

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

AVALIAÇÃO ELETROCARDIOGRÁFICA E DE VARIÁVEIS
SANGUÍNEAS DE EQUINOS USADOS EM PROVAS DE SALTO
TREINADOS EM CONDIÇÕES TROPICAIS

LAÍS POLICARPO MACEDO

VILA VELHA
FEVEREIRO / 2017

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

**AVALIAÇÃO ELETROCARDIOGRÁFICA E DE VARIÁVEIS
SANGUÍNEAS DE EQUINOS USADOS EM PROVAS DE SALTO
TREINADOS EM CONDIÇÕES TROPICAIS**

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

LAÍS POLICARPO MACEDO

VILA VELHA
FEVEREIRO / 2017

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

M141a Macedo, Laís Policarpo.
Avaliação eletrocardiográfica e de variáveis sanguíneas de equinos usados em provas de salto treinados em condições tropicais. / Laís Policarpo Macedo - 2017.
62 f.

Orientadora: Clarisse Simões Coelho
Dissertação (mestrado em Ciência Animal)
Universidade Vila Velha, 2017.
Inclui bibliografias.

1. Medicina veterinária. 2. Cavalos. 3. Eletrocardiografia.
I. Coelho, Clarisse Simões. II. Universidade Vila Velha. IV. Título.

CDD 636.89

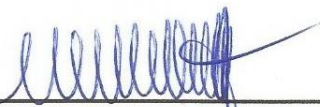
LAÍS POLICARPO MACEDO

**AVALIAÇÃO ELETROCARDIOGRÁFICA E DE VARIÁVEIS
SANGUÍNEAS DE EQUINOS USADOS EM PROVAS DE SALTO
TREINADOS EM CONDIÇÕES TROPICAIS**

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

Aprovada em 17 de fevereiro de 2017,

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Moacir Carretta Júnior (UVV)



Profa. Dra. Betânia Souza Monteiro (UVV)



Profa. Dra. Clarisse Simões Coelho (UVV)

Orientadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que foi o que me fez chegar até aqui, e quem me guiará até o fim. Iluminando todo meu caminho e trajetória, sempre me amparando e nunca me deixando fraquejar.

A minha família e meu noivo que sempre acreditaram em mim, até quando eu não achava que seria capaz, por serem minha fortaleza e meu apoio nas horas de vitórias e também nas de luta.

A orientadora Dra. Clarisse Simões Coelho por ter me acolhido tão bem e amigavelmente no Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, por toda transmissão de conhecimentos, pela amizade, compreensão, apoio, paciência, incentivo e credibilidade.

A Fernanda Teixeira por toda parceria, amizade e oportunidades fornecidas.

A Gustavo Adam, Marcela Binda, Laura Conti, Renan Carvalho e Riane Rodrigues companheiros de pesquisa, pela disponibilidade e ajuda.

Ao Jockey Clube do Espírito Santo, proprietários, cavaleiros e tratadores pela confiança no trabalho realizado, paciência na realização do experimento e disponibilidade em emprestar seus animais.

Aos membros componentes da banca examinadora Dr. Moacir Carretta e Dra Betânia Souza Monteiro, agradeço pela avaliação do trabalho, orientação e sugestões fornecidas.

Aos cavalos por despertarem todo meu encantamento.

A FAPES pelo apoio.

Agradeço a todos que de uma forma ou de outra possibilitaram a conclusão dessa etapa, a todos minha sincera gratidão.

Muito obrigada.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1 <i>Exame cardiológico no cavalo atleta: físico e eletrocardiograma (ECG)</i>	04
2.2 <i>Arritmias cardíacas</i>	10
2.2.1 <i>Arritmias do Nodo Sinusal</i>	12
2.2.2 <i>Arritmias do Miocárdio Atrial</i>	14
2.2.3 <i>Arritmias do Nodo Atrioventricular</i>	16
2.2.4 <i>Arritmias do Miocárdio Ventricular</i>	18
2.3 <i>Produção de Energia em Equinos Atletas</i>	20
2.4 <i>Lactato Plasmático</i>	23
2.5 <i>Enzimas musculares</i>	25
2.5.1 <i>Aspartato aminotransferase (AST)</i>	25
2.5.2 <i>Creatino quinase (CK)</i>	27
3. OBJETIVOS	29
4. CAPÍTULO	30
5. REFERÊNCIAS	47

RESUMO

MACEDO, Laís, P., M.Sc. Universidade Vila Velha- ES, fevereiro de 2017. **Avaliação eletrocardiográfica e de variáveis sanguíneas de equinos usados em provas de salto treinados em condições tropicais.** Orientadora: Clarisse Simões Coelho.

Poucas pesquisas foram realizadas monitorando comportamento de cavalos de salto em condições a campo, conseqüentemente, há uma necessidade de definir índices de aptidão para cavalos utilizados em tal competição técnica. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de um teste de esforço de campo sobre os parâmetros sanguíneos e eletrocardiográficos de cavalos de salto. Doze cavalos, $11,3 \pm 4,1$ anos e $490,4 \pm 33,9$ kg, foram avaliados antes (T0) e imediatamente após o exercício (T1) e em 30 minutos (T2), e 120 minutos (T3) de recuperação. Nestes momentos foram medidas a frequência cardíaca (FC), a frequência respiratória (FR) e a temperatura corporal (TC); Foram coletadas amostras de sangue para determinar o volume globular (VG), contagem de eritrócitos, concentração de hemoglobina, volume corpuscular médio (VCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), aspartato aminotransferase (AST), creatina quinase (CK) e lactato plasmático. As variáveis eletrocardiográficas foram analisadas em T0 e T1. O teste de esforço alterou significativamente todos os parâmetros fisiológicos e sanguíneos, com exceção da AST, com valores maiores registrados em T1. A análise de ritmo mostrou ritmo sinusal em 50,0% dos cavalos, com FC média de $31,5 \pm 5,8$ batimentos/minuto em repouso e taquicardia sinusal em 75,0% dos cavalos, com FC média de $76,9 \pm 15,2$ batimentos/minuto após o exercício. Outros achados incluíram reduções significativas nas durações da onda P, complexo QRS e intervalos PR e QT, e aumentos significativos na amplitude da onda P e na FC. O teste de salto em condições a campo levou a alterações significativas nas variáveis estudadas. Estes resultados podem ser utilizados para avaliar o condicionamento atlético de cavalos de salto treinados em condições tropicais.

Palavras-chave: cavalos; eletrocardiograma; bioquímica sérica; hipismo

ABSTRACT

MACEDO, Laís, P., M.Sc. Universidade Vila Velha- ES, fevereiro de 2017.

Electrocardiographic evaluation and blood variables of horses used in jumping tests trained in tropical conditions. Orientadora: Clarisse Simões Coelho.

Little research has been done monitoring fitness of jumper horses in field conditions and, therefore, there is a need to define fitness indices for horses used in such a technical competition. The aim of this study was to evaluate the influence of a field exercise test on blood and electrocardiographic parameters of jumper horses. Twelve horses, 11.3 ± 4.1 years old and 490.4 ± 33.9 kg, were evaluated before (T0) and immediately after exercise (T1) and at 30 minutes (T2), and 120 minutes (T3) of recovery. At these moments, heart rate (HR), respiratory rate (RR) and body temperature (BT) were measured; blood samples were taken to determine packed cell volume (PCV), red blood cell (RBC) count, hemoglobin concentration, mean corpuscular volume (MCV) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), serum aspartate aminotransferase (AST), creatine kinase (CK) and plasma lactate. Electrocardiographic variables were analyzed at T0 and T1. The exercise test significantly altered all physiological and blood parameters, except for AST, with higher values recorded at T1. Rhythm analysis revealed a sinus rhythm in 50.0% of horses, with mean HR of 31.5 ± 5.8 beats/minute at rest, and sinus tachycardia in 75.0% of horses, with mean HR of 76.9 ± 15.2 beats/minute after exercise. Other findings included significant reductions in P wave and QRS durations and PR and QT intervals, and significant increases in P wave amplitude and HR. The field jump test led to significant alterations in the studied variables. These results can be used to evaluate the athletic conditioning of jumper horses trained under tropical conditions.

