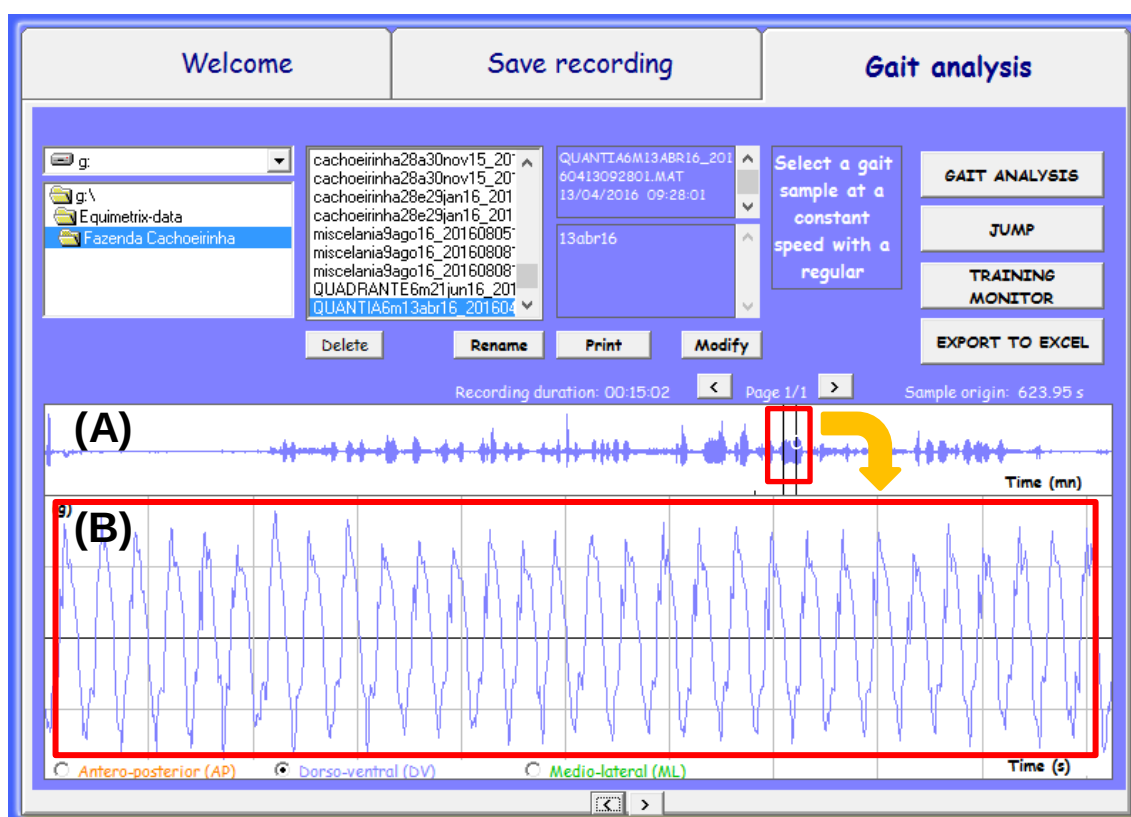


Figura 2 – Imagem gerada pelo software Equimetrix V 3.0®. Em (A) temos a seleção da melhor parte do trajeto efetuado pelo potro em 10 segundos. Enquanto que (B) é a ampliação do trecho selecionado em (A).

A velocidade mantida pelo animal e o tipo de andamento (passo e trote) foram inseridos em campos próprios para gerar os valores das variáveis desejadas (Figura 3).

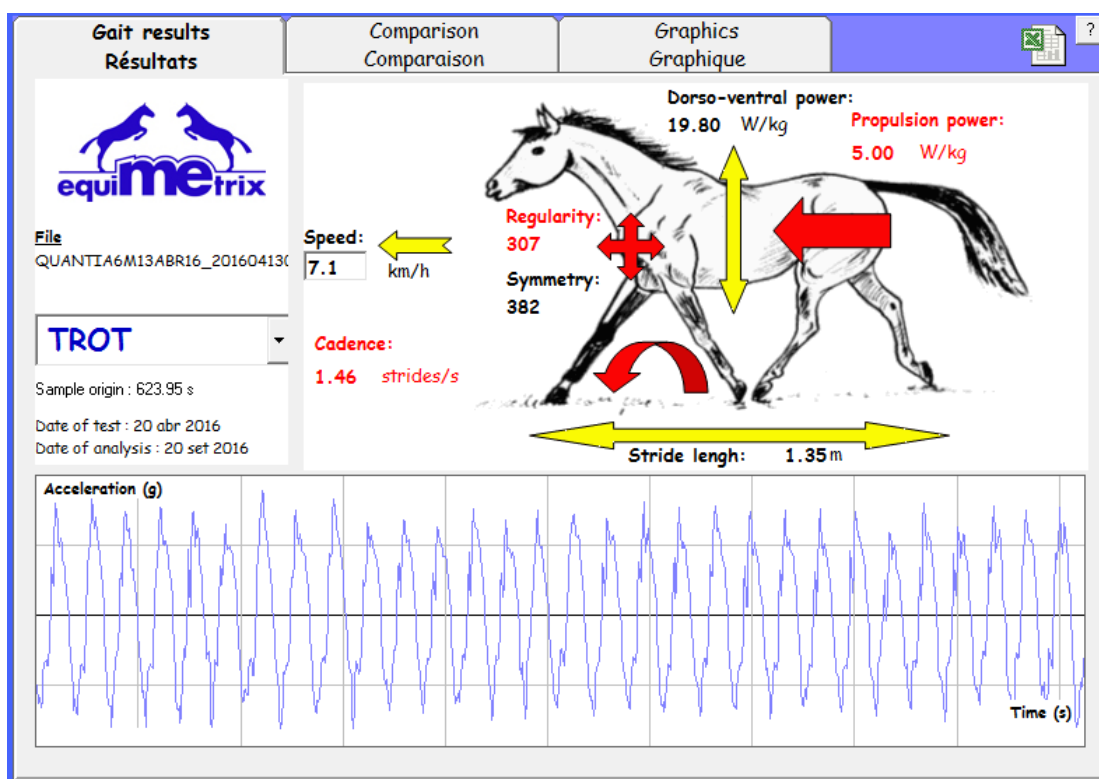


Figura 3 – Valores das variáveis cinéticas ($P = 5,00$ W/kg; $FDD = 19,80$ W/kg) e cinemáticas ($CP = 1,35$ m; $FP = 1,46$ ciclos/s, Regularidade = 307 e Simetria = 382) alcançadas pelo potro durante a marcha com velocidade igual a 7,1 km/h.

C Características da passada

1 Variáveis cinemáticas

a Velocidade

Deslocamento do animal em função do tempo, normalmente expresso em metros por segundo (m/s) ou quilômetros por hora (km/h) (PROCÓPIO, 2008).

b Comprimento da passada (CP)

Corresponde ao deslocamento efetuado pelo membro em uma passada completa. Expresso em centímetros (cm) ou metros (m) (PROCÓPIO, 2008).

c Frequência da passada (FP)

A frequência de passadas foi determinada pelo número de passadas por unidade de tempo, sendo igual ao inverso da duração da passada. Os resultados estão expressos em passos/segundo ou em hertz (Hz) (BIAU; BARREY, 2004).

d Regularidade da passada

Refere-se a cadência e a precisão rítmica com a qual se realiza cada passada. A regularidade foi igual à soma dos coeficientes correspondentes aos picos da função de correlação da aceleração dorsoventral, medida em um momento igual à metade da passada e sua duração. Considera-se ideal quando os valores da regularidade estão próximos de 300, tanto para o passo, quanto para o trote. Quando a velocidade aumenta, a regularidade diminui. Não é expressa com unidades e o valor máximo deve ser 450 (BIAU; BARREY, 2004; CENTAURE METRIX MANUEL, 2009).

e Simetria da passada

Simetria é quando a ação de cada diagonal se repete em cada ciclo (MAE, MPD, MAD E MPE). A simetria foi o coeficiente de correlação correspondente ao pico da função de autocorrelação da aceleração dorsoventral, medida no tempo igual à metade da duração do passo. O padrão da aceleração foi medido de forma semelhante ao longo do tempo. É uma média linear, considerada boa quando está próxima a 200, para passo e trote e muito sensível às condições do teste. O valor máximo alcançado deve ser 350 (BIAU; BARREY, 2004; CENTAURE METRIX MANUEL, 2009).

A simetria de um andamento representado pela regularidade na repetição dos tipos de apoio na sequência destes (HUSSNI et al., 1996).

f Deslocamento dorsoventral (DDV)

Deslocamento de um corpo ou objeto medido por uma linha reta entre o ponto inicial até o ponto final.

O deslocamento dorsoventral (cm) do esterno foi estimado por dupla integração do sinal de aceleração dorsoventral (BIAU; BARREY, 2004).

2 Variáveis cinéticas

Potências

Definidas como a força propulsora, de equilíbrio e, algumas vezes, empuxo. A unidade é Watt / quilogramas (W / kg). São calculadas pela transformação da análise de Fourier (CENTAURE METRIX MANUEL, 2009).

a Potência dorsoventral (PDV)

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 (FREILICH, 2015).

b Força de Propulsão (P)

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. Se a propulsão é poderosa com grande amplitude de aceleração e mudança repentina de sinal de aceleração, a potência mecânica será alta (FREILICH, 2015).

c Potência mediolateral (PML)

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 (FREILICH, 2015).

d Potência total (PT)

É a soma das três potências calculadas em cada eixo (dorsoventral, longitudinal e mediolateral) (FREILICH, 2015).

D Análise estatística

Como não há, no software utilizado, um grupo de animais da mesma raça para fazer o gráfico de radar, optamos por realizá-lo comparando os potros com os dados dos cinco melhores animais de marcha da propriedade (Figuras 4). Para a confecção deste gráfico os dados foram normalizados, mantendo assim a mesma escala entre todas as variáveis, através da fórmula:

$$DN = \frac{(DO - \text{mín})}{(\text{máx} - \text{mín})}$$

Onde DN: dado normalizado; DO: dado original; mín: valor mínimo obtido para a variável estudada; máx: valor máximo obtido para a variável estudada.

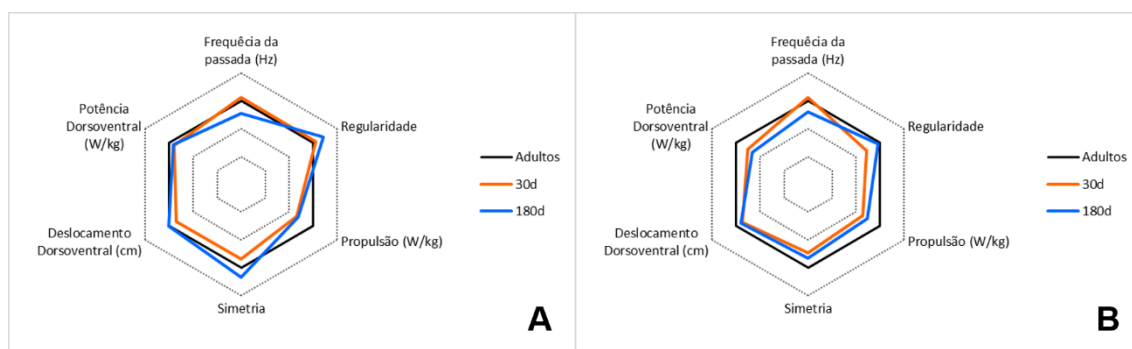


Figura 4 - Valores médios normalizados de frequência da passada (Hz), deslocamento dorsoventral (cm), regularidade, simetria, potência dorsoventral (W/kg) e propulsão (W/kg) de potros da raça Mangalarga Marchador aos 30 e 180 dias de vida, em relação aos melhores adultos de marcha da propriedade, avaliados à marcha (A) e ao passo (B).

Os dados quantitativos de cinemática e cinética dos equinos adultos e aos 30 e 180 dias de idade foram analisados pela Análise de Variância, utilizando o procedimento GLM do SAS para comparar os grupos seguido do teste de Tukey. Os dados foram testados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias. As estatísticas foram sendo consideradas significativas quando $p < 0,05$. As análises estatísticas foram efetuadas

empregando-se o programa SAS University Edition (SAS Institute Inc. The SAS System, SAS Institute Inc., Cary, NC, 2016).

IV RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados das análises das variáveis cinemáticas e cinéticas dos equinos avaliados nos andamentos passo e marcha, estão apresentados nas tabelas 1 a 4.

Tabela 1 – Variáveis cinemáticas de potros aos 30 e 180 dias de vida e de equinos adultos da raça Mangalarga Marchador avaliados ao passo. Os valores estão expressos em média $\pm$ erro padrão da média e foram obtidos com o equipamento de análise de andamento Equimetrix®

Parâmetros	Idade			
	30 dias	180 dias	Adultos	P
Velocidade (m/s)	0,89 $\pm$ 0,08 ^b	0,81 $\pm$ 0,05 ^b	1,40 $\pm$ 0,01 ^a	0,0001
Frequência da passada (Hz)	1,03 $\pm$ 0,03 ^a	0,94 $\pm$ 0,02 ^a	1,03 $\pm$ 0,04 ^a	0,0501
Comprimento da passada (m)	0,86 $\pm$ 0,06 ^b	0,82 $\pm$ 0,03 ^b	1,36 $\pm$ 0,04 ^a	<0,0001
Regularidade	86,33 $\pm$ 11,17 ^a	124,44 $\pm$ 14,08 ^a	131,75 $\pm$ 14,07 ^a	0,0604
Simetria	202,78 $\pm$ 14,14 ^a	209,05 $\pm$ 14,00 ^a	206,25 $\pm$ 23,97 ^a	0,9536
Deslocamento dorsoventral (cm)	3,11 $\pm$ 0,31 ^a	3,22 $\pm$ 0,32 ^a	4,00 $\pm$ 0,58 ^a	0,3232

^a Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 2 – Variáveis cinéticas de potros aos 30 e 180 dias de vida e de equinos adultos da raça Mangalarga Marchador avaliados ao passo. Os valores estão expressos em média $\pm$ erro padrão da média e foram obtidos com o equipamento de análise de andamento Equimetrix®

Parâmetros	Idade			
	30 dias	180 dias	Adultos	P
Potência dorsoventral (W/kg)	0,77 $\pm$ 0,09 ^b	0,71 $\pm$ 0,09 ^b	1,23 $\pm$ 0,23 ^a	0,0319
Propulsão (W/kg)	1,13 $\pm$ 0,17 ^b	1,21 $\pm$ 0,13 ^b	6,30 $\pm$ 1,52 ^a	<0,0001
Potência mediolateral (W/kg)	0,86 $\pm$ 0,10 ^b	0,79 $\pm$ 0,10 ^b	2,45 $\pm$ 0,48 ^a	<0,0001
Potência total (W/kg)	2,65 $\pm$ 0,31 ^b	2,90 $\pm$ 0,38 ^b	9,95 $\pm$ 1,87 ^a	<0,0001

^a Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Ao passo, nenhuma alteração significativa foi observada nos potros aos 30 e 180 dias nas variáveis avaliadas. Entretanto, os cavalos adultos da raça Mangalarga Marchador tiveram maior velocidade ($p=0,0001$) e comprimento da passada ($p<0,0001$) em relação aos mais jovens (Tabela 3), além de maiores valores em todas as variáveis cinéticas (potência dorsoventral, $p=0,0319$; propulsão, $p<0,0001$; potência mediolateral, $p<0,0001$ e potência total, $p<0,0001$) (Tabela 4). Estas variações poderiam ser decorrentes do maior tamanho e massa muscular dos animais adultos (SMITH; WEBBON, 1996).

A regularidade pode ser um parâmetro muito sensível para detectar e quantificar a coordenação dos movimentos ao passo. Cavalos sedados com xilazina, avaliados pelo método acelerométrico, apresentaram diminuição significativa nos valores de regularidade, o que refletiu a maior velocidade para a variabilidade da passada (LÓPEZ-SANROMÁN et al., 2012).

Os cavalos Mangalarga Marchador avaliados neste estudo não apresentaram diferenças significativas na regularidade quando comparadas as diferentes idades, tanto na marcha quanto no passo. Os valores obtidos foram

satisfatórios durante a marcha, sendo mantidos próximos a 300 (CENTAURE METRIX MANUEL).

Tabela 3 – Variáveis cinemáticas de potros aos 30 e 180 dias de vida e de equinos adultos da raça Mangalarga Marchador avaliados à marcha. Os valores estão expressos em média $\pm$ erro padrão da média e foram obtidos com o equipamento de análise de andamento Equimetrix®

Parâmetros	Idade			
	30 dias	180 dias	Adultos	P
Velocidade (m/s)	2,22 $\pm$ 0,11 ^b	2,36 $\pm$ 0,06 ^b	3,18 $\pm$ 0,25 ^a	0,0003
Frequência da passada (Hz)	1,65 $\pm$ 0,02 ^a	1,56 $\pm$ 0,01 ^b	1,64 $\pm$ 0,04 ^a	0,0092
Comprimento da passada (m)	1,35 $\pm$ 0,07 ^b	1,46 $\pm$ 0,04 ^b	1,94 $\pm$ 0,14 ^a	0,0002
Regularidade	301,70 $\pm$ 11,27 ^a	321,33 $\pm$ 11,54 ^a	287,60 $\pm$ 11,20 ^a	0,1801
Simetria	206,56 $\pm$ 9,99 ^b	251,56 $\pm$ 15,74 ^a	193,80 $\pm$ 19,46 ^b	0,0282
Deslocamento dorsoventral (cm)	8,72 $\pm$ 0,15 ^a	9,56 $\pm$ 0,56 ^a	5,00 $\pm$ 0,32 ^b	<0,0001

^a Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 4 – Variáveis cinéticas de potros aos 30 e 180 dias de vida e de equinos adultos da raça Mangalarga Marchador avaliados à marcha. Os valores estão expressos em média $\pm$ erro padrão da média e foram obtidos com o equipamento de análise de andamento Equimetrix®

Parâmetros	Idade			
	30 dias	180 dias	Adultos	P
Potência dorsoventral (W/kg)	24,40 $\pm$ 1,86 ^a	23,22 $\pm$ 1,03 ^a	9,88 $\pm$ 1,42 ^b	<0,0001
Propulsão (W/kg)	8,17 $\pm$ 0,67 ^b	9,48 $\pm$ 1,11 ^b	15,68 $\pm$ 2,81 ^a	0,0053
Potência mediolateral (W/kg)	3,49 $\pm$ 0,27 ^c	6,92 $\pm$ 0,50 ^a	4,90 $\pm$ 0,63 ^b	<0,0001
Potência total (W/kg)	37,37 $\pm$ 2,87 ^a	41,07 $\pm$ 3,26 ^a	30,48 $\pm$ 2,58 ^a	0,1151

^a Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

No presente estudo, a velocidade média alcançada pelos potros aos 30 dias de idade foi semelhante à atingida aos seis meses, porém significativamente menores ($p = 0,0003$) do que em cavalos adultos da raça Mangalarga Marchador. Contrariamente, quando os parâmetros biomecânicos de cavalos jovens e adultos da raça Andaluz foram comparados pelo sistema de videogrametria, observou-se que os animais mais jovens atingiram velocidade média maior, embora os dados não tenham tido diferença significativa. Esta diferença encontrada para a velocidade média alcançada pelos potros da raça Mangalarga Marchador e de adultos jovens (média de 4 anos de idade) da raça Andaluz (CANO et al., 1999) poderia ser explicada pela diferença de idade dos animais incluídos nas avaliações de cada estudo. Outra possível explicação para esta diferença na velocidade média alcançada seria causada pelos andamentos executados por cada raça (marcha versus trote).

Com relação às idades avaliadas neste estudo, os potros de 180 dias apresentaram redução ($p=0,0092$) na frequência da passada em relação aos 30 dias e aos animais adultos, fato já descrito na literatura (SILVA; JARDIM, 1987). Isto era esperado, pois é sabido que quanto maior a frequência, menor o comprimento da passada (PROCÓPIO, 2005). Quanto ao comprimento da passada, observou-se que este não se alterou até os 180 dias de idade, aumentando somente ao atingir a idade adulta ($p=0,0002$).

A fim de se manter a velocidade mais alta, é necessário impor maior frequência de passadas. Potros de um ano de idade da raça Andaluz, durante análise do andamento trote, por sistema de vídeo, apresentaram maiores valores de comprimento e de frequência da passada (2,36 m e 1,69 Hz, respectivamente) em relação aos animais do presente estudo, avaliados no andamento marcha. Esta diferença provavelmente foi decorrente da maior altura e velocidade dos animais da raça Andaluz (CANO et al., 2002) em comparação ao Mangalarga Marchador.

Pesquisa realizada com pôneis de quatro meses de idade, utilizando videogrametria, demonstrou valores de comprimento da passada (1,44 m), ao trote, semelhantes aos potros com seis meses de idade deste estudo, apesar de maior valor de frequência da passada (2,12 Hz) dos pôneis (BACK et al., 2002). Esta diferença no valor da frequência da passada deve-se, provavelmente, à maior velocidade imposta a esses pôneis durante o momento de colheita dos dados.

Comparados aos adultos, os potros Mangalarga Marchador apresentaram maior deslocamento dorsoventral (Tabela 1), provavelmente porque estes animais executaram a marcha em liberdade enquanto os adultos foram montados. Em relação aos cavalos da raça Sela Francesa, também avaliados através do Equimetrix® e montados (BARREY et al., 2002), os valores do deslocamento dorsoventral foram menores tanto nos potros em liberdade quanto nos adultos montados da raça Mangalarga Marchador, o que poderia justificar e favorecer o andamento confortável característico desta raça brasileira.

Durante a marcha, os potros de 180 dias tiveram aumento significativo ($p=0,0282$) da simetria em relação aos 30 dias de idade e aos animais adultos. Como citado anteriormente, a simetria é uma média linear, considerada boa quando está próxima a 200, devendo atingir o valor máximo de 350, tanto para o passo, quanto para o trote (CENTAURE METRIX MANUEL). Apesar da diferença entre esses valores parecer grande, pode-se considerar que os potros avaliados aos 30 e 180 dias de vida já apresentam boa simetria, assim como os cavalos adultos da propriedade, que apresentaram valores de simetria próximos ao desejado.

A simetria é um dos principais parâmetros utilizados para se diagnosticar a claudicação, pois a assimetria do andamento torna-se mais facilmente visualizada no trote, principalmente na fase aérea (BUCHNER et al., 1995). É possível afirmar então, que os potros do presente estudo não apresentaram claudicações, sendo as características biomecânicas observadas nestes animais decorrentes de seu andamento natural.

Os animais deste estudo apresentaram diferença apenas na frequência da passada, na simetria e na potência mediolateral, quando comparadas as duas faixas etárias dos potros durante a marcha. Desta forma, para se determinar se este padrão de andamento será mantido, sugere-se a continuidade da avaliação seriada da marcha destes potros até atingirem a idade adulta.

V CONCLUSÃO

Conclui-se que a maior parte das características biomecânicas (cinemáticas e cinéticas) avaliadas, através do equipamento de análise de andamento Equimetrix[®], não se alterou nos potros da raça Mangalarga Marchador, à marcha e ao passo, nos primeiros seis meses de idade.

Baseado no gráfico de radar (Figura 4), com 30 dias, à marcha, as variáveis cinemáticas velocidade, deslocamento dorsoventral e comprimento da

passada e as variáveis cinéticas propulsão e potências dorsoventral e total podem ser indicativas das características do animal na vida adulta.

Para determinar se este padrão será mantido, sugere-se a continuidade da avaliação seriada da marcha destes potros até atingirem a idade adulta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCCMM. Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (2016) <http://www.abccmm.org.br/?lang=pt-br> . Acessado em 05 de dezembro de 2016.

ALVES, A.L.G. Semiologia do sistema locomotor de equinos. In: FEITOSA, F.L.F. Semiologia Veterinária: a arte do diagnóstico. 3ª ed. 2014. São Paulo: Gen Roca. p.448-476.

AUVINET, B., ALIX, A.S., CHALEIL, D., BRUN, M., BARREY, E. Gait regularity: Measurement and significance. *Gait and Posture* 21, S143, 2005.

BACK, W.; BARNEVELD, A.; VAN WEEREN, P.R. et al. Kinematic gait analysis in equine carpal lameness. *Acta Anatomy*, v.146, p.86-89, 1993.

BACK, W., SCHAMHARDT, H. C., BARNEVELD, A., WEEREN, P. R. V. Longitudinal development of kinematics in Shetland ponies and the influence of feeding and training regimes. *Equine Veterinary Journal, Supplement* 34, p. 609-614, 2002.

BACK, W., MACALLISTER, C.G., VAN HEEL, M.C.V., POLLMEIER, M., HANSON, P.D., The use of force plate measurements to titrate the dosage of a new COX-2 inhibitor in lame horses. *Equine Veterinary Journal Suppl.* 41, p. 309–312, 2009.

BACK, W.; CLAYTON, H. *Equine Locomotion*. 2nd ed. London: W. B. Saunders, 2013.

BARREY, E. *Mesure et Expertise de la Locomotion: Definitions of the gait Measurements*. France: Centaure Metrix, 2009. 2 p.

BARREY, E. Biomechanics of locomotion in the athletic horse. In: HINCHCLIFF, K.W.; GEOR, R.J.; KANEPS, A.J. **Equine exercise physiology** – the science of exercise in the athletic horse. Saunders, p.143-168, 2008.

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. 2nd ed. London: W. B. Saunders, 2014, p.189-212.

BARREY E., GALLOUX P. Analysis of the equine jumping technique by accelerometry. *Equine Veterinary Journal Supplement*. v. 23, p. 45-49, 1997.

BARREY, E. Methods, applications and limitations of gait analysis in horse. *Veterinary Journal*. v.1, p.1-22, 1999.

BARREY, E. et al. Early evaluation of dressage ability in different breeds. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, n. 34, p. 319–324, 2002.

BARREY, E., et al. Locomotion evaluation for racing in Thoroughbreds. **Equine Veterinary Journal** v. 33, p. 99–103, 2001.

BARTHÉLÉMY, et al. Gait analysis using accelerometry in dystrophin-deficient dogs. **Neuromuscular Disorders**, v. 19, p. 788–796, 2009.

BIAU, S.; BARREY, E. The trot characteristics during the first years of dressage training. **Pferdeheilkunde**, v. 20, n. 2, p. 135-138, 2004.

BRASIL Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Ofício Circular 02/2009. (Brasília). 2009.

BUCHNER, H.H.F. Distal limb internal dynamics: joint moments, tendon forces, and lessons for orthopedic shoeing. In: Annual Convention Of The American Association Of Equine Practitioners. Seattle, Washington, 2005. **Proceedings...** Seattle: Aaep, v. 51, p.134-140.

BUCHNER, H.H.F., et al. Head and trunk movement adaptations in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine Veterinary Journal*, v. 28, p. 71–76, 1996.

BUCHNER, H.H.F., et al. Temporal stride patterns in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. **Equine Veterinary Journal**. v. 18, p.161–165, 1995.

BURLA, J-B., et al. Gait determination and activity measurement in horses using an accelerometer. **Computers and electronics in agriculture**, v.102, p.127-133, 2014.

CANO, M. R., et al. Changes due to age in the kinematics of trotting Andalusian foals. *Equine veterinary Journal, Supplement*, v. 33, p. 16-12, 2002.

CHATEAU, H., et al. Effects of a synthetic all-weather waxed track versus a crushed sand track on 3D acceleration of the front hoof in three horses trotting at high speed. **Equine Veterinary Journal**, v. 41, p. 247–251, 2009.

CHRISTOVÃO, F. G. et al. Análise cinemática tridimensional do movimento de equinos em esteira rolante. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 862–868, 2007.

CLAYTON, H.M. **The dynamic horse**. Mason: Sport Horse, 2003 p. 17-59.

CLAYTON, H.M.; SCHAMHARDT, H.C. Measurement techniques for gait analysis. In: BACK, W; CLAYTON, H.M. W.B. **Equine locomotion**. Saunders, 2001, p.55-76.

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

DYSON, S. Poor performance and lameness. In: ROSS, M.W.; DYSON, S. **Diagnosis and management of lameness in the horse**. Missouri: Saunders, 2003. p.828-832.

DYSON, S. Proximal suspensory desmitis in the forelimb and the hindlimb. ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 46th, **Proceedings...**, San Antonio: AAEP, 2000. p.137-142.

DYSON, S.J. Superficial digital flexor tendonitis: a comparison of treatment methods and rehabilitation programmes. In: CONFERENCE ON EQUINE SPORTS MEDICINE AND SCIENCES, 1998. **Proceedings...**Cordoba: p. 111-118.

FOSS, M.A.; WICKLER, S.J. Veterinary aspects of endurance riding. In: HINCHCLIFF, K.W.; KANEPS, A.J.; GEOR, R.J. **Equine sports medicine and surgery: basic and clinical sciences of the equine athlete**. London: Saunders 2004. p.1105-1117.

FREDRICKSON, I., et al. The application of high-speed cinematography for the quantitative analysis of equine locomotion. **Equine Veterinary Journal**, v.12, p.54-59, 1980.

FREILICH, G. M. **Análisis mediante acelerometría del patrón locomotor, tras la administración de morfina con o sin acepromacina, en el caballo**. 2015. Tesis (Doctoral em Medicina Veterinária) – Facultad de Veterinária, Universidad Complutense de Madrid, 2015.

GOMIDE, L.M.W., et al. Musculoskeletal injuries of Arabian horses during endurance training In: Conference On Equine Sports Medicine And Science - CESMAS 2006. **Proceedings...** 2006, Cambridge - UK. Pferdeilkünde, p.185 – 188.

GODOI, F. N. Avaliação cinemática de variáveis relacionadas ao resultado dos saltos de potros, 2012. 151. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

HUSSNI, C. A.; WISSDORF, H.; NICOLETTI, J. L. DE M. Variações da marcha em equinos da raça Mangalarga Marchador. **Ciência Rural**, 1996. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84781996000100017&lng=en&nrm=iso&tlng=pt Acesso em: 5 dez. 2016.

ISHIHARA, A., et al. Use of kinetic gait analysis for detection, quantification, and differentiation of hind limb lameness and spinal ataxia in horses. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 234, p. 644–651, 2009.

KEEGAN, K. G., et al. Accelerometer-based system for the detection of lameness in horses. **Biomedical Sciences Instrumentation**, v. 38, p. 107-112, 2002.

KEEGAN, K.G., et al. Detection of spinal ataxia in horses using fuzzy clustering of body position uncertainty. *Equine Veterinary Journal* v. 36, p. 712–717, 2004.

KRAMER, J.; KEEGAN, K.G. Kinematics of lameness. 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, 2014, p.223-238.

LELEUA, C.; COTRELA, C.; BARREY, E. Relationships between biomechanical variables and race performance in French Standardbred trotters. **Livestock Production Science**, v.92, p.39-46, 2005.

LICKA, T.F.; PEHAM, C.; ZOHMANN, E. Treadmill study of the range of back movement at the walk in horses without back pain. **American Journal Veterinary Resercher**, v.62, p.1173-1179, 2001.

LÓPEZ-SANROMÁN, F. J. et al. Gait analysis using 3D accelerometry in horses sedated with xylazine. **The Veterinary Journal**, v. 193, n. 1, p. 212–216, 2012.

LOREDO, D.C., et al. Análise cinematográfica de equinos submetidos à prova de três tambores. In: CONFERÊNCIA ANUAL DA ABRAVEQ, 13., 2012, Campinas. Proceedings... Campinas: ABRAVEQ, 2012. Suplemento III. v. 41. p. 378.

MISHEFF, M.M. Lameness in endurance horses. In: ROSS, M.W.; DYSON, S. **Diagnosis and management of lameness in the horse**. Missouri: Saunders, 2003. p. 996-1002.

NANKERVIS, K.; HODGINS, D.; MARLIN, D. Comparison between a sensor (3D accelerometer) and ProReflex motion capture systems to measure stride frequency of horses on a treadmill. **Comparative Exercise Physiology**, v.5, n.3-4, p.107-109, 2008.

NASCIMENTO, J.F. **Mangalarga marchador**: tratado morfofuncional. Belo Horizonte: ABCCMM, 1999. 577 p.

PARENTE, E.J.; RUSSAU, A.L.; BIRKS, E.K. Effects of mild forelimb lameness on exercise performance. **Equine Veterinary Journal**, supl.34, p.252-256, 2002.

PATTERSON, L.; STAIGER, E. A.; BROOKS, S. A. DMRT3 is associated with gait type in Mangalarga Marchador horses, but does not control gait ability. **Animal Genetics**, v. 46, n. 2, p. 213-215, 2015.

PILLINER, S.; ELMHURST, S.; DAVIES, Z. Movement and action. In: _____ **The Horse in Motion**: the anatomy and physiology of equine locomotion, Oxford: Blackwell Science, 2004. p.79-81.

PROCÓPIO, A.M. **Análise cinemática da locomoção de equinos marchadores**. 2005. 69f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

PROCÓPIO, A. M. **Biomecânica da locomoção de equinos**. AMAZONPEC - Belém, 2008.

SMITH, R.K.W.; WEBBON, P.M. The physiology of normal tendon and ligament. In: DUBAI INTERNATIONAL EQUINE SYMPOSIUM, 1996. **Proceedings**...Dubai: Rantanen Design, 1996. p. 55-81.

SMITH, R.K.W., et al. A review of the etiopathogenesis, and current proposed strategies for prevention, of superficial digital flexor tendinitis in the horse. ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 46. 2000. San Antonio. **Proceedings**...San Antonio: AAEP, 2000. p.54-58.

STASHAK, T. S. **Claudicação em equinos segundo Adams**. 4. ed. São Paulo: Rocca, 1994. Cap.3. p.101 – 105.

THOMSEN, M.H., et al. Agreement between accelerometric symmetry scores and clinical lameness scores during experimentally induced transient distension of the metacarpophalangeal joint in horses. **Equine Veterinary Journal**. v. 42, p. 510–515, 2010.

TURNER, T.A.; STORK, C. Hoof abnormalities and their relation to lameness. **American Association of Equine Practitioners**, v.32, p.293-297, 1988.

U.S. Mangalarga Marchador Association. USMM Breed Standard (2016) Disponível em: <http://www.namarchador.org/breed/usmma-breed-standard/>. Acesso em: 05 dez. 2016.

WATT, J.R., et al. A threedimensional kinematic and kinetic comparison of over ground and treadmill walking in healthy elderly subjects. *Clinical Biomechanics* v. 25, p. 444–449, 2010.

WHITE, B.J., et al. Evaluation of two-dimensional accelerometers to monitor behavior of beef calves after castration. **American Journal of Veterinary Research** v. 69, p. 1005–1012, 2008.