

**UNIVERSIDADE VILA VELHA-ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**AVALIAÇÃO DO CONDICIONAMENTO ATLÉTICO DE EQUINOS DA
RAÇA QUARTO DE MILHA USADOS EM PROVAS DE TRÊS
TAMBORES**

MARCELA BUCHER BINDA

**VILA VELHA
FEVEREIRO / 2016**

UNIVERSIDADE VILA VELHA- ES
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**AVALIAÇÃO DO CONDICIONAMENTO ATLÉTICO DE EQUINOS DA
RAÇA QUARTO DE MILHA USADOS EM PROVAS DE TRÊS
TAMBORES**

Dissertação apresentada a Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, para obtenção grau de Mestre em Ciência Animal.

MARCELA BUCHER BINDA

VILA VELHA
FEVEREIRO / 2016

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

B648a Binda, Marcela Bucher.

Avaliação do condicionamento atlético de equinos da raça quarto de milha usados em provas de três tambores / Marcela Bucher Binda. – 2016.

77 f.: il.

Orientador: Clárisse Simões Coelho.

Dissertação (mestrado em Ciência Animal) - Universidade Vila Velha, 2016.

Inclui bibliografias.

1. Medicina Veterinária 2. Cavalo. 3. Aptidão física.
I. Coelho, Clárisse Simões. II. Universidade Vila Velha.
III. Título.

CDD 636.089

MARCELA BUCHER BINDA

**AVALIAÇÃO DO CONDICIONAMENTO ATLÉTICO DE EQUINOS DA
RAÇA QUARTO DE MILHA USADOS EM PROVAS DE TRÊS
TAMBORES**

Dissertação apresentada a Universidade
Vila Velha, como pré-requisito do
Programa de Pós-graduação em Ciência
Animal, para obtenção do título de
Mestre em Ciência Animal.

Aprovada em 29 de fevereiro de 2016

Banca Examinadora

Tatiana

PROF. DRA Tatiana de Souza Barbosa (UVV)

Marcela Lima Sant Anna

PROF. DRA Marcela Lima Santanna (UVV)

Clarisse Simões Coelho

PROF. DRA Clarisse Simões Coelho (UVV)

Orientadora

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Izidoro e Jane, amor infinito, a razão da minha existência.

“O homem a pé é uma inteligência que procura;
o homem a cavalo uma inteligência que conquista;
o homem a pé é um filósofo que observa e pensa;
o homem a cavalo é um pensamento que devora
o espaço e domina o mundo.”

Paolo Mantegazza.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me amparar nos momentos mais difíceis, dando força para lutar, superar as dificuldades e seguir no caminho certo.

À minha família que nunca mediu esforços, que fez do meu sonho o deles. Pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

À minha orientadora, Prof. Dr^a Clarisse Simões Coelho, pela oportunidade e pela confiança depositada em mim desde a graduação. Por ser um exemplo de profissional e de mulher, a qual sempre fará parte da minha vida.

Aos cavalos, as mais belas criaturas divinas, parte indispensável desse trabalho e também da minha vida.

À Fernanda de Almeida Teixeira, Laís Policarpo, Laura Conti, Mirella dos Santos Adamkosky e Renan Carvalho, companheiros de pesquisa, pela disponibilidade e ajuda.

Ao Jockey Clube do Espírito Santo, Haras Lucan e Haras Limão Verde, pela confiança em emprestar seus animais. Também pela paciência dos treinadores na realização do experimento.

Aos meus amigos verdadeiros, de longa jornada, que estão sempre ao meu lado.

A CAPES pela bolsa do mestrado.

A todos que fazem parte da minha vida.

Meu muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1 <i>Eletrocardiograma (ECG) no cavalo atleta.....</i>	03
2.2 <i>Arritmias cardíacas.....</i>	06
2.3 <i>Lactato Plasmático.....</i>	10
2.4 <i>Enzimas musculares: Aspartato aminotransferase (AST) e Creatino quinase (CK).....</i>	11
3. OBJETIVOS.....	14
4. CAPÍTULO I.....	15
5. CAPÍTULO II.....	39
REFERÊNCIAS.....	58

RESUMO

BINDA, Marcela, B., M.Sc. Universidade Vila Velha- ES, fevereiro de 2016. **Avaliação do condicionamento atlético de equinos da raça Quarto de Milha usados em provas de três tambores.** Orientadora: Clarisse Simões Coelho.

Os objetivos do presente estudo foram avaliar a influência de uma sessão de prova de três tambores sobre os parâmetros eletrocardiográficos, eritrograma e bioquímica sérica de equinos da raça Quarto de Milha. Vinte e oito equinos da referida raça, doze fêmeas e dezesseis machos, com idade de $4,5 \pm 2,6$ anos e pesando $438,5 \pm 34,6$ kg, foram avaliados em quatro diferentes momentos: antes (T0) e com 5 minutos (T1), 30 minutos (T2) e 120 minutos (T3) após uma prova de três tambores. Nesses momentos, as frequências cardíaca e respiratória e a temperatura corpórea (TC) foram mensuradas. Coletas de sangue também foram feitas para determinar volume globular (VG), contagem de eritrócitos e concentração de hemoglobina. Desses resultados, foram calculados o volume corpuscular médio (VCM) e a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM). Também foram determinadas as concentrações séricas de AST e CK e a lactacidemia. Eletrocardiogramas foram realizados em dois diferentes momentos: no repouso e imediatamente após o exercício (prova de três tambores). As variáveis eletrocardiográficas analisadas foram ritmo cardíaco, frequência cardíaca (FC), duração da onda P, do complexo QRS e dos intervalos PR e QT, amplitudes das ondas P, R e T e análise do QT corrigido (QTc) de acordo com a fórmula de Bazett (QT/\sqrt{RR}) e variabilidade da frequência cardíaca (VFC). As variáveis foram analisadas quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e as comparações foram feitas usando teste de Tukey considerando $p < 0,05$. Os resultados mostraram que o exercício imposto alterou significativamente ($p < 0,0001$) as frequências cardíaca e respiratória, TC, VG, contagem de eritrócitos, concentração de hemoglobina e lactacidemia, com maiores valores registrados em T1. Nenhuma alteração significativa foi observada para VCM ($p = 0,9704$), CHCM ($p = 0,9636$), AST ($p = 0,3414$) e CK ($p = 0,7115$). A análise do ritmo revelou 89,3% de ritmo sinusal e 10,7% de arritmia sinusal no repouso, com FC média de $39,5 \pm 8,2$ bpm, e 100% taquiarritmia, com FC média de $107,6 \pm 9,2$ bpm após o exercício. No pós-exercício, foi possível observar reduções significativas na duração da onda P ($p < 0,0001$), do intervalo PR ($p < 0,0001$), do intervalo QT ($p < 0,0001$), QTc ($p = 0,0016$) e VFC ($p < 0,0001$) e aumentos significativos na amplitude da onda P ($p = 0,0058$) e FC ($p < 0,0001$). Nenhuma diferença foi observada para as amplitudes das ondas R e T e para a duração do complexo QRS. Foi possível concluir que a atividade física imposta levou a importantes alterações das variáveis estudadas e essas podem ser usadas na avaliação do condicionamento atlético de equinos treinados em condições tropicais.

Palavras-chave: cavalos, desempenho, ECG, enzimas musculares.

ABSTRACT

BINDA, Marcela, B., M.Sc. Universidade Vila Velha- ES, fevereiro de 2016.
Evaluation of athletic performance of Quarter Horses used for barrel racing.
Orientadora: Clarisse Simões Coelho.

The aim of this study was to evaluate the influence of a barrel racing exercise on the electrocardiographic parameters, erythrogram and serum biochemistry of Quarter horses. Twenty-eight Quarter horses, twelve females and sixteen males, aged 4.5 ± 2.6 years old and weighting 438.5 ± 34.6 kg, were evaluated in four different moments: before (T0), 5 minutes (T1), 30 minutes (T2) and 120 minutes (T3) after a barrel racing activity. On these moments, heart rate (HR), respiratory frequency (RF) and body temperature (BT) were measured. Blood samples were taken to determine packed cell volume (PCV), concentration of erythrocytes and hemoglobin. From these data, mean corpuscular volume (MCV) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) were calculated. Also, serum concentrations of AST and CK and plasma lactate were recorded. Electrocardiograms were recorded in two different moments: rest and immediately after exercise (a barrel racing exercise). The electrocardiographic variables analyzed were cardiac rhythm, heart rate (HR), duration of P wave, QRS complex, PR and QT intervals, amplitudes of P, R and T waves, and analysis of QT corrected (QTc) according to Bazett's formula (QT/\sqrt{RR}) and heart rate variability (HRV). Variables were analyzed for normality with Kolmogorov-Smirnov test and comparisons were made using Tukey test, considering $p < 0.05$. Results showed that the imposed exercise altered significantly ($p < 0.0001$) HR, RF, BT, PCV, erythrocytes count, hemoglobin concentration and plasma lactate, with higher values recorded on T1. No significant differences were observed for MCV ($p = 0.9704$), MCHC ($p = 0.9636$), AST ($p = 0.3414$) and CK ($p = 0.7115$). Rhythm analysis revealed 89.3% of sinus rhythm and 10.7% of sinus arrhythmia in rest, with mean HR of 39.5 ± 8.2 beats/ minute, and 100% of sinus tachycardia, with mean HR of 107.6 ± 9.2 beats/ minute after exercise. In post-exercise, it was possible to observe significant reductions in the duration of P wave duration ($P < 0.0001$), PR interval ($P < 0.0001$), QT interval ($P < 0.0001$), QTc ($P = 0.0016$) and HRV ($P < 0.0001$) and significant increases in P wave amplitude ($P = 0.0058$) and heart rate ($P < 0.0001$). No differences were recorded for R and T wave amplitudes and for the duration of the QRS complex. It was possible to conclude that the physical activity imposed led to important alterations on the studied variables and those can be used on the evaluation of athletic conditioning of horses trained on tropical conditions.

Key-words: equines, performance, ECG, muscle enzymes.

1. INTRODUÇÃO

O cavalo Quarto de Milha surgiu por volta do ano de 1600 nos Estados Unidos, através de cruzamentos de éguas vindas da Inglaterra e garanhões trazidos da Arábia e Turquia, sendo a primeira raça desenvolvida na América (ABQM, 2016). Esses cruzamentos produziram cavalos compactos e fortes, capazes de realizar paradas bruscas, mudança de direção repentinas e grande habilidade de girar sobre si mesmo, além de serem invencíveis em corridas curtas (ABQM, 2016). Além disso, os cavalos dessa raça foram se especializando no trabalho com o gado e, nos finais de semana, os colonizadores se divertiam promovendo corridas nas ruas com distância de um quarto de milha (402 metros), originando o nome da raça (ABQM, 2016).

A raça foi introduzida no Brasil no ano de 1955, quando foram importados seis animais do Texas, Estados Unidos (ABQM, 2016). A partir daí, foi despertado o interesse e entusiasmo em outros criadores. Atualmente, no Brasil, o plantel de Quarto de Milha é composto por mais de 474.862 animais registrados (ABQM, 2016). É considerado o cavalo mais versátil do mundo, sendo utilizado em provas de conformação, trabalho e corrida e principalmente em provas tipo *western* que incluem apartação, cinco tambores, laço de bezerro, laço em dupla, rédeas, maneabilidade, três tambores, *western pleasure*, vaquejada e laço comprido, onde a maioria dos circuitos são oficializados pela Associação Brasileira de Criadores de Cavalo Quarto de Milha (ABQM) (ABQM, 2016). No estado do Espírito Santo, a raça é amplamente difundida e os animais são os mais usados principalmente em provas dos três tambores (ABQM, 2016).

A prova dos Três tambores consiste em três tambores de aço de 200 litros cada um, dispostos a 27,5 metros o primeiro do segundo e o terceiro a 32 metros do primeiro e do segundo tambor. O tempo começa a ser cronometrado assim que o focinho do cavalo alcança a linha de partida. O competidor contorna os três tambores com um giro completo (360°). O competidor pode tocar nos tambores, porém caso derrube será acrescido 5 segundos por tambor derrubado. Erros de percurso implicam em desclassificação (ABQM, 2016).

Nessas provas, os cavalos são extremamente exigidos, pois realizam um esforço físico de alta intensidade e curta duração, com uma grande demanda energética (SECANI e LÉGA, 2009).

Os animais da raça Quarto de Milha vêm sendo cada vez mais usados em esporte equestre em regiões tropicais, o que torna necessário maiores estudos avaliando como o nível de exercício físico imposto nessas condições altera as variáveis fisiológicas durante treinamentos ou competições, o que permite seu uso como uma ferramenta de avaliação do condicionamento atlético desses animais (MARQUES et al., 2002). Dentre as avaliações rotineiramente feitas na fisiologia do exercício equino, destacam-se os estudos envolvendo cardiologia e as alterações na bioquímica sérica.

A espécie equina é muito suscetível a arritmias cardíacas, sendo essas atribuídas a alta variação do tônus vagal em condições de repouso e consideradas benignas ou fisiológicas (VINCENZI et al., 2000). Por isso, segundo Bertone (1999), o exame clínico cardiológico detalhado em equinos é essencial em exames de compra e venda, avaliação de baixa performance e diagnóstico de doenças sistêmicas e cardiovasculares.

O eletrocardiograma (ECG) é um procedimento não invasivo, de baixo custo, que registra a atividade elétrica do coração podendo detectar falhas no bombeamento sanguíneo. Avalia o ritmo e o número de batimentos cardíacos por minuto. É um importante método diagnóstico de diversas doenças cardíacas (PALMA et al., 2013). Atualmente, tem sido utilizado também para avaliação da performance atlética e acompanhamento na evolução de treinamento, detectando a queda e progressão de desempenho atlético, pois pode ser utilizado facilmente a campo e de resultado imediato (DINIZ et al., 2011).

Os estudos envolvendo eletrocardiograma em equinos da raça Quarto de Milha são escassos quando comparados a pesquisas relacionadas a outras raças como Puro Sangue Árabe, Crioulo, Puro Sangue Inglês (PSI), American Miniature Horse; Mangalarga e raças de salto, principalmente ao considerar animais criados em condições tropicais (VINCENZI et al., 2000; FERNANDES et al., 2004; YONEZAWA et al., 2009; DINIZ et al., 2011; BELLO, et al., 2012; DANTAS et al., 2015; PASCON et al., 2015).

De uma forma geral, o estudo da performance de equinos atletas deve ser sempre complementada com mensurações sanguíneas das quais destacam-se a determinação do lactato sanguíneo ou plasmático e enzimas musculares (McGOWAN, 2008), mas para tal elas precisam ser bem caracterizadas nas diferentes raças e exercícios físicos impostos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Eletrocardiograma (ECG) no cavalo atleta

O coração equino tem o formato de um cone irregular localizado na cavidade torácica, no mediastino médio (MENDES, 2004). Sua principal função é manter uma adequada circulação sanguínea para o bom funcionamento de todos os órgãos e tecidos (MENDES, 2004). Com o aumento da demanda circulatória, que pode ocorrer em função da atividade atlética ou por alterações patológicas, existem duas formas de compensação para aumentar o volume circulante por minuto: (1) aumento da frequência cardíaca e (2) aumento da força de contração (MENDES, 2004; GIANNICO et al., 2015).

Segundo Grossman et al. (1975), existem duas formas de adaptação aos treinamentos físicos, sendo a primeira caracterizada por uma hiperplasia, ou seja, aumento das miofibrilas dispostas em série, ampliando o diâmetro da câmara cardíaca, e a segunda caracterizada por uma hipertrofia, com aumento das miofibrilas dispostas em paralelo, expandindo a espessura do ventrículo esquerdo. O aumento da espessura da parede favorece a força de contração e o aumento da câmara cardíaca leva a um maior volume de ejeção sanguínea, ambos contribuindo com o melhor desempenho do animal (POOLE e ERICKSON, 2004). Cavalos atletas podem atingir débito cardíaco de 500L/min, devido a um aumento da musculatura cardíaca (POOLE e ERICKSON, 2004).

Problemas nos sistemas musculoesquelético e respiratório são as principais causas de baixa performance atlética, porém lesões no sistema cardiovascular são também uma importante causa de intolerância ao exercício (DURANDO, 2003). As alterações cardiovasculares são a terceira maior causa de queda de desempenho atlético em equinos, podendo acarretar em intolerância ao exercício e até morte súbita (YONEZAWA et al., 2014). Segundo Bertone (1999), o exame clínico detalhado cardiológico em equinos é essencial em exames de compra e venda, avaliação de baixa performance e diagnóstico de doenças sistêmicas e cardiovasculares.

Na medicina esportiva equina, o eletrocardiograma (ECG) tem sido usado na avaliação da performance atlética, bem como no acompanhamento do treinamento

físico e seus excessos (EVANS, 1999; DINIZ et al., 2008), sendo seu uso recomendado em testes de esteira ou a campo (DURANDO, 2003).

O ECG é um exame não invasivo, de fácil realização e de baixo custo. Registra graficamente os fenômenos elétricos do coração captados por meio da diferença de potencial elétrico dos eletrodos através da superfície corpórea (FERNANDES et al., 2004). Nele, serão mensurados a frequência cardíaca (FC) e os traçados eletrocardiográficos, além da caracterização do ritmo. Em equinos adultos e hípidos, a FC varia entre 28 a 44 batimentos por minuto (bpm) no repouso e em potros, a FC varia entre 70 a 80 batimentos por minuto (MAAR e BOWEN, 2010). Em cavalos usados em provas de enduro, da raça Puro Sangue Árabe, os valores de FC descritos antes da realização da prova foram de 39,3 bpm, e em cavalos da raça Mangalarga a FC foi de 49 bpm e em mestiços de 51 bpm (FERNANDES, 1994). Foram registradas FC de 69,29 bpm e de 49,96 bpm, respectivamente, para potros com até um ano e potros sobreano, ambos da raça PSI (FERNANDES et al., 2004). Em um estudo com 84 éguas da raça Crioula, a FC média foi de 53,22 bpm (PASCON et al., 2015). Já em animais usados em Pólo, a FC média observada no repouso foi de 37,3 bpm e, após o exercício, de 74,38 bpm (BELLO et al., 2012).