Keywords: horses; electrocardiograph; biochemistry serum; equestrianism

1. INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira dos Criadores do Cavallo de Hipismo (ABCCH) foi fundada no ano de 1977 com objetivo de criar e promover uma raça nacional de cavalos com aptidão para os esportes hípicas (Adestramento, Salto e Concurso Completo de Equitação). A associação é responsável pelo Serviço de Registro Genealógico, conhecido como “Stud Book” Brasileiro do Cavallo de Hipismo (SBCCH) (ABCCH, 2016). A criação do Cavallo Brasileiro de Hipismo, conhecido popularmente com BH, se deu através de cruzamento de garanhões de Raças Formadoras, importados ou nacionais, registrados em outras associações, aprovado pelo “Stud Book” Brasileiro do Cavallo de Hipismo (SBCCH), e que possuíssem aptidão para esportes hípicas. As éguas utilizadas são classificadas como “éguas bases”, animais que se caracterizam por possuírem ou não genealogia definida, e com características morfológicas e funcionais que possam produzir produtos dentro do padrão racial do Cavallo Brasileiro de Hipismo (ABCCH, 2016; SBCCH, 2016). As principais raças utilizadas na formação do Cavallo BH, segundo Dias et al. (2000), foram Puro Sangue Inglês (PSI), Hanoverana, Westfalen, Holsteiner e Trakehner e, devido ao grande número de raças formadoras, o coeficiente de endogamia desses animais é próximo a zero.

Atualmente, cerca de 20 mil animais estão registrados no “Stud Book” Brasileiro do Cavallo de Hipismo, incluindo cavalos BH e Raças Formadoras, e com a maior parte do plantel presente no estado de São Paulo (ABCCH, 2016). Até o ano de 1998, no levantamento realizado por Dias et al. (2000), não havia registro no “Stud Book” de animais BH registrados no estado do Espírito Santo; nos dias de hoje, existe uma população pequena dessa raça com sua maior concentração no Jockey Clube do Espírito Santo, localizado na cidade de Vila Velha, estado do Espírito Santo, e algumas Hípicas distribuídas no mesmo estado.

As provas de salto possuem uma complexa regulamentação regida pela Fédération Equestre Internationale (FEI) e pela Confederação Brasileira de Hipismo (CBH). Nessa regulamentação existem diversas regras para se realizar uma prova de salto, sendo a mais comum, a prova regida pela Tabela A. Essa prova consiste no conjunto cavalo e cavaleiro passarem o percurso com número de obstáculos decidido pelo comitê organizador, sendo notificadas faltas durante o percurso quando alguma parte do obstáculo for derrubada, se houver refugio ou

desobediência do animal frente a algum obstáculo, ou houver queda do cavaleiro. O objetivo é fazer o menor número de faltas possível dentro do tempo ideal estabelecido pela prova, se a prova por tempo concedido, ou no menor tempo possível, se a prova for ao cronômetro (CBH, 2016).

O nível de exigência metabólica da prova de salto depende de alguns fatores como altura, quantidade e tipo de obstáculos, visto que esses podem ser duplos e triplos, o que exigiria mais esforço dos animais. Apesar de a intensidade variar, diversos autores consideram um exercício que envolve metabolismo aeróbico e anaeróbico (BARREY; VALETTE, 1993; LEKEUX et al., 1991; SABEV, 2011; SOARES, 2012).

Dentre as avaliações rotineiramente feitas na fisiologia do exercício equino, destacam-se os estudos envolvendo cardiologia e as alterações na bioquímica sérica. As disfunções cardiovasculares são a terceira maior causa de queda do desempenho atlético em equinos, somente atrás de lesões locomotoras e respiratórias, podendo acarretar desde uma intolerância ao exercício até morte súbita (MARTIN, 2000). Mesmo equinos saudáveis possuem uma alta incidência de arritmias cardíacas, sendo algumas consideradas fisiológicas, podendo ser atribuídas à alta variação do tônus vagal em condições de repouso (DINIZ et al., 2008; VINCENZI et al., 2000). Segundo Diniz et al. (2011), a capacidade atlética, o sexo e a faixa etária animal podem influenciar em parâmetros eletrocardiográficos de cavalos de salto.

O hipismo clássico é uma modalidade que incorpora o galope, o trote e o salto exigindo uma demanda cardiovascular elevada dos atletas, podendo propiciar o aparecimento dessas arritmias (DINIZ et al., 2011). Sendo o eletrocardiograma um teste barato, não-invasivo e fácil de executar que fornece informações sobre a frequência e o ritmo cardíaco (COELHO et al., 2016), pode ser de grande utilidade juntamente com um exame clínico minucioso, na detecção de alterações do ritmo cardíaco e na avaliação do condicionamento físico em animais dessa modalidade (DINIZ et al., 2011).

Durante a atividade física um dos órgãos mais recrutados é o músculo, que pode sofrer micro-danos dependendo da carga de esforço empregada. Uma forma de avaliar a atividade do exercício sobre o tecido muscular é a mensuração da atividade sérica de enzimas creatinoquinase (CK) e aspartato aminotransferase (AST) visando definir as respostas normais do músculo frente a um exercício e identificar possíveis alterações patológicas (BINDA et al., 2016).

Segundo Ferraz et al. (2010), outras variáveis sanguíneas rotineiramente utilizadas para avaliar a carga de esforço físico incluem lactato plasmático, concentração de hemoglobina e volume globular. As elevações na contagem de glóbulos vermelhos, volume globular e concentração de hemoglobina após o exercício com retorno aos níveis basais durante o repouso representam ajustes fisiológicos necessários para garantir a oxigenação correta, o fornecimento de metabólitos e a remoção de catabólitos dos músculos (ASSENZA et al., 2015).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Exame cardiológico no cavalo atleta: físico e eletrocardiograma (ECG)

O coração é o órgão central do sistema circulatório, sendo responsável pela manutenção e vitalidade tecidual de todo organismo, pois tem a capacidade de promover sua irrigação e drenagem (SILVA, 2004). O índice cardiosomático dos eqüinos representa 0,9 a 1% do seu peso corporal, sendo o maior quando comparado a outras espécies não atléticas, e em animais treinados esse peso tende a ser maior (POOLE; ERICKSON, 2004).

O cavalo apresenta uma frequência cardíaca (FC) baixa em comparação as demais espécies domésticas, sendo que, na condição de repouso, ela varia em torno de 24 a 40 batimentos por minuto (bpm) para animais adultos e, em potros, ela é muito ampla, podendo variar de 80 a 240 bpm (CASASNOVAS et al., 2014).

O animal adaptado ao treinamento físico possui uma frequência cardíaca (FC) em repouso menor, com rápida recuperação após exercício, aumento da força de contração e uma hipertrofia da musculatura cardíaca (PATTESON, 2002). Uma das adaptações frente ao exercício físico é o aumento da frequência cardíaca ou do aumento da força de contração. Sabev (2011), avaliando a FC de cavalos de salto antes do exercício e imediatamente após, obteve uma média de 37 bpm e 102 bpm, respectivamente. Semelhante a Binda et al. (2016) que, trabalhando com cavalos Quarto de Milha em prova de três tambores, obteve a FC cardíaca média de 39,5 bpm em repouso e 107,6 imediatamente após, dados que corroboram o descrito por Casasnovas et al. (2014). Já Coelho et al. (2016) obteve a média de 45,7 bpm antes e 77,3 após a macha, valores menores após exercício sendo justificados pela menor intensidade do exercício executado quando comparado a prova de três tambores ou a um exercício misto como as provas de salto.

Segundo Kubo et al. (1974), avaliando a relação do treinamento com o coração de cavalos de corrida Puro Sangue Inglês, o condicionamento pode ser avaliado pelo tamanho do coração, pois observaram que a prática de exercícios leva a uma hipertrofia cardíaca e que cavalos atletas após meses de descanso têm um decréscimo da massa cardíaca quando comparado a animais condicionados. O escore cardíaco de cavalos da raça Mangalarga treinados por 12 meses é superior ao de animais que não realizavam nenhuma atividade física, ou daqueles que estavam em início de treinamento, porém o escore cardíaco é apenas uma

ferramenta para avaliar condicionamento. Segundo Andrade et al. (2006), esse deve ser avaliado em associação com a condição nutricional, a função respiratória, músculo-esquelética, dentre outros fatores.

Assim, a avaliação após o exercício é importante em um exame de compra, ou quando há suspeita de doença cardíaca. Segundo Casasnovas et al. (2014), é esperado que a FC retome a 10% acima do normal (animal em repouso) em 15 minutos após um exercício moderado, e 30 minutos após um exercício intenso, apesar de existirem diversas variáveis que possam interferir nesse valor.

Um exame cardíaco adequado inclui uma auscultação detalhada e um eletrocardiograma, ferramentas que o clínico possui para avaliar em condições a campo. As principais manifestações clínicas de problemas relacionados ao sistema cardiovascular são as arritmias, fraqueza, intolerância ao exercício, coloração anormal das mucosas, insuficiência cardíaca congestiva e, ocasionalmente, morte súbita (CASASNOVAS et al., 2014).

Durante a auscultação em situações normais escutam-se duas bulhas cardíacas, a primeira bulha (S1) é produzida pelo fechamento das válvulas atrioventriculares mitral e tricúspide durante o movimento de contração ventricular (bulha sistólica), essa por sua vez é mais longa e duradoura que a segunda (S2). Após um breve espaço de tempo, onde ocorre o relaxamento dos ventrículos, escuta-se a segunda bulha (S2) que é menos intensa produzida pelo fechamento das válvulas semilunares pulmonar e aórtica (bulha diastólica). Em seguida continua um silêncio mais prolongado até iniciar um novo ciclo cardíaco (CASASNOVAS et al., 2014). Alterações nesse padrão de auscultação podem levantar a suspeita de arritmias, porém essas só podem ser confirmadas com a realização de eletrocardiograma (DINIZ et al., 2011).

O eletrocardiograma (ECG) é um teste barato, não-invasivo e fácil de executar que fornece informações sobre a frequência e o ritmo cardíaco (COELHO et al., 2016). É de grande utilidade, juntamente com um exame clínico minucioso, na detecção de alterações do ritmo cardíaco e na avaliação do condicionamento físico em animais da modalidade de salto (DINIZ et al., 2011).

Trata-se de um método diagnóstico que permite detectar transtornos sobre a atividade elétrica cardíaca. Sua principal aplicação é a detecção de arritmias, porém pode ser utilizada também no exame de compra e venda de equinos atletas, risco cirúrgico, avaliação de condicionamento físico e acompanhamento do desempenho atlético. Diferentemente de pequenos animais, onde o ECG pode dar uma estimativa

do tamanho das câmaras cardíacas, em equínos o ECG não consegue avaliar com precisão o tamanho, o que ocorre em virtude de particularidades na despolarização nessa espécie que impede que o complexo QRS seja relacionado ao tamanho da câmara (CASASNOVAS et al., 2014; DINIZ et al., 2011). O ecocardiograma, exame de custo mais elevado, tem maior precisão na determinação de hipertrofia cardíaca pós-treinamento. Young (1999), avaliando ecocardiograficamente o coração de cavalos de corrida, concluiu que a atividade leva a hipertrofia cardíaca excêntrica, assim como encontrado por Michima et al. (2004) em avaliação feita com cavalos de enduro.

O ciclo cardíaco normal tem sua origem no nodo sinusal (ou nodo sino atrial), que se caracteriza como marca passo natural, ou seja, produz seu próprio potencial de ação, que é um estímulo elétrico. O impulso se propaga do nodo sino atrial (SA) onde é transmitido para o átrio, que se contrai produzindo a sístole atrial. A atividade elétrica associada à despolarização auricular resulta em um campo elétrico grande suficiente para ser detectado na superfície corpórea como a onda P no ECG. A onda P é uma onda positiva e sua morfologia é variada (CASASNOVAS et al., 2014; MARR e BOWEN, 2011).

As células especializadas do nodo atrioventricular (AV) que recebem o impulso da despolarização atrial transmitem o impulso lentamente, o que gera um atraso da condução, não havendo nenhuma deflexão no traçado do ECG, sendo este período representado pelo intervalo P-Q (CASASNOVAS et al., 2014; MARR e BOWEN, 2011).

O nodo atrioventricular recebe o impulso da despolarização do músculo atrial e conduz até os músculos ventriculares pelo feixe de His e pela rede de Purkinje, gerando a sístole ventricular. A despolarização dos ventrículos é rápida e resulta em uma contração coordenada que forma o complexo QRS no ECG. O complexo QRS é a maior onda de todas, começa com uma pequena onda positiva seguida por uma grande deflexão negativa (CASASNOVAS et al., 2014; MARR e BOWEN, 2011).

Após a despolarização, cada célula cardíaca se repolariza. A repolarização ventricular se caracteriza pela onda T, que vem seguinte ao complexo QRS. A onda T não deve ser usada como indicador de doenças cardíacas ou alteração de eletrólitos por possuir tamanho e orientação muito variadas. A repolarização atrial geralmente não é vista (onda T atrial ou Ta) (CASASNOVAS et al., 2014; MARR e BOWEN, 2011).

Em equinos devido ao tamanho do coração os átrios podem se contrair em momentos ligeiramente distintos, com isso a onda P (representação da despolarização auricular) pode ser dividida (bífida) ou apresentar deflexões separadas (bifásica) (CASASNOVAS et al., 2014).

A onda T (repolarização ventricular) é o parâmetro mais variável no ECG do equino. Sofre influencia do tamanho do animal e nível de treinamento. Animais treinados possuem uma hipertrofia cardíaca elevada quando comparados a animais sem condicionamento, e tendem a possuir uma onda T maior (PICCIONE et al., 2003). Fernandes et al. (2004) descreveram uma duração da onda T maior em animais sobreano comparados a potros de até 11 meses. Lima (2011) registrou um aumento da amplitude da onda T em equinos da cavalaria do estado do Espírito Santo, possivelmente devido aumento da estatura corporal dos animais de todos os grupos avaliados. Tais achados que não oferecem riscos a saúde dos animais (FERNANDES et al., 2004).

As derivações mais utilizadas em equinos para obtenção de um eletrocardiograma de repouso são as derivações de membros (plano frontal), onde os eletrodos são colocados no aspecto caudal dos membros torácicos na região do olecrano e sobre membros pélvicos na região da patela (BINDA et al., 2016; COELHO et al., 2016; LIMA, 2011) e a derivação base-ápice, onde o eletrodo negativo é colocado no terço inferior da goteira da jugular direita, o positivo no quinto espaço intercostal esquerdo e o neutro na espádua (CASASNOVAS et al., 2014; PASCON et al., 2015).

Na obtenção de um traçado eletrocardiográfico do equino, a velocidade recomendada é de 25mm/s; caso a frequência cardíaca esteja muito elevada sugere-se o aumento da velocidade para 50mm/s. A amplitude de deflexão apropriada é de 10 mm/mV. As derivações mais utilizadas pelo plano frontal, são as derivações bipolares DI, DII e DIII, e as derivações unipolares aumentadas aVR, aVL e aVF. Mas como critério de avaliação e comparação para o plano frontal, normalmente utiliza-se a derivação II como base (BINDA et al., 2016; COELHO et al., 2016; DINIZ et al., 2011; LIMA, 2011) Para derivação base-ápice, utiliza-se a derivação DII (CASASNOVAS et al., 2014; PATTESON, 2002).

Para uma interpretação adequada de um ECG, torna-se importante verificar a qualidade do registro. Alguns fatores, como a movimentação excessiva do cavalo ou pêlos muito compridos fazem com que a linha média se mova muito ou há perda de contato elétrico dos eletrodos com a pele. Eliminada a possibilidade de um registro

inadequado, sugere-se uma sequência avaliativa do ECG, começando pela frequência cardíaca, o ritmo, a correlação entre as ondas P e complexos QRS, a morfologia das ondas P e complexos QRS além da duração dos diferentes complexos e intervalos (CASASNOVAS et al., 2014; VERHEYEN et al., 2010).

A frequência cardíaca é calculada pelo número de complexos QRS em um tempo determinado (CASANOVAS et al., 2014).

A avaliação do ritmo é feita avaliando um intervalo R-R, sendo realizado para avaliar sua regularidade ou irregularidade, embora pequenas alterações nesse intervalo possam ser consideradas normais. Se houverem mais de 8-20% de alterações, o ritmo é considerado anormal e recomenda-se, então, investigar sua natureza, se ocorre ao acaso ou segue um padrão previsível. Cada onda P deve ser seguida por um complexo QRS, e cada complexo QRS deve ser precedida por uma onda P. (PATTESON., 2002; VERHEYEN et al., 2010). O ritmo cardíaco mais frequente e fisiológico é o sinusal (PATTESON., 2002), descrito por vários autores. Diniz et al. (2011) trabalhando com cavalos de salto encontrou predominantemente o ritmo sinusal, assim como Coelho et al. (2016) com cavalos Mangalarga Marchador. Fernandes et al. (2004), avaliando potros e cavalos adulto da raça Puro Sangue Inglês, Dumont et al. (2010), trabalhando com cavalos Puro Sangue Árabe praticantes de prova de enduro, e Binda et al. (2016), estudando cavalos Quarto de Milha, também encontraram predominância do ritmo sinusal.

Os equinos possuem um tônus vagal elevado (indicador do funcionamento do sistema nervoso parassimpático), o que leva ao aparecimento de um alto índice de arritmias fisiológicas em repouso quando comparado a outras espécies domésticas. Essas arritmias tendem a desaparecer quando animal está agitado ou se exercitando, pois nesses momentos há uma elevação tônus simpático. Por isso, a importância de se realizar o eletrocardiograma durante o exercício ou imediatamente após, pois é quando o tônus simpático e a demanda de oxigênio do miocárdio aumentam e a influência parassimpática está reduzida (PATTESON., 2002; YOUNG., 2004).

A bradicardia sinusal e taquicardia sinusal são consideradas alterações no ritmo sinusal, porém podem ser encontradas em determinadas situações. Dantas et al. (2015) descreveram 71,1% (32/45 animais) de taquicardia sinusal em equinos da raça American Miniature Horse. Segundo os autores, esse número de animais com taquicardia sinusal ocorre em decorrência do aumento da atividade simpática, que

quando encontrada em animais hípidos e em repouso, ocorre frequentemente em por excitação e aumento do tônus simpático.

Binda et al. (2006) encontraram uma duração da onda P de 116,2 ms (milissegundos), do intervalo PR de 289,7 ms, do complexo QRS de 103,3 ms e intervalo QT de 495,5 ms para os animais em repouso. Imediatamente após a realização da prova de três tambores, houve alteração dos valores da duração da onda P para 78,1 ms, intervalo PR para 181,6 ms, complexo QRS para 101,6 e intervalo QT para 274,8 ms. Segundo os autores, os valores médios da amplitude dos animais em repouso foram 0,16 mV para onda P, de 0,45 mV para onda R e de 0,31mV para onda T; para os animais imediatamente após o exercício, a amplitude da onda P foi de 0,21 mV, da onda R de 0,50 mV e da onda T de 0,26 mV.

Em estudo com 24 equinos da raça Mangalarga Marchador avaliados antes e após implementação de teste de marcha, Coelho et al. (2016) encontraram a seguintes durações em milissegundos (ms) para os animais em repouso: onda P 86,3; PR 225,7; QRS 108,9 e QT 464,6. Para animais após teste de marcha os valores foram: onda P 77,7; PR 166; QRS 102,1 e QT 385,2. A amplitude média em milivolts (mV) antes do teste: onda P 0,2; R 0,4 e T 0,4 e após o teste: onda P 0,2; R 0,6 e T 0,3.

Pascon et al. (2015) em estudo com 84 fêmeas da raça Crioula, sendo éguas em diferentes faixas etárias e presença de grupo de éguas prenhas e vazias encontraram os valores médios de duração em milissegundo de: P 110,10; PR 240,10; QRS 105,80; QT 199,70. E a amplitude média em milivolt para P foi de 0,17; R 0,16; S 0,12; QT 199,70. Apenas a duração média do complexo QRS foi superior no grupo de animais até 4 anos ($110,65 \pm 8,49$) quando comparadas aos grupos de animais de 5 a 9 anos ($101,98 \pm 10,02$) e acima de 10 anos ($100,92 \pm 10,72$), concluindo que a idade influenciou na duração do complexo QRS das éguas crioulas estudadas (PASCON et al., 2015).

Fernandes et al. (2004) avaliaram 111 equinos da raça Puro Sangue Inglês dentre eles potros, animais sobreano e éguas prenhas 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, T 0,109, para animais sobreano; e P 0,050, PR 0,220, QRS 0,080, QT 0,400, T 0,080 para éguas prenhas. 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. Os autores concluíram que para potros e animais

de sobreano as características eletrocardiográficas analisadas apresentam valores intermediários entre os de referência para neonatos e adultos.

Em trabalho com 100 equinos praticantes 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 animais foram avaliados quanto à faixa etária e o sexo. Os autores também 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. As médias descritas para duração da onda P foram de 0,122seg, intervalo PR de 0,314seg, onda R 0,058seg, complexo QRS 0,091seg, QT 0,491seg e onda T 0,113seg. As amplitudes médias em milivolt encontradas foram de onda Q 0,192; onda R 1,022; onda S 0,126 e onda T 0,442. Com relação à amplitude média das ondas, houve diferenças estatísticas na onda P e em Q na variável sexo. Quanto à 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. Os autores concluíram que a capacidade atlética, o sexo e a faixa etária podem influenciar alguns parâmetros eletrocardiográficos (DINIZ et al., 2011).

2.2 Arritmias cardíacas em equinos

As alterações do ritmo cardíaco podem ser divididas em arritmias e bloqueios. Popularmente, utiliza-se o termo arritmia e disritmia como sinônimos para qualquer distúrbio do ritmo cardíaco, mas terminologicamente, o termo arritmia significa uma falta de ritmo, e a disritmia uma falha no ritmo cardíaco. Já os bloqueios são produzidos pela interrupção de um impulso cardíaco (CASASNOVAS et al., 2014; PATTESON, 2002).

Arritmias, portanto, são alterações do ritmo cardíaco produzidas pela alteração da formação ou propagação dos impulsos do sistema nervoso autônomo, que é parte do sistema nervoso responsável por funções como a respiração, circulação sanguínea, controle temperatura, dentre outros (CASASNOVAS et al., 2014; PATTESON, 2002).

Conforme já citado previamente, os equinos possuem um tônus vagal elevado (indicador do funcionamento do sistema nervoso parassimpático), o que favorece o aparecimento de arritmias fisiológicas no repouso quando comparado a outras espécies domésticas (BONAGURA e REEF, 2000; PATTESON, 2002; YOUNG.,

2004). A influência vagal, em geral, deprime a frequência cardíaca, a condução atrioventricular (AV), a excitabilidade e o estado contrátil do miocárdio (BONAGURA e REEF, 2000). As arritmias cardíacas relacionadas ao tônus vagal incluem arritmia sinusal, bloqueio sinusal, *sinus arrest*, bradicardia sinusal, marca-passo migratório, bloqueio atrioventricular de primeiro e segundo grau e são geralmente consideradas normais (fisiológico), não requerem tratamento (BONAGURA e REEF, 2000; MCGUIRK e MUIR, 1985). Para caracterizar se as arritmias encontradas durante o exame físico são ou não clinicamente relevantes é, portanto, necessária a realização de testes de estresse físico (MARR e BOWEN, 2011).

Buhl et al. (2010) encontraram uma alta incidência de arritmias no repouso e durante o exercício, assim como período de recuperação, em cavalos de salto clinicamente saudáveis com bom desempenho. Houve também interação significativa entre o período (repouso, exercício e recuperação) e as arritmias, o que significa que determinadas arritmias passaram de um período para o outro, o que corrobora autores que descrevem a alta incidência de arritmias mesmo em cavalos que não possuem patologias cardíacas (BONAGURA e REEF, 2000; MCGUIRK e MUIR, 1985).

Coelho et al. (2016) avaliaram equinos da raça Mangalarga Marchador e encontraram uma incidência maior (28,2%) de arritmia sinusal imediatamente após o teste, do que o encontrado em repouso (8,3%), sem descrições de arritmias patológicas, corroborando com Patteson (2002), que confirmou que as arritmias sinusais tendem a ocorrer em períodos de recuperação do exercício, principalmente exercícios leves.

Solis (2016) realizou uma revisão sobre a associação das arritmias no exercício com morte súbita cardíaca em atletas equinos e o autor destacou que a maioria das arritmias encontradas foi irrelevante. Entretanto, ressalta que existem muitas lacunas sobre o conhecimento do tema, seja sobre a repetibilidade das arritmias, e principalmente da quantificação do risco dessas arritmias. Os estudos mais antigos eram muito rigorosos em definir as arritmias como “cl clinicamente importantes”, já os estudos mais atuais descrevem a ocorrência comum de uma ampla gama de variações de ritmo em cavalos com desempenho normal. Dessa forma deve se atentar para não subestimar arritmias que podem causar desempenho ruim e arritmias que levem a morte súbita cardíaca, visto que essa relação existe. A morte súbita cardíaca durante corridas ou competições é rara, mas

tem conseqüências catastróficas para a segurança do parceiro humano e percepções públicas de bem-estar durante esportes equestres (SOLIS, 2016).

Algumas arritmias patológicas estão associadas com desequilíbrio eletrolítico e toxemia; já outras arritmias podem não ter nenhuma causa identificável. Ainda, existem aquelas assintomáticas, mas que podem levar a diminuição do débito cardíaco diretamente, ou serem sintoma de uma doença cardíaca que esteja afetando a função do coração (PATTESON, 2002), por exemplo, animais com quadro de miocardite podem apresentar taquicardia supraventricular ou ventricular (CASASNOVAS et al., 2014).

As arritmias cardíacas podem ser classificadas pelo seu local de origem, nodo sinoatrial (nodo SA), miocárdio atrial, nodo atrioventricular (nodo AV) ou miocárdio ventricular ou pelo ritmo (bradiarritmias e taquiarritmias) (REEF, 2010).

2.2.1 Arritmias do nodo sinoatrial

Para execução de um ciclo cardíaco o impulso elétrico é gerado no nodo sinoatrial; arritmias acontecerão se houver um disparo muito devagar ou muito rápido. Os principais distúrbios são bradicardia sinusal, *sinus arrest*, bloqueio sinusal, taquicardia sinusal e arritmias sinusais (LIMA, 2011; REEF, 2010). São arritmias comumente detectadas em cavalos normais e são associadas ao tônus parassimpático (REEF, 2010). O sistema nervoso autônomo inerva extensamente o coração e influencia os ritmos cardíacos, o nervo vago inerva extensamente tecidos supraventriculares e talvez influencie os tecidos ventriculares próximos em menor extensão (BONAGURA e REEF, 2000). O que justifica a grande influencia vagal no nodo sinoatrial.

São caracterizadas como alterações de ritmo benigno quando o equino se encontra em estação, entretanto se encontrada durante a sedação ou anestesia pode causar diminuição do débito cardíaco e resultar em hipotensão significativa (BONAGURA e REEF, 2000). Essas arritmias tendem a desaparecer quando há um aumento do tônus simpático, tal como ocorre com excitação ou exercício; ou com drogas anticolinérgicas como (atropina ou glicopirrolato). Ocasionalmente persistirão durante o exercício e serão então caracterizadas como patológicas (BONAGURA e REEF, 2000; REEF, 2010).

2.2.1.1 Bradicardia sinusal

A bradicardia sinusal ocorre em equinos normais associada à elevada influência do tônus vagal, embora eventualmente também possa ser patológica (LIMA, 2011; PATTESON, 2002; REEF, 2010). Quando animal apresenta bradicardia sinusal, a FC oscila entre 20 a 30 bpm. Se ela for mediada pelo tônus vagal elevado é abolida com exercício, quando patológica a resposta cronotrópica é atenuada, e pode estar associada com desempenho atlético insuficiente (PATTESON, 2002; REEF, 2010; YOUNG, 2003).

Na bradicardia sinusal, ondas e complexos têm aparência normal, assim como a relação entre as ondas P e complexos QRS, porém o intervalo R-R apresenta-se aumentado. Pode haver associação de outras arritmias vago mediadas, como arritmia sinusal e bloqueio AV de segundo grau (VERHEYEN et al., 2010).

2.2.1.2 Taquicardia Sinusal

A taquicardia sinusal é uma resposta normal para o aumento do débito cardíaco, ou seja, em situação de estresse, exercício ou dor. No animal em repouso, pode ocorrer no caso de insuficiência cardíaca, hemorragia, choque, pirexia ou anemia. O nodo sinoatrial é o marca-passo, sendo FC superiores a 60 bpm considerada taquicardia sinusal (PATTESON, 2002).

No ECG, o complexo QRS e a onda P têm morfologias normais, os intervalos R-R são regulares, porém com intervalos menores. Se a FC for muito elevada, a onda P pode se fundir a onda T que a precede. A onda T, que se caracteriza como uma onda muito instável, e é altamente afetada pela elevada FC; uma taquicardia transitória após exercício pode afetar sua direção, alterando sua polaridade e tamanho (PATTESON, 2002; VERHEYEN et al., 2010; YONEZAWA et al., 2014).

2.2.1.3 Arritmia Sinusal

A arritmia sinusal está associada ao período crescente e decrescente da frequência cardíaca pela alteração do tônus vagal, tendendo a ocorrer em períodos de recuperação do exercício, principalmente exercícios leves; após a normalização da frequência cardíaca, a arritmia tende a desaparecer. Se a arritmia não estiver mais presente após período de descanso ou durante exercício mais vigoroso, deve ser considerado um achado normal (PATTESON, 2002).

A principal alteração encontrada no ECG são mudanças cíclicas no intervalo R-R, ou seja, intervalo irregular. O complexo QRS possui morfologia normal, e a onda P pode ter variações dependendo a origem do impulso dentro do nodo SA; a frequência cardíaca pode estar dentro da normalidade, porém é mais comum que esteja elevada (entre 50 e 110 bpm) (PATTESON, 2002; VERHEYEN et al., 2010).

2.2.1.4 Bloqueio Sinusal e *Sinus arrest*

O bloqueio sinusal e *Sinus arrest* são arritmias raras e ocorrem por influência dos tônus vagal. Sugere-se que tônus vagal elevado impeça que a despolarização saia do nodo sinusal (bloqueio sinusal) ou que interrompa a frequência do disparo do nodo SA (*sinus arrest*) (REEF, 2010; VERHEYEN et al., 2010). A auscultação revela os sons cardíacos S1 e S2 regulares, com uma pausa prolongada no ritmo (maior que dois períodos diastólicos). A frequência cardíaca se apresenta baixa, ou normal tendendo a baixa, em torno de 20-30 bpm. Se os batimentos cardíacos estiverem inferiores a 20 bpm indica que a arritmia pode ser patológica (REEF, 2010).

Os complexos QRS têm configuração normal e são associados a uma onda P precedente, a característica marcante no ECG é que os intervalos P-P e R-R são iguais ou maiores que dois intervalos P-P ou R-R normais (presença de pausa diastólica igual a mais de dois períodos diastólicos, ou seja ritmo regular com pausas intermitentes) (PATTESON, 2002; REEF, 2010). Períodos prolongados de *sinus arrest*, profunda bradicardia sinusal ou bloqueio sinusal de alto grau podem ser indicativos de patologia no nodo sinoatrial (REEF, 2010).

2.2.2 *Arritmias do miocárdio atrial*

Arritmias do miocárdio atrial são aquelas que não têm relação com o nodo SA, são decorrentes de uma formação de impulsos anormais no miocárdio atrial após a descarga do nodo SA (PATTESON, 2002). Algumas lesões estruturais em áreas cardíacas como válvulas, miocárdio e pericárdio comumente levam há distúrbios do ritmo atrial. E determinadas patologias como miocardite após infecção viral ou bacteriana podem propiciar arritmias atriais em equinos (BONAGURA e REEF, 2000).

2.2.2.1 Complexo Atrial Prematuro

O complexo atrial prematuro (CAP) pode ser detectado na auscultação e durante exame eletrocardiográfico. Na auscultação é detectado, pois os CAP são

precedidos por um intervalo diastólico curto e seguidas por um intervalo diastólico normal. No geral, encontra-se um ritmo sinusal regular que é interrompido por um batimento prematuro (BONAGURA e REEF, 2000; PATTESON, 2002).

O eletrocardiograma se caracteriza por um complexo QRS prematuro (em geral estreito), antecedido por uma P prematura (pode ter aparência anormal) que pode estar sobreposta à onda T precedente (principalmente em frequências cardíacas elevadas). O complexo atrial prematuro tem origem externa ao nodo SA, como o nome sugere ocorre mais cedo que um impulso sinusal normal, causando um intervalo P-P e R-R encurtado (BONAGURA e REEF, 2000; PATTESON, 2002).

Não é frequente encontrar CAP em cavalos normais, mas podem ocorrer em virtude do desequilíbrio autonômico, visto que têm mais probabilidade de aparecer no período pós exercício imediato. Possuem significado clínico se ocorrer quando associados a determinadas circunstâncias, por exemplo, se ocorrerem de forma frequente no repouso, se for associado à taquicardia atrial, se for relacionado com baixo desempenho atlético, se precipitar *flutter* atrial ou fibrilação atrial e quando desenvolvidas em conjunto com outros sinais de doença cardíaca (BONAGURA e REEF, 2000; REEF, 2010).

Quando os CAP ocorrem de forma isolada, em geral não necessitam tratamento. A terapia antiarrítmica é sugerida quando possuírem significado clínico (BONAGURA e REEF, 2000). Segundo Reef (2010), em alguns equinos, os CAP resolvem-se após um período de repouso e com uso de terapias corticosteróides.

2.2.2.2 Fibrilação Atrial

A fibrilação atrial (FA) é a arritmia mais comum nos equinos e a mais associada à intolerância ao exercício e baixo desempenho (BONAGURA e REEF, 2000; PATESSON, 2002; REEF, 2010). A doença se caracteriza por uma contração não coordenada do átrio, ocorrendo nos equinos devido ao tônus vagal elevado que gera heterogeneidade eletrofisiológica necessária para o início da arritmia e grande tamanho do seu átrio perpetua a fibrilação atrial (REEF, 2010).

Ocorre principalmente em animais adultos. Animais de alta performance tendem a ser mais acometidos, pois, durante o exercício de alta exigência, a FC está elevada e tem-se uma diminuição do tempo de enchimento ventricular, havendo uma diminuição do volume sistólico. Se a arritmia estiver presente (uma ausência de contração atrial adequada), a diminuição do volume sistólico se acentua, podendo resultar em uma queda de desempenho (BONAGURA e REEF, 2000; REEF, 2010).

A FA pode ser classificada em “paroxística”, quando se caracteriza em episódio único de baixo desempenho onde a arritmia se normaliza espontaneamente até 48 horas; pode estar relacionada à depleção de potássio, seja pela administração de medicamentos como furosemida ou pelo suor em exercícios extenuantes (BONAGURA e REEF, 2000; REEF, 2010). A FA classificada em “mantida”, como o nome a classifica não se resolve de forma espontânea, é menos comum que a paroxística, porém é mais fácil de diagnosticar; pode estar relacionada à hemorragia pulmonar induzida pelo exercício, angustia respiratória, insuficiência cardíaca congestiva (ICC), colapso e miopatia, ou ter pouca ou nenhuma correlação com doença cardíaca subjacente, sendo frequentemente detectada como achado incidental. Dentre os fatores que interagem com FA mantida, o que torna o prognóstico mais negativo é quando está associada à ICC (BONAGURA e REEF, 2000).

Na auscultação, os batimentos cardíacos do equino com FA se mantêm normal no repouso, porém a quarta bulha cardíaca (S4) não é ouvida, e o ritmo é regularmente irregular. Assim como na auscultação, o exame eletrocardiográfico revela um intervalo R-R regularmente irregular, além de uma ausência de ondas P, e normalmente está presente ondas de fibrilação (ondas f) que possuem morfologia irregular podendo ser grossas ou finas. Sua frequência tende a ser muito elevada, porém um número limitado de impulsos é conduzido até o nodo atrioventricular (AV). O complexo QRS possui morfologia normal (REEF, 2010; VERHEYEN et al., 2010).

2.2.2 Arritmias do nodo atrioventricular

O nodo atrioventricular, localizado no septo atrial ventral tem função de transmitir o impulso do átrio para os ventrículos (CASASNOVAS et al., 2014). As arritmias do nodo atrioventricular se originam nos tecidos condutores AV, podendo ser classificadas como arritmias “juncionais” (BONAGURA e REEF, 2000).

Uma adequada avaliação do complexo QRS é uma forma de diferenciar uma arritmia juncional de uma arritmia de origem ventricular, os impulsos do nodo AV têm mais chance de resultar em complexo QRS estreito, de aspecto relativamente normal, com ativação inicial e eixo elétrico normais, pois está originado acima do miocárdio ventricular (BONAGURA e REEF, 2000).

Os principais distúrbios são os bloqueios da condução atrioventricular. Esses atrasos na condução podem ser classificados como de primeiro, segundo e terceiro

graus, sendo o terceiro também classificado como bloqueio completo (BONAGURA e REEF, 2000).

Os principais distúrbios associados à bradiarritmias são bradicardia sinusal, *sinus arrest* e bloqueio atrioventricular de segundo e terceiro grau. Todos estes ritmos são achados normais em cavalos atletas com exceção do bloqueio atrioventricular de terceiro grau, que refletem o alto tônus parassimpático (LIMA, 2011; REEF, 2010). Essas arritmias tendem a desaparecer quando há um aumento do tônus simpático, tal como ocorre com excitação ou exercício, com exceção do bloqueio AV de terceiro grau que é considerado patológico (REEF, 2010)

2.2.3.1 Bloqueio Atrioventricular de 1º e 2º grau

São consideradas umas das arritmias mais comuns em equinos, cerca de 30% dos animais em repouso possuem esse tipo de bloqueio. Está relacionado ao elevado tônus vagal encontrado da espécie e associados a baixas frequências cardíacas (BONAGURA e REEF, 2000; PATTESON, 2002).

No bloqueio atrioventricular de primeiro grau, a condução do impulso pelo nodo AV é retardado; esse atraso é caracterizado eletrocardiograficamente por um intervalo P-R que excede o valor normal (>0,44 seg.). O complexo QRS possui aparência normal e é precedido por uma onda P também de aparência normal, e cada onda P é seguida de um complexo QRS (VERHEYEN et al., 2010).

Já o bloqueio atrioventricular de segundo grau é a falha intermitente do impulso até chegar aos ventrículos. No ECG, algumas ondas P não são conduzidas aos ventrículos, resultando em algumas ondas P sem complexo QRS-T (pois o impulso foi interrompido). A onda P e o complexo QRS quando presentes possuem morfologia normal, ou seja, cada complexo QRS é precedido por uma onda P, mas nem toda onda P é seguida por um complexo QRS. O intervalo P-P é regular ou pode variar ligeiramente (REEF, 2010; VERHEYEN et al., 2010).

Esses bloqueios são considerados variações normais e estão associados a outras arritmias como bradicardia sinusal e arritmia sinusal. Em algumas situações, o bloqueio AV de segundo grau pode ser tão profundo que é considerada uma arritmia patológica. Nessa situação, várias ondas P são bloqueadas sucessivamente antes de ocorrer uma condução correta. Esse quadro pode causar uma queda da pressão arterial e até uma síncope (BONAGURA e REEF, 2000; VERHEYEN et al., 2010).

2.2.3.2 Bloqueio Atrioventricular de 3º grau

O bloqueio atrioventricular de 3º grau ou bloqueio completo é a ausência de condução atrial para ventricular. Esse tipo de bloqueio é indicativo de doença cardíaca (doença inflamatória ou degenerativa do nodo AV), desequilíbrio eletrolítico, toxicidade elevada por drogas ou raramente atividade vagal muito elevada. Nesse grau de bloqueio, os ventrículos se contraem de acordo com seu próprio ritmo de escape, visto que a condução não é enviada ao ventrículo. O ritmo de escape é caracterizado por um ritmo de substituição, um novo foco automático que assume o ritmo cardíaco, que geralmente é mais lento que o ritmo sinusal (BONAGURA e REEF, 2000; REEF, 2010; VERHEYEN et al., 2010).

Esse bloqueio é raro em equinos e os animais que possuem costumam ter intolerância ao exercício e síncope. O exame eletrocardiográfico revela ondas P que não possuem correlação com o complexo QRS, visto que os ventrículos se contraem de acordo com próprio ritmo de escape. O complexo QRS pode ter morfologia alterada e as ondas P possuem características normais (REEF, 2010; VERHEYEN et al., 2010). A taxa atrial é muito rápida, com um intervalo P-P regular e há muitas mais ondas P do que complexos QRS (REEF, 2010).

2.2.3 Arritmias ventriculares

Arritmias ventriculares são menos comuns que arritmias atriais e ocorrem em consequência a impulsos anormais que surgem em alguns locais do miocárdio ventricular. Quando comparadas as arritmias atriais, as arritmias ventriculares têm probabilidade maior de se associarem a doenças cardíacas subjacentes ou a distúrbios multissistêmicos (BONAGURA e REEF, 2000; VERHEYEN et al., 2010).

Essas arritmias podem estar relacionadas a causas não cardíacas como, animais com toxemia grave, sepse, em quadros de síndrome cólica, distúrbios eletrolíticos (potássio e magnésio) e metabólicos, e anestésias por halotano, além de causas cardíacas como miocardite viral ou bacteriana, endocardite e pericardite, sendo essas associadas a arritmias ventriculares significativas. A abordagem de um equino com arritmia ventricular visa primeiramente a eliminação das causas não cardíacas e sua eliminação, se possível (BONAGURA e REEF, 2000).

2.2.4.1 Complexo Ventricular Prematuro

A contração ventricular prematura (CVP) é um impulso que ocorre de forma prematura do que o esperado no ritmo sinusal normal, podendo vir acompanhado de

uma pausa compensatória, pois o impulso sinusal seguinte é bloqueado pelo sistema de condução AV refratário (BONAGURA e REEF, 2000; VERHEYEN et al., 2010).

Os CVP ocorrem mais em outras espécies do que em equinos. Se ocorrerem de forma muito frequente, com aparência polimórfica no ECG e durante o exercício, são considerados anormais (BONAGURA e REEF, 2000; REEF, 2010). As potenciais causas para os CVP são inflamação, degeneração, necrose ou fibrose do miocárdio, alterações eletrolíticas, hipoxia e endotoxemia (REEF, 2010).

Eletrocardiograficamente se caracterizam por um complexo QRS-T anormais, não precedidos por onda P, geralmente o complexo QRS é largo seguido por uma onda T orientada na direção oposta. Se o CVP possuir mais de uma configuração, é classificado como polimórfico e indica que são originados em mais de um local no miocárdio ventricular (REEF, 2010).

2.2.3.2 Taquicardia Ventricular

A taquicardia ventricular (TV) pode ser definida pela ocorrência de mais de quatro CVP seguidos, reconhecida clinicamente pelo aumento da FC, em geral com mais de 100 bpm (BONAGURA e REEF, 2000; CASASNOVAS et al., 2014; PATTESON, 2002; VERHEYEN et al., 2010). A taquicardia ventricular é normalmente indicativa de doença miocárdica primária em equinos, mas é importante eliminar outras causas como distúrbio eletrolítico ou drogas que induzem a TV (REEF, 2010). A arritmia pode ser paroxística, quando se caracteriza por episódios isolados, ou sustentada, quando presente na maior parte do tempo (PATTESON, 2002).

O ritmo rápido pode ser regular, se TV for monomórfica (ou seja, quando deriva de somente um foco no ventrículo), e irregular, se a TV for polimórfica (ou seja, impulsos derivam de vários pontos distintos). Os sons, geralmente, são altos e variam de intensidade (REEF, 2010). Assim como no CPV, eletrocardiograficamente, o complexo QRS não é correlacionado a uma onda P. Se for monomórfica, apresenta apenas uma configuração QRS-T com morfologia anormal; se for polimórfica, vários complexos QRS-T anormais que se formam em diferentes orientações (REEF, 2010).

Quando um CVP segue muito perto a onda T do complexo antecedente temos o complexo R em T, o fenômeno ocorre com frequências cardíacas muito elevadas (>180-200 bpm) e é potencial indicador de uma disritmia fatal, pois indica falta de

homogeneidade nos marcadores elétricos, instabilidade e aumenta a chance de desenvolvimento de fibrilação ventricular (BONAGURA e REEF, 2000; REEF, 2010; VERHEYEN et al., 2010).

2.2.4.3 Batimento de Escape Ventricular

O coração possui marcapassos cardíacos potenciais nos tecidos ventriculares e atrioventriculares. A batida de escape é a resposta normal desses marcapassos que ocorre em virtude de uma falha do nodo SA, do átrio ou do nodo AV, principalmente em períodos de bradicardia sinusal ou bloqueio AV (BONAGURA e REEF, 2000). O batimento de escape ventricular (BEV) é semelhante aos batimentos de escape juncionais, porém ao invés do impulso se originar dos tecidos condutores AV, ele se origina no miocárdio ventricular. Portanto, não requerem tratamento; apenas são sugestivos de possíveis doenças atriais e juncionais (PATTESON, 2002). O ritmo de escape é caracterizado por um ritmo de substituição, um novo foco automático que assume o ritmo cardíaco, que geralmente é mais lento que o ritmo sinusal (BONAGURA e REEF, 2000; PATTESON, 2002).

No ECG, o ritmo do batimento de escape ventricular é lento e regular, a onda P pode não estar presente ou as mesmas não possuem regularidade de espaçamento e relação com QRS. O complexo QRS possui morfologia anormal. Como o impulso do marcapasso ventricular é mais lento, o complexo QRS tende a ser mais alongado (BONAGURA e REEF, 2000; PATTESON, 2002).

2.2.4.4 Fibrilação ventricular

A fibrilação ventricular é um evento quase sempre terminal onde não existem despolarizações e contrações ventriculares organizadas. O animal apresenta-se em colapso e não é possível sentir pulso, nem ouvir claramente os batimentos cardíacos. Está associada à irritabilidade do miocárdio, seja por doença sistêmica ou cardíaca grave. O ECG apresenta ondulações na linha de base, sem formação de complexo QRS, ondas P e ondas T (CASASNOVAS et al., 2014; PATTESON, 2002).

2.3 *Produção de Energia em Equinos Atletas*

O percentual de musculatura esquelética do equino representa mais da metade do seu peso corporal em animais adultos, diferentemente dos demais

mamíferos onde esse valor oscila entre 30 a 40%. Isso faz com que essa musculatura seja altamente desenvolvida e adaptada para corresponder ao seu potencial atlético (HINCHCLIFF et al., 2004).

O exercício físico requer do organismo uma ação coordenada de diversos sistemas corporais sob o controle do sistema nervoso. Os sistemas respiratório, cardiovascular e hematológico atuam carreando oxigênio e metabólitos para as fibras esqueléticas, que, por sua vez, produzem energia a ser convertida em trabalho mecânico (HINCHCLIFF et al., 2004).

A energia para contratilidade muscular é proveniente da adenosina trifosfato (ATP), uma molécula que atua como “moeda celular”. A molécula de ATP é formada pela célula muscular a partir de diversos combustíveis, como, ácidos graxos, corpos cetônicos ou glicose, que vão sendo utilizados dependendo do grau e intensidade da atividade muscular (GONZÁLEZ e SILVA, 2006). Dentre as principais vias de produção destacam-se a degradação do glicogênio muscular e a degradação das moléculas de glicose por via anaeróbia e/ou por via aeróbia (EATON et al., 1995; LACOMBE et al., 2003).

Pela via aeróbia, ou seja, quando há presença de oxigênio, se o animal apresenta-se em repouso ou exercício leve a principal fonte de combustível são os ácidos graxos proveniente do tecido adiposo e corpos cetônicos proveniente do fígado. Se o trabalho passa a ser moderado passa a ser utilizada em maior proporção a glicose, que sofre glicólise gerando Acetil-CoA. Esse produto da glicólise entra no ciclo do ácido cítrico (ciclo de Krebs) e produz energia em forma de ATP, nesse processo para cada molécula de glicose são formados 38 ATP's (GONZÁLEZ e SILVA, 2006 ; KANEKO et al., 1997).

No exercício de alta intensidade, a demanda de energia precisa ocorrer de uma forma rápida. Nessas condições, o glicogênio muscular é metabolizado formando glicose, utilizada para produção de energia exclusivamente para o músculo. Essa glicose é degradada pela via da glicólise anaeróbia gerando duas moléculas de lactato e duas de ATP para cada molécula de glicose. Essa é uma forma de produção rápida de energia, porém menos produtiva, uma vez que produz menos ATP requer mais glicose para gerar a demanda necessária (GONZÁLEZ e SILVA, 2006). No exercício de menor intensidade com longa duração a predominância é aeróbica, pois a via anaeróbica não se sustenta por tempo elevado visto que o excesso de ácido láctico produzido, e uma baixa depuração leva ao comprometimento muscular (HINCHCLIFF et al., 2004).

O músculo esquelético possui grandes quantidades de fosfocreatina, que é um composto armazenador de energia, devido a sua capacidade de transferir grupos fosfato. Portanto essa é outra forma de formação de energia pelo músculo. Quando a necessidade energética está ativa no músculo a fosfocreatina é clivada para liberar um íon fosfato que se liga a uma molécula ADP (adenosina difosfato) para formar uma molécula energética ATP. Essa reação reversível ocorre de forma rápida pela enzima creatino quinase (CK) em atividades físicas de alta intensidade e curta duração (COSTALLAT et al., 2007; GONZÁLEZ e SILVA, 2006).

O nível de exigência metabólica da prova de salto depende de alguns fatores como altura, quantidade e tipo de obstáculos, visto que esses podem ser duplos e triplos, o que exigiria mais esforço dos animais. Apesar de a intensidade variar, diversos autores consideram as provas de salto um exercício que envolve metabolismo aeróbico e anaeróbico (BARREY; VALETTE, 1993; LEKEUX et al., 1991; SABEV, 2011; SOARES, 2012).

O condicionamento físico frente ao exercício aumenta a capacidade aeróbia do animal contribuindo para uma capacidade atlética superior, de fundamental importância visto que animais menos condicionados têm mais dificuldade na obtenção de oxigênio para suprir a via aeróbia. Assim como, a depleção de reservas de glicogênio muscular é um importante causador de fadiga muscular, sendo que esse estoque pode ser aumentado com condicionamento físico adequado (LACOMBE et al., 1999; LACOMBE et al., 2001).

Além de fatores como a intensidade, duração e tipo de exercício, outros fatores podem influenciar no metabolismo do animal como o tipo de fibras musculares predominantes nas diferentes raças. Existem dois tipos de fibras musculares: tipo I, de contração lenta e adaptadas a exercícios aeróbicos (alta concentração de mioglobina, que é principal transportador intracelular de oxigênio nos tecidos musculares), e as fibras musculares do tipo II, de contração rápida e adaptadas para exercícios de potência, estas se classificam em fibras IIA altamente oxidativas e IIB com baixa capacidade oxidativa. A proporção de fibras do tipo I e II são determinadas geneticamente, já as dos tipos IIA e IIB são influenciadas diretamente pelo treinamento (THOMASSIAN et al., 2007). Esses tipos de fibras são classificadas analisando a isoforma da cadeia pesada de miosina expressa por cada uma delas (HINCHCLIFF et al., 2004).

Segundo Hinchcliff et al. (2004), para manutenção da condição corporal apenas fibras tipo I são recrutadas; na medida em que aumentam a intensidade e a

duração do exercício, outros tipos são recrutados na seguinte ordem: I, IIA e IIB, sendo que as fibras tipo IIB são recrutadas apenas em exercícios de intensidade quase máxima, como por exemplo, provas de arrancada (alta velocidade e curto período) e provas de salto, e em exercícios submáximos por períodos extremamente prolongados.

2.4 Lactato

O lactato é um produto final da glicose anaeróbia. As rotas metabólicas de utilização do lactato são duas, a oxidação total até formar CO₂ e H₂O ou síntese de glicose no fígado através da gliconeogênese, porém ambos os processos necessitam de molécula de oxigênio para ocorrer. Logo a baixa disponibilidade de oxigênio não só aumenta produção, como também diminui a metabolização (GONZÁLEZ e SILVA, 2006).

A mensuração do lactato tem sido sugerida em trabalhos com equinos e humanos como um indicador da capacidade de resistência aeróbia dos atletas, pois animais com grande capacidade aeróbia geralmente tem baixas elevações na concentração de lactato em resposta ao exercício. A taxa de declínio que ocorre pós exercício pode ser um índice útil de aptidão, visto que concentrações persistentemente elevadas podem sugerir fadiga metabólica (HINCHCLIFF et al., 2004; VALBERG, 2008).

A capacidade de produção de energia de forma anaeróbia é fundamental para equinos velocistas de curta distância, onde há alta velocidade e principalmente quando os batimentos atingem 200 bpm. Isso faz com que haja um aumento exponencial da concentração de lactato no sangue proporcional ao nível de esforço. É necessário que esse animal possua uma capacidade de depuração dessa concentração de lactato após o término da atividade (SCHUBACK e ESSÉN-GUSTAVSSON, 1998; HINCHCLIFF et al., 2004). O metabolismo do lactato varia entre indivíduos, mas geralmente o retorno dos valores próximos aos níveis basais ocorre aproximadamente uma hora após termino do exercício (KOWAL et al., 2006).

Segundo Pösö (2002), o excesso de lactato produzido por atividades intensas em cavalos não condicionados podem levar a fadiga muscular. O ácido láctico no meio celular se não for neutralizado causa uma acidificação que impede o funcionamento da bomba e dos canais cálcio no retículo sarcoplasmático aumentando o tempo de relaxamento dos sarcômeros musculares, ou seja, o lactato

possui uma ação inibitória do funcionamento dos sarcômeros. Leva também redução da produção de energia por diminuição da atividade celular. Esses eventos levam a uma lentidão muscular que culmina na fadiga do músculo.

Segundo González e Silva (2006) os valores basais de referência do lactato para equinos oscilam entre 1,1 e 1,8 mmol/L. Exercícios de alta intensidade e de curta duração levam a níveis plasmáticos de lactato acima de 4,0 mmol/L, sugerindo predominância na produção de energia pela via anaeróbia. Exercícios de intensidade submáxima levam a aumentos de plasma abaixo de 4,0 mmol/L, indicando a produção de energia aeróbia (BINDA et al., 2016; FALASCHINI e TROMBETTA, 2001).

Corroborando as informações supracitadas, Binda et al. (2016) encontraram valores de 11,39 mmol/L imediatamente após provas de três tambores, um aumento significativo de aproximadamente 94,5% quando comparado com os valores no pré-exercício. Segundo os autores, esse aumento é esperado para a atividade envolvida, ultrapassando o limiar anaeróbio de 4 mmol/L, indicando maior envolvimento das vias anaeróbias na produção de energia, compatível com o exercício máximo. Caiado et al. (2011) trabalhando com equinos da mesma raça na modalidade de laço em dupla encontraram valores de 9,86 mmol/L no pós exercício.

Gama et al. (2012), trabalhando com cavalos da raça Mangalarga Marchador obtiveram valores de 2,73 mmol/L de lactato no pós exercício, indicando a predominância de metabolismo aeróbico, visto que o valor do lactato foi inferior a 4,0 mmol/L.

Em trabalho realizado com cavalos treinados da raça Sela Italiana submetidos a prova de salto em 1,30 metro em um percurso de 350 metros com 12 obstáculos, os valores obtidos de lactato foram de 5 mmol/L, sugerindo que o exercício envolvia o metabolismo anaeróbio e aeróbio (FAZIO et al., 2014). Sabev (2011), trabalhando com cavalos de salto em início de carreira com experiência limitada, em obstáculos de 1,10 metro, registrou o valor de 8,307 mmol/L de lactato sanguíneo no pós exercício, diferindo dos demais estudos com a mesma modalidade registrados por outros autores (FAZIO et al., 2014). Possivelmente, as diferenças devem-se a falta de aptidão nos cavalos estudados por Sabev (2011).

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

Algumas enzimas sanguíneas podem ser indicadores da adaptação de um animal frente a um exercício físico e as mais indicativas são aspartato aminotransferase (AST), creatino quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH). Normalmente animais bem adaptados têm menor aumento dessas enzimas com retorno mais rápido aos valores basais após encerrada a atividade física (GONZÁLEZ e SILVA, 2006).

Elevações nas concentrações séricas podem estar relacionados a danos evidentes na fibra muscular ou mudanças fisiológicas que resultem em alteração transitória na permeabilidade da membrana celular, tal qual a provocada pela realização de um exercício físico. A proporção desses aumentos está relacionada à natureza, intensidade e duração do exercício, aptidão do animal, bem como ambiente (BONAGURA e REEF, 2000; HINCHCLIFF et al., 2004). Se o aumento estiver relacionado à lesão muscular, as principais causas sugeridas são rompimento mecânico das fibras, a elevação das concentrações de íon hidrogênio e do lactato nas fibras musculares (THOMASSIAN et al., 2007).

Bonagura e Reef (2000) reforçam que ao se realizar um exercício submáximo, os níveis séricos de CK não devem ultrapassar 250% do valor basal cerca de duas horas após o término do exercício; em relação ao AST, tais valores não devem ultrapassar 50% do valor pré exercício, seja qual for aptidão do animal.

A cinética enzimática deve ser bem compreendida e é diferente entre as enzimas musculares. