

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**FREQUÊNCIA CARDÍACA, LACTATO, CUSTO LÍQUIDO DE
TRANSPORTE E ENERGIA METABÓLICA DE EQUINOS DE
MARCHA BATIDA OU PICADA DA RAÇA MANGALARGA
MARCHADOR**

Jéssica Lage

Médica Veterinária

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FREQUÊNCIA CARDÍACA, LACTATO, CUSTO LÍQUIDO DE
TRANSPORTE E ENERGIA METABÓLICA DE EQUINOS DE
MARCHA BATIDA OU PICADA DA RAÇA MANGALARGA
MARCHADOR**

Jéssica Lage

Orientador: Prof. Dr. Guilherme de Camargo Ferraz

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária, Área: Clínica Médica Veterinária.

2016

L174f Lage, Jéssica
Frequência cardíaca, lactato, custo líquido de transporte e energia metabólica de equinos de marcha batida ou picada da raça Mangalarga Marchador / Jéssica Lage. -- Jaboticabal, 2016 v, 36 p. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Guilherme de Camargo Ferraz
Banca examinadora: Marcos Jun Watanabe, José Correa de Lacerda Neto
Bibliografia

1. Consumo de oxigênio. 2. Demanda cardíaca. 3. Equino. 4. Exercício. 5. Metabolismo energético. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 619:612.76:636.1



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: FREQUÊNCIA CARDÍACA, LACTATO, CUSTO LÍQUIDO DE TRANSPORTE E ENERGIA METABÓLICA DE EQUINOS DE MARCHA BATIDA OU PICADA DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR

AUTORA: JÉSSICA LAGE

ORIENTADOR: GUILHERME DE CAMARGO FERRAZ

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em MEDICINA VETERINÁRIA, área: CLÍNICA MÉDICA VETERINÁRIA pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. GUILHERME DE CAMARGO FERRAZ
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. MARCOS JUN WATANABE
Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária / FMVZ / UNESP - Botucatu, SP

Prof. Dr. JOSÉ CORREA DE LACERDA NETO
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 17 de junho de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Jéssica Lage – nascida em Itabira, Minas Gerais, em 01 de julho de 1988, filha de Angelo Bretas Lage e Maria Margareth Teixeira Lage. Realizou sua graduação em Medicina Veterinária na Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, concluindo-a em Dezembro de 2013. Foi bolsista de Iniciação Científica do CNPq durante os anos de 2010, 2011, 2012 e 2013 sob orientação da Profa. Dra. Adalgiza Souza Carneiro de Rezende. Durante esse período, participou de diversos projetos de pesquisa nas áreas nutrição, produção e fisiologia do exercício em equinos. Em março de 2014, iniciou o Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da FCAV/UNESP/JABOTICABAL, na área de Clínica Médica Veterinária como bolsista da CAPES e sob orientação do Prof. Guilherme de Camargo Ferraz.

“Certa palavra dorme na sombra
de um livro raro.
Como desencantá-la?
É a senha da vida
a senha do mundo.
Vou procurá-la.

Vou procurá-la a vida inteira
no mundo todo.
Se tarda o encontro, se não a encontro,
não desanimo,
procuro sempre.

Procuro sempre, e minha procura
ficará sendo
minha palavra”

Carlos Drummond Andrade

Dedico este trabalho aos meus pais, por todo amor, dedicação, apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Angelo Bretas Lage e Maria Margareth Teixeira Lage, por toda dedicação à minha formação profissional e pessoal, pelo apoio e amor que me sustenta e fortalece.

Ao meu irmão Diego e à sobrinha Mariana, pelo amor sincero e puro que traz luz, esperança e serenidade aos dias difíceis.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Guilherme de Camargo Ferraz, por todos os ensinamentos, orientação, apoio e confiança depositada.

À CAPES, pela ajuda financeira para o desenvolvimento desta dissertação por meio de Bolsa de Mestrado;

Ao Laboratório de Farmacologia e Fisiologia do Exercício Equino (LAFEQ) e à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP- Univ. Estadual Paulista;

À banca examinadora da defesa da dissertação, Prof. Dr. Marcos Watanabe e Prof. Dr. José Correa de Lacerda Neto, pela disponibilidade e contribuições.

Ao Prof. Dr. José Correa de Lacerda Neto, pelo conhecimento transmitido nas disciplinas relacionadas ao cavalo atleta, pelos ensinamentos, pela disponibilidade em participar da banca examinadora, e por todas as importantes contribuições na dissertação final.

Ao Hytalo Bretas, por disponibilizar os equinos presentes em seu centro de treinamento, oferecer as instalações e todo o apoio necessários à realização da pesquisa; e à Poliana Coutinho, sua esposa, pela companhia e amizade durante os dias de experimento.

Ao Joeslen Viegas e demais funcionários do CTE Hytalo Bretas pela convivência, paciência e disponibilidade durante as etapas experimentais.

À Mayara Gonçalves Fonseca pela convivência diária desde os tempos de Iniciação Científica, pelo incentivo, conselhos e discussões teóricas que foram fundamentais para a conclusão desta pesquisa. Agradeço também pela ajuda durante o experimento e, principalmente pela relação de confiança e amizade fortalecida ao longo dos anos de convívio.

Ao Gustavo Barros pela ajuda durante os testes.

Ao Tiago de Resende Garcia e à ABCCMM pelo apoio;

Às amigas de Jaboticabal pela convivência e amizade, que tornaram mais leve e divertida a estadia;

Aos velhos e bons amigos de Santa Maria, Itabira e BH, pelos inesquecíveis momentos, guardados na memória a cada despedida;

À Maria Luiza Almeida pela força, amizade e por todo apoio desde a chegada em Jaboticabal;

À equipe do LAFEq pela amizade e experiência compartilhada;

Aos tios Celio e Maristela e à prima Cintia por me acolherem de forma carinhosa durante o experimento em Belo Horizonte; ao Dimitri, Adriana e Livia pelo aconchego que tornou mais leve cada viagem, à Sávia, Marco Aurélio e Frederico pelos fins de semana especiais que passamos juntos que diminuíram a distância da família; e à Susana, Martinho, Lucas e Laís por terem sido um pedaço da minha Santa Maria bem no interior de SP;

À amiga Thais Sá, presença constante e essencial em minha vida, por não permitir que a distância física diminuísse a sintonia que nos une.

À amiga Marina Bretas pela confiança, carinho e por todas as palavras de apoio e incentivo.

Aos queridos tios, primos e demais familiares, pelas orações, força, torcida e convivência.

À todos aqueles que estiveram ao meu lado durante este período tão importante, muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE ABREVIACÕES.....	v
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
1.1 INTRODUÇÃO.....	1
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
1.2.1 A raça Mangalarga Marchador	4
1.2.2 A frequência cardíaca e o consumo de oxigênio: conceitos fisiológicos	5
1.2.3 Frequência cardíaca máxima.....	7
1.2.4 Monitoramento das respostas cardíacas cronotrópicas e metabólicas durante uma competição	8
1.2.5 Energia metabólica e custo energético de transporte	9
1.3 REFERÊNCIAS.....	11
CAPÍTULO 2 - Frequência cardíaca, lactato, custo líquido de transporte e energia metabólica de equinos de marcha batida ou picada da raça Mangalarga Marchador	15
2.1 INTRODUÇÃO.....	15
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
2.2.1 Animais.....	17
2.2.2 Grupos e fases experimentais.....	17
2.2.3 Teste de esforço máximo (TEM).....	18
2.2.4 Provas oficiais de marcha (POM).....	19
2.2.5 Teste de marcha padronizado (TMP).....	20
2.2.6 Determinação da FC e da concentração de lactato plasmático.....	21
2.2.7 Análise estatística.....	21

2.3 RESULTADOS.....	22
2.3.1 Teste de esforço máximo (TEM).....	22
2.3.2 Prova oficial de marcha (POM).....	24
2.3.3 Teste de marcha padronizado (TMP).....	27
2.4 DISCUSSÃO.....	29
2.5 CONCLUSÃO.....	33
2.6 REFERÊNCIAS.....	34

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 009390/14 do trabalho de pesquisa intitulado **"Demanda cardíaca e metabólica dos concursos de marcha da raça Mangalarga Marchador"**, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Guilherme de Camargo Ferraz está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 06 de junho de 2014.

Jaboticabal, 06 de junho de 2014.


Prof.ª Dr.ª Paola Castro Moraes
Coordenadora – CEUA

FREQUÊNCIA CARDÍACA, LACTATO, CUSTO LÍQUIDO DE TRANSPORTE E ENERGIA METABÓLICA DE EQUINOS DE MARCHA BATIDA OU PICADA DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR

RESUMO - Objetivou-se caracterizar a frequência cardíaca máxima ($FC_{MÁX}$), a intensidade da prova de marcha oficial e comparar o custo de transporte (COT) e a energia metabólica (P) de equinos da raça Mangalarga Marchador (MM) de marcha picada (MP) ou batida (MB). Ao todo 22 equinos da raça MM participaram deste estudo. O experimento foi realizado em três fases: 1) teste de esforço máximo (TEM), 2) provas oficiais de marcha (POM) e 3) teste padronizado de marcha (TMP). Para caracterizar a $FC_{MÁX}$, 19 equinos (14 de MB e 5 de MP) realizaram um TEM. Destes, 13 (9 de MB e 4 de MP) foram monitorados durante a POM que foi composta por 4 etapas: marcha, passo, prova funcional e estação. A média da FC de cada etapa da POM foi relacionada à $FC_{MÁX}$ para determinação da sua intensidade relativa. O TPM foi realizado com 14 equinos (9 de MB e 5 de MP), dos quais 11 já haviam participado das etapas anteriores. O COT e P foram calculados a partir dos valores de frequência cardíaca (FC) obtidos durante o TMP. Amostras sanguíneas foram coletadas para análise da concentração plasmática de lactato [Lac]. Aplicou-se o teste t de student e ANOVA de uma via seguida pelo teste Holm-Sidak ($P < 0,05$). A $FC_{MÁX}$ média foi de 211 ± 11 e 214 ± 11 bpm para os grupos MB e MP, respectivamente, não havendo diferença ($P > 0,05$) entre eles. A [Lac] aumentou em decorrência do TEM, sem diferença entre os grupos. Isto indicou que os grupos possuíam a mesma aptidão física. As etapas da POM definidas no nosso estudo diferiram quanto à intensidade relativa à $FC_{MÁX}$, com exceção da prova funcional e da etapa de marcha, que foram semelhantes entre si ($P > 0,05$). As POM da raça MM podem ser caracterizadas como um esforço de intensidade intermitente e submáxima. Ademais, os equinos de marcha picada se deslocaram com maior exigência energética.

Palavras chave: consumo de oxigênio, demanda cardíaca, equino, exercício, metabolismo energético

HEART RATE, LACTATE, NET COST OF TRANSPORT AND METABOLIC POWER OF MANGALARGA MARCHADOR HORSES OF MARCHA BATIDA AND MARCHA PICADA GAITS

ABSTRACT-This study aimed to characterize the maximum heart rate (HR_{MAX}), the intensity of the official marcha test (OMT) and compare the cost of transport (COT) and metabolic power (P) of Mangalarga Marchador (MM) horses of marcha batida (MB) and marcha picada (MP). Twenty-two MM horses participated in this study. The experiment was conducted in three phases: 1) maximal effort test (MET), 2) official marcha test (OMT) and 3) standardized walk test (SWT). To characterize the HR_{MAX} , 19 horses (14 MB and 5 MP) underwent a MET. Of these, 13 (9 MB and 4 MP) were monitored during the OMT that consisted of 4 stages: walk, marcha, functional test and rest. The average HR in each stage of OMT was correlated to the HR_{MAX} to determine their relative intensity. The SWT was performed with 14 horses (9 MB and 5 MP), of which 11 had already participated in the previous stages. The COT and P were calculated from the heart rate values (HR) obtained during the SWT. Blood samples were collected to analyze plasma lactate concentration [Lac]. Student t test and one-way ANOVA followed by Holm-Sidak test ($P < 0.05$) were used to analyze the results. The average HR_{MAX} was 211 ± 11 and 214 ± 11 bpm for the MB and MP groups, respectively, with no difference ($P > 0.05$) between them. The [Lac] increased as a result of MET, with no difference between groups. This indicated that horses of both groups had the same physical fitness levels. The OMT stages defined in our study differed regarding the relative intensity of HR_{MAX} , except for the functional test and walk stages, which were similar. The COT and P were higher in the MP group. The OMT of the MM breed can be characterized as an effort of intermittent and submaximal intensity. In addition, the displacement of the marcha batida horses was more energetically efficient.

Keywords: oxygen consumption, heart demand, equine, exercise, energy metabolism

LISTA DE ABREVIACOES

$\dot{V}O_2$ – consumo de oxigênio

$\dot{V}O_{2M\acute{A}X}$ – capacidade aeróbia máxima

ABCCMM – Associação Brasileira de Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador

CCE – concurso completo de equitação

COT – custo de transporte

FC – frequência cardíaca

$FC_{M\acute{A}X}$ – frequência cardíaca máxima

$FC_{média}$ – frequência cardíaca média

$FC_{mín}$ – frequência cardíaca mínima

FC_{Pico} - frequência cardíaca pico

MB - marcha batida

MM – Mangalarga Marchador

MP – marcha picada

P – energia metabólica

POM – prova oficial de marcha

PSI – Puro Sangue Inglês

SP – sistema parassimpático

SS – sistema simpático

TEM – teste de esforço máximo

TMP – teste de marcha padronizado

$V_{M\acute{A}X}$ – velocidade máxima

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1.1 INTRODUÇÃO

A raça Mangalarga Marchador (MM) é uma raça de equinos, originalmente Brasileira, que possui a marcha como andamento característico e específico. Hoje encontra-se em expressiva expansão nacional e internacional (REZENDE et al., 2016). Sua funcionalidade é avaliada por meio dos Concursos de Marcha que ocorrem em exposições oficiais especializadas da raça. Estas competições são promovidas e apoiadas pela Associação Brasileira de Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM).

A caracterização da intensidade do esforço durante uma competição equestre pode ser utilizada para direcionar e viabilizar a prescrição dos programas de condicionamento físico, assim como para estabelecer a demanda fisiológica, cardiovascular e metabólica exigida durante o esforço das provas. Desta maneira, os treinadores e proprietários podem maximizar a aptidão física dos equinos atletas com menores riscos de lesões (MARLIN; ALLEN, 1999). Alguns estudos monitoraram a intensidade de esforço (*workload*, em inglês) de diversas modalidades equestres como, enduro (TEIXEIRA-NETO et al., 2012), pólo (FERRAZ et al., 2010), e corrida (EVANS et al., 1993), entre outras.

A medida “padrão ouro”, frequentemente utilizada para quantificar as demandas metabólicas de determinadas modalidades esportivas é a capacidade aeróbia máxima ($\dot{V}O_{2MÁX}$), que é considerada o melhor indicativo de aptidão aeróbia dos atletas (ALLEN; VAN ERCK-WESTERGREN; FRANKLIN, 2015). Em cavalos, durante o exercício, o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) apresenta relação matemática linear tanto com a frequência cardíaca (FC) como com a velocidade (intensidade) (EATON et al., 1995), sendo que a avaliação das respostas cardíacas cronotrópicas pode ser utilizada para se estimar indiretamente o $\dot{V}O_2$ (GRAMKOW; EVANS, 2006). Esta ferramenta é usada para se avaliar o desempenho atlético e a intensidade do esforço físico. Além disso, devido às dificuldades operacionais e financeiras para determinação do $\dot{V}O_2$ em situações a campo, a FC pode ser utilizada para avaliação do metabolismo energético durante a locomoção (SCHROTER et al., 1996; WILLIAMS et al., 2009). Do ponto de vista fisiológico, durante o esforço a capacidade aeróbia

está relacionada ao débito cardíaco por meio da clássica equação de Fick [$\dot{V}O_2 = DC \times (a-vO_2)$]. Devido a significativa participação percentual do débito cardíaco na capacidade aeróbia máxima, e como já mencionado, a FC também apresenta relação linear com o $\dot{V}O_2$ (POOLE; ERICKSON, 2008). Esta relação fisiológica pode ser aplicada nos exercícios realizados em intensidades submáximas, principalmente na avaliação do trote e galope (BERKMAN et al., 2015). Importante ressaltar que o custo de um frequencímetro é marcadamente menor quando comparado ao de um analisador portátil de gases respiratórios, o ergoespirômetro.

Os exemplares da raça MM apresentam variações no diagrama do andamento marchado que resultam, basicamente, em dois tipos de marcha: a marcha batida e a marcha picada. A marcha é um andamento a quatro tempos desenvolvido naturalmente (ABCCMM, 2007) e definido por fatores genéticos, morfológicos e neurológicos (PROCÓPIO, 2005; PROCÓPIO et al., 2007). As principais diferenças descritas entre os tipos de marcha se referem à maiores tempos de apoio dos membros no solo identificados em equinos de marcha picada (PROCÓPIO, 2005).

As exigências energéticas durante a locomoção são influenciadas pela força muscular gerada para suportar o peso corpóreo durante a fase de apoio da passada e depende, portanto, do tempo de apoio. A análise das respostas metabólicas já foi realizada em equinos MM durante provas simuladas de marcha a campo com duração fixa e velocidade constante (PRATES et al., 2009; WANDERLEY et al., 2010; JORDÃO et al., 2011; ABRANTES et al., 2015). Contudo, não há relatos de pesquisas que determinaram as respostas cronotrópicas cardíacas e metabólicas produzidas por uma prova oficial de marcha (POM) da raça MM, bem como a determinação da intensidade, considerando todas as suas etapas de realização. Ademais, Wanderley et al., (2010) compararam a exigência fisiológica entre equinos MM de marcha batida e marcha picada por meio da mensuração de variáveis como a FC e concentração plasmática de lactato [Lac]. As diferenças relatadas nesse estudo evidenciaram a necessidade de novas pesquisas que possam caracterizar e diferenciar o metabolismo energético em raças equinas de marcha.

O conhecimento sobre as respostas fisiológicas inerentes às competições de marcha, bem como das diferenças existentes entre os tipos de andamento marchado, podem auxiliar na prescrição da intensidade correta de exercícios que forneçam

estímulos adequados para garantir a evolução satisfatória do condicionamento físico mitigando os riscos de lesões, principalmente as de origem músculo-esqueléticas.

Um estudo a campo utilizou fórmulas matemáticas para estimar o metabolismo energético durante diferentes tipos de andamentos. Piccione et al., (2013) monitoraram a FC para quantificar o custo de transporte por unidade de distância (COT) e a exigência de energia metabólica por quilograma (P) visando definir indiretamente o gasto energético relacionado ao consumo de oxigênio.

Tendo em vista as informações apresentadas até aqui, e sabendo das lacunas científicas sobre a raça MM, notadamente sobre as demandas fisiológicas dos dois tipos de marcha, a presente pesquisa teve como objetivo caracterizar a $FC_{MÁX}$, determinar, indiretamente, a intensidade relativa à capacidade aeróbia máxima das provas de marcha oficiais e comparar COT e a P entre equinos da raça MM de marcha batida ou marcha picada por meio de um teste de marcha padronizado.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 A raça Mangalarga Marchador

Numericamente a raça MM é responsável pelo maior e mais representativo rebanho equino do país (CENTRO, 2006). Apesar das informações a respeito do tema serem relativamente ultrapassadas, segundo Lima, Shiota e Barros (2006), a Associação Brasileira dos Criadores do Cavallo Mangalarga Marchador (ABCCMM) é a maior associação de raça equina da América Latina e possui o maior número de associados e de animais inscritos. Seus exemplares possuem a marcha como andamento característico, a favorecer a estabilidade da coluna espinal do equino e fornecer conforto ao cavaleiro, permitindo a utilização desses animais em diversas modalidades equestres (REZENDE et al., 2016).

De acordo com a ABCCMM (2007), a marcha (batida ou picada) é conceituada como andamento marchado, natural, simétrico, a quatro tempos, com apoio alternado dos bípedes laterais e diagonais, intercalados por momentos de trílice apoio. Existem grandes variações neste diagrama, resultantes de particularidades morfológicas, neurológicas e genéticas que caracterizam os diferentes tipos de andamentos (PROCÓPIO, 2005; PROCÓPIO et al., 2007). A marcha picada se diferencia da batida por apresentar maiores proporções de apoios tripedais e laterais durante a locomoção (PROCÓPIO, 2005). Além disso, já foram relatadas diferenças morfométricas de medidas lineares e angulares que podem estar relacionadas com o comprimento e a frequência das passadas entre equinos MM de marcha batida e picada (SANTIAGO et al., 2015). Recentemente nosso grupo de pesquisa publicou um estudo que sugeriu diferenças relacionadas ao mecanismo genético que controla os dois tipos de marcha do MM (FONSECA et al., 2016).

Durante os eventos oficiais da raça MM, os animais são avaliados por meio das provas de marcha, que ocorrem separadamente para marcha batida ou picada, de acordo com o andamento naturalmente desenvolvido pelo equino, determinado no registro individual na ABCCMM. Durante a competição, os animais desenvolvem um percurso circular, na marcha, mantendo a velocidade de aproximadamente 12 a 14 km/h, que garante a estabilidade e distribuição dos apoios característicos

(PROCÓPIO, 2003), perfazendo o tempo mínimo de 20 e máximo de 70 minutos (ABCCMM, 2009).

Ao longo da prova ocorre pelo menos uma inversão no sentido do percurso da apresentação. Os equinos também são submetidos a Prova Funcional Marchador Ideal, uma prova técnica e cronometrada, composta por figuras específicas que avaliam o potencial funcional do equino. Para a execução desta etapa, o animal deve ser conduzido montado pelo apresentador logo após as análises de comodidade e adestramento realizadas por meio da equitação do árbitro (ABCCMM, 2009). O percurso é composto por figuras e obstáculos padronizados, que devem ser realizados a velocidades variáveis conforme a determinação de cada trecho. Os equinos são submetidos ao passo livre, à marcha para a execução das balizas, ao galope para percorrer os três tambores e dois obstáculos a serem saltados em sequência.

1.2.2 A frequência cardíaca e o consumo de oxigênio: conceitos fisiológicos

A FC é facilmente aferida, e pode ser utilizada em cavalos atletas para fornecer informações sobre o desempenho e a intensidade do exercício teste (ALLEN; YOUNG; FRANKLIN, 2015).

A regulação do funcionamento do sistema cardiovascular é realizada pelo sistema nervoso autônomo que se subdivide entre simpático (SS) e parassimpático (PS). Com relação ao SS, do centro vasomotor, localizado no bulbo, emergem inervações para redes vasculares periféricas e para órgãos periféricos como o coração. O coração é inervado pelos nervos simpáticos advindos da medula espinal e pode ser estimulado, quando a noradrenalina é liberada nas terminações nervosas. A noradrenalina interage com receptores β 1-noradrenérgicos do miocárdio, que leva ao aumento da FC e da força de contração (efeito cronotrópico e inotrópico positivo). O sistema PS atua antagonicamente, já que a liberação de acetilcolina nas terminações nervosas dos ramos do nervo vago provoca a redução da FC. O controle desse complexo sistema nervoso é feito por meio da retroalimentação de receptores sensíveis a variação da pressão (baroreceptores), localizados no seio carotídeo e no arco da aorta, que informarão ao centro de controle vasomotor o quão necessário será estimular os nervos simpáticos e/ou parassimpáticos.

Associado ao sistema de *feedback* descrito anteriormente um segundo tipo de receptores, porém químicos (quimioceptores), são responsáveis por informar ao centro vasomotor sobre a necessidade de estimular o sistema cardiovascular da identificação de baixa concentração de oxigênio, excesso de dióxido de carbono ou elevação da concentração de íons hidrogênio (POOLE; ERICKSON, 2008).

A determinação do $\dot{V}O_{2MÁX}$ é considerada a melhor forma de avaliação da capacidade aeróbia, sendo importante indicador de desempenho em atletas humanos de alto rendimento (ALLEN; VAN ERCK-WESTERGREN; FRANKLIN, 2015). Na literatura científica é possível encontrar em diferentes estudos, propostas de protocolos para a determinação da potência aeróbia máxima ou para estimativa de intensidades de esforço físico, associados às variáveis de aptidão aeróbia. Sua aplicação prática propicia meios para avaliação da aptidão também em indivíduos da espécie equina (GRAMKOW; EVANS, 2006), sendo essas ferramentas úteis para a prescrição de protocolos de condicionamento físico (SIMÕES et al., 1999; TORMENA et al., 2013). Devido à sua elevada capacidade cardiovascular, a espécie equina possui aptidão aeróbia relativamente superior em relação a maioria das espécies de mamíferos (ALLEN; VAN ERCK-WESTERGREN; FRANKLIN, 2015).

O débito cardíaco é considerado o maior determinante do $\dot{V}O_{2MÁX}$ (POOLE, 2004; POOLE; ERICKSON, 2011) sendo relacionado diretamente à FC e ao volume sistólico (efetivamente ejetado). Durante o exercício físico, a FC se relaciona linearmente com o $\dot{V}O_2$ e ambos possuem também linearidade precisa e reproduzível com a velocidade de locomoção (EVANS, 2000; EVANS, 2008). Dessa forma, o monitoramento da FC pode ser utilizado para estimar indiretamente o $\dot{V}O_2$ (EATON et al., 1995), bem como a produção de calor metabólico em cavalos durante o exercício submáximo (SCHROTER et al., 1996), e constitui ferramenta de grande utilidade na avaliação do trote, galope ou na marcha.

Com relação a viabilidade financeira e técnica, parece claro que a determinação a campo da FC possui custo acessível, principalmente dos equipamentos oferecidos pelo mercado, assim como pela facilidade de mensuração, não invasiva, tornando a variável útil para avaliação funcional com fácil aplicação prática (TORMENA et al., 2013). Portanto, a estimativa de variáveis relacionadas à FC, em diferentes tipos de exercícios, fornece informações adicionais sobre o desempenho e sobre o

metabolismo energético dos animais (PICCIONE et al., 2013), podendo ser aplicada em estudos realizados a campo para determinação da intensidade de trabalho (SCHROTER; MARLIN, 2002).

1.2.3 Frequência cardíaca máxima

A frequência cardíaca máxima ($FC_{MÁX}$) corresponde ao valor mais alto que a FC pode atingir durante o teste de esforço incremental e, que não se altera com subsequente aumento da intensidade (velocidade) do exercício (ALLEN; YOUNG; FRANKLIN, 2015). Ocorre aumento linear da FC em decorrência do incremento da intensidade do esforço físico até o ponto em que a $FC_{MÁX}$ é atingida. Assim como nos atletas da espécie humana, nos equinos a $FC_{MÁX}$ pode variar entre os indivíduos e ser influenciada por fatores como idade, sexo e raça (VINCENT et al., 2006). Não obstante, em equinos a correlação positiva existente entre a porcentagem da $FC_{MÁX}$ e a porcentagem do $\dot{V}O_{2MÁX}$ já foi anteriormente identificada (EVANS; ROSE, 1987), sendo utilizada para a determinação da intensidade do esforço físico em equinos durante competições de pólo (MARLIN; ALLEN, 1999). É o caso também das FCs submáximas.

Alguns métodos já foram descritos para a determinação a campo da $FC_{MÁX}$ (GRAMKOW; EVANS, 2006; VERMEULEN; EVANS, 2006; FONSECA et al., 2010). Essencialmente, o equino deve ser submetido a um teste de esforço máximo com distâncias entre 700 a 1200 m, de preferência em linha reta, em pista de areia ou grama, sem irregularidades como buracos e pedras, para segurança do equino e do cavaleiro. Por meio da utilização de um frequencímetro cardíaco acoplado a um GPS (*Global Positioning System*) ou sistema de posicionamento global, é estabelecida a relação linear entre a FC e a intensidade do esforço, que deve ser progressiva até a obtenção o valor mais alto de FC que não se altera apesar do aumento da intensidade do exercício teste, quando se observa o platô (ALLEN; YOUNG; FRANKLIN, 2015).

1.2.4 Monitoramento das respostas cardíacas cronotrópicas e metabólicas durante uma competição

As exigências fisiológicas de grande número de esportes equestres foram descritas na literatura incluindo o concurso completo de equitação (CCE) (MARLIN et al. 1995; MARLIN et al., 2007), a corrida do Puro Sangue Inglês (PSI) (KRZYWANEK et al., 1970), o enduro (TEIXEIRA-NETO et al., 2012) e pólo (MARLIN, 2007; FERRAZ et al., 2010), entre outros.

A determinação da relação existente entre a FC de determinada modalidade esportiva e a FC_{MAX} individual pode fornecer informações sobre o consumo de oxigênio durante a competição e direcionar o programa de condicionamento físico adequado, garantir o desempenho e diminuir o risco de lesão por excesso de esforço (MARLIN; ALLEN, 1999). Portanto, a caracterização da intensidade da modalidade esportiva é fundamental para a prescrição da dose correta, com estímulos adequados durante o treinamento e consequente obtenção das respostas adaptativas dos outros sistemas corporais.

A [Lac] é um biomarcador que pode ser utilizado para avaliar a utilização do metabolismo anaeróbio glicolítico e a aptidão competitiva entre atletas da espécie equina (LINDNER, 2000). A compreensão dos mecanismos de geração de energia no músculo por meio da quantificação da lactatemia (FERRAZ et al., 2008) pode servir de base para tomada de decisão em relação à prescrição de intensidade de protocolos de condicionamento físico.

Algumas pesquisas (PRATES et al., 2009; WANDERLEY et al., 2010; JORDÃO et al., 2011; ABRANTES et al., 2015) enfocando as respostas cardíacas e metabólicas por meio da quantificação da FC e da [Lac], respectivamente, foram realizados com a raça MM durante provas de marcha simuladas de diferentes tempos de duração. Jordão et al. (2011) registraram, por meio da utilização de um frequencímetro, FC média de 145 ± 32 bpm durante provas de marcha simuladas de 50 min de duração, e determinaram que o exercício realizado foi predominantemente aeróbio e de intensidade moderada, com base na permanência dos valores de FC próximos a 150 bpm, e das concentrações sanguíneas de lactato próximas a 2 mM. Wanderley et al. (2010) avaliaram as respostas fisiológicas e metabólicas de animais da raça MM em

uma simulação de prova de marcha de 30 min e compararam essas respostas entre os dois tipos de andamento marchado (marcha picada e marcha batida). Nesse estudo, os animais de marcha picada deslocaram-se com FC e [Lac] superiores em relação aos de marcha batida. Os autores concluíram que a marcha picada foi energeticamente mais dispendiosa que a marcha batida com base nos valores de FC e [Lac] encontrados e enfatizaram a necessidade de novas pesquisas que caracterizem o COT em raças equinas de marcha.

1.2.5 Energia metabólica e custo energético de transporte

Considerando a relação linear existente entre $\dot{V}O_2$, FC, velocidade e esforço submáximo, a determinação da FC tem sido utilizada para mensuração do consumo energético durante a locomoção devido às dificuldades em se mensurar o $\dot{V}O_2$ em situações de campo (SCHROTER; BAYLIS; MARLIN, 1996; WILLIAMS et al., 2009). Piccione et al. (2013) monitoraram a FC para determinar o COT por unidade de distância e a exigência de energia metabólica por quilograma (P) visando definir o dispêndio energético relacionado ao consumo de oxigênio em equinos submetidos a diferentes exercícios. COT e P são variáveis relacionadas à FC e sua estimativa, por meio de cálculos matemáticos, durante um determinado tipo de exercício fornece informações adicionais sobre a intensidade do trabalho realizado (SCHROTER; MARLIN, 2002) e sobre o desempenho o consumo energético dos animais em diferentes andamentos (PICCIONE et al. 2013).

O COT é definido como o custo metabólico que o cavalo desloca uma unidade de peso em determinada unidade de distância (PICCIONE et al., 2013) e estima a eficiência biomecânica durante a locomoção. O COT depende da força muscular gerada para suportar o peso corpóreo durante a fase de apoio dos membros na locomoção e do tempo de aplicação dessa força (KRAM; TAYLOR, 1990). Assim, à velocidades equivalentes, as diferenças no COT são proporcionais à frequência das passadas. Segundo Schroter, Baylis e Marlin (1996) as características dos diferentes tipos de andamento influenciam as exigências de energia metabólica numa atividade física, pois diferenças entre animais como tamanho corpóreo e comprimento dos membros afetam a eficiência mecânica muscular e a quantidade de trabalho

necessária para transportar o animal a uma determinada distância, a uma dada velocidade. Isso ocorre porque os andamentos mobilizam diferentes grupamentos musculares modificando o consumo de oxigênio. Em última análise, a quantidade de músculo que sofre contração durante determinado tipo de exercício ou andamento define o consumo de O₂ em diferentes atividades esportivas.

Ao comparar as respostas metabólicas entre a marcha batida e a marcha picada, Wanderley et al. (2010) enfatizaram a necessidade de novos estudos para determinação do COT que caracterizem a energia despendida durante a locomoção em raças equinas de marcha.

Na presente pesquisa foi possível realizar um teste de esforço máximo, a campo, em equinos da raça MM de marcha batida ou picada. A partir disso, obteve-se a FC_{MÁX} e a cinética das concentrações de lactato plasmáticas após o esforço máximo. Numa segunda fase, parte da amostra inicial de equinos foi monitorada em provas oficiais de marcha. Estabeleceu-se a exigência cardíaca média destas competições, relativamente a FC_{MÁX}, em porcentagem (%). Finalmente, realizou-se um teste padronizado de marcha para determinação do COT e da P para detecção de possíveis diferenças entre as marchas do MM.

1.3 REFERÊNCIAS

- ABRANTES, R. G. P.; REZENDE, A. S. C.; SANTIAGO, J. M. ; TRIGO, P. ; MELO, M. M.; FONSECA, M. G.; LAGE, J.; MOREIRA, D. C. A. Validation of a training protocol for marcha contests of the mangalarga marchador breed. **Bioscience Journal**, v. 31, p. 1787-1791, 2015.
- ALLEN, K. J., YOUNG, L. E., FRANKLIN, S. H. Evaluation of heart rate and rhythm during exercise. **Equine Veterinary Education**, v. 28, n. 2, p. 99-112, 2015.
- ALLEN, K. J.; VAN ERCK-WESTERGREN, E.; FRANKLIN, S. H. Exercise testing in the equine athlete. **Equine Veterinary Education**, v. 28, n. 2, p. 89-98. 2016
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DO CAVALO MANGALARGA MARCHADOR – ABCCMM. **Regulamento do Serviço de Registro Genealógico do cavalo Mangalarga Marchador**. Belo Horizonte: ABCCMM, 2007. 36p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DO CAVALO MANGALARGA MARCHADOR. ABCCMM. **Regulamento Geral para Eventos Oficializados do Cavalo Mangalarga Marchador**. Belo Horizonte: ABCCMM, 2009, 54p.
- BERKMAN, C.; TEIXEIRA, L. G.; PEREIRA, M. C.; SAMPAIO, R. C. L.; BERNARDI, N. S.; LACERDA NETO, J. C.; QUEIROZ NETO, A.; FERRAZ, G. C. Distance exercised during submaximal training on race winnings for Thoroughbred racehorses. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p. 1268-1273, 2015.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Estudo do complexo do agronegócio cavalo no Brasil**. Brasília: CAN, MAPA, 2006. 68p.
- EATON, M. D.; EVANS, D. L.; HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. Effect of treadmill incline and speed on metabolic rate during exercise in Thoroughbred horses. **Journal of Applied Physiology**. v. 87, n. 4, p. 499-506. 2002.
- EATON, M. D.; EVANS, D. L.; HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. Effect of treadmill incline and speed on metabolic rate during exercise in Thoroughbred horses. **Journal of Applied Physiology**, v. 79, p. 951-7. 1995.
- EVANS, D. Exercise testing in the field. In: HINCHCLIFF K. W.; GEOR R. J.; KANEPS A. J. (Ed.). **Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse**. Philadelphia: Elsevier, 2008. p. 13-27. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-070202857-1.50004-4>
- EVANS, D. L. **Training and fitness in athletic horses**, Sidney: Rural Industries Research, 2000.
- EVANS, D. L.; ROSE, R. J. Maximum oxygen uptake in racehorses: changes with training state and prediction from submaximal cardiorespiratory measurements. In: Gillespie JR, Robinson NE, editors, **Equine Exercise Physiology**. 1987; 2nd edition. Davis: ICEEP publications. 52-67.

FERRAZ, G. C.; D'ANGELIS, F. H. F.; TEIXEIRA-NETO, A. R.; FREITAS, E. V. V.; LACERDA-NETO, J. C.; QUEIROZ-NETO, A. Blood lactate threshold reflects glucose responses in horses submitted to incremental exercise test. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 256-259, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-0935200800010003>

FERRAZ, G.C.; SOARES, O.A.B.; FOZ, N. S. B.; PEREIRA, M. C.; QUEIROZ-NETO, A. The workload and plasma ion concentration in a training match session of high-goal (elite) polo ponies. **Equine Veterinary Journal**, v. 42, n. 38, p. 191-195, 2010.

FONSECA, M. G.; FERRAZ, G. C.; PEREIRA, G. L.; CURTI, R. A. A genome-wide association study reveals differences in the genetic mechanism of control of the two gait patterns of the Brazilian Mangalarga Marchador breed. **Journal of Equine Veterinary Science**. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2016.01.015>. Acesso em: 03 maio. 2016. (No prelo).

FONSECA, R.G.; KENNY, D. A.; HILL, E. W.; KATZ, L. M. The association of various speed indices to training responses in Thoroughbred flat racehorses measured with a global positioning and heart rate monitoring system. **Equine Veterinary Journal**. Suppl.38 v. 42, p. 51-57, 2010.

GRAMKOW, H. L.; EVANS, D. L. Correlation of race earnings with velocity at maximal heart rate during a field exercise test in thoroughbred racehorses. **Equine Veterinary Journal Suppl.** v. 36, p. 118-22, 2006.

JORDÃO, L. R.; REZENDE, A. S. C.; BERGMANN, J. A. G.; MELO, M. M.; COSTA, M. L. L.; MOSS, P. C. B.; AQUINO-NETO, H. M.; REZENDE, A. S. C. Effect of feed at different times prior to exercise and chelated chromium supplementation on the athletic performance of Mangalarga Marchador mares. **Equine Comparative Exercise Physiology**, v. 7, p. 133-140, 2011.

KRAM, R. and TAYLOR, C. R. Energetics of running: a new perspective. **Nature** v. 346: p. 265–266, 1990.

KRZYWANEK, H.; WITTKE, G.; BAYER, A.; BORMAN, P. The heart rates of Thoroughbred horses during a race. **Equine Veterinary Journal**, v. 2, n. 3, p. 115-117, 1970.

LIMA, R. A. S.; SHIROTA, R.; BARROS, G. S. C. Estudo do complexo do agronegócio cavalo: Relatório Final, CEPEA/ESALQ/USP, Piracicaba. 2006.

LINDNER, A. Use of blood biochemistry for positive performance diagnosis of sports horses in practice. **Revue de Medicine Veterinaire**, v.151, n.1, p. 611-618, 2000.

MARLIN, D. J. Exercise Physiology of Eventing. **Equine Veterinary Journal Suppl.** p. 31-46, 2007.

MARLIN, D. J.; ALLEN, J. C. R. Cardiovascular demands of competition on low-goal polo ponies. **Equine Veterinary Journal**, v. 31, n.5, p. 378-382, 1999.

MARLIN, D. J.; HARRIS, P. A.; SCHROTER, R. C.; HARRIS, R. C.; ROBERTS, C. A.; SCOTT, C. M.; ORME, C. E.; DUNNETT, M.; DYSON, S. J.; BARRELET, F.; WILLIAMS, B.; MARR, C. M.; CASAS, I. Physiological, metabolic and biochemical responses of horses competing in the speed and endurance phase of a CCI**** 3-day-event. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. v. 20, p. 37-46, 1995.

PICCIONE, G.; MESSINA, V; BAZZANO, M; GIANNETTO, C; FAZIO, F. Heart Rate, Net Cost of Transport, and Metabolic Power in Horse Subjected to Different Physical Exercises. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 33, n. 8, p. 586-589, 2013.

POOLE, D. C. Current concepts of oxygen transport during exercise. **Equine and Comparative Exercise Physiology**. v. 1, p. 5-22, 2004.

POOLE, D. C.; ERICKSON, H. H. Cardiovascular function and oxygen transport: responses to exercise and training. In: HINCHCLIFF, K.W. et al. **Equine exercise physiology** - The science of exercise in the athletic horse. London: Saunders, 2008. p. 212-245.

POOLE, D. C.; ERICKSON, H. H. Highly athletic terrestrial mammals: horses and dogs. **Comprehensive Physiology**, v. 1, p. 1-37, 2011.

PRATES, R. C.; REZENDE, H. H. C.; LANA, A. M. Q.; BORGES, I., MOSS, P. C. B.; MOURA, R. S.; REZENDE, A. S. C. Heart rate of Mangalarga Marchador mares under marcha test and supplemented with chromium. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.5, 2009. RIVERO, J. L. L. A scientific background for skeletal muscle conditioning in equine practice. **Journal of Veterinary Medicine A.**, v. 54, p. 321-332, 2007.

PROCÓPIO, A. M. A velocidade da marcha. **Mangalarga Marchador: Revista Oficial da ABCCMM**, n. 53, p. 74-76. 2003.

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

PROCÓPIO, A. M.; BERGMANN, J. A. G.; MENZEL, H. J.; BRÊTAS, M. S; HERR, J; FANTINI, P. Curvas ângulo-tempo das articulações dos equinos marchadores. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, p. 41-8, 2007;

REZENDE, A. S. C.; FONSECA, M. G.; JORDÃO, L. R.; D'ANGELIS, F. H. F.; ALMEIDA, M. L. M.; QUEIROZ NETO, A.; FERRAZ, G. C.; RIVERO, J. L. L. Skeletal Muscle Fiber Composition of Untrained Mangalarga Marchador Filies. **Journal of Equine Veterinary Science**; v. 36, p. 101-104, 2016. Disponível em: DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2015.11.005>

SANTIAGO, J. M.; REZENDE, A. S. C.; LANA, A. 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 marcha picada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 2, p. 635-9, 2014.

SCHROTER, R. C.; MARLIN, D. J. Modelling the oxygen cost of transport in competitions over ground of variable slope. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, Suppl, p. 397-401, 2002.

SCHROTER, R.C.; BAYLIS, E. AND MARLIN, D.J. Gait, estimated net cost of transport and heat production at different speeds in three-day event horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 22, Suppl, p. 16-23, 1996.

SIMÕES, H. G.; CAMPBELL, C. S. G.; KOKOBUN, E.; DENADAI, B. S.; BALDISSERA, V. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 80, p. 34-40, 1999.

TEIXEIRA NETO, A. R.; Ferraz, G. C.; MOSCARDINI, A. R. C.; ALBERNAZ, R. M.; Gondin, M. R.; Queiroz-Neto, A. Do hematologic constituents really increase due to endurance exercise in horses? **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, p. 951-956, 2012.

TORMENA, A. A. M.; TEMPESTA, A. S.; QUEIROZ-NETO, A.; FERRAZ, G. C. Conceitos básicos sobre o condicionamento físico em equinos. **Revista Brasileira de Medicina Equina**, v. 8, p. 22-27, 2013.

VERMEULEN, A. D.; EVANS, D. L. Measurements of fitness in thoroughbred racehorses using field studies of heart rate and velocity with a global positioning system. **Equine Veterinary Journal**, v. 38, n. s 36, p. 113-117, 2006.

VINCENT, T. L.; NEWTON, J. R.; DEATON, C. M.; FRANKLIN, S. H.; BIDDICK, T.; MCKEEVER, K. H.; MCDONOUGH, P.; YOUNG, L. E.; HODGSON, D. R.; MARLIN, D. J. Retrospective study of predictive variables for maximal heart rate (HR_{max}) in horses undergoing strenuous treadmill exercise. **Equine Veterinary Journal**; v. 38, Suppl. 36, p.146-152, 2006.

WANDERLEY, E. K.; MANSO FILHO, H. C.; MANSO, H. E. C. C. C.; SANTIAGO, T. A.; MCKEEVER, K. H. Metabolic changes in four beat gaited horses after field marcha simulation. **Equine Veterinary Journal**. Suppl., n.38, p.105-109, 2010.

WILLIAMS, R. J.; NANKERVIS, K. J.; COLBORNE, G. R.; MARLIN, D. J.; SCHROTER, R. C. Heart rate, net transport cost and stride characteristics of horses exercising at walk and trot on positive and negative gradients. **Comparative Exercise Physiology**; v. 6, p. 113-9, 2009.

CAPÍTULO 2 – Frequência cardíaca, lactato, custo líquido de transporte e energia metabólica de equinos de marcha batida ou picada da raça Mangalarga Marchador

2.1 INTRODUÇÃO

A raça Mangalarga Marchador (MM) encontra-se em expressiva expansão internacional. Seus exemplares possuem a marcha como andamento característico, o que favorece a utilização desses animais em diversas modalidades equestres [1]. De acordo com a Associação Brasileira de Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM) [2], a marcha (batida ou picada) é conceituada como um andamento marchado, natural, simétrico, a quatro tempos, com apoio alternado dos bípedes laterais e diagonais, intercalados por momentos de tríplice apoio. Existem grandes variações neste diagrama, resultantes de particularidades morfológicas e neurológicas que caracterizam os diferentes tipos de andamentos [3, 4]. De forma simplificada, a marcha picada se diferencia da batida por apresentar maiores proporções de apoios tripedais e laterais durante a locomoção [3]. Além disso, foram relatadas diferenças morfométricas de medidas lineares e angulares que podem estar relacionadas com o comprimento e a frequência das passadas entre equinos MM de marcha batida e picada [5]. Recentemente, nosso grupo de pesquisa publicou um estudo que sugeriu diferenças relacionadas ao mecanismo genético que controla os dois tipos de marcha do MM [6].

Cavalos atletas precisam utilizar de maneira eficiente os sistemas corpóreos durante o exercício. Sabe-se que a frequência cardíaca (FC) e o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) se relacionam matematicamente de modo linear entre si durante um exercício físico, e, ambos, possuem também linearidade precisa e reproduzível com a velocidade de locomoção [7,8]. Ademais, a FC pode ser utilizada para estimar o $\dot{V}O_2$. [9], bem como a produção de calor metabólico em cavalos durante o exercício realizado abaixo da frequência cardíaca máxima ($FC_{MÁX}$) [10]. Devido às dificuldades em se mensurar diretamente o $\dot{V}O_2$ em pesquisas a campo, diversas variáveis são empregadas para avaliação do metabolismo energético durante a locomoção. A FC pode ser utilizada para quantificar o custo de transporte por unidade de distância percorrida (COT) e a exigência de energia metabólica por quilograma de peso

corpóreo (P), visando definir o gasto energético relacionado ao consumo de oxigênio. Cálculos matemáticos relacionados à FC em diferentes exercícios/andamentos forneceram informações sobre o COT e P de equinos. Essas variáveis podem ser aplicadas em estudos realizados a campo para determinação da intensidade de esforço e aptidão física [11,12].

A capacidade aeróbia máxima ou consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2MÁX}$) possui relação direta com a $FC_{MÁX}$ [13], que corresponde ao valor mais alto de FC que pode ser obtido durante um teste de esforço máximo (TEM), não se alterando com o aumento posterior da intensidade do exercício. A $FC_{MÁX}$ varia entre indivíduos e pode ser influenciada por fatores como idade, sexo e raça [14]. Em equinos, alguns métodos foram descritos para a determinação a campo da $FC_{MÁX}$ [13, 15, 16].

Do ponto de vista prático, a determinação da FC relativa à $FC_{MÁX}$, em porcentagem (%), durante uma competição esportiva pode ser uma ferramenta útil para caracterizar a intensidade do esporte, e assim racionalizar a prescrição de programas de condicionamento físico. Assim, é possível adequar a intensidade do treinamento com as exigências verificadas durante a realização de determinada modalidade esportiva [17] e, portanto, estimular o aparecimento de adaptações desejáveis para os atletas.

Durante as exposições oficiais da raça MM, os equinos são avaliados por meio das provas de marcha, que ocorrem separadamente para marcha batida ou picada, de acordo com o andamento naturalmente desenvolvido pelo equino. O tipo de marcha é definido pelo registro emitido pela ABCCMM. Durante a competição, os equinos realizam um percurso circular, na marcha, mantendo a velocidade média de 12 a 14 km h⁻¹, o que garante a estabilidade e distribuição dos apoios característicos [18], perfazendo o tempo mínimo de 20 e máximo de 70 minutos. Ato contínuo, os animais também são submetidos à Prova Funcional Marchador Ideal, uma etapa para avaliação técnica que é cronometrada e composta por figuras específicas que avaliam o potencial funcional do equino. O percurso é composto por figuras e obstáculos padronizados, que devem ser realizados a velocidades variáveis conforme cada trecho. Durante esta etapa os equinos realizam passo livre, marcham, para a execução de balizas e galopam para percorrer três tambores e dois obstáculos, que são saltados sequencialmente [19].

Alguns estudos com a raça MM [20, 21, 22, 23] obtiveram respostas cardíacas e metabólicas, por meio da quantificação da FC e do lactato plasmático [Lac], durante provas de marcha simuladas de diferentes durações. Um estudo avaliou as alterações fisiológicas e metabólicas provocadas pela marcha batida ou marcha picada, sendo que concluiu pela necessidade de realização de novos estudos para determinação do COT. Com isso, existiria a possibilidade de caracterizar a energia despendida durante a locomoção de raças equinas de marcha [21].

Assim como um estudo prévio [11] nós utilizamos a FC em duas equações para se estimar o COT e o P. Desta maneira, os objetivos deste estudo foram: 1) determinar a FC_{MAX} , 2) determinar a intensidade relativa a FC_{MAX} de provas oficiais de marcha e 3) comparar o COT e o P de equinos da raça MM de marcha picada ou batida.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Animais

Para o desenvolvimento da pesquisa utilizaram-se indivíduos que pertenciam a um mesmo centro de treinamento equestre, mantidos sob as mesmas condições de manejo, alojados em baias e alimentados com feno de Tifton-85 e concentrado comercial Equitage Supreme (Guabi® – Campinas, Brasil). Água e sal mineral foram fornecidos à vontade. Todos os equinos foram submetidos ao mesmo protocolo de treinamento para provas de marcha, prescrito pelo mesmo treinador. Os equinos foram selecionados pela higidez e aptidão física para realização dos testes. Portanto, o número de equinos em cada fase experimental variou de acordo com a disponibilidade do centro de treinamento. Inicialmente, 22 equinos da raça MM, com idade entre três e nove anos, sendo 14 machos e oito fêmeas, com peso médio de 415 ± 25 kg foram utilizados no experimento.

2.2.2 Grupos e fases experimentais

Utilizaram-se 22 equinos da raça MM, distribuídos em dois grupos: marcha batida (MB, n=16) e marcha picada (MP, n=6). O experimento foi realizado em três fases distintas: (1) teste de esforço máximo (TEM); (2) monitoramento das Provas Oficiais de Marcha (POM) e (3) teste padronizado de marcha (TPM). Os equinos do

grupo MB: MB₁ a MB₁₄, e do grupo MP: MP₁ a MP₅ foram submetidos ao TEM. Destes, nove do grupo MB (MB₁ a MB₉) e quatro do grupo MP (MP₁ a MP₄) foram monitorados durante as POM (n=13). O TMP foi realizado com 14 equinos disponíveis, sendo nove do grupo MB (MB₁ a MB₅, MB₁₃ a MB₁₆) e cinco do grupo MP (MP₁ a MP₄; e MP₆).

Todos os procedimentos realizados nessa pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética em Uso Animal (CEUA) da FCAV/UNESP/UNESP sob protocolo número 009390/14. Os dados de temperatura ambiente foram obtidos por meio do sistema *on line* Garmin Connect.

2.2.3 Teste de esforço máximo (TEM)

Para determinação da FC_{MÁX}, os 19 equinos realizaram o teste de esforço máximo padronizado, a campo, no Centro de Treinamento Equestre Hytalo Bretas, Esmeraldas, Minas Gerais, Brasil (Latitude: -19.7628, Longitude: -44.3131, 19°45'46" Sul, 44°18'47" Oeste). Todos os equinos foram equitados pelo mesmo cavaleiro durante a realização dos testes. Após aquecimento de aproximadamente 20 minutos na marcha (14 km/h), foram submetidos a galope reunido por 500 m, que foi prolongado por uma fase de aceleração à máxima velocidade possível, por aproximadamente 20 segundos ao longo de um percurso de 220 m numa estrada reta, de terra firme e plana, sem irregularidades. Ato contínuo, o conjunto cavalo-cavaleiro percorreu 70 m adicionais numa subida de morro com inclinação de aproximadamente 17% com a finalidade de aumentar a intensidade do exercício após o fim da fase de aceleração.

Amostras sanguíneas foram coletadas para a determinação da [Lac] nos momentos antes, imediatamente, 3, 5 e 10 minutos após a realização do teste. A FC_{MÁX} foi determinada utilizando-se os registros da FC durante os testes, e correspondeu ao máximo valor identificado durante a formação de uma fase platô (assíntota) da curva FC vs velocidade, caracterizada pela ausência de alteração após aumento da intensidade do exercício.

Nesta fase (TEM) foram medidos a FC_{MÉDIA}, a FC_{MÁX} e a velocidade máxima média (V_{MÁX}). Como esperado, ao final da etapa de aceleração, aproximadamente nos 15s finais, houve redução da velocidade em decorrência da subida do morro (inclinação). Por este motivo, nesta fase, as velocidades para confecção das curvas

(FC vs velocidade) foram estimadas a partir de uma equação linear, para cada cavalo, obtida após a aplicação de uma regressão linear. Um exemplo desta metodologia pode ser visualizado na Figura 1. Depois de obtidas as equações, individualmente, as FCs foram substituídas pelo “y” para estimativa das velocidades “x”.

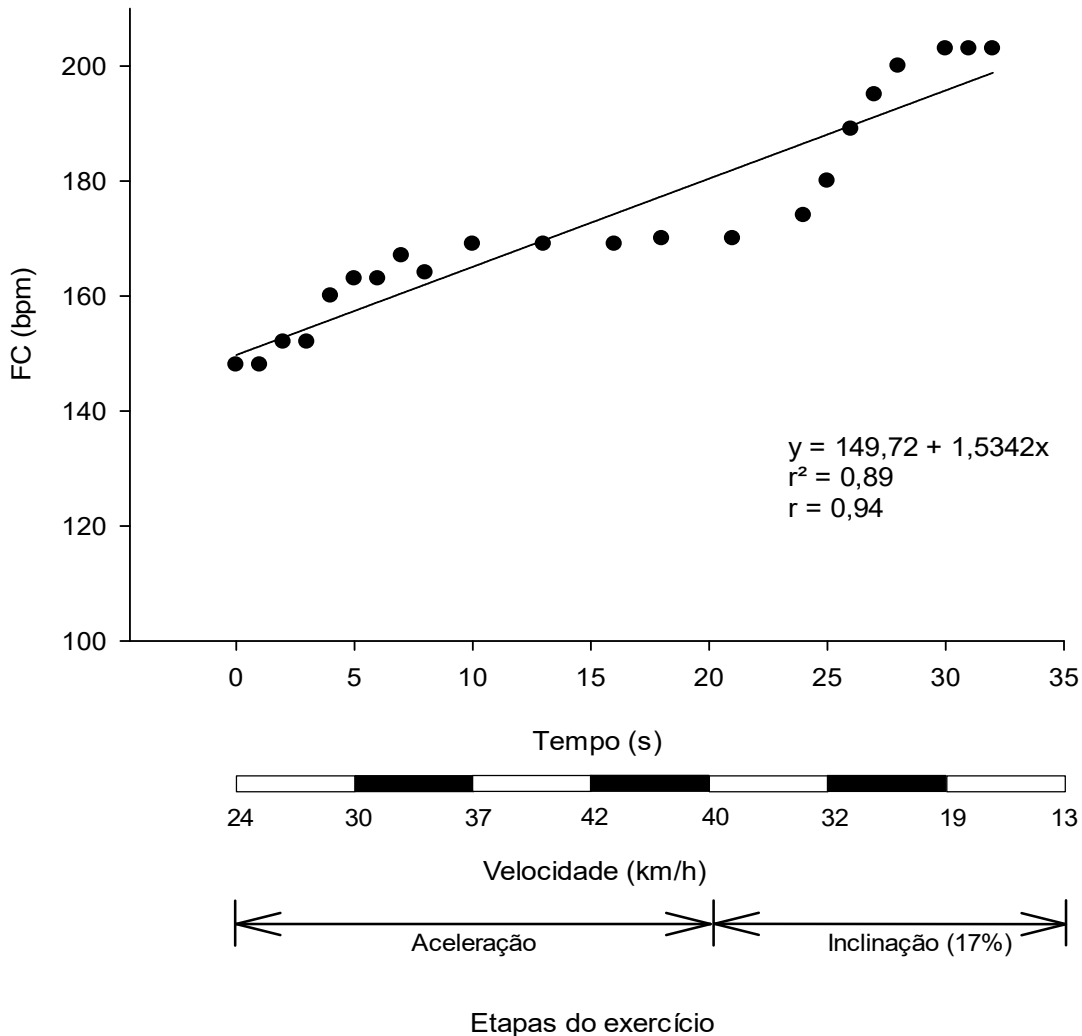


Figura 1. Metodologia para determinação da FC_{MAX} de um equino da raça Mangalarga Marchador submetido a um teste de esforço máximo. Durante a etapa de inclinação observar a formação da fase platô (assíntota).

2.2.4 Provas oficiais de marcha (POM)

As provas de marcha foram realizadas em duas exposições especializadas e oficiais da raça MM, nas cidades de Sete Lagoas (Latitude: -19.4679, Longitude: -44.2477, 19°28'4" Sul, 44°14'52" Oeste) e Belo Horizonte (latitude: -19.8157, longitude: -43.9542, 19°48'57" Sul, 43°57'15" Oeste), Minas Gerais, Brasil.

Amostras sanguíneas para quantificação da [Lac] foram coletadas assim que os animais saíram da pista, ou seja, em até 5 minutos após o término da prova. Para quantificar a intensidade, a prova foi dividida em etapas, de acordo com os momentos de realização da mesma: marcha, passo, prova funcional (Prova Funcional Marchador Ideal) e estação. A fase de estação consistiu nos momentos de pausa entre as atividades da POM (marcha, passo e prova funcional). Valores individuais de FC foram obtidos por meio do sistema Garmin Connect para cada uma das etapas avaliadas. As médias das FCs individuais obtidas durante o tempo em que os animais permaneceram na marcha, ao passo ou parados durante a prova, bem como os valores registrados durante a realização da prova funcional, foram relacionadas com a FC_{MÁX} individual obtida no TEM, resultando em porcentagens correspondentes, método modificado e preconizado por Marlin e Allen [17].

2.2.5 Teste de marcha padronizado (TMP)

Um teste de marcha padronizado foi realizado para determinação do COT e da P. Os equinos foram submetidos ao andamento contínuo de marcha numa distância fixa de 5 km, em pista circular de terra firme a velocidade média de $12,6 \pm 0,4$ km/h. O TMP foi realizado no Centro de Treinamento Equestre Hytalo Bretas, Esmeraldas, Minas Gerais, Brasil (Latitude: -19.7628, Longitude: -44.3131, 19°45'46" Sul, 44°18'47" Oeste). Todos os animais foram pesados em balança digital (MGR-3000 Junior – Toledo do Brasil Indústria de Balanças LTDA, São Paulo, Brazil), assim como os acessórios utilizados pelo cavaleiro durante a simulação. Amostras sanguíneas para análise do [Lac] foram coletadas imediatamente após o término de cada simulação. Os valores de COT e P foram calculados por meio das fórmulas utilizadas previamente por outros estudos [10, 11] que considerou a FC média durante o exercício (FC), o peso total (kg) e a distância percorrida em m para o COT, e o tempo em min para a P.

$$\text{COT} = (\text{FC}-35) \text{ kg}^{-1} \text{ m}^{-1} 10^3;$$

$$\text{P} = (\text{FC}-35) \text{ min}^{-1} \text{ kg}^{-1}.$$

Para aplicação das fórmulas foram considerados conjuntamente os pesos corpóreos do equino e do cavaleiro, bem como os acessórios utilizados (Peso Total).

2.2.6 Determinação da FC e da concentração de lactato plasmático

Os equinos realizaram todas as etapas experimentais portando frequencímetro acoplado a GPS (Garmin Forerunner 310XT, Garmin Ltd, Olathe, Kansas, USA), que registrou dados de FC, velocidade e distância percorrida a cada 2 s durante o exercício. Dois eletrodos conectados a um transmissor foram posicionados na região torácica, sendo que um foi fixado embaixo da sela, imediatamente à direita da cernelha, e o outro, na cilha, na região semiológica cardíaca esquerda. Os registros foram transmitidos a um relógio usado pelo cavaleiro, armazenados e transferidos para posterior análise no sistema *on line* Garmin Connect.

Todas as amostras sanguíneas para quantificação da [Lac] foram coletadas por meio da venopunção da jugular e acondicionadas em tubos de coleta com pressão negativa contendo fluoreto de sódio. Essas amostras foram imediatamente centrifugadas e o plasma congelado em -20°C para posterior quantificação em bioanalisador eletro-enzimático (YSI 2300-Lactate Analyzer, YSI Incorporated, Yellow Springs, USA). Valores basais de [Lac] foram quantificados por coleta sanguínea dos animais em repouso, pela manhã, no centro de treinamento, sem que tenham sido submetidos a nenhum tipo de manipulação ou situação que representasse estímulo estressante.

2.2.7 Análise estatística

Para comparação entre os grupos MB e MP dos valores da $FC_{\text{MÁX}}$, FC média e velocidade máxima do TEM, aplicou-se teste t de student não pareado. Os valores de [Lac] antes e após o TEM foram comparados utilizando ANOVA de uma via seguido pelo teste Holm-Sidak ($P < 0,05$).

Aplicou-se teste t de student não pareado quando se comparou FC, FC_{pico} , distância e velocidade média das POM entre os grupos MP e MB. Utilizou-se ANOVA de uma via seguida pelo teste Holm-Sidak ($P < 0,05$) para comparação entre os valores de FC mínimos ($FC_{\text{mín}}$), médios ($FC_{\text{média}}$) e pico (FC_{pico}) correspondentes a cada fase de realização da prova: marcha, passo, prova funcional e em estação. Para comparar valores de [Lac] e velocidade máxima durante a POM entre os grupos, aplicou-se o teste Mann-Whitney Rank Sum. Valores de [Lac] basais e ao final da POM e do TMP foram comparados pelo teste t de student pareado.

Foi aplicado teste t de student não pareado para comparação entre os grupos dos valores de COT, P, Peso total, [Lac] e FC após o TPM. Os resultados estão demonstrados como média \pm desvio padrão e foi considerada significância quando $P < 0,05$.

2.3 RESULTADOS

Os valores médios de temperatura ambiente registrados durante o TEM, POM e no TPM foram de 22 ± 4 , $22 \pm 0,5$, e 25 ± 2 °C, respectivamente. Os pesos corpóreos médios foram de 422 ± 25 e 403 ± 25 kg, para os grupos MB e MP, respectivamente. O peso total do cavaleiro e acessórios utilizados foi de 73 kg.

2.3.1 Teste de esforço máximo (TEM)

A Tabela 1 mostra os resultados relacionados ao TEM dos grupos MP e MB. Por meio do TEM foi possível determinar a $FC_{MÁX}$ individual, cujo valor foi utilizado para o cálculo da porcentagem da $FC_{MÁX}$ correspondente à intensidade relativa das etapas da POM. Não houve diferença entre os grupos entre os valores médios de FC ($P=0,290$), $FC_{MÁX}$ ($P = 0,707$) e $V_{MÁX}$ ($P = 0,622$) registrados durante o TEM (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios ($\pm dp$) de frequência cardíaca média (FC), frequência cardíaca máxima ($FC_{MÁX}$), e velocidade máxima ($V_{MÁX}$) dos grupos MB (marcha batida) e MP (marcha picada), registrados durante o TEM.

Grupos	FC (bpm)	$FC_{MÁX}$ (bpm)	$V_{MÁX}$ (km/h)
MB	108 ± 14	211 ± 11	$36,6 \pm 6$
MP	117 ± 20	214 ± 11	$38,2 \pm 5$
<i>P</i>	0,290	0,707	0,622

TEM= teste de esforço máximo.

A partir do TEM quantificaram-se as concentrações plasmáticas de lactato, sendo que a Tabela 2 revela que somente o esforço elevou as [Lac]s ($P = < 0,001$), havendo aumento somente em relação aos valores basais. Não houve diferença entre

os grupos MP e MB nos momentos basal ($P = 0,983$), após ($P = 0,999$), 3 min ($P = 0,996$), 5 min ($P = 0,987$) ou 10 min ($P = 0,987$).

Tabela 2. Valores médios ($\pm dp$) do lactato plasmático (mmol/l) dos grupos MB (marcha batida) e MP (marcha picada), registrados nos momentos: basal, após, aos 3, 5 e 10 minutos após o TEM.

Grupos	Basal	Após	3 min	5 min	10 min
MB	$0,78 \pm 0,17$	$9,35 \pm 2,04^*$	$11,10 \pm 2,80^*$	$10,94 \pm 3,07^*$	$10,39 \pm 2,85^*$
MP	$0,74 \pm 0,07$	$10,51 \pm 3,22^*$	$12,54 \pm 4,41^*$	$12,97 \pm 5,30^*$	$12,49 \pm 5,62^*$

TEM: teste de esforço máximo; *Indica aumento em relação aos valores basais pelo teste de Holm-Sidak ($P = <0,001$).

A FC elevou de maneira linear em relação ao aumento da intensidade do esforço físico. A figura 2 mostra a curva FC vs. velocidade de todos os equinos avaliados após a estimativa das velocidades a partir das equações lineares obtidas. As velocidades (eixo x) estimadas foram de 45, 50, 55, 60 e 65 km/h.

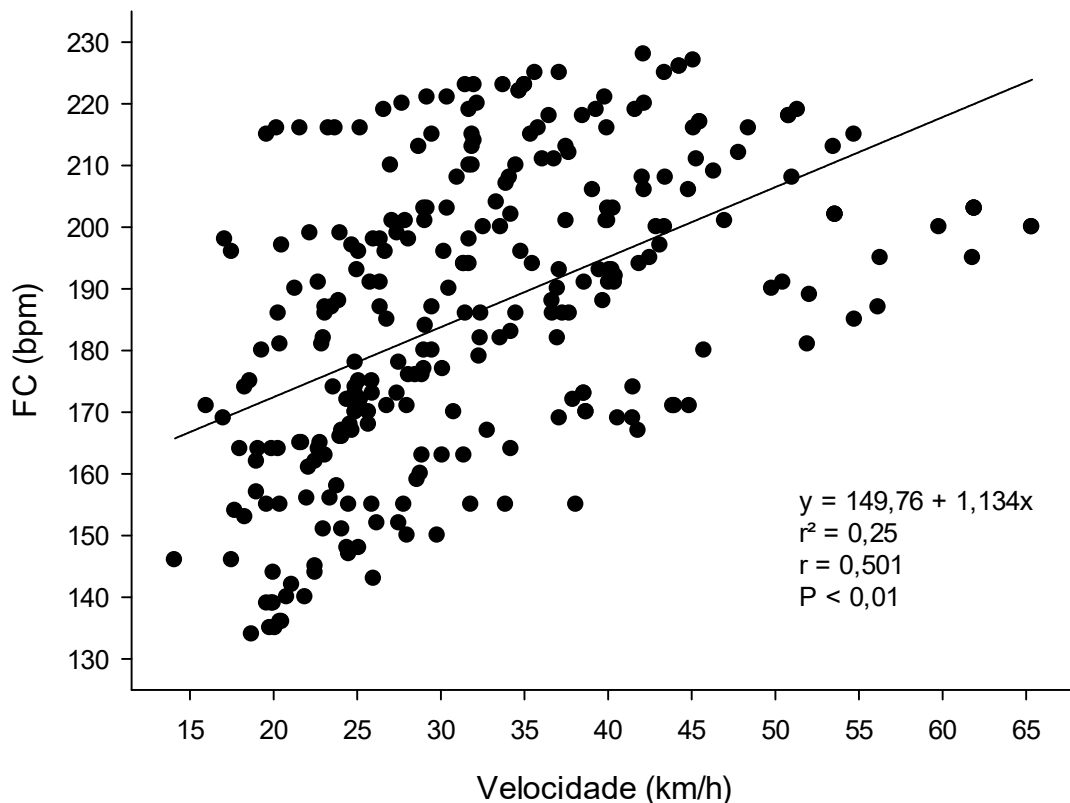


Figura 2. Frequência cardíaca em função da velocidade durante o teste de esforço máximo em equinos da raça Mangalarga Marchador.

2.3.2 Prova oficial de marcha (POM)

Detectou-se aumento ($P = <0,001$) das [Lac] após a POM em relação aos valores basais somente no grupo MB, sendo que os valores desse grupo após a prova foram superiores aos do grupo MP ($P = 0,005$) (Figura 3).

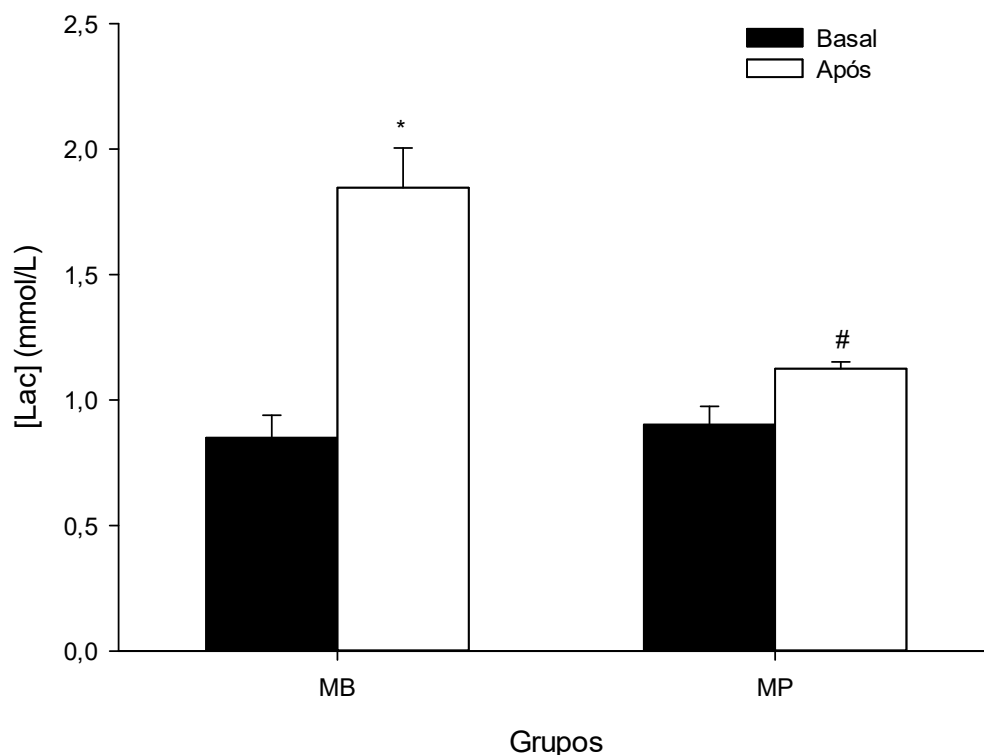


Figura 3. Concentrações plasmáticas de lactato basal (barras pretas) e após (barras brancas) a POM (Prova Oficial de Marcha) nos grupos marcha batida (MB) e marcha picada (MP). *Indica aumento em relação aos valores basais no grupo MB pelo teste t de Student. #Indica valor menor entre os grupos MB e MP pelo teste de Mann-Whitney Rank Sum.

Durante a POM, os equinos foram submetidos a períodos de avaliação, por parte dos juízes oficiais, que consistiram na marcha contínua e também na prova funcional. No entanto, em alguns momentos foram mantidos parados (estação) ou no andamento passo. Com isso, a FC foi estabelecida para cada período de realização da prova, sendo as etapas caracterizadas como: marcha, passo, prova funcional e estação (parados). Na Tabela 3 encontram-se os valores mínimos ($FC_{\text{MÍN}}$), médios ($FC_{\text{MÉDIA}}$) e pico (FC_{PICO}) registrados em cada uma das etapas da POM para os grupos MP e MB. No grupo MB, a $FC_{\text{MÉDIA}}$ durante a etapa realizada na marcha foi superior aos valores obtidos ao passo ($P=0,002$) e em estação ($P <0,001$) e semelhante à prova funcional ($P=0,737$). No grupo MP, a $FC_{\text{MÉDIA}}$ da marcha não diferiu dos valores

obtidos ao passo ($P=0,0136$) e durante a prova funcional ($P = 0,937$), mas foi maior do que aquela mensurada durante a etapa em que os animais permaneceram em estação ($P=0,005$). A $FC_{MÉDIA}$ não diferiu entre os grupos nas etapas de marcha ($P=0,978$), passo ($P=0,870$), prova funcional ($P=0,980$) ou estação ($P=0,983$). Não foi identificada diferença entre grupos ou entre etapas para os valores de $FC_{MÍN}$ ($P = 0,141$) ou FC_{PICO} ($P = 0,121$).

Tabela 3. Média ($\pm dp$) dos valores mínimos ($FC_{MÍN}$), médios ($FC_{MÉDIA}$) e pico (FC_{PICO}) de FC dos grupos de marcha batida (MB) e marcha picada (MP) durante as etapas das provas oficiais de marcha (marcha, passo, prova funcional e estação).

Etapas	Grupos	$FC_{MÍN}$ (bpm)	$FC_{MÉDIA}$ (bpm)	FC_{PICO} (bpm)
Marcha	MB	102 \pm 37	152 \pm 15 ^A	193 \pm 34
	MP	105 \pm 9	147 \pm 6 ^b	171 \pm 6
Passo	MB	104 \pm 23	120 \pm 16 ^{BC}	164 \pm 18
	MP	94 \pm 24	119 \pm 19 ^{ab}	163 \pm 22
Prova Funcional	MB	96 \pm 19	141 \pm 18 ^{AB}	196 \pm 33
	MP	99 \pm 15	137 \pm 7 ^{ab}	182 \pm 17
Estação	MB	76 \pm 19	106 \pm 14 ^C	170 \pm 34
	MP	74 \pm 8	104 \pm 8 ^a	155 \pm 21

Letras maiúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre as etapas no grupo MB, e letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença entre as etapas no grupo MP pelo teste de Holm-Sidak ($P<0,01$).

A Figura 4 mostra a duração média de cada etapa e a porcentagem correspondente ao tempo total da POM. A duração total média das POM foi de 31 \pm 12 min. A duração da fase de marcha foi superior às demais etapas ($P = <0,001$) e correspondeu a 61% do tempo total da POM. A prova funcional teve 7% de duração. Durante aproximadamente 34% do tempo total de prova os equinos foram mantidos ao passo ou em estação.

Como as $FC_{MÁX}$ médias (Tabela 1) foram iguais, estatisticamente, as porcentagens relativas à $FC_{MÁX}$ ($\%FC_{MÁX}$) foram analisadas conjuntamente para caracterização da demanda cardíaca de cada etapa (Figura 5). A $\%FC_{MÁX}$ durante o passo foi inferior aos valores obtidos na marcha ($P = <0,001$) e na prova funcional ($P = 0,002$). No entanto, não houve diferença ($P = 0,092$) entre as etapas de marcha e prova funcional, sendo que os valores médios foram de 70 e 66% $FC_{MÁX}$, respectivamente. Obviamente, enquanto os indivíduos se mantiveram parados (estação) a intensidade

relativa foi inferior aos valores encontrados na marcha ($P=<0,001$), na prova funcional ($P=<0,001$) ou ao passo ($P=0,023$).

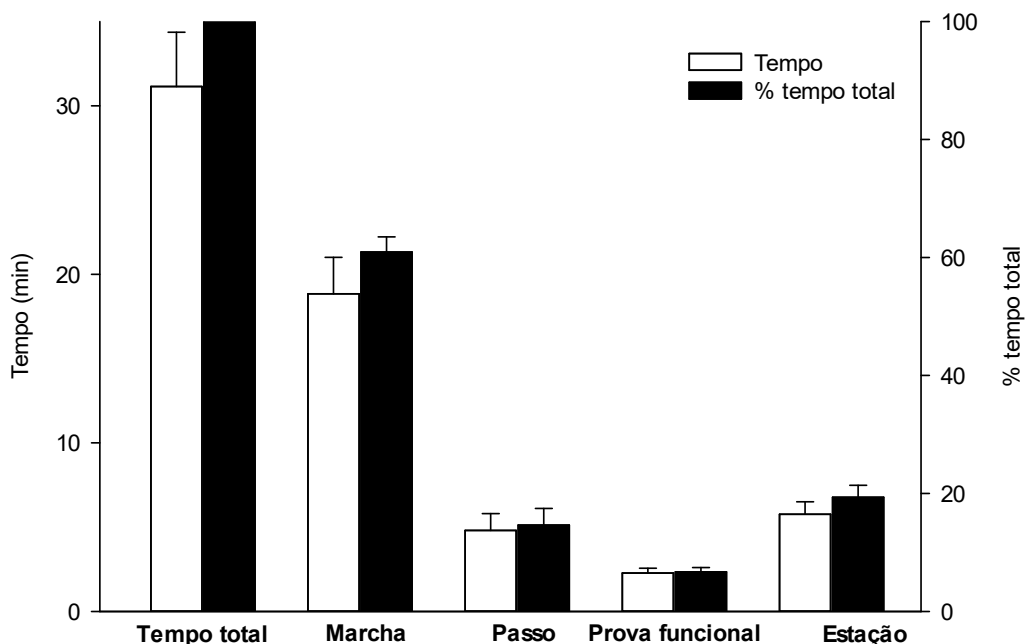


Figura 4. Duração total da POM (Prova Oficial de Marcha) e de cada uma das etapas (barras pretas, ordenada esquerda); e duração relativa de cada etapa da POM (barras brancas, ordenada direita) de 13 equinos da raça MM.

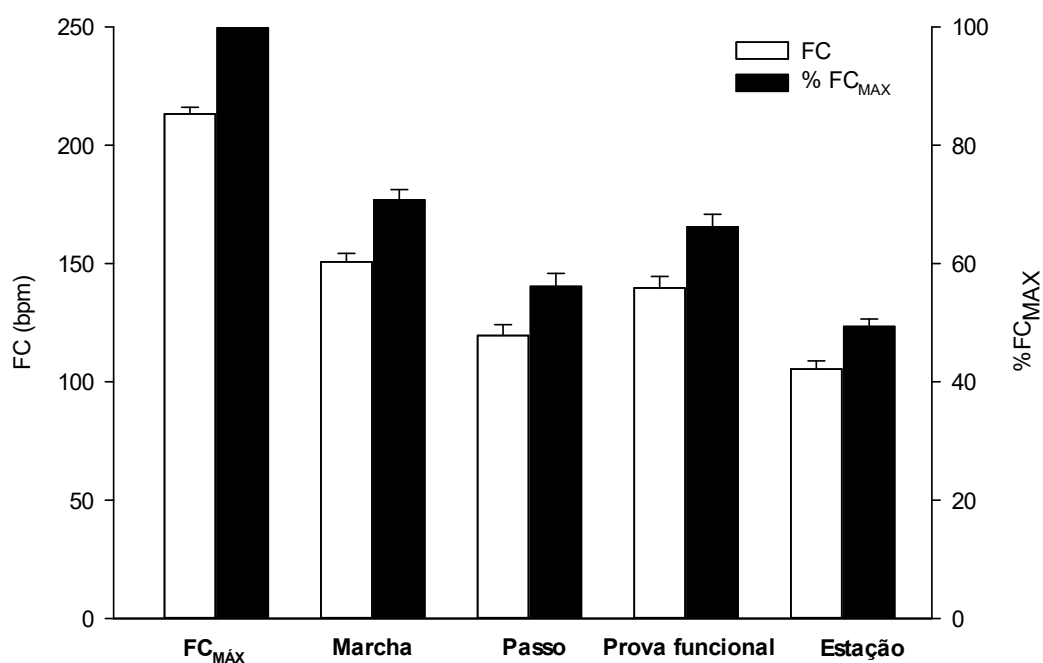


Figura 5. FC_{MÁX} e FC_{média} das etapas da POM (Prova Oficial de Marcha) (barras pretas, ordenada esquerda; % da FC_{MÁX}, barras brancas, ordenada direita) de 13 equinos da raça MM durante 2 provas oficiais de marcha.

A Tabela 4 revela que não houve diferença entre os grupos para os valores médios de FC_{PICO} ($P=0,514$), distância total percorrida ($P=0,653$), velocidade máxima ($P=0,327$) ou velocidade média ($P=0,437$) registrados durante a toda a POM dos grupos MB e MP.

Tabela 4. Valores médios ($\pm dp$) da distância média, velocidade máxima ($V_{MÁX}$), velocidade média ($V_{MÉDIA}$) das provas de marcha dos grupos marcha batida (MB) e marcha picada (MP)).

Grupos	Distância (km)	$V_{MÁX}$ (km/h)	$V_{MÉDIA}$ (km/h)
MB	$5,7 \pm 2$	18 ± 2	$11 \pm 0,8$
MP	$5,1 \pm 1$	17 ± 3	$11 \pm 0,9$
<i>P</i>	0,653	0,327	0,437

2.3.3 Teste de marcha padronizado (TMP)

Os valores médios $\pm dp$ e as diferenças estatísticas entre os grupos em relação à FC, COT e P obtidos no TMP estão demonstrados na Figura 6. O grupo MP apresentou maior COT ($P = 0,024$) e P ($P = 0,019$) em relação ao grupo MB. Os animais percorreram, durante o teste, uma distância fixa de 5,00 km a velocidade média de $12,6 \pm 0,4 \text{ km h}^{-1}$. As [Lac] dos grupos MB e MP registradas após o teste foram, respectivamente, $1,20 \pm 0,27$ e $1,49 \pm 0,40 \text{ mmol L}^{-1}$. Não foram verificadas diferenças entre os grupos para os valores médios de FC ($P = 0,163$), [Lac] ($P = 0,079$) ou entre o peso total ($P = 0,182$) dos animais submetidos ao TPM.

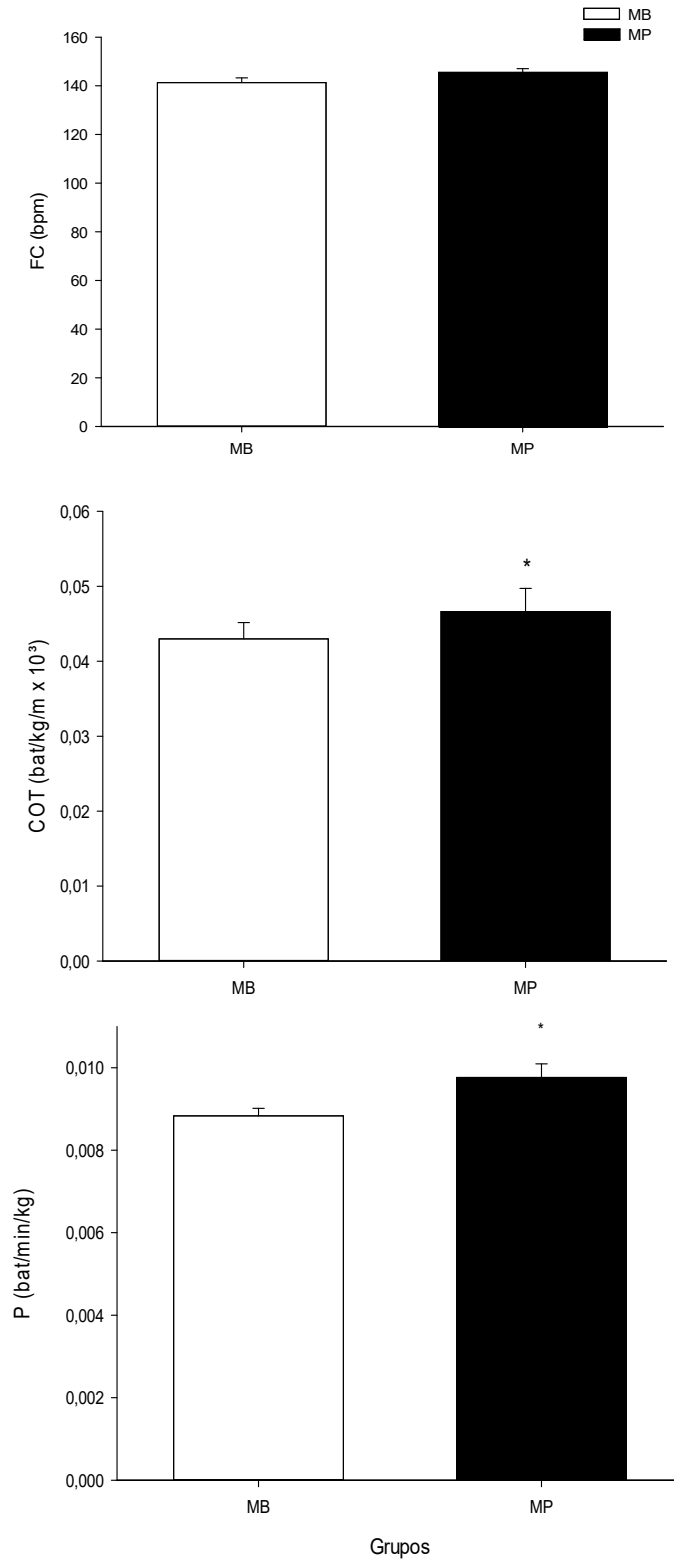


Figura 6. Valores médios ($\pm dp$) de frequência cardíaca (FC), custo de transporte (COT) e exigência de energia metabólica total (P) observadas nos grupos MP (marcha picada) e MB (marcha batida) durante os testes padronizados de marcha, com as diferenças estatísticas. *Indica diferença entre grupos pelo teste t de student dos valores de COT ($P=0,024$) e P ($P=0,019$).

2.4 DISCUSSÃO

Considerando a importância da raça MM na equideocultura brasileira, esta pesquisa produziu resultados que servirão, certamente, para melhoria de programas de treinamento de equinos dessa raça. Os achados do presente estudo descrevem de maneira seminal e inédita os valores do COT e P de dois padrões de andamento marchados: a marcha batida e a marcha picada. Foi possível determinar por meio do TEM a campo, a $FC_{MÁX}$ de equinos da raça MM. A determinação da $FC_{MÁX}$ possibilitou fixar a demanda cardíaca relativa ($\%FC_{MÁX}$) de uma POM, comumente realizada pelos equinos da raça MM.

Enquanto o presente estudo utilizou amostra relativamente pequena de indivíduos, em razão da disponibilidade restrita de cavalos a que se teve acesso, alguns resultados obtidos demonstraram haver diferença do COT e da P entre os dois tipos de marcha. Investigações adicionais com amostragens maiores serão requeridas para determinar se as diferenças identificadas na presente pesquisa entre os tipos de andamento serão mantidas. Outro aspecto a ser considerado é que as respostas relacionadas à FC e as [Lac], a partir do TEM, permitem afirmar que os equinos que compuseram os grupos experimentais, apesar de apresentarem diferenças no andamento, tinham aptidão física semelhante.

O TEM empregado no presente estudo caracterizou a $FC_{MÁX}$ e a $V_{MÁX}$ do TEM, sendo esta última obtida antes da etapa de inclinação de 17%. Houve semelhança entre os grupos MB e MP. Considerando a estreita relação entre a porcentagem da $FC_{MÁX}$ e a porcentagem do $\dot{V}O_{2MÁX}$ [9, 17, 24], pode-se inferir que ambos os grupos possuíam a mesma capacidade aeróbia [13]. A realização a campo do TEM apresenta limitações, principalmente de espaço adequado para a sua execução. Portanto, a inclinação foi utilizada neste estudo com o objetivo de manter o aumento da intensidade do esforço físico. Para se estabelecer a relação linear entre a FC e a intensidade do esforço, valores de velocidade durante a etapa de inclinação foram estimados individualmente. Apesar desse método gerar velocidades irreais, considerando a raça estudada, a metodologia do TEM executada na presente pesquisa foi eficaz para a determinação da $FC_{MÁX}$ a campo de equinos MM. Pesquisas futuras devem encontrar métodos mais efetivos para a demonstração da relação existente entre o aumento da FC e da intensidade do esforço quando houver redução

da velocidade. Também foi estudado no TEM a lactatemia, que possibilita avaliar a predominância da via glicolítica de produção de ATP durante o esforço [25] e apresenta correlação forte com o desempenho competitivo dos atletas da espécie equina [26]. Não houve diferença entre os grupos, indicando que todos os equinos avaliados apresentaram semelhante aptidão física, no que tange a produção de energia pela via glicolítica anaeróbia.

A definição da porcentagem da $FC_{MÁX}$ (%FC, intensidade relativa à capacidade aeróbia máxima) durante a realização de alguma modalidade esportiva possibilita estabelecer o índice relativo à intensidade de exercício e reduz a variabilidade entre indivíduos ou entre grupos (plantel) [14], sendo necessária para melhorar a individualização da prescrição da intensidade do treinamento. Dessa forma, os valores médios relativos à % $FC_{MÁX}$, bem como a proporção do tempo em que eles são mantidos nestas intensidades, durante as provas de marcha monitoradas na presente pesquisa, podem subsidiar treinadores, e servir de orientação na elaboração de programas de condicionamento físico que respeitem as exigências fisiológicas impostas pelo exercício nas provas oficiais do MM [27]. Assim, com o devido cuidado em evitar generalizações entre raças e modalidades diferentes, com base na análise de regressão linear encontrada num estudo prévio [24], a intensidade média da POM de marcha batida ou picada deve ser de aproximadamente 56% do $\dot{V}O_{2MÁX}$ (<75% $FC_{MÁX}$).

Ainda sobre este tema, houve variação da FC, sempre abaixo da $FC_{MÁX}$, ao longo de todas as etapas da POM devido à variação do esforço, demonstrando que os animais são submetidos a intensidades submáximas durante a realização da prova. Segundo o conceito clássico, a duração total de uma POM pode variar de 20 a 70 min [19], dependendo do número de animais julgados e do grau de dificuldade do julgamento. Nossos resultados revelaram que a POM durou aproximadamente 30 min, sendo que a maior parte da competição foi realizada na marcha, perfazendo 61% da duração total. As etapas da POM definidas no nosso estudo diferiram quanto à intensidade relativa, com exceção da prova funcional e da etapa de marcha, que foram semelhantes entre si. A prova funcional deve ser executada a velocidades variadas e atividades físicas diferentes, como passo, galope, corrida de tambor e salto. No

entanto, apesar de provocar ampla variação da FC, a realização da mesma não aumentou a $FC_{MÉDIA}$ ou a intensidade relativa comparada à fase de marcha.

A FC_{PICO} média foi semelhante em toda a POM (Tabela 4) estando próxima à $FC_{MÁX}$ em ambos os grupos, MP e MB. Ademais, é importante destacar o tempo em que os animais permaneceram parados ou ao passo, que correspondeu a 19 e 15% do tempo total, respectivamente. Nesses momentos a FC reduz significativamente, caracterizando momentos de menor demanda metabólica após as atividades mais intensas. Por esse motivo, podemos propor que seja estudada, com equinos da raça MM, a eficácia de protocolos de condicionamento físico compostos por sessões de treinamento intervalado ou do tipo Fartlek, que utilizem intensidades equivalentes às $\%FC_{MÁX}$ produzidas no presente estudo. Essas sessões podem ser realizadas em linha reta, em solo firme e regular para mitigar a incidência de lesões músculo-esqueléticas.

A realização da POM produziu maior [Lac] no grupo MB. Contrariamente aos nossos resultados, ao comparar as respostas metabólicas de equinos da raça MM de marcha batida e picada em prova simulada de 30 min, Wanderley et al. [21] afirmaram que a marcha picada foi energeticamente mais dispendiosa que a marcha batida, pois os animais de marcha picada produziram maiores valores de FC e [Lac] em relação aos animais de marcha batida. No entanto, a duração de uma POM depende, principalmente, do número de animais julgados. Quanto mais competidores numa determinada categoria da POM, maior será o tempo do julgamento, o tempo em que os equinos permanecem em movimento e, portanto, a distância percorrida pelos mesmos. Dessa forma, devido às características culturais regionais de criação de equinos da raça MM, os eventos oficiais monitorados no presente estudo contou com um número maior de equinos MM de marcha batida, em relação aos de marcha picada, diferentemente do estudo de Wanderley et al. [21]. Ademais, não houve diferença da [Lac] entre os grupos após o TMP, quando ambos os grupos percorreram a mesma distância a velocidade constante. Assim, a maior [Lac] do grupo MB pode ter ocorrido devido ao maior tempo de julgamento e maior distância percorrida por esse grupo durante a POM.

Os resultados do TMP do presente estudo determinaram os valores de FC, [Lac], COT e P em dois diferentes tipos de marcha, realizados a mesma velocidade e duração. O valor do COT a velocidades equivalentes nos dois tipos de marcha, batida

ou picada, foi superior no grupo MP, o que ratificou a hipótese de Wanderley et al. [21] sobre o dispêndio energético estimado de equinos de marcha picada ser superior aos exemplares de marcha batida. Segundo esses autores, isso ocorre devido à marcha picada apresentar maior contato com a superfície e conseqüentemente maior custo de locomoção à mesma velocidade. O padrão do andamento é importante fator que influencia as demandas energéticas durante a locomoção, pois segundo Schoter et al. [10], a utilização de grupos musculares específicos pode ser alterada dependendo do andamento adotado a determinada velocidade, o que afeta a eficiência mecânica e o consumo de oxigênio durante a locomoção.

De acordo com Procópio [3], por possuírem passadas mais curtas, equinos de marcha picada aumentam a frequência de passada para garantir a manutenção da velocidade, o que ocasiona maior geração de força e eleva o COT e P [10]. As diferenças das demandas energéticas durante a locomoção refletem a eficiência mecânica dos andamentos avaliados e são, portanto, proporcionais à frequência de passada a velocidades equivalentes [29]. Assim, é importante ressaltar que quanto maior a velocidade dos equinos de marcha picada, maior será o COT e a P durante a locomoção, comparativamente aos de marcha batida. Considerando que o COT e a P de equinos de MP é maior que o de animais de MB, a demanda energética apresentada pelo primeiro é mais elevada que a dos últimos, uma vez que, dada a dinâmica da locomoção na MP o esforço muscular poderá ser maior. Diante disso, a atenção com os equinos MM de MP deve ser mais rigorosa, já que estes realizaram a POM a mesma velocidade e duração dos equinos de MB. A avaliação de equinos MM de MP não deve ser realizada a mesma intensidade de esforço que os MM de MB [22]. No entanto, ainda são escassos estudos que definam a distribuição dos apoios durante as modalidades de marcha, assim como a velocidade de locomoção mais econômica em termos energéticos para cada uma delas.

2.5 CONCLUSÕES

Com base nos achados deste trabalho é possível concluir:

1. A $FC_{MÁX}$ média de equinos da raça MM é de 214 bpm.
2. Equinos de marcha batida ou picada que possuíram a mesma capacidade aeróbia se assemelharam quanto às $\%FC_{MÁX}$ durante a realização de provas de marcha oficiais da raça.
3. As provas de marcha batida ou picada podem ser caracterizadas como um esforço de intensidade intermitente e submáxima.
4. Com base nos valores de COT e P obtidos no TMP é possível afirmar que a demanda energética da marcha picada é maior que a da marcha batida.
5. Independentemente do tipo de andamento, os equinos MM possuem a mesma capacidade aeróbia.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de mestrado; ao Laboratório de Farmacologia e Fisiologia do Exercício Equino (LAFEQ) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP- Univ. Estadual Paulista; ABCCMM (Associação Brasileira de Criadores do Cavallo Mangalarga Marchador) e ao Centro de Treinamento Equestre Hytalo Bretas pelo apoio e disponibilização de animais e material necessário para a realização da pesquisa.

2.6 REFERÊNCIAS

- [1] Rezende ASC, Fonseca MG, Jordão LR, D'Angelis FHF, Almeida MLM, Queiroz Neto A et al. Skeletal Muscle Fiber Composition of Untrained Mangalarga Marchador Filies. *J Equine Vet Sci* 2016; 36:101-4.
- [2] ABCCMM - Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador. Regulamento do serviço de registro genealógico do Cavalo Mangalarga Marchador, Belo Horizonte: ABCCMM; 2007.
- [3] Procópio AM. 2005. Análise cinemática da locomoção de equinos marchadores (Ph.D.thesis). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- [4] Procópio AM, Bergmann JAG, Menzel HJ et al. Curvas ângulo-tempo das articulações dos equinos marchadores. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2007;59:41-8.
- [5] Santiago JM, Rezende ASC, Lana AMQ, Fonseca MG; Abrantes RGP; Lage J et al. Comparação entre as medidas morfométricas de equinos Mangalarga Marchador de marcha batida e marcha picada. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2014;66(2):635-9.
- [6] Fonseca MG, Ferraz GC, Pereira GL, Curi RA. A genome-wide association study reveals differences in the genetic mechanism of control of the two gait patterns of the Brazilian Mangalarga Marchador breed. *J Equine Vet Sci*. 2016. (No prelo)
- [7] Evans DL, Training and fitness in athletic horses, Rural Industries Research, 2000.
- [8] Evans D. Exercise testing in the field. In: Hinchcliff KW, Geor RJ, Kaneps AJ, editors. *Equine Exercise Physiology*, Philadelphia: Saunders; 2008, p. 12–28.
- [9] Eaton MD, Evans DL, Hodgson DR, Rose RJ. Effect of treadmill incline and speed on metabolic rate during exercise in Thoroughbred horses. *J appl Physiol*. 1995; 79: 951-7.
- [10] Schroter, RC, Baylis, E and Marlin, DJ. Gait, estimated net cost of transport and heat production at different speeds in three-day event horses. *Equine vet. J. Suppl*. 1996; 22: 16-23

- [11] Piccione, G; Messina, V; Bazzano, M; Giannetto, C; Fazio, F. Heart Rate, Net Cost of Transport, and Metabolic Power in Horse Subjected to Different Physical Exercises. *J Equine Vet Sci* 2013; 33(8):586-9.
- [12] Schroter RC, Marlin DJ. Modelling the oxygen cost of transport in competitions over ground of variable slope. *Equine Vet J* 2002; 34 Suppl:397-401.
- [13] Gramkow HL, Evans DL. Correlation of race earnings with velocity at maximal heart rate during a field exercise test in thoroughbred racehorses. *Equine Vet J* 2006; 36 Suppl:118-22.
- [14] Vincent, TL; Newton, JR; Deaton, CM; Franklin, SH; Biddick, T; McKeever, KH et al. Retrospective study of predictive variables for maximal heart rate (HRmax) in horses undergoing strenuous treadmill exercise. *Equine Vet J* 2006;38 Suppl 36:146-152.
- [15] Vermeulen, AD; Evans, DL Measurements of fitness in thoroughbred racehorses using field studies of heart rate and velocity with a global positioning system. *Equine Vet J* 2006; 38 Suppl 36: 113-7.
- [16] Fonseca RG, Kenny DA, Hill EW, Katz LM. The association of various speed indices to training responses in Thoroughbred flat racehorses measured with a global positioning and heart rate monitoring system. *Equine Vet J* 2010;42 Supp38:51-7.
- [17] Marlin DJ, Allen JCR Cardiovascular demands of competition on low-goal polo ponies. *Equine Vet J* 1999;31(5): 378-82.
- [18] Procópio AM. A velocidade da marcha. In: Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador, editor. Mangalarga Marchador: Revista Oficial da ABCCMM. 53rd edition. Belo Horizonte: ABCCMM, 2003; 74-6.
- [19] ABCCMM - Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador. Regulamento Geral para Eventos Oficializados do Cavalo Mangalarga Marchador, Belo Horizonte: ABCCMM; 2009.

[20] Prates RC, Rezende HHC, Lana AMQ, Borges I, Moss PCB, Moura RSM, et al. Heart rate of Mangalarga Marchador mares under marcha test and supplemented with chromium. *Rev Bras Zootec.* 2009; 38:916-22.

[21] Wanderley EK, Manso Filho HC, Manso HECCC, Santiago TA, McKeever KH. Metabolic changes in four beat gaited horses after field marcha simulation. *Equine Vet J.* 2010;38 Suppl:105-9.

[22] Jordão LR, Rezende ASC, Bergmann, JAG et al. Effect of feed at different times prior to exercise and chelated chromium supplementation on the athletic performance of Mangalarga Marchador mares. *Equine Comp Exerc Physiol.* 2011;7:133-40.

[23] Abrantes RGP; Rezende ASC; Santiago JM; Trigo P ; Melo MM; Fonseca MG et al. Validation of a training protocol for marcha contests of the mangalarga marchador breed. *Biosci J.* 2015; 31: 1787-91.

[24] Evans DL, Rose RJ. Maximum oxygen uptake in racehorses: changes with training state and prediction from submaximal cardiorespiratory measurements. In: Gillespie JR, Robinson NE, editors, *Equine Exerc Physiol.* 1987; 2nd edition. Davis: ICEEP publications. 52-67.

[25] Desmecht D, Linden A, Amory H, Art T, Lekeux P. Relationship of plasma lactate production to cortisol release following completion of different types of sporting events in horses. *Vet Res Commun.* 1996;20(4):371-9

[26] Lindner A. Use of blood biochemistry for positive performance diagnosis of sports horses in practice. *Rev Med Vet* 2000;151(1):611-8.

[27] Manso Filho HC, Manso HECCC, Cardoso EA, Melo RE, Silva FS, Abreu JMG. Avaliação da frequência cardíaca e do esforço físico em cavalos atletas pelo uso do frequencímetro. *Ciênc vet tróp.* 2012 Jan/dec;15(1/2/3):41-8.

[28] Williams, RJ; Nankervis, KJ; Colborne, G.R.; Marlin, D.J.; Schroter, R.C. Heart rate, net transport cost and stride characteristics of horses exercising at walk and trot on positive and negative gradients. *Comp Exerc Physiol* 2009;6:113-9.