O ritmo normal é o sinusal e foi descrito em diferentes raças, tais como PSI (FERNANDES et al., 2004), Mangalarga Marchador (DINIZ et al., 2011), Mangalarga Paulista (VINCENZI et al., 2000), Quarto de Milha (MANTOVANI et al., 2013), Crioula (PASCON et al., 2015) e Puro Sangue Árabe (DUMONT et al., 2012).

O processo de transmissão do impulso elétrico em equinos normais tem início no nodo sino atrial e segue pelo nodo atrioventricular, provocando a contração do átrio (despolarização), que pode ser detectado como a onda P no eletrocardiograma. O sistema Hiss-Purkinje conduz o impulso do nodo atrial lentamente, ocorrendo a despolarização de poucas células, por isso não pode ser visto no traçado do eletrocardiograma, sendo representada pelo intervalo P-R. Quando o impulso atravessa o nodo atrioventricular, ocorre a despolarização dos ventrículos, resultando em contração coordenada do miocárdio, representada pelo complexo QRS. O processo de repolarização das células cardíacas é visto na onda T (MAAR e BOWEN, 2010).

Os traçados eletrocardiográficos podem apresentar diferenças entre equinos, dependendo da faixa etária e raça (FERNANDES et al., 2004). A onda P em equinos pode ser bifásica ou polifásica, possui forma de “V” e não deve ser considerada

anormal. A onda T é a mais variável na espécie equina. Aumentos na onda T podem ser visualizados em casos de alterações na perfusão e ventilação ou variação fisiológica relacionada ao exercício (YONEZAWA et al., 2009).

Vincezi et al. (2000), trabalharam com equinos adultos da raça Mangalarga, nos quais foram observados duração da onda P de 0,07 segundos, do intervalo PR de 0,26 segundos, do complexo QRS de 0,97 segundos, do intervalo QT de 0,39 segundos e da onda T de 0,08 segundos para animais adultos. Já para animais jovens, os valores foram de 0,06 segundos para a onda P, 0,22 segundos para o intervalo PR, 0,75 segundos para a duração do complexo QRS, 0,34 segundos para o intervalo QT e de 0,07 segundos para a onda T. Segundo os mesmos autores, os valores médios da amplitude em animais adultos em milivolt (mV) foram de 0,16 para a onda P, de 0,08 para a onda Q, de 0,58 para a onda R, de 0,09 para a onda S; para animais jovens, os valores da amplitude foram de 0,15 para a onda P, 0,11 para a onda Q, de 0,58 para a onda R e de 0,08 para a onda S.

Em um estudo com 27 equinos de Pólo, foram avaliados a duração das ondas dos animais em repouso e logo após o exercício e os valores médios encontrados em milissegundos (ms) foram: onda P 143,54 ; PR 300,54; QT 489,31; QRS 138,15 para os animais em repouso; e P 127,35; PR 259,54; QT 418,81; QRS 132,58, logo após o exercício. A amplitude média das ondas em mV antes do exercício: P1 0,20; P2 0,29; R 0,24; S 2,07; T1 0,60; T2 0,55 e após o exercício: P1 0,18; P2 0,39; R 0,23; S 2,39; T1 0,34; T2 0,54 (BELLO et al.,2012).

Fernandes et al. (2004) avaliaram potros, animais sobreano e éguas gestantes da raça PSI e a duração das ondas e intervalos em segundos para as categorias de idade foram de: P 0,043, PR 0,180, QRS 0,056, QT 0,380, T 0,110 para potros; P 0,052, PR 0,260, QRS 0,068, QT 0,420, T0,109, para animais sobreano; e P 0,050, PR 0,220, QRS 0,080, QT 0,400, T 0,080 para éguas gestantes. E a amplitude média em mV para potros: P 0,140, R 0,740, T 0,190; para animais sobreano: P 0,159, R 0,710, T 0,200; para éguas prenhas: P 0,70, R 0,400, T 0,260.

Em outro estudo com 84 éguas da raça Crioula, os valores médios em milissegundo foram de: P 110,10; PR 240,10; QRS 105,80; QT 199,70. E a amplitude média em mV para P foi de 0,17; R 0,16; S 0,12; QT 199,70 (PASCON et al., 2015).

Dumont et al. (2011), trabalharam com equinos da raça Puro Sangue Árabe que foram desclassificados em prova de enduro de longa duração e as médias

encontradas em milissegundos foram de: P 129,00; PR 224,75; QRS 137,50; QT 446,58 para machos e P 136,50; PR 233; QRS 137,50; QT 448,00 para fêmeas. E as amplitudes em mV foram: P 0,38; R 0,40; S 3,70; ST 0,31; T 1,34 para machos e P 0,72; R 0,10; S 2,23; ST 0,33; T 1,84 para fêmeas.

Em equinos da raça Mangalarga Marchador, os valores médios encontrados em segundos, por Diniz et al. (2008), foram: P 0,121; PR 0,307; QRS 0,095; QT 0,469. Os autores também estudaram diferenças quanto ao sexo e idade e a única variável que apresentou diferença significativa quanto ao sexo foi o complexo QRS.

Diniz et al. (2011), trabalharam com 100 equinos de Hipismo Clássico, incluindo animais das raças Anglo- Árabe, Brasileiro de Hipismo, Hanoverano, Holsteiner, Sela Francesa, Sela Holandesa, Sela Belga, Zangerchaid, Westfalen, Odenburgo e sem raça definida. Os autores dividiram os animais em grupo 1, composto por 56 cavalos que saltam até 1,20 m, e o grupo 2, composto por 44 cavalos que saltam acima de 1,20m. Os autores descreveram médias para onda P de 0,122seg, intervalo PR 0,314seg, complexo QRS 0,091seg, QT 0,491seg. Constatou-se diferença significativa na duração do intervalo QT quanto a atividade física, no intervalo PR de acordo com o sexo, e no complexo QRS quanto a idade. O intervalo QT variou inversamente com a frequência cardíaca e foi maior no grupo 1 do que no grupo 2 e a frequência cardíaca média no grupo 1 foi menor que no grupo 2. As amplitudes médias em mV encontradas foram de Q 0,19123; R 1,0220; S 0,1256; T 0,4425. Com relação a amplitude média das ondas, houve diferença estatísticas na onda P e em Q na variável sexo. Quanto a variável idade, houve diferença estatística na onda R que apresentou uma tendência ao crescimento. Os grupos divididos pela atividade física apresentaram diferença significativa na onda P e T.

2.2 Arritmias cardíacas

As arritmias são distúrbios no local de origem do impulso, na frequência cardíaca ou no ritmo cardíaco. Também está relacionada com alterações na sequência normal de ativação de átrios e ventrículos. Intolerância ao exercício é o sinal clínico mais comum associado a arritmias patológicas (LIMA, 2011). Ocorrem com mais frequência nos equinos devido ao tônus vagal elevado nessa espécie. Quando fisiológicas, desaparecem com exercício, pois há tendência do tônus vagal diminuir e tônus simpático aumentar (LIMA, 2011).

Segundo Martin et al. (2000), em um estudo retrospectivo com 348 cavalos de corridas que apresentaram rendimento insuficiente, 9,5% tiveram arritmias cardíacas clinicamente significativas e 29,3% tinham murmúrios que exigiam uma análise mais aprofundada. Em outro estudo (STEVENS et al., 2009), 7,9% das causas de morte em equinos de meia idade e mais velhos eram por problemas cardíacos. Mesmo um pequeno decréscimo na função cardíaca causada por uma doença ou defeito pode limitar a sua capacidade de ser altamente competitivo (BARBESGAARD et al., 2010). Equinos considerados hígidos apresentam em torno de 25% a 30% de arritmias cardíacas, que são consideradas fisiológicas (DINIZ et al., 2008).

Distúrbios do ritmo cardíaco que levam a diminuição de desempenho atlético raramente se manifestam com o equino em repouso, com algumas arritmias cardíacas tendendo a surgir no período de recuperação após o exercício físico (MAAR e BOWEN, 2010). Sendo assim, é de suma importância realizar o exame imediatamente após o exercício para detectar arritmias não encontradas com animal em repouso (DUMONT et al., 2011). Outro importante fato a considerar é a correta avaliação da qualidade do registro, pois o traçado eletrocardiográfico pode apresentar artefatos que devem ser devidamente reconhecidos para que não ocorra um erro de interpretação no exame (LIMA, 2011).

As arritmias podem ser classificadas em bradiarritmias e em taquiarritmias ou de acordo com a origem nodo sinuatrial (nodo SA), miocárdio atrial, nodo atrioventricular (nodo AV) ou miocárdio ventricular (MARR e BOWEN, 2010)

2.2.1 Arritmias do nodo sinoatrial

São distúrbios que levam a uma diminuição do ritmo cardíaco. Elas não são associadas a doenças cardíacas. Podemos incluir nesse grupo bradicardia sinusal, sinus arrest e bloqueio atrioventricular de segundo e terceiro grau. Todas são consideradas fisiológicas com exceção do bloqueio atrioventricular de terceiro grau (HINCHCLIFF et al., 2004).

A bradicardia sinusal apresenta uma FC abaixo de 24 bpm. Pode apresentar-se fisiológica ou patológica. Quando desaparece com o exercício, é considerada fisiológica (YOUNG, 2003).

A taquicardia sinusal pode ser causada por um aumento no tônus simpático devido a um aumento no débito cardíaco. É caracterizada por uma FC acima de 50 bpm no repouso. Pode apresentar-se com ondas T mais elevadas fazendo com que a onda P desapareça (MARR e BOWEN, 2010)

A arritmia sinusal é considerada fisiológica e tende desaparecer com o exercício. O equino apresenta FC entre 50 e 110 bpm. O complexo QRS apresenta morfologia normal e a onda P pode apresentar-se variável (PATTESON, 1996).

O bloqueio sinusal e *sinus arrest* são de ocorrência menos frequentes e não patológicas. Geralmente apresentam FC baixas. No bloqueio sinusal, os intervalos PP e RR são iguais e no *sinus arrest* são maiores (VERHEYEN et al., 2010).

2.2.2 Arritmias do miocárdio atrial

São causadas por impulsos anormais no miocárdio atrial, porém fora do nodo SA (PATTESON, 1996).

O complexo atrial prematuro pode ser diagnosticado pelo ECG e no exame clínico na auscultação cardíaca. Ela pode prejudicar o desempenho atlético quando ocasionar uma FC elevada durante o exercício (PATTESON, 1996) ou quando predispor a fibrilação atrial (PATTENSON, 2002). O ECG revela um complexo QRS curto, precedido por uma onda P prematura que sobrepõe à onda T precedente (REED e BAYLY, 2000).

A fibrilação atrial é a forma mais comumente encontrada de arritmia patológica em equinos de alto desempenho que apresentam queda de performance e intolerância ao exercício. A fibrilação atrial pode ser paroxística ou mantida. A paroxística está associada a um episódio de baixo desempenho, geralmente desaparecendo num prazo de 24 a 48 horas. Ela pode estar associada à depleção de potássio, devido a tratamentos com furosemida ou soluções de bicarbonato. A fibrilação atrial mantida é menos comum que a paroxística. Na auscultação cardíaca, tem-se um ritmo irregular, variação na intensidade dos sons e ausência da quarta bulha cardíaca. O eletrocardiograma revela ausência de onda P e presença de ondas F, o complexo QRS apresenta morfologia normal (REED e BAYLY, 2000). O diagnóstico é confirmado com ECG, quando se observa que a morfologia da onda F alterna de fina a grossa e apresenta-se elevada (VERHEYEN et al., 2010).

2.2.3 Arritmias do nodo atrioventricular

O nodo atrioventricular transmite o impulso atrial para o ventrículo.

No bloqueio atrioventricular de primeiro grau, a condução do impulso está atrasada. Causa uma arritmia fisiológica de pouco significado clínico. Apresenta um intervalo PR prolongado (>0,44 segundos), o complexo QRS é precedido de uma onda P (VERHEYEN et al., 2010).

O bloqueio átrio ventricular de segundo grau é a forma fisiológica mais comum de bradiarritmia. É a falha intermitente em conduzir o impulso atrial para o ventrículo. O eletrocardiograma revela uma onda P não acompanhada pelo complexo QRS. O tipo Mobitz 1 é o mais comum, onde ocorre um prolongamento do intervalo PR bloqueando o impulso. No Mobitz tipo 2 esse intervalo é fixo (PATTENSON, 2002; MARR e BOWEN, 2010).

2.2.4 Arritmias ventriculares

O complexo ventricular prematuro (CVP) pode ser observado durante ou logo após o exercício (MARR e BOWEN, 2010). São menos comuns em cavalos do que em outras espécies e são consideradas patológicas (PATTESON, 1996; VERHEYEN et al., 2010). O eletrocardiograma revela um complexo QRS e ondas T amplas e de morfologia anormal. Pode ser causado por intoxicação, inflamação ou distúrbios eletrolíticos. Na maior parte dos equinos, não se descobre a causa e o CVP pode se resolver com um repouso de 4 a 8 semanas, porém pode não manter sua performance no exercício (REED e BAYLY, 2000).

A taquicardia ventricular é uma arritmia patológica que pode levar a morte. Ela pode ser mantida ou paroxística. Equinos podem apresentar FC de 120 a 300 bpm (REED e BAYLY, 2000). É caracterizada por um complexo QRS sem relação com a onda P. Podendo acontecer o fenômeno R- em -T considerado uma arritmia fatal (VERHEYEN et al., 2010).

Batimento de escape ventricular ocorre quando os ventrículos não são despolarizados e a FC apresenta-se baixa surge um batimento de escape no miocárdio ventricular. Pode ser um sinal de uma doença atrial que resulta em bradicardia (PATTESON, 1996). Pode se observar no ECG em que o complexo QRS tem morfologia e duração anormal e a onda P pode estar ausente (VERHEYEN et al., 2010).

Sístoles supraventriculares prematuras geralmente são achados incidentais na auscultação cardíaca. Podem estar associadas a inflamações do miocárdio. No ECG, apresenta complexos QRS prematuros e de morfologia normal. A morfologia da onda P precedente pode estar com morfologia anormal (HINCHCLIFF et al., 2004).

Fibrilação ventricular é uma arritmia patológica. As contrações estão descoordenadas no ventrículo. O ECG apresenta ondulações sem o complexo QRS,

podendo ter presença de ondas P, porém sem o complexo QRS (VERHEYEN et al., 2010).

2.3 Lactato Plasmático

O exercício físico demanda energia. A energia é proveniente principalmente da adenosina trifosfato (ATP). Sua produção pode ocorrer de duas maneiras: a partir da degradação do glicogênio muscular e da degradação de glicose por via aeróbica ou anaeróbica. Nesta última, que ocorre sem a presença de oxigênio, a glicose é convertida em duas moléculas de piruvato que capta elétrons transformando em quatro moléculas de ATPs. Já na glicólise aeróbica, o piruvato é transformado em dióxido de carbono e água no Ciclo de Krebs gerando trinta e oito ATPs para cada mol de glicose (KANEKO, 1997). Existe também um sistema de produção de energia mais rápido que é o de ATP- fosfocreatina. A enzima creatino quinase (CK) catalisa a reação e fornece energia para exercícios com menos de cinco segundos de duração (POWERS e HOWLEY, 2000).

Quando acabam as reservas de ATP e fosfocreatina e o exercício se estende, ocorre a predominância de produção de energia através da glicólise anaeróbica com produção de lactato (MARZZOCO e TORRES, 1999). Em um estudo com Quarto de Milha de corrida, foi constatado que 60% da energia é gerada pela glicólise anaeróbica, enquanto em PSI que correm 1600 a 2100 metros, a glicólise anaeróbica foi responsável por 10 a 30% da energia gerada. O lactato produzido pelo animal é proporcional a intensidade do exercício realizado pelo mesmo (EATON et al., 1994).

É importante considerar que, além do tipo de exercício, o metabolismo predominante é determinado pelos tipos de fibras musculares presentes em maior quantidade em determinadas raças. Existem dois tipos de fibras musculares: tipo I, de contração lenta e alta concentração de mioglobina e as do tipo II de contração rápida, sendo subdivididas em IIA, altamente oxidativas, e IIB, pouco oxidativas. As fibras I e II são determinadas pelos genes e a IIA e IIB são influenciadas pelo treinamento. Cavalos de corridas de longas distâncias como os PSI apresentam maiores proporções de fibras tipo II, sendo em maior quantidade a IIA. Já em animais de explosão, como os Quarto de Milha, a fibra predominante é a IIB (THOMASSIAN et al., 2007).

O lactato plasmático pode ser utilizado para indicar performance atlética, pois

equinos que apresentam níveis baixos de lactato após exercício possuem uma grande capacidade aeróbica (CARDINET, 1997) e naqueles que se utilizam dessa principal fonte de energia, é essencial sua depuração após o término da atividade atlética. Os equinos treinados têm uma boa capacidade de tamponamento, porém se um exercício de alta intensidade durar um longo período, o organismo do animal pode não conseguir tamponar o ácido láctico, podendo ocorrer queda de performance e lesões musculares (GOMIDE et al., 2006).

Em um trabalho com 118 equinos da raça PSI observou valor de 0,61 mmol/L para lactato plasmático antes da realização do exercício e de 2,12 mmol/L, 30 minutos após o término (MARQUES et al., 2002). De forma semelhante, segundo McGowan (2008), os valores de lactato para cavalos de corrida em repouso variam de 0,5-1,0mmol/L e, após o exercício, podem atingir até 25-30mmol/L.

Gomide et al. (2006), avaliaram cavalos em prova de Concurso Completo de Equitação (CCE), com idade, sexo e raças variadas e encontraram valores basais médios de 1,50 mmol/L e, respectivamente de 11,57 mmol/l e de 8,74 mmol/l logo após a prova e 10 minutos após o término da prova.

Em outro estudo realizado com 23 cavalos PSI divididos em três diferentes grupos de treinamento, os valores basais plasmáticos de lactato foram de 1,7 mmol/L para animais em treinamento e 2,1 mmol/L para o grupo sem treinamento (NOGUEIRA et al., 2002).

Caiado et al. (2010), trabalhando com 20 equinos da raça Quarto de Milha utilizados em provas de laço em dupla, avaliaram o lactato plasmático em três momentos: uma semana antes da prova, imediatamente antes da prova e logo após a prova e encontraram os valores, respectivamente, de $0,49 \pm 0,24$ mmol/L, $0,93 \pm 0,16$ mmol/L e $9,86 \pm 2,09$ mmol/L, com diferença significativa entre os valores pré e pós prova.

2.4 Enzimas Musculares: Aspartato aminotransferase (AST) e Creatino quinase (CK)

Os equinos vêm sendo exigidos cada vez mais em competições. Devido a este fato, o estudo da fisiologia do exercício se destaca como uma ferramenta imprescindível na avaliação de atletas e monitoramento de treinos, melhorando o condicionamento físico, reduzindo lesões de musculatura. Cada vez mais tenta-se descobrir novas informações e características que fazem do equino um atleta (FERRAZ, 2006).

O sistema muscular dos equinos corresponde a 55% do peso corpóreo. Além do volume muscular, o desempenho atlético depende de adaptações musculares a determinados tipos de exercícios. O exercício promove mudanças na musculatura esquelética como um aumento na permeabilidade do sarcolema e das proteínas musculares liberadas na circulação. Aumentos discretos das enzimas logo após o exercício estão associados a um aumento na permeabilidade da membrana, porém aumentos significativos estão relacionados a lesões musculares (THOMASSIAN et al., 2007).

É comum encontrar lesões de musculatura esquelética na clínica de equinos. Os sinais clínicos geralmente são inespecíficos e, por isso, requerem exames laboratoriais para obtenção de um diagnóstico conclusivo. O exame mais comumente utilizado é a bioquímica sérica. Os valores dependem da intensidade do exercício e os resultados devem ser interpretados com cautela (SILVA et al., 2007). Vários são os fatores que podem influenciar nos valores bioquímicos séricos, tais como, raça, sexo, idade, manejo, gestação, lactação, atividade muscular, dentre outros (DOWNS et al., 1994).

2.3.1 Aspartato aminotransferase (AST)

Está presente na maior parte em mitocôndria e no citoplasma dos hepatócitos e células musculares. Ela catalisa a transaminação reversível de aspartato e alfa – cetoglutamerato em oxalacetato e glutamato. O aumento da atividade sérica da AST pode estar relacionado à lesão hepática aguda ou crônica (McGOWAN, 2008). De acordo com Cardinet (1997), ela também tem sido utilizada para detectar alterações musculares nos animais domésticos.

Os valores para AST podem variar de 58 a $161 \pm 16,2$ UI/L, para cavalos que não estão em treinamento, e 48 a $456 \pm 75,4$ UI/L para animais treinados (HARRIS, 2000).

Ribeiro et al. (2004), avaliaram 15 equinos (Quarto de Milha, Pantaneiro, Mangalarga e Mestiços) e 5 muaras após uma cavalgada de 76 km encontraram valores entre $281,0 \pm 53,1$ UI/L, em repouso, e $288,0 \pm 56,2$ UI/L, após a cavalgada.

Balarin et al. (2005), registraram a atividade da AST em cavalos PSI, machos e fêmeas no repouso, e não encontraram diferença significativa, com valores de $141,02 \pm 22,03$ UI/L para machos e de $140,40 \pm 36,07$ UI/L para fêmeas. Após treinamento de 12 meses, foram observadas variações significativas da atividade da AST com valores nos machos de $244,23 \pm 37,52$ UI/L e nas fêmeas de $300,99 \pm 4,94$

UI/L.

2.3.2 Creatino quinase (CK)

A CK é uma enzima de alta especificidade para lesões musculares, sendo encontrada principalmente no citossol das células musculares (músculos esquelético e cardíaco), mas também nos rins, cérebro, diafragma, trato gastrointestinal, útero e bexiga urinária (CARDINET, 1997). Ela catalisa a fosforilação da adenosina difosfato (ADP) do fosfato de creatina, tornando-o adenosina trifosfato (ATP) disponível para a contração muscular.

Existem três isoenzimas, MM (presente no músculo estriado), MB (presente no tecido cardíaco, nos rins, nos intestinos e nos pulmões) e BB (predominante no cérebro e sistema digestório). A concentração total de CK pode ser determinada no soro ou plasma heparinizado enquanto que suas isoenzimas somente através de eletroforese, técnicas imunológicas e cromatografia de troca iônica. Porém, Santos (2005) demonstrou a viabilidade de usar os kits imunométricos disponíveis comercialmente para humanos em cães.

Os valores de CK podem variar de acordo com a atividade física, sexo e idade. O valor de referência para equinos é de $12,9 \pm 5,2$ UI/L (CARDINET, 1997).

Franciscato et al. (2006), observaram diferenças no valor de CK entre fêmeas gestantes ($241,41 \pm 114,27$ UI/L) e não gestantes ($361,12 \pm 127,50$ UI/L)

Ribeiro et al. (2004), avaliaram os valores de CK em Quarto de Milha, Pantaneiro, Mangalarga e Mestiços e 5 muares após uma cavalgada de 76 km encontraram 237 ± 79 UI/L no repouso, $266,2 \pm 58,3$ UI/L no final do primeiro dia, $306,2 \pm 153,2$ UI/L no início do segundo dia e $251,7 \pm 65,8$ UI/L no término da cavalgada.

3. OBJETIVOS

O objetivo da presente dissertação de mestrado foi avaliar a influência do exercício físico, caracterizado por provas de três tambores, sobre os parâmetros eletrocardiográficos e sobre a lactacidemia e atividade sérica das enzimas aspartato aminotransferase (AST) e creatino quinase (CK) em equinos da raça Quarto de Milha criados em condições tropicais. A hipótese proposta pelos autores é que ocorram alterações semelhantes entre os animais avaliados, compatíveis com o nível de esforço físico imposto, sem caracterizar alteração patológica, permitindo seu uso como ferramenta no condicionamento atlético dos animais da referida raça criados e treinados em condições tropicais.

4. CAPÍTULO I

O artigo científico foi confeccionado seguindo as Instruções aos Autores estabelecidas pela revista Animal Science Journal, obtido no site: [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1740-0929](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1740-0929)

Electrocardiographic patterns of Quarter Horses used in barrel racing

Running title: ECG of Quarter Horses used in barrel race

Marcela Bucher Binda¹, Fernanda de Almeida Teixeira², Renan Silva de Carvalho³, Laís Policarpo de Macedo⁴, Laura Monteiro de Castro Conti⁵, Clarisse Simões Coelho⁶

¹ Programa de Mestrado em Ciência Animal (Animal Science Master Program), UVV-ES, Vila Velha-ES, Brazil. Email: marcelabinda@hotmail.com

² Programa de Mestrado em Ciência Animal (Animal Science Master Program), UVV-ES, Vila Velha-ES, Brazil. Email: fateixeira82@hotmail.com

³ Programa de Residência em Medicina Veterinária, UVV-ES, Vila Velha-ES, Brazil. Email: renanscvet@gmail.com

⁴ Programa de Mestrado em Ciência Animal (Animal Science Master Program), UVV-ES, Vila Velha-ES, Brazil. Email: laispmacedo@gmail.com

⁵ Programa de Mestrado em Ciência Animal (Animal Science Master Program), UVV-ES, Vila Velha-ES, Brazil. Email: lauramcconti@gmail.com

⁶ Programa de Mestrado em Ciência Animal (Animal Science Master Program), Universidade Vila Velha (UVV-ES), Rua Comissário José Dantas de Melo, 21, Vila Velha - Espírito Santo – Brazil. CEP: 29102-770. Tel: 55-27-34212175. Fax: 55-27-34212183. Email: clarisse.coelho@uvv.br

*Correspondence email: clarisse.coelho@uvv.br

The project was approved by the Ethics Committee for Animal Use at Universidade Vila Velha (CEUA-UVV), Protocol 318/2014.

The authors have nothing to disclose.

35 No source of funding is declared.

36

37 The authors thank CAPES for masters scholarship of Marcela Bucher Binda.

38

39 **Authorship**

40 Marcela Bucher Binda contributed to study design and execution, data collection and
41 interpretation, and manuscript preparation. Clarisse Simões Coelho contributed to study
42 design, data interpretation and supervision. Fernanda de Almeida Teixeira, Renan Silva
43 de Carvalho and Lais Policarpo Macedo contributed to execution. Laura Monteiro de
44 Castro Conti contributed to ECG interpretation.

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

Electrocardiographic patterns of Quarter horses used in barrel racing

63
64

ABSTRACT

65
66 The aim of this study was evaluate electrocardiographic parameters of Quarter Horses
67 used for barrel racing. Twenty-eight horses, 12 females and 16 males, 4.5 ± 2.6 years old,
68 mean weight of 438.5 ± 34.6 kg, were used. Electrocardiograms were recorded at rest and
69 immediately after a barrel racing. Electrocardiographic variables analyzed were cardiac
70 rhythm, heart rate (HR), duration of P wave, QRS complex, PR and QT intervals,
71 amplitudes of P, R and T waves, and analysis of QT corrected (QTc) according to
72 Bazett's formula (QT/\sqrt{RR}) and heart rate variability (HRV). Variables were analyzed
73 through Kolmogorov-Smirnov test and paired t-test, considering $P < 0.05$. Rhythm
74 analysis revealed 89.3% of sinus rhythm and 10.7% of sinus arrhythmia, with mean HR
75 of 39.5 ± 8.2 beats/minute in rest, and 100% of sinus tachycardia, with mean HR of
76 107.6 ± 9.2 beats/minute after exercise. Also, it was possible to observe significant
77 reductions in duration of P wave duration ($P < 0.0001$), PR interval ($P < 0.0001$), QT
78 interval ($P < 0.0001$), QTc ($P = 0.0016$) and HRV ($P < 0.0001$) and significant increases in
79 P wave amplitude ($P = 0.0058$) and heart rate ($P < 0.0001$). No differences were recorded
80 for R and T wave amplitudes and for duration of the QRS complex. It was possible to
81 conclude that barrel racing led to electrocardiographic alterations without causing
82 pathological arrhythmias.

83 **Key words:** electrocardiogram; exercise physiology; horses

84

INTRODUCTION

85
86 Veterinary cardiology has been increasing in importance in equine sports medicine
87 mainly because it can be used to predict cardiac changes and rationalize athletic career

88 of horses (Diniz *et al.*, 2011). Electrocardiogram (ECG) is a non-invasive and
89 inexpensive test, easy to perform, which provides information about frequency and
90 cardiac rhythm (Albernaz *et al.*, 2011; Palma *et al.*, 2013). It has been used associated
91 with a careful physical examination to evaluate athletic performance, monitor physical
92 training and its excesses and on the identification of heart diseases (Diniz *et al.*, 2008;
93 Marr & Bowen, 2010).

94 According to Fazio *et al.* (2003) and Fernandes *et al.* (2004), electrocardiographic
95 parameters have specific patterns for each species and breed and such differences occur
96 depending on morphology and physical fitness of horses. Many studies have already
97 been done to establish breed differences, including Thoroughbreds (Fernandes *et al.*,
98 2004), Mangalarga Marchador (Diniz *et al.*, 2008), and Crioulo (Lisboa *et al.*, 2009),
99 but only the latter used athletic animals.

100 ECG of horses at rest has limited value, as some arrhythmias tend to appear during
101 recovery period after physical activity, due to rapid changes in autonomic control (Marr
102 & Bowen, 2010). Furthermore, Morris and Seeherman (1991) emphasize that most heart
103 disease in athletic horses manifest in medium to high speeds. So, to determine if an
104 arrhythmia found during physical examination is or not clinically relevant, it is
105 necessary to carry out physical stress tests (Marr & Bowen, 2010), in which good
106 quality of records and evaluator experience are essential to a correct interpretation
107 (Trachsel *et al.*, 2010). Fazio *et al.* (2003) and Yonezawa *et al.* (2009) reinforced that
108 ECG before and at different intervals after exercise was important on evaluation of
109 cardiac changes led by physical activity. Corroborating with this affirmation, Martin *et*
110 *al.* (2000) diagnosed 33 cases of significant cardiac arrhythmias leading to poor
111 performance through ECG performed before and in different moments after exercise
112 and Buhl *et al.* (2010) reported a large number of changes occurring during immediate

113 post-exercise recovery. Diniz *et al.* (2011) reported alterations in cardiac rhythm in 38%
114 of 100 show jumping horses with no relation with athletic performance.

115 Considering the differences on ECG recording due to breed and physical
116 conditioning and also the lack of information about athletic horses performing on
117 tropical conditions, the present study aimed to evaluate electrocardiographic patterns
118 and levels of sympathetic and vagal activations in Quarter horses before and after a
119 barrel racing exercise.

120

121 **MATERIALS AND METHODS**

122 Twenty-eight Quarter horses were used, 12 females and 16 males, with an average
123 weight of 438.5 ± 34.6 kg and aged between 2.5 and 15 years (average 4.5 ± 2.6 years), all
124 considered healthy in previous physical examinations. Animals were raised in three
125 properties located in Espírito Santo, Brazil.

126 All horses underwent same food and health management. Animals' diet consisted
127 of *Tifton* sp. hay and inorganic mineral salt (Essencefós, Nutrimentos Presence,
128 Paulínia, SP, Brazil) *ad libitum* and commercial feed (1.2kg/ 100kg body weight -
129 DoEqui TopQuality. Nutriave Alimentos, Viana, ES, Brazil) with 12% crude protein,
130 divided into three times daily. Water was always available.

131 Each horse was dewormed using an oral paste containing 1% ivermectin (Equalan,
132 Merial, Campinas, SP, Brazil); vaccinated against equine influenza, tetanus, and
133 encephalitis (Tri-Equi, Hertap, Juatuba, MG, Brazil); and oral prophylaxis for removal
134 of dental tips was conducted.

135 All selected horses were in same advanced training stage and had been performing
136 physical exercises for at least six months. The weekly training consisted of 45-60
137 minutes of daily exercise from Monday to Saturday, divided between warm-up and

138 performance of the courses in a trot and canter.

139 For present research, animals were evaluated at two moments: T0 (before physical
140 activity) and T1 (a maximum period of 5 minutes after the end of physical activity).
141 Horses performed a barrel-racing test, which consists in contouring three barrels
142 distributed along the course in the shortest time possible. The barrels are distributed in a
143 triangular shape, with a distance of 27.5 m between the first and second barrels, and a
144 distance of 32 m from the third to the other barrels. Physical activities were performed
145 during morning period (between 6 am and 11 am) and in the same time of year
146 (November through March). Characteristics of racetrack were recorded. Three riders
147 with mean weight of 80kg and mean height of 1.75m were used. Auscultation was
148 performed and animals were free of cardiac murmurs (Mendes, 2004).

149 Electrocardiograms, each lasting 3-5 minutes, were obtained from each horse in
150 T0 and T1 using 12-channel ECG-PC electrocardiograph (Tecnologia Eletrônica
151 Brasileira – TEB, São Paulo, SP, Brazil), being careful to keep animals with their limbs
152 parallel to each other and perpendicular to body axis. Alligator clips fixed to
153 electrocardiographic electrodes were attached directly to skin. Electrodes were placed
154 on caudal aspect of forelimbs on the level of olecranon and on hind limbs, lateral to
155 stifle joint to record bipolar leads I, II and III and unipolar leads aVR, aVF and aVL. All
156 recordings were taken with horse standing near track. Tracings were obtained, recorded
157 and standardized with N sensitivity and 25mm s⁻¹ speed; for interpretation of
158 electrocardiographic tracings, bipolar lead DII was used. Study of tracings involved
159 measurement of P, R, and T wave amplitudes (in mV) and duration (in ms) of P wave,
160 QRS complex, PR and QT intervals, as well as determining heart rate and rhythm.
161 Corrected QT (QTc) was calculated according to Bazett's formula (QT/\sqrt{RR}).
162 Evaluation of these characteristics was based on Fernandes *et al.* (2004), using frontal

163 plane.

164 Heart rate variability (HRV) was calculated in time domain through the analysis of
165 10 consecutive RR intervals (in milliseconds) (Carareto *et al.*, 2007) from which a
166 sample variance was established whose neperian logarithm represents the real HRV
167 (Tárraga, 2002). RR intervals with arrhythmias or conduction disturbs were excluded.
168 The mathematic formula bellow was used:

169

$$170 \quad \text{HRV} = \log_e \left(\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)} \right)$$

171

172 where VFC=heart rate variability (HRV); log_e= natural logarihtm (neperian);

173 n= number of RR intervals analyzed; x= RR interval (in milliseconds).

174 Additionally, during exercise, horses used a heart monitor with GPS (RS800CX-
175 G3, Polar Electro, Lake Success, NY, USA) in order to record speed and distance
176 achieved by each animal. Data were analyzed using the ProTrainer 5 program (Polar
177 Electro, Lake Success, NY, USA).

178 Exercise intensity was determined through plasma lactate and HR recorded before
179 (T0) and after 5 minutes (T1) and 30 minutes (T2) of the end of the physical activity.

180 Plasma lactate was determined through enzymatic methodology (Pryce, 1969) on a
181 semi-automatic biochemistry analyzer (BIO 200, Bioplus, Barueri, SP, Brazil).

182 Analyses of results were made using the GraphPad Instat (version 3.0) statistical
183 program (GraphPad, La Jolla, CA, USA). Data were submitted to a normality test
184 (Kolmogorov-Smirnov test) being considered parametric when P>0.10. Later, paired t-
185 test was used to compare the average values of the variables mentioned above and to
186 evaluate the possible influence of exercise on variables, when P<0.05.

187

188 **RESULTS AND DISCUSSION**

189 Physical examinations performed in order to select horses revealed heart rate
190 values of 40.8 ± 11.0 beats/minute, with no pathological murmurs, respiratory rate of
191 23.2 ± 7.6 breaths per minute, presence of normal bowel sounds in abdominal
192 auscultation, rectal temperature of $37.4\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ and mucous membranes pinkish in color.
193 All parameters were within normal range according to Robinson (2008), qualifying all
194 animals included in the study.

195 Animals were evaluated in three days, eight animals per day during summer
196 season in Brazil, with local mean temperature records of 26.5°C and mean relative
197 humidity of 67.8%, typical of tropical regions. Sand track was dry in all evaluation
198 days. Cardiac monitor registered an average speed of $8.32\pm 2.29\text{km/h}$, reaching a
199 maximum speed of $34.42\pm 8.50\text{km/h}$. According to riders, no signs of discomfort or
200 reduced performance were observed during exercise execution.

201 Exercise intensity is routinely evaluated through plasma lactate and HR (Ferraz
202 *et al.*, 2009) as also described for this study. Barrel racing was characterized as an
203 anaerobic exercise of high intensity, since values recorded for plasma lactate were
204 $0.63\pm 0.19\text{mmol/L}$ at rest (T0) and $11.39\pm 3.10\text{mmol/L}$ immediately after exercise (T1),
205 superior to anaerobic threshold of 4.0mmol/L (Hinchcliff *et al.*, 2002). Values recorded
206 for HR (41.5 ± 5.9 beats/minute) and plasma lactate ($0.91\pm 0.39\text{mmol/L}$) 30 minutes after
207 physical activity conclusion (T2) suggested that horses used were adapted to imposed
208 physical activity level, with recovery of T0 values, as described by Caiado *et al.* (2011).

209 The most common rhythm found at rest (before the gait) was sinus rhythm, in
210 89.3% of used horses. These values were superior to those described by Diniz *et al.*
211 (2008), who reported a prevalence of 61.7% of sinus rhythm in 60 Mangalarga
212 Marchador. Fernandes *et al.* (2004) also described prevalence of sinus rhythm in

213 Thoroughbreds horses, emphasizing a greater prevalence in foals compared to older
214 females. Immediately after barrel racing, 100% of the animals showed sinus
215 tachycardia, which, according Dumont *et al.* (2010), can be considered normal when
216 associated with excitement, or exercise. Diniz *et al.* (2011) reported a smaller
217 prevalence of 56% of sinus rhythm in 100 show jumping horses after exercise. No
218 pathological arrhythmias at rest or in the immediate post-exercise was observed on the
219 Quarter horses used and this can be explained as constant physical activity alters
220 sympathetic-vagal balance, increasing vagal activity and reducing vulnerability to
221 pathological arrhythmias at rest and during exercise (Marr & Bowen, 2010).

222 Table 1 shows mean values and standard deviations for the P, R, and T wave
223 amplitudes (mV) and duration (in ms) of the P wave, QRS complex, PR and QT
224 intervals; QTc analysis; heart rate (beats/minute) and heart rate variability (HRV), as
225 well as the P values obtained from paired t-test. It's possible to observe significant
226 reductions in the duration of P wave, PR interval, QT interval, QTc and HRV and
227 significant increases in P wave amplitude and heart rate. No differences were recorded
228 for R and T wave amplitudes and for the duration of the QRS complex.

229 Values recorded at rest for HR and electrocardiographic variables are within
230 normal values according to Marr and Bowen (2010), with oscillations differing from
231 literature findings possibly due to breed and physical conditioning of the horses and
232 moment of evaluation (before and after an exercise) (Fazio *et al.*, 2003; Fernandes *et al.*,
233 2004; Diniz *et al.*, 2008; Lisboa *et al.*, 2009; Albernaz *et al.*, 2011; Diniz *et al.*, 2011;
234 Bello *et al.*, 2012). Fazio *et al.* (2003) reinforced that different workloads influence the
235 heart rate and the duration of the intervals as a response to transitory cardiovascular
236 modifications (adjustments) observed during physical exercise.

237 Many authors (Capelleto *et al.*, 2009; Bello *et al.*, 2012) have already described

238 increase in HR in response to physical exercise. This was also observed on the present
239 study with values on T1 reaching 107.6 beats/minute, similar to Ferraz *et al.* (2009),
240 studying Arabian horses submitted to intense exercise in treadmill also under tropical
241 conditions. According to these authors, exercise-induced tachycardia is dependent on
242 intensity of physical activity and high metabolic requirements of muscles in activity
243 (Rumenig *et al.*, 2007). Scheffer and Van Oldruitenborgh-Oosterbann (1996) also
244 described an increase in HR compatible with exercise intensity since canter promoted a
245 greater increase in HR than other types of gait on their research.

246 After the barrel racing, it was observed an increase in HR associated with a
247 reduction in P-wave duration and PR and QT intervals as already described by Scheffer
248 and Van Oldruitenborgh-Oosterbann (1996), studying experienced horses exercised on
249 treadmill, Fazio *et al.* (2003) working with trotting Italian animals at speed of 12.7m s^{-1}
250 for 1600m and 2000m, Yonezawa *et al.* (2009) studying high performance animals
251 exercised on a treadmill and also Bello *et al.* (2012) studying horses used for polo races.
252 Scheffer and Van Oldreutenborgh-Oosterbann (1996) complemented that increasing
253 speed until canter led to ST segment indefinition, PQ interval shortening and a possible
254 disappearance of the P wave, incorporated into previous T wave. According to Marr and
255 Bowen (2010), this occurs due to accelerated depolarization of atrioventricular
256 conduction associated with an increase in heart rate.

257 Barrel racing led to a significant increase in HR and reduction in the QT interval,
258 as already discussed previously, similar to results found by Pedersen *et al.* (2013),
259 which reported higher values than the present study, 530ms with a HR of 30 beats
260 minute^{-1} , 470ms with a HR of 70 beats minute^{-1} , and 180ms with a 240 beats minute^{-1} .
261 Besides a significant reduction in the QT interval after the exercise, it was possible to
262 observe a significant reduction also in QTc, similarly to Fazio *et al.* (2003). Bello et al.

263 (2012) described an elevation of QTc after polo exercise attributing this finding to a
264 transitory cardiac fatigue. Furthermore, it can be said that horses used on the present
265 study did not suffer cardiac fatigue as values recorded for QTc were lower than interval
266 between 450ms and 500ms, suggested by Sevestre (1982) as being indicative of mild
267 myocardial fatigue.

268 Dojana *et al.* (2008) observed significant modifications on P-wave amplitude
269 after a 5-month period of training, correlating it positively with a high level of physical
270 performance. Also studying modifications on ECG parameters after a physical exercise
271 session, similarly to the present study, Yonezawa *et al.* (2009) described modifications
272 on the P-wave morphology after a physical effort and explained it due stimulus of the
273 posterior right atrium nearby coronary sinus.

274 During T wave polarity analysis before gait, it was possible to observe that
275 46.4% were positive monophasic, 3.6% were negative monophasic, and 50.0% biphasic.
276 After physical activity, T wave showed positive single-phase polarity in 53.5%,
277 negative monophasic in 7.1% and biphasic in 39.2% of the animals studied. Pre-
278 exercise findings were similar to those described by Diniz *et al.* (2008), which reported
279 biphasic T waves predominance (61.7%), but quite different from Dojana *et al.* (2008),
280 who reported a predominance of positive monophasic T waves in 65% of the equine
281 athletes studied. According to Piccione *et al.* (2003), changes in polarity of T-wave
282 occur due physical stress. However, T-wave characteristics represent a very variable
283 parameter, with alterations persisting even after the end of exercise (Sevestre, 1982;
284 Albernaz *et al.*, 2011).

285 There is little information about HRV in horses and Thayer *et al.* (1997)
286 observed a decrease of HRV with physical effort, similarly to the findings of the present
287 study. Visser *et al.* (2002) reinforced that individual response and horse's temperament

288 influence over HRV. So it's important to consider it when analyzing HRV. On the
289 present research, all Quarter horses showed a calm and good temperament. More
290 researches are necessary to better understand how different intensities of physical
291 exercise influence HRV, since Physick-Sheard *et al.* (2000) concluded that analysis of
292 HRV appears to be only valid to assess autonomic modulation of HR at low exercise
293 intensities.

294

295 **CONCLUSION**

296 It was possible to conclude that barrel racing activity led to an increase in heart
297 rate and P wave amplitude and reductions in the duration of P wave, PR interval, QT
298 interval, QTc and HRV. No differences were recorded for R and T wave amplitudes and
299 for the duration of the QRS complex. It was possible to conclude that barrel racing led
300 to electrocardiographic alterations without causing pathological arrhythmias.

301

302 **BIOETHICS AND BIOSSECURITY COMMITTEE**

303 The present study was approved by the Ethics Committee, Bioethics and Animal
304 Welfare (CEUA - UVV-ES) (318/2014).

305

306 **ACKNOWLEDGMENTS**

307 To CAPES, for the master degree sponsorship.

308

309 **REFERENCES**

310 Albernaz RM, Dias DPM, Paulino Jr. D, Pascon JPE, Queiroz-Neto A, Lacerda Neto
311 JC. 2011. Respostas eletrocardiográficas de equinos ao treinamento em esteira rolante.
312 *Ciência Animal Brasileira* **12**, 163-171. In Portuguese.

313 Bello CAO, Dumont CBS, Souza TC, Palma JM, Lima EMM, Godoy RF, Neto GBP,
314 Meryonne M. 2012. Avaliação eletrocardiográfica de equinos após exercício de polo
315 (baixo handicap). Pesquisa Veterinária Brasileira **32**, 47-52. In Portuguese.

316 Buhl R, Meldgaard C, Barbesgaard L. 2010. Cardiac arrhythmias in clinically healthy
317 showjumping horses. Equine Veterinary Journal **42**, 196-201.

318 Caiado JCC, Pissinate GL, Souza VRC, Fonseca LA, Coelho CS. 2011. Lactacidemia e
319 concentrações séricas de aspartato aminotransferase e creatinoquinase em equinos da
320 raça Quarto de Milha usados em provas de laço em dupla. Pesquisa Veterinária
321 Brasileira **31**, 452-458. In Portuguese.

322 Capelleto EC, Angeli AL, Graff H. 2009. Respostas fisiológicas em Quarto de Milha
323 após prova de tambor. Revista Acadêmica de Ciência Agrária Ambiental **7**, 299-304. In
324 Portuguese.

325 Carareto R, Sousa MG, Zacheu JC, Aguiar AJA, Camacho A.A. 2007. Variabilidade da
326 frequência cardíaca em cães anestesiados com infusão contínua de propofol e sufentanil.
327 Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia **59**, 329-332. In Portuguese.

328 Diniz MP, Muzzi RAL, Muzzi LAL, Ales GES. 2008. Estudo eletrocardiográfico de
329 eqüinos da raça Mangalarga Marchador. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e
330 Zootecnia **60**, 536-542. In Portuguese.

331 Diniz MP, Michima LES, Fernandes WR. 2011. Estudo eletrocardiográfico de equinos
332 de salto sadios. Pesquisa Veterinária Brasileira **31**, 355-361. In Portuguese.

333 Dojana N, Dinu C, Parvu M, Berghes C, Orasanu A, Berechet S. 2008.
334 Electrocardiographic parameters of the sport horse. Zootehnie I Biotehnologii **41**, 397-
335 401.

336 Dumont CBS, Leite CR, Moraes JM, Alves RO, Godoy RF, Lima E.M.M. 2010.
337 Parâmetros eletrocardiográficos de equinos Puro Sangue Árabe submetidos a exercício

338 prolongado de enduro. *Ciência Rural* **40**, 1966-1973. In Portuguese.

339 Fazio F, Ferrantelli V, Piccione G, Caola G. 2003. Variations in some
340 electrocardiographic parameters in the trotter during racing and training. *Veterinary*
341 *Research Communications* **27**, 229-232.

342 Fernandes WR, Larsson MHMA, Alves ALG, Fantoni DT, Belli C.B. 2004.
343 Características eletrocardiográficas em equinos clinicamente normais da raça Puro
344 Sangue Inglês. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **56**, 143-149. In
345 Portuguese.

346 Ferraz GC, Teixeira-Neto AR, D'Angelis FH, Lacerda-Neto JC, Queiroz-Neto A. 2009.
347 Alterações hematológicas e cardíacas em cavalos Árabes submetidos ao teste de esforço
348 crescente em esteira rolante. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal*
349 *Science* **46**, 431-437. In Portuguese.

350 Hinchcliff KW, Lauderdale MA, Dutson J, Geor RJ, Lacombe VA, Taylor L.E. 2002.
351 High intensity exercise conditioning increases accumulated oxygen deficit of horses.
352 *Equine Veterinary Journal* **34**, 9–16.

353 Lisboa FP, Torres AJ, Amaral LA, Nogueira CEW. 2009. Dados preliminares do padrão
354 eletrocardiográfico de equinos da raça Crioula, Pelotas, RS. In: CIC, 18.; ENPOS, 11.,
355 2009, Pelotas, RS. Proceedings... Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2009. In
356 Portuguese.

357 Marr CM, Bowen I.M. 2010. *Cardiology of the horse*. Saunders, Philadelphia, PA.

358 Martin BB, Reef VB, Parente EJ, Abby D.S. 2000. Causes of poor performance of
359 horses during training, racing, or showing: 348 cases (1992-1994). *Journal of American*
360 *Veterinary Medical Association* **216**, 554-558.

361 Mendes DN. 2004. Semiologia do sistema circulatório de equinos e ruminantes. In:
362 Feitosa FLF, *Semiologia Veterinária: a arte do diagnóstico*, pp.234-277. Rocca, São

363 Paulo. In Portuguese.

364 Morris EH, Seeherman HJ. 1991. Clinical evaluation of poor performance in the
365 racehorse: the results of 275 evaluations. *Equine Veterinary Journal* **23**, 169-174.

366 Palma JN, Caniello NT, Sousa TC, Bello CAO, Dumont CBS, Lima EMM. 2013.
367 Avaliação eletrocardiográfica de potros Quarto de Milha em diferentes idades.
368 *Bioscience Journal* **29**, 174-178. In Portuguese.

369 Pedersen PJ, Kanters JK, Buhl R, Klaerke DA. 2013. Normal electrocardiographic QT
370 interval in race-fit Standardbred horses at rest and its rate dependence during exercise.
371 *Journal of Veterinary Cardiology* **15**, 23-31.

372 Physick-Sheard PW, Marlin DJ, Schroter RC. 2000. Frequency domain analysis of heart
373 rate variability in horses at rest and during exercise. *Equine Veterinary Journal* **32**, 253-
374 262.

375 Piccione G, Assenza A, Fazio F, Giudice E, Caola G. 2003. Electrocardiographic
376 changes induced by physical exercise in the jumper horse. *Arquivo Brasileiro de*
377 *Medicina Veterinária e Zootecnia* **55**, 397-404.

378 Pryce JD. 1969. A modification of Barker-Summerson method for the determination of
379 lactic acid. *Analyst* **94**, 1151- 1152.

380 Robinson EN. 2008. *Current therapy in equine medicine*. Saunders, Philadelphia, PA.

381 Rumenig E, Bertuzzi RCM, Nakamura FY, Franchini E, Matsushigue KA, Kiss MAPD.
382 2007. Kinetics and heart rate variability during aerobic exercise: influence of the
383 intensity and the period of analyze. *Revista Brasileira de Educação Física* **21**, 205-218.

384 SchefferC CJW, Van Oldruitenborgh-Oosterbaan MMS. 1996. Computerized ECG
385 recording in horses during a standardized exercise test. *Veterinary Quaterly* **18**, 2-7.

386 Sevestre J. 1982. A eletrocardiografia no cavalo. *A Hora Veterinária* **2**, 28-36. In
387 Portuguese.

388 Tárraga KM. 2002. Avaliação clínica da utilização de bloqueadores farmacológicos no
389 estudo dos parâmetros cardiorrespiratórios e da variabilidade da frequência cardíaca em
390 modelos experimentais de miocardiopatia em cães. PhD Thesis (Experimental and
391 Compared Pathology), Universidade de São Paulo.

392 Thayer JF, Hahn AW, Pearson MA, Sollers JJ, Johnson PJ, Loch WE. 1997. Heart rate
393 variability during exercise in the horse. *Biomedical Sciences Instrumentation* **34**, 246-
394 251.

395 Trachsel DS, Bitschnau C, Waldern N, Weishaupt MA, Schwarzwald CC. 2010.
396 Observer agreement for detection of cardiac arrhythmias on telemetric ECG recordings
397 obtained at rest, during and after exercise in 10 Warmblood horses. *Equine Veterinary*
398 *Journal* **42**, 208-215.

399 Visser EK, Van Reenen CG, Van der Werf JT, Schilder MB, Knaap JH, Barneveld A,
400 Blokhuis HJ. 2002. Heart rate and heart rate variability during a novel object test and a
401 handling test in young horses. *Physiology & Behavior* **76**, 289–296.

402 Yonezawa LA, Machado LP, Silveira VF, Watanabe MJ, Saito ME, Kitamura SS,
403 Kohayagawa A. 2009. Exame eletrocardiográfico em equinos da raça Puro Sangue
404 Árabe submetidos ao exercício em esteira de alta velocidade e à suplementação com
405 vitamina E. *Archives of Veterinary Science* **14**, 134-142. In Portuguese.

406

407 Table 1. Mean values and standard deviation for amplitudes (mV) of P, R and T
 408 waves and duration (ms) of P wave, QRS complex, PR and QT intervals, QTc
 409 analysis, heart rate (beats/minute) and heart rate variability (HRV) in Quarter
 410 horses before (T0) and after (T1) barrel racing.

	T0	T1	P
P (mV)	0.16±0.05 ^a	0.21±0.05 ^b	0.0058
R (mV)	0.45±0.37 ^a	0.50±0.41 ^a	0.5368
T (mV)	0.31±0.13 ^a	0.26±0.16 ^a	0.7763
HR (beats/ min)	39.5±8.2 ^a	107.6±9.2 ^b	<0.0001
P (ms)	116.2±18.9 ^b	78.1±12.5 ^a	<0.0001
PR (ms)	289.7±56.4 ^b	181.6±24.2 ^a	<0.0001
QRS (ms)	103.3±18.5 ^a	101.6±17.3 ^a	0.6144
QT (ms)	495.5±44.2 ^b	274.8±30.7 ^a	<0.0001
QTc	397.4±28.6 ^b	367.2±39.4 ^a	0.0016
HRV	17.1±0.4 ^b	15.1±0.2 ^a	<0.0001

411 * Different lowercase letters in the same line denote significant differences
 412 between mean values according to paired t-test (P<0.05).

413

414

415

416

5. CAPÍTULO II

417

418 O artigo científico foi confeccionado seguindo as Instruções aos Autores estabelecidas
419 pela revista Veterinary Clinical Pathology, obtido no site:
420 [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1939-165X](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1939-165X)

421

422

423 **Athletic conditioning of Quarter Horses used in barrel racing in tropical** 424 **conditions**

425

426 Marcela B Binda¹, Fernanda A Teixeira², Renan S Carvalho³, Laís P Macedo⁴, Laura M
427 C Conti⁵, Clarisse S Coelho⁶

428

429 ¹ Programa de Mestrado em Ciência Animal, UVV-ES, Vila Velha-ES, Brazil. Email:
430 marcelabinda@hotmail.com

431 ² Programa de Mestrado em Ciência Animal, UVV-ES, Vila Velha-ES, Brazil. Email:
432 fateixeira82@hotmail.com

433 ³ Programa de Residência em Medicina Veterinária, UVV-ES, Vila Velha-ES, Brazil.
434 Email: renanscvet@gmail.com

435 ⁴ Programa de Mestrado em Ciência Animal, UVV-ES, Vila Velha-ES, Brazil. Email:
436 laispmacedo@gmail.com

437 ⁵ Programa de Mestrado em Ciência Animal, UVV-ES, Vila Velha-ES, Brazil. Email:
438 lauramcconti@gmail.com

439 ⁶ Programa de Mestrado em Ciência Animal, Universidade Vila Velha (UVV-ES), Rua
440 Comissário José Dantas de Melo, 21, Vila Velha - Espírito Santo – Brazil. CEP: 29102-
441 770. Tel: 55-27-34212175. Fax: 55-27-34212183. Email: clarisse.coelho@uvv.br.

442 Corresponding author.

443

444 The project was approved by the Ethics Committee for Animal Use at Universidade Vila
445 Velha (CEUA-UVV), Protocol 318/2014.

446

447 The authors have nothing to disclose.

448

449 No source of funding is declared.

450

451 The authors thank CAPES for masters scholarship of Marcela Bucher Binda.

452

453 **Authorship**

454 Marcela Bucher Binda contributed to study design and execution, data collection and
455 interpretation, and manuscript preparation. Clarisse Simões Coelho contributed to study
456 design, data interpretation and supervision. Fernanda de Almeida Teixeira, Renan Silva
457 de Carvalho and Lais Policarpo Macedo contributed to execution. Laura Monteiro de
458 Castro Conti contributed to data interpretation.

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468 **Abstract**

469 The aim of this study was to evaluate the influence of a barrel racing exercise on the
470 erythrogram and serum biochemistry of Quarter horses. Twenty-eight Quarter horses,
471 twelve females and sixteen males, aged 4.5 ± 2.6 years old and weighting 438.5 ± 34.6 kg,
472 were evaluated in four different moments: before (T0) and 5 minutes (T1), 30 minutes
473 (T2) and 120 minutes (T3) after a barrel racing activity. On these moments, heart rate
474 (HR), respiratory frequency (RF) and body temperature (BT) were measured. Blood
475 samples were taken to determine packed cell volume (PCV), concentration of
476 erythrocytes and hemoglobin. From these data, mean corpuscular volume (MCV) and
477 mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) were calculated. Also, serum
478 concentrations of AST and CK and plasma lactate were recorded. Variables were
479 analyzed for normality with Kolmogorov-Smirnov test and comparisons were made
480 using Tukey test, considering $p < 0.05$. Results showed that the imposed exercise altered
481 significantly ($p < 0.0001$) HR, RF, BT, PCV, erythrocytes count, hemoglobin
482 concentration and plasma lactate, with higher values recorded on T1. No significant
483 differences were observed for MCV ($p = 0.9704$), MCHC ($p = 0.9636$), AST ($p = 0.3414$)
484 and CK ($p = 0.7115$). It was possible to conclude that the physical activity imposed led to
485 important alterations on the studied variables and those can be used on the evaluation of
486 athletic conditioning of horses trained on tropical conditions.

487 **Keywords:** horses, erythrocytes, exercise, serum biochemistry

488

489 **Introdução**

490 A avaliação do desempenho de equinos atletas depende da correta interpretação
491 dos exames clínicos e laboratoriais realizados nos animais em uma sessão de exercício
492 físico¹, pois é sabido que treinamentos ou competições geram variações de diversos

493 parâmetros fisiológicos².

494 As variáveis hematimétricas podem ser usadas na avaliação dos efeitos de uma
495 atividade física, bem como da resposta frente a um programa de treinamento³. Aumento
496 dos valores de volume globular (VG), concentração de hemoglobina e contagem de
497 eritrócitos ocorre em resposta à hemoconcentração e/ou à contração esplênica⁴. Essa
498 resposta fisiológica é desejada, principalmente em equinos atletas, pois eleva a
499 capacidade aeróbica⁵ e aumenta o fluxo de sangue da microcirculação dos músculos em
500 atividade⁶.

501 A avaliação dos efeitos da atividade física sobre a musculatura pode ser feita
502 através da determinação das atividades séricas das enzimas aspartato aminotransferase
503 (AST) e creatino quinase (CK)⁷⁻⁸. É sabido que a atividade sérica de AST e CK sofre
504 influência de raça, idade, fatores ambientais e manejo, além fase de treinamento e do
505 tipo de exercício⁹. Os resultados descritos na literatura são conflitantes, com autores
506 citando aumento e outros descrevendo a não interferência do exercício estudado sobre
507 essas enzimas^{1, 9-12}. McCurtchen et al.¹³ descreveram que o aumento de AST e CK seria
508 consequência do aumento da permeabilidade do sarcolema e mitocôndrias que ocorre
509 durante a atividade física. Entretanto, segundo esses mesmos autores, espera-se que esse
510 aumento seja de menor magnitude em equinos treinados e/ou condicionados à atividade
511 física imposta.

512 A determinação de lactato plasmático representa outra possibilidade de avaliação
513 da capacidade atlética em equinos⁸. Independente da intensidade do exercício, todas as
514 vias de produção de energia são ativadas¹², mas a magnitude do aumento de lactato
515 plasmático observada após a atividade física permite estabelecer qual sistema de
516 produção (aeróbico ou anaeróbico) contribuiu mais com a produção de energia.
517 Exercícios de alta intensidade e curta duração levam a um aumento de lactato

518 plasmático a níveis superiores a 4 mmol/L, sugerindo uma predominância de produção
519 de energia via anaeróbica. Já exercícios de intensidade submáxima, caracterizam
520 aumentos plasmáticos entre 2,5 e 4,0 mmol/L, indicando predominância do
521 metabolismo aeróbico¹⁴⁻¹⁵.

522 Apesar dos vários trabalhos estudando cavalos de diferentes modalidades
523 atléticas, ainda são escassas as informações em relação aos equinos trabalhados em
524 condições tropicais^{1, 6, 9-10, 16-17} e, sendo assim, o objetivo da presente pesquisa foi
525 avaliar a influência de provas de três tambores sobre o eritrograma, lactacidemia e
526 atividade sérica da AST e CK em equinos da raça Quarto de Milha treinados em
527 condições tropicais.

528

529 **Material e Métodos**

530 O presente projeto de pesquisa teve aprovação da Comissão de Ética, Bioética e
531 Bem-Estar Animal da Universidade Vila Velha (CEUA - UVV-ES), sendo registrado
532 sob o número 318/2014, aprovado em 02 de julho de 2014.

533 Foram utilizados 28 equinos da raça Quarto de Milha, sendo doze fêmeas e
534 dezesseis machos, pesando em média $438,5 \pm 34,6$ kg, com idade variando entre 2,5 e 15
535 anos (média de $4,5 \pm 2,6$ anos de idade), considerados clinicamente hígidos, mediante
536 exames físicos e hemograma¹⁸. Estes animais pertencem a três propriedades localizadas
537 na região de Vitória – ES, Brasil. Todos os animais eram submetidos ao mesmo tipo de
538 manejo alimentar e sanitário.

539 A alimentação dos animais era feita com feno de *Tifton* sp. e sal mineral
540 inorgânico (Essencefós, Nutrimentos Presence, Paulínia, SP, Brasil) *ad libitum* e ração
541 comercial (DoEqui TopQuality, Nutriave Alimentos, Viana, ES, Brasil), com 12 % de
542 proteína bruta, 1,2 kg/100 kg de peso corpóreo, divididos em três vezes ao dia. A água e

543 sal mineral foram fornecidos *ad libitum*. Cada equino foi vermifugado com uso de pasta
544 oral contendo ivermectina 1% (Equalan, Merial, Campinas, SP, Brasil); vacinados
545 contra influenza, tétano e encefalite (Tri-Equi, Hertap, Juatuba, MG, Brasil); e foi
546 realizada a profilaxia oral com remoção de pontas dentárias.

547 Todos os equinos selecionados encontravam-se em treinamento avançado e
548 executavam atividade física há pelo menos seis meses. O treinamento semanal consistia
549 de 45-60 minutos de exercícios diários de segunda-feira até sábado, divididos entre
550 aquecimento por 15 minutos e execução do percurso da prova de três tambores ao trote
551 e galope.

552 Para a presente pesquisa, os animais foram avaliados em quatro momentos: antes –
553 T0 (obtida antes do exercício físico, com o animal em repouso), pós-treino 1 - T1
554 (obtida num período máximo de cinco minutos após a realização da atividade física),
555 pós-treino 2 – T2 (obtida 30 minutos após a realização da atividade física) e pós-treino 3
556 – T3 (obtida 2 horas após a realização da atividade física). A atividade física consistiu
557 em realizar uma prova de três tambores, a qual consiste em contornar três tambores
558 distribuídos num percurso, no menor tempo possível. Os tambores são posicionados
559 num formato triangular, com uma distância de 27,5 m entre o primeiro e o segundo e
560 uma distância de 32 m para o último tambor. Todas as atividades foram realizadas no
561 período da manhã (entre 6h:00 e 11h:00), quando também foram registradas as
562 características da pista. Foram usados três cavaleiros com peso corpóreo aproximado de
563 80 kg e altura de 1,85m.

564 Em cada momento de avaliação, os equinos foram submetidos a um exame físico,
565 incluindo as determinações de frequências cardíaca e respiratória e da temperatura
566 corpórea. As amostras de sangue foram obtidas, após antissepsia local, por meio de
567 venopunção da jugular com agulhas descartáveis (25 mm x 0,8 mm), utilizando-se

568 sistema a pressão negativa, em tubos contendo anticoagulante EDTA com capacidade
569 de 4 mL, para determinação do eritrograma; em tubos contendo anticoagulante EDTA-
570 fluoreto de sódio com capacidade de 2 mL, para determinação de lactato plasmático; e
571 tubos sem anticoagulante com capacidade de 9 mL, para determinação de aspartato
572 aminotransferase (AST) e creatino quinase (CK). Todas as 112 amostras foram
573 transportadas sob refrigeração ao Laboratório Clínico do Centro de Diagnóstico
574 Veterinário (CDV, Vitória, ES, Brasil), onde foram imediatamente processadas.

575 A contagem de eritrócitos foi realizada usando em câmara de Neubauer¹⁹. A
576 concentração de hemoglobina foi determinada através do método da
577 cianometahemoglobina, com leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de
578 540 nm. A determinação do volume globular (VG) foi feita através do método do
579 microhematócrito. Os índices hematimétricos (VCM – volume corpuscular médio e
580 CHCM – concentração de hemoglobina corpuscular média) foram calculados de acordo
581 com as fórmulas padrão¹⁹.

582 A determinação de lactato plasmático e das atividades séricas de AST e CK foram
583 realizadas usando kits comerciais (Katal, São Paulo, SP, Brasil)²⁰⁻²², com processamento
584 feito em analisador bioquímico semi-automático (BIO200, Bioplus, Barueri, SP, Brasil).

585 Para análise dos resultados foi utilizado programa estatístico computadorizado
586 GraphPad InStat, versão 3.0 (GraphPad, La Jolla, CA, USA). Os dados foram avaliados
587 quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, seguindo de análise de
588 variância de medidas repetidas (ANOVA) e comparação entre médias (teste de Tukey)
589 com nível de significância de 5%. Nestas análises levou-se em consideração a influência
590 do exercício físico sobre as concentrações das variáveis estudadas.

591

592 **Resultados**

593 Nos exames clínicos realizados para seleção dos equinos foram registrados
594 frequência cardíaca de $40,8 \pm 11,0$ bpm, frequência respiratória de $23,2 \pm 7,6$ movimentos
595 respiratórios/minuto, motilidade intestinal presente à auscultação, mucosas róseas e
596 temperatura retal de $37,4 \pm 0,4$ °C. Na avaliação do hemograma, os valores médios
597 encontrados foram de $7,76 \pm 0,70 \times 10^6/\mu\text{L}$ para número de eritrócitos, $12,68 \pm 1,19$ g/dL
598 para concentração de hemoglobina, $36,7 \pm 4,3$ % para volume globular, $46,9 \pm 2,4$ fl para
599 VCM (volume corpuscular médio) e $10032,1 \pm 1897,0$ leucócitos/ μL .

600 Os equinos foram exercitados em três dias, sendo oito animais em cada dia. As
601 características do clima local são típicas de regiões tropicais, com altas temperaturas e
602 alta umidade. A temperatura média local nos três dias foi de $26,5$ °C e umidade relativa
603 do ar de $67,8$ %. A pista encontrava-se seca. O monitor cardíaco registrou uma
604 velocidade de $8,32 \pm 2,29$ km/h, atingindo uma velocidade máxima de $34,42 \pm 8,50$ km/h,
605 e uma frequência cardíaca máxima de $197,6 \pm 23,1$ bpm. Segundo os cavaleiros, os
606 animais responderam bem a atividade física executada, não demonstrando desconforto
607 durante a realização da mesma.

608 Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios e desvios-padrão para os
609 valores do eritrograma, concentrações séricas de AST e CK e lactacidemia e
610 determinações de frequências cardíaca e respiratória e temperatura corpórea, além dos
611 valores de p obtidos na análise de variância. É possível observar que houve aumento
612 significativo ($p < 0,0001$) de VG, número de eritrócitos, concentração de hemoglobina e
613 lactato plasmático, com maiores valores registrados em T1. Não foram observadas
614 diferenças para VCM ($p = 0,9704$), CHCM ($p = 0,9636$), AST ($p = 0,3414$) e CK
615 ($p = 0,7115$).

616

617 **Discussão**

618 Os valores registrados nos exames feito para seleção dos equinos encontram-se
619 dentro da faixa de normalidade para a espécie²³, com todos os animais sendo
620 considerados aptos e hígidos.

621 A taquicardia observada no pós-exercício corrobora com diversos achados da
622 literatura^{16, 24-26} e é atribuído ao aumento dos requerimentos metabólicos da musculatura
623 em atividade²⁷ e do aumento da atividade simpática¹⁶. Essa elevação na FC é
624 dependente da intensidade do esforço físico¹⁶, o que justifica os maiores valores
625 registrados em T1 na presente pesquisa quando comparado com trabalhos envolvendo
626 equinos da raça Mangalarga Marchador²⁶ e mestiços usados em provas de Polo²⁵. Os
627 dados registrados com o uso do frequencímetro cardíaco foram ligeiramente inferiores
628 aos valores registrados previamente²⁴, também trabalhando com Quarto de Milha
629 usados em provas de três tambores.

630 A hipertermia observada na presente pesquisa no momento T1 é justificada pelo
631 aumento do metabolismo energético gerado pelo exercício físico²⁸⁻²⁹. Segundo
632 Hodgson³⁰, o estresse térmico induzido pelo esforço pode ocorrer quando a produção de
633 calor é superior a sua dissipação e, por isso, a dissipação do mesmo, via sudorese ou via
634 respiratória, é essencial para que equinos consigam executar provas de diversas
635 modalidades atléticas²⁸. Essa taquipnéia pós-exercício também é decorrente da maior
636 demanda de oxigênio necessária para suprir o metabolismo energético elevado^{29, 27}. É
637 importante ressaltar que a dissipação de calor pela via respiratória é dependente da
638 temperatura e umidade ambiente, ou seja, quanto mais quente e mais úmido o ar, menor
639 será essa perda, justificando pesquisas com cavalos atletas em climas tropicais^{28, 31}.

640 Alterações nas variáveis hematimétricas em decorrência da realização da
641 atividade física já foram descritas na literatura^{10, 16, 32} e, segundo esses trabalhos, o
642 aumento registrado em VG, contagem de eritrócitos e concentração de hemoglobina em

643 T1 ocorre devido a uma contração esplênica esforço-dependente, proporcional à
644 atividade física imposta. Os valores registrados da presente pesquisa foram similares à
645 Ferraz et al.¹⁶, trabalhando com equinos da raça Árabe submetidos a teste de esforço
646 progressivo em esteira, e inferiores a Kowal et al.¹⁰, trabalhando com equinos da raça
647 Puro Sangue Inglês também submetidos a teste de esforço progressivo. Segundo Lekeux
648 et al.¹⁵, exercícios de alta intensidade, tal qual uma prova de três tambores, geram uma
649 maior atividade simpática e, conseqüentemente, uma maior contração esplênica, quando
650 comparados com exercícios de intensidade submáxima. VCM e CHCM não se alteraram
651 com a prova de três tambores, indicando que não houve alteração no tamanho dos
652 eritrócitos e/ou aumento na concentração de hemoglobina dos mesmos, semelhante a
653 Balarin et al.⁹. Isso pode ser justificado pela associação da liberação de células velhas
654 menores por parte do baço e a tumefação dos eritrócitos em decorrência da mobilização
655 de líquidos e maior concentração eritrocitária de íons no controle acidose metabólica
656 devido ao exercício³³.

657 Em relação à atividade sérica de AST, os resultados da presente pesquisa são
658 similares aos descritos na literatura^{1, 10, 11, 16} em equinos usados em atividade de trote,
659 galope, laço em dupla e marcha, e que descreveram que os valores dessa enzima não
660 alteraram de forma significativa em decorrência da atividade física imposta. De forma
661 similar, a prova de três tambores também não influenciou significativamente as
662 concentrações séricas de CK, o que sugere que esses animais estariam adaptados ao
663 programa de exercícios aos quais eram submetidos^{12, 34}. Ribeiro et al.³⁴ e Gama et al.¹²
664 destacaram em suas pesquisas que aumentos de menor magnitude ou a não interferência
665 nos valores dessas enzimas pós-atividade física estariam correlacionadas com
666 treinamento adequado ajustado ao condicionamento físico dos animais. Existe uma
667 grande dificuldade na comparação com a literatura visando estabelecer normalidade dos

668 resultados encontrados, visto que as concentrações séricas dessas enzimas sofrem
669 influência de fatores ambientais e de manejo, assim como da própria dinâmica
670 enzimática³⁵. Assim, é essencial o estabelecimento de valores regionais para as referidas
671 variáveis sanguíneas, bem como definir o significado fisiológico da elevação dessas
672 enzimas no pós-exercício³⁵, de forma a tornar tais exames laboratoriais valiosos na
673 avaliação da atividade física de equinos.

674 O aumento de lactato plasmático em T1 era esperado e corrobora com diversos
675 achados^{1, 10, 12, 36-37} e, com base nos valores registrados, é possível dizer que houve
676 maior contribuição na produção de energia pela via anaeróbica láctica, com os valores
677 sendo superiores a 4,0 mmol/L, caracterizando um exercício de alta intensidade³⁸. É
678 importante ressaltar que o rápido retorno aos valores basais sustenta a hipótese de
679 animais bem condicionados, com uma melhor taxa de remoção do lactato produzido
680 pelo músculo¹⁵.

681

682 **Conclusões**

683 A análise dos resultados permitem concluir que nos equinos da raça Quarto de
684 Milha, fisicamente bem condicionados usados na presente pesquisa, o exercício físico
685 imposto levou a uma aumento significativo dos valores das frequências cardíaca e
686 respiratória, temperatura corpórea, VG, contagem de eritrócitos, concentração de
687 hemoglobina e lactato plasmático. Não foram observadas diferenças para VCM,
688 CHCM, AST e CK.

689 Tais resultados podem ser usados na interpretação de exames laboratoriais usados
690 para avaliação do condicionamento atlético de equinos da referida raça treinados em
691 condições tropicais.

692

693 **Agradecimentos**

694 À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela
695 concessão da bolsa de mestrado.

696

697 **Referencias**

698 1. Caiado JCC, Pissinate GL, Souza VRC, Fonseca LA, Coelho CS. Lactacidemia e
699 concentrações séricas de aspartato aminotransferase e creatinoquinase em equinos da
700 raça Quarto de Milha usados em provas de laço em dupla. [Influence of physical
701 exercise on serum activities of AST and CK and plasma concentration of lactate in
702 Quarter horses submitted to team roping]. *Pesq Vet Bras.* 2011;31:452-458.

703 2. Kienzle E, Freismuth A, Reusch A. Double blind placebo controlled vitamin E ou
704 selenium supplementation of Sport horses with unspecified muscle problems. *J Nutr.*
705 2006;136:2045-2047.

706 3. Tyler-McGowan CM, Golland LC, Evans DL, Hodgson DR, Rose RJ.
707 Haematological and biochemical responses to training and overtraining. *Eq Vet J.*
708 1999;30:621-625. Supplement.

709 4. Manohar M, Goetz TE, Hassan AS. Effect of Prior High Intensity Exercise-Induced
710 Arterial Hypoxemia in Thoroughbred Horses. *J Appl Phys.* 2001;90:2371-2377.

711 5. Persson S. On blood volume and working capacity in horses. Studies of methodology
712 and physiological and pathological variations. *Acta Vet Scand.* 1967;19:189.
713 Supplement.

714 6. Miranda RL, Mundim AV, Saquy ACS, Costa AS, Guimarães EC, Gonçalves FC et
715 al. Perfil hematológico de equinos submetidos à prova de Team Penning [Hematologic
716 profile of horses subjected to Team Penning]. *Pesq Vet Bras.* 2011;31:81-86.

717 7. Camara-Silva IA, Dias RVC, Soto-Blanco B. Determinação das atividades séricas de

718 creatina quinase, lactato desidrogenase e aspartato aminotransferase em equinos de
719 diferentes categorias de atividade [Determination of serum activities of creatine kinase,
720 lactate dehydrogenase, and aspartate aminotransferase in horses of different activities
721 classes]. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2007;59:250-252.

722 8. Valberg S.J. Skeletal muscle function. In: Kaneko J.J., Harvey J.W. & Bruss M.L.
723 (Eds), *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 6th ed. London, UK: Academic
724 Press; 2008:459-484.

725 9. Balarin MRS, Lopes RS, Kohayagawa A, Laposy CB, Fonteque JH. valiação da
726 glicemia e da atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatinoquinase, gama-
727 glutamiltransferase e lactato desidrogenase em equinos puro sangue inglês (PSI)
728 submetidos a exercícios de diferentes intensidades [Assessement of glycaemia and
729 serum activities of aspartate aminotransferase, creatinekinase, gamma
730 glutamyltransferase and lactate dehydrogenase in thoroughbred horses submitted to
731 exercise of different intensities]. *Semina: Cien Agr.* 2005;26:211-218.

732 10. Kowal RJ, Almosny NRP, Cascardo B, Summa RP, Cury LJ. Avaliação dos valores
733 hematológicos em cavalos (*Equus caballus*) da raça Puro-Sangue-Inglês submetidos a
734 teste de esforço em esteira ergométrica [Evaluation of hematologic values in
735 thoroughbred (PSI) horses (*Equus caballus*) submitted to effort tests on treadmill]. *Rev*
736 *Bras Cienc Vet.* 2006;13:25-31.

737 11. Padalino B, Rubino G, Centoducati P, Petazzi F. Training versus Overtraining:
738 Evaluation of Two Protocols. *J Eq Vet Sci.* 2007;27:28-31.

739 12. Gama JAN, Souza MS, Pereira Neto E, Souza VRC, Coelho CS. Concentrações
740 séricas de aspartato aminotransferase e creatinoquinase e concentrações plasmáticas de
741 lactato em equinos da raça Mangalarga Marchador após exercício físico [Serum
742 aspartate aminotransferase and creatine kinase concentrations and plasma lactate in

- 743 Mangalarga Marchador horses after physical exercise]. *Braz J Vet Res Anim Sci.*
744 2012;49:480-486.
- 745 13. McCurtcheon LJ, Byrd SK, Hodgson DR. Ultrastructural changes in skeletal muscle
746 after fatiguing exercise. *J Appl Phys.* 1992;72:1111.
- 747 14. Falaschini A, Trombetta MF. Modifications induced by training and diet in some
748 exercise-related blood parameters in Young trotters. *J Eq Vet Sci.* 2001;21:601-604.
- 749 15. Lekeux P, Art T, Linden A, Desmecht D., Amory H. Heart rate, hematological and
750 serum biochemical responses to show jumping. In: Persson SGB, Lindholm A, Jeffcott
751 LB. *Equine Exercise Physiology.* Davis, CA: ICEEP Publications; 1991:385-390.
- 752 16. Ferraz GC, Teixeira Neto AR, D'Angelis FHF, Lacerda Neto JC, Queiroz Neto A.
753 Alterações hematológicas e cardíacas em cavalos árabes submetidos ao teste de esforço
754 crescente em esteira rolante [Hematological and cardiac alterations in Arabian horses
755 submitted to incremental effort test in treadmill]. *Braz J Vet Res An Sci.* 2009;46:431-
756 437.
- 757 17. Melo SKM, Lira LB, Almeida TLAC, Rego EW, Manso HECCC, Manso Filho HC.
758 Índices hematimétricos e bioquímica sanguínea no cavalo de cavalgada em condições
759 tropicais [Hematological parameters and blood biochemistry in pleasure horses in
760 tropical region]. *Ci Anim Bras.* 2013;14:208-215.
- 761 18. Speirs CV. *Clinical examination of horses.* Pennsylvania, PA: Saunders; 1997.
- 762 19. Jain NC. Examination of the Blood and Bone Marrow. In: Jain NC. *Essentials of*
763 *Veterinary Hematology.* Philadelphia, PA: Lea & Febiger;1993:1-18.
- 764 20. Pryce JD. A modification of Barker-Summerson method for the determination of
765 lactic acid. *Analyst* 1969;94:1151- 1152.
- 766 21. Bergmeyer HU. *Methods of enzymatic analysis.* 2nd Ed. New York, NY: Academic
767 Press; 1974:727-773.

- 768 22. Schimid M, Forstner LA. Laboratory Testing in Veterinary Medicine Diagnosis and
769 Clinical Monitoring. Mannheim, BW: Boehringer;1986:69-70.
- 770 23. Robinson EN. *Current therapy in equine medicine*. 5. ed. Philadelphia, PA:
771 Saunders;2003: 956-978.
- 772 24. Capelleto EC, Angeli AL, Graff H. Respostas fisiológicas em Quarto de Milha após
773 prova de tambor. *Rev Acad Ciênc Agrar Ambient* 2009;7:299-304.
- 774 25. Bello CAO, Dumont CBS, Souza TC, et al. Avaliação eletrocardiográfica de
775 equinos após exercício de polo (baixo handicap). *Pesq Vet Bras* 2012;32:47-52.
- 776 26. Coelho CS, Silva GAO, Oliveira Jr. LAT, Moraes VS, Conti, LMC, Champion T.
777 Electrocardiographic patterns of Mangalarga Marchador horses before and after
778 implementation of the marcha gait. *Cienc Rural* 2016;46:915-920.
- 779 27. RUMENIG, E. et al. Kinetics and heart rate variability during aerobic exercise:
780 influence of the intensity and the period of analyze. *Revista Brasileira de Educação*
781 *Física*, v.21, p.205-218, 2007.
- 782 28. Teixeira PP, Pádua JT. Avaliação dos níveis de cortisol, tiroxina, triiodotironina e
783 glicose como indicativos de estresse em cavalos Puro Sangue Inglês de corrida, antes e
784 após a competição. *Cienc Anim Bras* 2002;3:39-48.
- 785 29. Coelho CS, Gama, JAN, Lopes PFR, Souza VRC. Glicemia e concentrações séricas
786 de insulina, triglicérides e cortisol em equinos da raça Mangalarga Marchador após
787 exercício físico. *Pesq Vet Bras* 2011;31:756-760.
- 788 30. HODGSON, D.R. Training regimen: physiologic adaptations to training. In:
789 HODGSON, D.R.; McGOWAN, C.; McKEEVER, K. *The athletic horse: principles and*
790 *practice of equine sports medicine*. 2 ed. Ed. Elsevier. p. 299-301, 2014.
- 791 31. Pritchard JC, Burn CC, Barr ARS, Whay HR. Haematological and serum
792 biochemical reference values for apparently healthy working horses in Pakistan. *Res Vet*

793 *Sci.* 2009;87:389-395.

794 32. Garcia M, Guzman R, Cabezas I, Merino V, Palma C, Pérez R. Evaluación del
795 entrenamiento tradicional del caballo criollo chileno de rodeo mediante el análisis de
796 variables [Evaluation of a traditional program of training in Chilean rodeo criollo horses
797 through the analysis of physiological and blood biochemical changes]. *Arch Med Vet.*
798 1999;31:167-176.

799 33. Machado LP. Eritrograma, glutatona reduzida e superóxido dismutase eritrocitários
800 e metahemoglobina em equinos da raça Árabe submetidos a exercício em esteira. Efeito
801 da suplementação com vitamina E (DL-ALFA-Tocoferol) tocoferol). 2006. 99 p.
802 Dissertação (Mestrado em Clínica Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e
803 Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

804 34. Ribeiro CR, Fagliari JJ, Galera PD, Oliveira AR. Hematological profile of healthy
805 Pantaneiro horses. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.60, n.2, p.492-495, 2008.

806 35. Thomassian A, Carvalho F, Watanabe MJ, et al. Atividades séricas da aspartato
807 aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase de equinos submetidos ao
808 teste padrão de exercício progressivo em esteira. *Braz J Vet Res Anim Scie*
809 2007;44:183-190.

810 36. Gomide LMW, Martins CB, Orozco CAG, et al. Concentrações sanguíneas de
811 lactato em equinos durante a prova de fundo do concurso completo de equitação. *Cienc*
812 *Rural* 2006;36:509-513.

813 37. Tateo A, Velle E, Padalino B, Centoducati P, Bergero D. Change in some
814 physiologic variables induced by Italian traditional conditioning in standardbred
815 yearling. *Journal of Equine Veterinary Science*. 2008. v.28. n°12.

816 38. Hinchcliff KW, Lauderdale MA, Dutson J, Geor RJ, Lacombe VA, Taylor LE,
817 2002. High intensity exercise conditioning increases accumulated oxygen deficit of
818 horses. *Equine Veterinary Journal* 34, 9–16.

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840 Tabela 1. Valores médios e desvios-padrão de frequências cardíaca (FC) e respiratória
 841 (FR), temperatura corpórea (TC), volume globular (VG), contagem de eritrócitos (He),
 842 concentração de hemoglobina (Hb), volume corpuscular médio (VCM), concentração de
 843 hemoglobina corpuscular média (CHCM), concentrações séricas de AST e CK e lactato
 844 plasmático nos equinos da raça Quarto de Milha, em uma sessão de exercício físico
 845 (prova de três tambores), nos momentos T0, T1, T2 e T3.

	T0	T1	T2	T3	<i>p</i>
FC (bpm)	40,8 ± 10,9 ^a	96,5 ± 22,8 ^b	49,8 ± 9,5 ^a	41,5 ± 5,9 ^a	<0,0001
FR (mov/min)	23,2 ± 7,6 ^a	50,4 ± 10,9 ^c	37,6 ± 13,7 ^b	24,8 ± 7,8 ^a	<0,0001
TC (°C)	37,4 ± 0,4 ^a	38,7 ± 0,5 ^c	38,2 ± 0,6 ^b	37,5 ± 0,5 ^a	<0,0001
VG (%)	36,7 ± 4,3 ^a	48,6 ± 4,8 ^b	36,9 ± 3,7 ^a	35,7 ± 3,7 ^a	<0,0001
He (x10 ⁶ /μL)	7,8 ± 0,7 ^a	10,2 ± 0,9 ^b	7,9 ± 0,8 ^a	7,7 ± 0,7 ^a	<0,0001
Hb (g/dL)	12,7 ± 1,2 ^a	17,2 ± 1,4 ^b	13,0 ± 1,0 ^a	12,7 ± 1,1 ^a	<0,0001
VCM (fl)	49,0 ± 3,6 ^a	48,3 ± 3,8 ^a	49,0 ± 4,9 ^a	49,6 ± 4,0 ^a	0,9704
CHCM (g/dL)	35,6 ± 2,0 ^a	35,8 ± 2,0 ^a	35,7 ± 2,0 ^a	35,9 ± 2,2 ^a	0,9636
AST (UI/L)	337,2 ± 99,6 ^a	313,4 ± 148,6 ^a	310,5 ± 123,7 ^a	342,0 ± 127,0 ^a	0,3414
CK (UI/L)	268,6 ± 119,5 ^a	317,1 ± 116,6 ^a	269,9 ± 101,2 ^a	288,6 ± 113,4 ^a	0,7115
Lactato (mmol/L)	0,63 ± 0,19 ^a	11,39 ± 3,10 ^c	4,73 ± 3,17 ^b	0,91 ± 0,39 ^a	<0,0001

846 Nota: Letras minúsculas diferentes na mesma linha denotam diferença significativa entre as médias (*p* <
 847 0,05) obtido pelo teste de Tukey. T0 (antes da atividade física), T1 (até no máximo cinco minutos após o

848 término da atividade física), T2 (30 minutos após o término da atividade física) e T3 (2 horas após o
849 término da atividade física).

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

REFERÊNCIAS

ABQM. Associação Brasileira dos Criadores de Cavalos Quarto de Milha. A Raça. Disponível em:< <http://www.abqm.com.br>>. Acesso em 08 jan. 2016.

AGUT, A.; MARTÍNEZ, M. L.; SÁNCHEZ-VALVERDE, M. A.; SOLER, M.; RODRÍGUEZ, J. Ultrasonographic characteristics (cross-sectional area and relative echogenicity) of the digital flexor tendons and ligaments of the metacarpal region in Purebred Spanish horses. **Vet. J.**, v. 180, n. 3, p. 377-383, 2009.

ANDERSON, T.M.; MCIIIWRAITH, C.W. Longitudinal development of equine conformation from weanling to age 3 years in Thoroughbred. **Equine Vet. J.** v. 36, n. 7, p. 563-570, 2004a.

ANDERSON, T.M.; MCIWRAITH, C.W.; DOUAY, P. The role os conformation in musculoskeletal problems in the racing thoroughbred. **Equine vet. J.**,v. 36, n. 7, p. 571-575, 2004b.

ANDRADE, L, S. **O condicionamento do equino no Brasil**. Recife: Equicenter, 201 p., 1986.

BACH, O.; BUTLER,, D.; WHITE, K.; METCALF, S. Hoof balance and lameness: improper toe length, hoof angle, and mediolateral balance. **Comp. cont. Educ. Pract. Vet.**, v. 17, n. 10, p. 1275-1282, 1995.

BACK, W. Hoof and Shoeing. In: BACK, W.; CLAYTON, H. M. **Equine locomotion**. 1. ed. London: W.B. Saunders, 2001. p.135-165.

BACK, W.; SCHAMHARDT, H.C.; HARTMAN, W.; BARNEVALD, A. Kinematic differences between the distal portions of the forelimbs and hund limbs of horses at the trot. **Am. J. Vet. Res.**, v. 56, n. 11, p. 1522-1528, 1995.

BALARIN, M. R. S.; LOPES, R. S.; KOHAYAGAWA, A.; LAPOSY, C. B.;

FONTEQUE, J. R. Avaliação da glicemia e da atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatinoquinase, gama- glutamiltransferase e lactato desidrogenase em equinos puro sangue inglês (PSI) submetidos a exercícios de diferentes intensidades. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 2, p. 211-218, 2005.

BALCH, O.; CLAYTON, H.M., LANOVAZ, J.L. Weight and length induced changes in limb kinematics in trotting horses. In: Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 42, 1996, Denver. **Proceedings...** Lexington: American Association of Equine Practitioners, 1996. p. 218-219.

BALCH, O.K.; RATZLAFF, M.H.; HYDE, M.L.; WHITE, K.K. Locomotor effects of hoof angle and mediolateral balance of horses exercising on a high-speed treadmill: preliminary results. In: Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 37, 1991, São Fransisco. **Proceedings...** Lexington: American Association of Equine Practitioners, 1992. p. 687-705.

BALCH, O.; WHITE, K.; BUTLER, D. Factors involved in the balancing of equine hooves. **J. Am. Vet. Med. Assoc.**, v. 198, n. 11, p. 1980-1989, 1991.

BARBESGAARD, L.; BUHL, R.; MELDGAARD, C. Prevalence of exercise-associated arrhythmias in normal performing dressage horses. **Equine vet. J.** v.42, n.3), p. 202-207, 2010.

BELLO, C. A. O.; DUMONT, C. B. S.; SOUZA, T. C.; PALMA, J. M.; LIMA, E. M. M.; GODOY, R. F.; NETO, G. B. P.; MERYONNE, M. Avaliação eletrocardiográfica de equinos após exercício de pólo (baixo handicap). **Pesq. Vet. Bras.** v. 32(Supl.1), p. 47-52, 2012.

BENOIT, P.; BARREY, E., REGNAULT, J.C.; BROCHET, J. L. Comparison of the damping effect of different shoeing by the measurement of hoof acceleration. **Acta. Anat.**, v. 146, n. 2-3, p. 109-113, 1993.

BERTONE, J.J. Practical approach to cardiac evaluation in the field. **AAEP Proceedings**, v. 45, p. 266-270, 1999.

BISCHOFBERGER, A. S.; KONAR, M.; OHLERTH, S.; GEYER, H.; LANG, J.; UELTSCHI, G.; LISCHER, C. J. Magnetic resonance imaging, ultrasonography and histology of the suspensory ligament origin: a comparative study of normal anatomy of Warmblood horses. **Equine vet. J.**, v. 38, n. 6, p. 508-516, 2006.

BOEHART, G. A.; CARSTANJAN, B. Ultrasonographic morphometric measurements of digital flexor tendons and ligaments of the palmar metacarpal region in Haflinger horses. **Anat. Histol. Embryol.**, v. 39, n. 4, p. 366-375, 2010.

BOWKER, R.M.; LINDER, K.; VAN WULFEN, K.K.; SONEA, I.M. Anatomy of the distal interfalangeal joint of the mature horse: relationships with navicular suspensory ligaments, sensory nerves and neurovascular bundle. **Equine Vet. J.**, v. 29, n. 2, p. 126-135, 1997.

CAIADO, J.C.C.; PISSINATE, G.L.; SOUZA, V.R.C.; FONSECA, L.A.; COELHO, C.S. Lactacidemia e concentrações séricas de aspartato aminotransferase e creatinoquinase em equinos da raça Quarto de Milha usados em provas de laço em dupla. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.31, p. 452-458, 2011.

CARDINET, G.H. Skeletal muscle function. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of domestic animals**. 5th ed. London: Academic Press, p.407-440, 1997.

ÇELIMLI, N.; SEYREK-INTAS, D.; KAYA, M. Morphometric measurements of flexor tendons and ligaments in Arabian horses by ultrasonographic examination and comparison with other breeds. **Equine vet. Educ.**, v. 16, n. 2, p. 81-85, 2004.

CHATEAU, H.; DEBUEURCE, C.; DENOIX, J.M. Effects of 6 degree elevation of the heels on 3D kinematics of the distal portion of the forelimbs in the walking horse. **Equine vet. J.**, v. 36, n. 8, p. 649-654, 2004.

CHATEAU, H.; DEGUEURCE, C.; DENOIX, J.M. Effect of egg-bar shoes on the 3-dimensional kinematics of the distal forelimb in horses walking on a sand track. **Equine vet. J.**, v. 36, p. 377-382, 2006a.

CHATEAU, H., DEGUERCE, C., DENOIX, J.M. Three-dimensional kinematics of the distal forelimb in horses trotting on a treadmill and effects of elevation of heel and toe. **Equine Vet. J.**, V. 38, n. 2, p. 164-169, 2006b.

CLAYTON, H.M. Effects of hoof angle on locomotion and limb loading. In: White NA, Moore JN, **Current techniques in equine surgery and lameness**. 2. ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1998. 504-509.

COLLES, C.M. The relationship of frog pressure to heel expansion. **Equine Vet. J.**, v. 21, n. 1, p. 13-16, 1989.

COSTA, M. D.; BERGMANN, J. A. G.; REZENDE A. S. C. Caracterização demográfica da raça Mangalarga Marchador. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 56, p.687-690, 2004.

CRAIG, J. J.; CRAIG, M. F. Hoof and Bone Morphology of the Equine Digit: Challenges to Some Common Beliefs. 2005. Disponível em: <<http://www.eponashoe.com/documents/Morphology.pdf>>. Acesso em: 24 de outubro de 2014.

CRAIG, M. The value of measuring the hoof. The Epona Institute. Disponível em: <http://metron-imaging.com/images/Value_of_Measuring.pdf> Acesso em 20 de outubro de 2014.

CRAIG, J.J.; CRAIG, M.F.; WELTNER, T.N. Quantifying conformation of the equine digit from lateromedial radiographs. In: Annual AESM meeting

conference, 21, 2001, Sacramento. **Proceedings...** Sacramento: Association of Equine Sports Medicine, 2001. p. 20-25..

CRIPPS, P.J.; EUSTACE, R.A. Radiological measurements from the feet of normal horses with relevance to laminitis. **Equine Vet. J.**, v. 31, n. 5, p.427-432, 1999.

CREVIER-DENOIX, N.; POURCELOT, P.; RAVARY, B.; ROBIN, D.; FALALA, S.; UZEL, S.; GRISON, A.C.; VALETTE, J-P.; DENOIX, J.M.; CHATEAU, H. Influence of track surface on the equine superficial digital flexor tendon loading in two horses at high speed trot. **Equine vet. J.**, v. 41, n. 3, p. 257-261, 2009.

CREVIER-DENOIX, N.; ROBIN, D.; POURCELOT, P.; HOLDEN, L.; ESTOUP, P.; DESQUILBET, L.; DENOIX, J. M.; CHATEAU, H. Ground reaction force and kinematic analysis of limb loading on two different beach sand tracks in harness trotters. **Equine Vet. J.**, v. 42, (Suplemento 38), p. 544-551, 2010.

CREVIER-DENOIX, N.; ROOSEN, C.; DARDILLANT, C.; POURCELOT, P.; JERBI, H.; SANAA, M.; DENOIX JM. Effects of heel and toe elevation upon the digital joint angles in the standing horse. **Equine Vet. J. Suppl.**, v. 33, p. 74-78, 2001.

CUST, A. R. E.; ANDERSON, G. A.; WHITTON, R. C.; DAVIES, H. M. S. Hoof conformation and performance in the racing thoroughbred in Macau. **Australian Veterinary Journal.**, v. 91, n. 3, p. 108-112, 2013

DABAREINER, R.M.; CARTER, G.K. Diagnosis, treatment and farriery for horses with chronic heel pain. **Vet. Clin. North Am. Equine Pract.**, v. 19, n. 2, p. 417-428, 2003.

DANTAS, G. N.; LOURENÇO, M. L. G.; SANTAROSA, B. P.; ULIAN, C. M. V.; HECKLER, M. C. T.; CARVALHO, L. R.; CHIACCHIO, S. B. Métodos eletrocardiográficos em equinos American Miniature Horse. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 5, p. 848-853, 2015.

DAVIES, H.M. S.; MERRIT, J. S.; THOMASON, J. J. Biomechanics of the equine foot. In: FLOYD, A.; MANSMANN, R. A. **Equine podiatry**. 1. ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2007. p. 39, 40.

DAVIES, H. M. S; PHILIP, C. Gross anatomy of the equine digit. In: FLOYD, A.; MANSMANN, R. A. **Equine podiatry**. 1. ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2007. p. 2-40.

DEGEURCE, C.; CHAETAU, H.; JERBI, H.; CREVIER-DENOIX, N.; POURCELOT, P.; AUDIGIE, F.; PASQUI-BOUTARD, V.; GEIGER, D.; DENOIX JM. Three dimensional kinematics of the proximal interphalangeal joint: effects of raising the heels or the toe. **Equine vet J. Suppl.**, v. 33, p.79-83, 2001.

DENOIX, J.M. Funcional anatomy of tendons and ligaments in the distal limb (manus e pes). **Vet. Clin. North Am. Equine Pract.**, v. 10, n. 1, p. 273-321, 1994.

DENOIX, J.M. The equine foot. In: **The equine distal limb: an atlas of clinical anatomy and comparative imaging**. 1. ed. Barcelona: Manson publishing, 2000. Cap. 1, p. 3.

DENOIX, J. M.; COUDRY, V.; JACQUET, S. Ultrasonographic procedure for a complete examination of the proximal third interosseous muscle (proximal suspensory ligament) in the equine forelimbs. **Equine Vet. Educ.**, v. 20, n. 3, p. 158-153, 2008.

DINIZ, M.P.; MUZZI, R.A.L.; MUZZI, L.A.L.; ALVES, G.E.S. Estudo eletrocardiográfico de equinos da raça Mangalarga Marchador. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 60, n. 3, p. 536-542, 2008

DINIZ, M. P.; MICHIMA, L. E. S.; FERNANDES, W. S. Estudo eletrocardiográfico de equinos de salto. **Pesq. Vet. Bras**, v.31. n. 4. p. 355-361, 2011

DUMONT, C.B.S.; MORAES, J.M.; LEITE, C.R.; ALVES, R.O.; MOREIRA, M.; MOSCARDIM, A.R.C; GODOY, R.F.; LIMA, E.M.M. Parâmetros eletrocardiográficos de equinos desclassificados por exaustão em competições de enduro. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, n.1, p.20-27, 2011.

DURANDO, M. Diagnosing cardiac disease in equine athletes: the role of stress testing. **Equine vet. J.** v.37, n. 2, p. 101-103, 2005.

DYHRE-POULSEN, P.; SMEDEGAARD, H.H.; ROED, J. KORSGAARD, E. Equine hoof function investigated by pressure transducers inside the hoof and accelerometers mounted on the first phalanx. **Equine Vet. J.**, v. 26, n. 5, p. 362-366, 1994.

DYSON, S. Proximal suspensory desmitis: clinical, ultrasonographic and radiographic features. **Equine vet. J.**, v. 23, n. 1, p. 25-31, 1991.

DYSON, S. Proximal suspensory desmitis in the hindlimb: 42 cases. **Br. vet. J.**, v. 150, n. 3, p. 279-291, 1994.

DYSON S. Diagnosis and management of common suspensory lesions in the forelimbs and hindlimbs of sport horses. **Clin. Tech. Equine Pract.**, v. 6, n. 3, p. 179-188, 2007.

DYSON, S.; ARTHUR, R.M.; PALMER, S.E.; RICHARDSON, D. Suspensory ligament desmitis. **Vet. Clin. North Am. Equine Pract.**, v. 11, n. 2, p. 177-215, 1995.

DYSON, S.J.; TRANQUILLE, C.A.; COLLINS, S.N.; PARKIN T.D.H.; MURRAY, R.C. An investigation of the relationships between angles and shapes of the hoof capsule and the distal phalanx. **Equine Vet. J.**, v. 43, n. 3, p. 295-301, 2011.

EATON, M.D. Energetics and performance. In: HODGSON, D.R.; ROSE, R.J. **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine.** Philadelphia:Saunders. p.49- 62,1994.

ELIASHAR, E.; MCGUIGAN, M. P.; ROGERS, K. A.; WILSON, A. M. A comparison of three horseshoeing styles on the kinetics of breakover in sound horses. **Equine Vet. J.**, v. 34, n. 2 , p. 184-190, 2002.

EUSTACE, R.A. Clinical presentation, diagnoses and prognosis of chronic laminitis in Europe. **Vet. Clinic. North Am. Equine Pract.** v. 26, n. 2, p. 391-405, 2010.

EVANS, D.L. T-waves in the equine electrocardiogram: effect of training and implications for race performance. **Eq. Exerc. Physiol.**, v. 3, p. 475-481, 1991.

EVARISTO, I.G.B.; MIELO, U.P.; FERREIRA, C.; PALHARES, M.S.; CALONGE, D.F.; PEREIRA, A.B. Avaliação do equilíbrio dorso-palmar do casco de equinos da raça Mangalarga Marchador. **Rev. Univ. Rural.**, v. 26, p. 199-120, 2006a.

EVARISTO, I.G.B.; MIELO, U.P.; FERREIRA, C.; PALHARES, M.S.; CALONGE, D.F.; MARTINS, R.A. Avaliação do equilíbrio médio-lateral do casco de equinos da raça Mangalarga Marchador. **Rev. Univ. Rural.**, v. 26, p. 121-122, 2006b.

FERNANDES, W. R. Alterações dos parâmetros do eletrocardiograma e da crase sanguínea em equinos das raças Árabe e Mangalarga, bem como de mestiços, submetidos a prova de enduro. 1994. 21f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária)- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

FERNANDES, W. R.; LARSSON, M. H. M. A.; ALVES, A. L. G.; FANTONI, D. T.; BELLI, C. B. Características eletrocardiográficas em equinos clinicamente

normais da raça Puro Sangue Inglês. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 56, n. 2, p. 143-149, 2004

FERRAZ, G.C. **Respostas endócrinas, metabólicas, cardíacas e hematológicas de equinos submetidos ao exercício intenso e à administração de cafeína, aminofilina e clenbuterol.** 2006. 98 p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária). Faculdade de Ciências agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal.

FRANCISCATO, C.; LOPES, S.T.A.; VEIGA, A.P.M.; MARTINS, D.B.; EMANUELI, M.P.; OLIVEIRA, L.S.S. Atividade sérica das enzimas AST, CK e GGT em cavalos Crioulos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 10, p. 1561-1565, 2006.

FLOYD, A.; MANSMANN, R. A. **Equine Podiatry.** 1. ed. Missouri: Saunders, 2007. 464 p.

FOOR, D. Balancing and shoeing the equine foot. In: FLOYD, A.; MANSMANN, R. A. **Equine podiatry.** 1. ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2007. p. 379-392.

GENOVESE, R. L.; RANTANEN, N. W.; HAUSER, M. L.; SIMPSON, B. S. Diagnostic ultrasonography of the equine limbs. **Vet. Clin. North Am. Equine Pract.**, v. 2, n. 1, p. 145-226, 1986.

GIBSON, K. T.; SNYDER, J.R.; SPIER, S.J. Ultrasonographic diagnosis of soft tissue injuries in horses competing at the Sydney 2000 Olympic Games. **Equine Vet. Educ.**, v. 14, n. 3, p. 149-156, 2002.

GIBSON, K. T.; STEEL, C. M. Conditions of the suspensory ligament causing lameness in horse. **Equine Vet. Educ.**, v. 14, n. 1, p. 39-50, 2002.

GIANNICO, A. T.; DORNBUSCH, P. T.; FERREIRA, F. M.; FILHO, I. R. B.; DECONTO, I.; OLIVEIRA, S. T. Mediadas ecocardiográficas de cavalos de

tração da região metropolitana de Curitiba-PR. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 827-838, 2015.

GOMIDE, L. M. W.; MARTINS, C. B.; OROZCO, C. A. G.; SAMPAIO, R. C. L.; BELLI, T.; BALDISSERA, V.; LACERDA NETO, J. C. Concentrações sanguíneas de lactato em equinos durante a prova de fundo do concurso completo de equitação.

Ciencia Rural, v. 36, n. 2, p. 509-513, 2006.

GROSSMAN, W.; JONES, D.; MCLAURIN, L.P. Wall stress and patterns of hypertrophy in the human left ventricle. **J. Clin. Invest.**, v. 56, p. 56-64, 1975.

HAMPSON, B.A.; DE LAAT, M.A.; MILLS, P.C.; POLLITT, C.C. The feral horse foot. Part A: observational study of the effect of environment on the morphometrics of the feet of 100 Australian feral horses. **Australian Veterinary Journal**. v.91, n. 1-2, p.14-22, 2013.

HARRIS, A. Enfermidades Musculoesquelética,. In: REED, S. M. **Medicina interna equina**. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan. p.320-367, 2000.

HILL, A.E.; GARDNER, I.A.; CARPENTER, T.E.; STOVER, S.M. Effects of injury to the suspensory apparatus, exercise, and horseshoe characteristics on the risk of lateral condylar fracture and suspensory apparatus failure in forelimbs of thoroughbred racehorses. **Am. J. vet. Res.**, v.65, n. 11, p. 1508-1517, 2004.

HINCHCLIFF, K.; KANEPS, A.; GEOR, R. **Equine Sports Medicine and Surgery**. Saunders, 2004.

HOLROYD, K.; DIXON, J. J.; MAIR, T.; BOLAS, N.; BOLT, D. M.; DAVID, F. Variation in foot conformation in lame horses with different foot lesions. **Vet. J.**, v. 195, n. 3, p. 361-365, 2013.

JACKMAN, B.R. Common lameness in the cutting and reining horse. In: Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 47, 2001, San Diego. **Proceedings...** Lexington: American Association of Equine Practitioners, 2001. p. 6-11.

JACKSON, J. **The natural horse: lessons from the wild for domestic home care.** 1. ed. Flagstaff: Northland Publishing, 1992. 171p.

JONHSTON, C.; BACK, W. Hoof ground interaction: when biomechanical stimuli challenge the tissues of the distal limb. **Equine Vet. J.**, v. 38, n. 7, p. 634-641, 2006.

KAINER, R. A. Functional Anatomy of Equine Locomotor Organs. In: STASHAK, T. S. **Adams' lameness in horses.** 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002. p. 1-8.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals.** 4. Ed. San Diego: Academic Press, p. 932, 1997.

KOBLUC, C.; ROBINSON, R.; GORDON, B.; CLANTON, C.J.; TRENT, A.M.; AMES, T.R. The effect of conformation and shoeing: a cohort study of 95 Thoroughbred racehorses. In: Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 35, 1989, Boston. **Proceedings...** Lexington: American Association of Equine Practitioners, 1989. p. 259-274.

KROEKENSTOEL, A.M.; VAN HEEL, M.C.V.; VAN WEEREN, P.R.; BACK, W. Developmental aspects of distal limb conformation in the horse: differences with mature horses and the potential consequences of uneven feet in foals. **Equine vet. J.**, v. 38, n. 7, p. 652-656, 2006.

KUMMER, M.; GEYER, H.; IMBODEN, I.; AUER, J.; LISCHER, C. The effect of hoof trimming on radiographic measurements of the front feet of normal Warmblood horses. **Vet. J.**, v. 172, n. 1, p. 58-66, 2006.

LAWSON, S.E.M.; CHATEAU, H.; POURCELOT, P.; DENOIX, J.M.; CREVIER-DENOIX, N. Effect of toe and heel elevation on calculated tendon strains in the horse and the influence of the proximal interphalangeal joint. **J. Anat.**, v. 210, n. 5, p. 583-591, 2007.

LIMA, M. B. Eletrocardiografia em equinos do Regimento de Polícia Montada do estado do Espírito Santo, Brasil. 2011. Dissertação(Mestrado em Medicina Veterinária)- Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre,ES.

LOCHNER, F.K. *In vivo* and *in vitro* measurement of tendon strain in the horse. **Am. J. Vet. Res.**, v. 41, n. 12, p. 1927-1937, 1980.

MARR, C. M.; **Cardiology of the horse**. Philadelphia: W.B. Saunders, 2010

MAGALHÃES, J. F.; LIMA, I. R.; LIMA, L. R.; VARELA, J. A. R. C.; VIEIRA, R. A. M.; ALVES, G. E. S.; FALEIROS, R. R. Estudo da correlação de medidas radiográficas indicadoras de laminite em éguas da raça Mangalarga Marchador com e sem sinais de sobrepeso. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v. 66, p. 1123-1132, 2014.

MARQUES, M. S.; FERNANDES, W. R.; COELHO, C. S.; MIRANDOLA, R. M. S. Influência do exercício físico sobre os níveis de lactato plasmático e cortisol sérico em cavalos de corrida. **A Hora Veterinária**, v. 22, n. 129, p. 29-32, 2002.

MARZZOCO, A.; TORRES, B.B. **Bioquímica Básica**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 360,1999.

McGOWAN, C. Clinical pathology in the racing horse: the role of clinical pathology in assessing fitness and performance in the racehorse. **The Veterinary Clinics of NorthAmerican- Equine Practice**, v. 24, p. 405-421, 2008.

MENDES, D. N.; Semiologia do sistema circulatório de equinos e ruminantes: In: FEITOSA, F.L.S. **Semiologia Veterinária: a arte do diagnóstico**. São Paulo: Roca, 2004. p. 234-277.

MOLEMAN, M.; VAN HEEL, M.C.V.; VAN WEEREN, P.R.; BLACK, W. Hoof growth between two shoeing sessions leads to a substantial increase of the moment about the distal, but not the proximal, interphalangeal joint. **Equine vet. J.**, v. 38, n. 2, p. 170-174, 2006.

MOYER, W. Chronic subsolar bruising. In: Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 34, 1988, San Diego. **Proceedings...** Lexington: American Association of Equine Practitioners, 1989. p. 333-335.

MURRAY, R. C.; DYSON, S. J.; TRANQUILLE, C.; ADAMS, V. Association of type of sport and performance level with anatomical site of orthopaedic injury diagnosis. **Equine vet. J. Suppl.**, v.36, p.411-416, 2006.

NOGUEIRA, G.P.; BARNABE, R.C.; BEDRAN-DE-CASTRO, J.C.; MOREIRA, A.F.; FERNANDES, W.R.; MIRANDOLA, R.M.S.; HOWARD, D.L. Serum cortisol, lactate and creatinine concentrations in Thoroughbred fillies of different ages and states of training. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 39, n. 1, p. 54-57, 2002.

O'GRADY, S. E. Strategies for shoeing the horse with palmar foot pain. In: Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 52, 2006, San Antonio. **Proceedings...** Lexington: American Association of Equine Practitioners, 2006. p. 209-217.

O'GRADY, S.E. Basic Farriery for the performance horse. **Vet. Clin. Equine.**, v. 24, n. 1, p. 203-218, 2008.

O'GRADY, S.E. Guidelines for trimming the equine foot. In: Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 55, 2009, Las Vegas. **Proceedings...** Lexington: American Association of Equine Practitioners, 2009. p. 218-225.

O'GRADY, S. E.; POUPARD D. A. Physiological horseshoeing: an overview. **Equine vet. Educ.**, v. 13, n. 16, p. 330-334, 2001.

O'GRADY S. E., POUPARD D. A. Proper physiologic horseshoeing. **Vet. Clinic. of North Am. Equine Pract.**, v. 19, n. 2, p. 333-351, 2003.

OLIVIER, A.; WANNENBURG, J.; GOTTSCCHALK, R.D.; VAN DER LINDE, M.J.; GROENEVELD, H.T. The effect of frog pressure and downward vertical load on hoof wall weight bearing and third phalanx displacement in the horse-an in vitro study. **J. s. Afr. Vet. Ass.**, v. 72, n. 4, p. 217-227, 2001.

PALMA, J. N.; CANIELLO, N. T.; SOUSA, T. C.; BELO, C. A. O.; DUMONT, C. B. S.; LIMA, E. M. M. Avaliação eletrocardiográfica de potros Quarto de Milha em diferentes idades. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 174-178, 2013.

PAGE, B. T.; HAGEN, T. L. Breakover of the hoof and its effect on structures and forces within the foot. **J. E. V. S.**, v. 22, n. 6, p. 258-264, 2002.

PARKS, A. Form and function of the equine digit. **Vet. Clin. Equine.**, v. 19, p. 285-307, 2003.

PASCON, J. P. E.; SANTOS, F. P.; PEREIRA, D. T. P.; MISTIERI, M. L. A.; MOZZAQUATRO, F. D. Estudo eletrocardiográfico de éguas Crioula. **Pesq. Vet. Bras.** v. 35, n. 4, p. 319-323, 2015

PATTENSON, M. Equine cardiology. Electronic version, 2002. Disponível em: <<http://www.provet.co.uk/equinecardiology/>>. Acesso em 20 dez. 2015

PAZ, C. F. R.; PAGANELA, J. C.; DOS SANTOS, C.A.; NOGUEIRA, C. E.W.; FALEIROS, R.R. Relação entre obesidade, insulina plasmática e posicionamento da falange distal em equinos da raça crioula. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 65, n. 6, p. 1699-1705, 2013

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 chrome. **Rev. Bras. Zootecn.**, v.38, p. 916-922, 2009.

POLLITT, C.C. **Equine laminitis current concepts**. Publication No. 08/062, Project No. RIRDC UQ-118A. Queensland- Australia, 2008. P. 55-60.

POOLE, D.C.; ERICKSON, H. Heart and vessels: function during exercise and response to training. In: HINCHCLIFF, K.W.; KANEPS, A.J.; GEOR, R.J. **Equine sports medicine and surgery**. Ohio: Saunders, p. 699-728, 2004.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício**. 3. ed. São Paulo: Manole, p. 527, 2000.

REDDEN, R. F. A. A method for treating club feet. In: Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 34, 1988, San Diego. **Proceedings...** Lexington: American Association of Equine Practitioners, 1988. p. 321-324.

REDDEN, R. F. A. Hoof capsule distortion: understanding the mechanisms as a basis for rational management. **Vet. Clin. North Am. Equine Pract.**, v. 19, n. 2, p. 443–462, 2003.

REDDEN, R. F. A. Identifying and treating negative palmar angle. In: Depth equine podiatry symposium notes. 2010. Disponível em: <http://www.nanric.com/identifying_negative%20_palmar_angle.html> Acesso em: 24 de outubro de 2014.

REEF, V. B. Musculoskeletal ultrasonography. In: _____ **Equine diagnostic ultrasound**. 1. ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1998, p. 39-186.

REZENDE, A. S. C. Aditivos ou suplementos? Mangalarga Marchador. **Rev. Oficial da ABCCMM.**, v.18, p.44-48, 2006.

RHEIMER, J. M. How to maximise image quality for the sonographic evaluation of the hind suspensory ligament. In: Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 56, 2010, Baltimore. **Proceedings...** Lexington: American Association of Equine Practitioners, 2010. p. 239-243.

RIBEIRO, C. R.; MARTINS E. DO A. N. ; RIBAS J. A. S.; GERMINARO , A. Avaliação de constituintes séricos em equinos e muarees submetidos à prova de resistência de 76km, no Pantanal do Mato Grosso, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1081-1086, 2004.

RIEMERSMA, D.J., VAN DEN BOGERT, A.J., JANSEN, M.O. SCHAMHARDT, H.C. Influence of shoeing on ground reaction forces and tendons strains in the forelimbs of ponies. **Equine Vet. J.**, v. 28, n. 2, p. 126-132, 1996.

ROGERS, C. W.; BACK, W. Wedge and eggbar shoes change the pressure distribution under the hoof of the forelimb in the square standing horse. **J. Equine Vet. Sci.**, v. 23, p. 306-309, 2003.

ROEPSTORFF, L.; JOHNSTON, C., DREVEMO, S. In vivo and in vitro heel expansion in relation to shoeing and frog pressure. **Equine Vet. J. Suppl.**, v. 33, p. 54-57, 2001.

SECANI, A.; LÉGA, E. Fisiologia do exercício em equinos. **Nucleus Animalium**, v.1, n.2, p.53-66, 2009.

SILVA, I. A. C.; DIAS, R. V. C.; SOTO-BLANCO, B. Determinação das atividades séricas de creatina quinase, lactato desidrogenase e aspartato aminotransferase em eqüinos de diferentes categorias de atividade. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.59, n.1, p.250-252, 2007.

SINGER, E.R.; BARNES, J.; SAXBY, F.; MURRAY, J. K. Injuries in the event horse: Training versus competition. **Vet. J.**, v. 175, p. 76-81, 2008.

STASHAK, T. S. **Adams'lameness in horses**. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002, 1174 p.

STASHAK, T. S.; HILL, C.; KLIMESH, R.; OVNICK, G. Trimming and shoeing for balance and soundness. In: STASHAK, T.S. **Adams'lameness in horses**. 5. Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002. p. 1081-1142.

STEPHENS, P.R., NUNAMAKER, D.M., BUTTERWECK, D.N. Application of a hall-effect transducer for measurement of tendon strain in Horses. **Am. J. Vet. Res.**, v. 50, n. 7, p. 1089-1095, 1989.

STUMP, J.E. Anatomy of the normal equine foot, including microscopic features of the laminar region. **JAVMA**, v. 151, n. 12, p. 1588-1598, 1967.

TACCHIO, G.; DAVIES, H.M., MORGANTE, M.; BERNARDINI, D. A radiographic technique to assess the longitudinal balance in front hooves. **Equine vet. J.**,v. 34, p. 368-372, 2002.

THOMASON, J.J.; DOUGLAS, J.E.; SEARS, W. Morphology of the laminar junction in relation to the shape of the hoof capsule and distal phalanx in adult horses (*Equus caballus*). **Cells Tissues Organs.**, v. 168 n. 4, p. 295-311, 2003.

THOMASSIAN, A.; CARVALHO, F.; WATANABE, M. J.; SILVEIRA, V. F.; ALVES, C. A.; NICOLETTI, J. L. M. Atividades sericas de aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase de equinos

submetidos ao teste padrao de exercicio progressivo em esteira. **Brazilian Journal Veterinary Medicine and Animal Science**, v.44, n.3, p.183-190, 2007.

VAN HEEL, M.C.V.; BARNEVOLD, A.; VAN WAREN, P.R.; BLACK, W. Dynamic pressure measurements for the detailed study of hoof balance: the effect of trimming. **Equine vet. J.**, v. 36, n. 8, p. 778-782, 2004.

VINCENZI,R.C.;LARSSON, M.H.M.A.; FERNANDES, W.R. Parametros eletrocardiograficos em equinos clinicamente normais da raça Mangalarga. Parte I: freqüência e ritmo cardíaco. **R.bras.Med.Vet**, v.22, n.2,p.71-74, 2000.

VINCENZI,R.C.;LARSSON, M.H.M.A.; FERNANDES, W.R. Parametros eletrocardiograficos em equinos clinicamente normais da raça Mangalarga. Parte II: Eixo elétrico médio no plano frontal. **R.bras.Med.Vet**, v.22, n.3, p.111-113, 2000.

VINCENZI,R.C.;LARSSON, M.H.M.A.; FERNANDES, W.R. Parametros eletrocardiograficos em equinos clinicamente normais da raça Mangalarga. Parte III: Amplitude e duração dos complexos e intervalos. . **R.bras.Med.Vet**, v.22, n.5, p. 194-199 2000.

WERPY N. M., DENOIX J. M. Imaging of the equine proximal suspensory ligament. **Vet. Clin. North Am. Equine Pract.**, v. 28, n. 3, p. 507-525, 2012.

WERPY, N. M.; DENOIX, J. M.; MCILWRAITH, C. W.; FRISBIE, D. D. Comparison between standard ultrasonography, angle contrast ultrasonography, and magnetic resonance imaging characteristics of the normal equine proximal suspensory ligament. **Vet. Radiol. Ultrasound.**, v. 54, n. 5, p. 536-547, 2013.

WILLEMEN, M. A.; SAVELBERG, H. H. C.M.; BRUIN, G.; BARNEVALD, A. The Effect of Toe Weights on Linear and Temporal Stride Characteristics of Standardbred Trotters. **Vet. Q.**, v. 16, (Suplemento 2), p. 97- 100, 1994.

WILLIAMS, R.B.; HARKINS, L. S.; HAMOND, C. J.; WOOD, J.L.N. Racehorse injuries, clinical problems and fatalities recorded on British racecourses from flat racing and Nacional Hunt racing during 1996, 1997 and 1998. **Equine vet. J.**, v. 33, n. 5, p. 478-486, 2001.

WILSON, D.A.; BAKER, G.J.; PIJANOWSKI, G.J.; BOERO, M.J.; BADERTSCHER, R.R. Composition and morphologic features of the interosseous muscle in Standardbreds and Thoroughbreds. **Am. J. vet. Res.**, v. 52, n. 1, p. 133-139, 1991.

WOLLENMAN, P. Prepurchase examination of polo horses. In: Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 45, 1999, Albuquerque. **Proceedings...** Lexington: American Association of Equine Practitioners, 1999. p. 13-18.

XAVIER, V. F.; LIMA, L. R.; MARVAL, C. A. D.; AZEVEDO, D. D. S.; VIEIRA, R. A. M.; CASTRO, T. D. C.; MOURA, D. A. D.; VILELA, S. B.; FALEIROS, R. R. Estudo radiográfico do posicionamento da falange distal e suas correlações com obesidade em equinos de patrulhamento da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 66, n. 3, p. 672-680, 2013.

YONEZAWA, L. A.; BARBOSA, T. S.; KOHAYAGAWA, A. Eletrocardiograma do Equino. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.13, n.1, p.84-93, 2014

YONEZAWA, L.A.; MACHADO, L.P.; SILVEIRA, V.F.; WATANABE, M.J.; SAITO, M.E.; KITAMURA, S.S.; KOHAYAGAWA, A. Exame eletrocardiográfico em equinos da raça puro sangue árabe submetidos ao exercício em esteira de alta velocidade e a suplementação com vitamina E. **Archives of Veterinary Science**, v.14, n.3, p. 134-142, 2009.

ZAUSCHER, J.M.; ESTRADA, R.; EDINGER, J.; LISCHER, C. J. The proximal aspect of the suspensory ligament in the horse: How precise are ultrasonographic measurements? **Equine Vet. J.** v. 45, n. 2, p. 164-169, 2013.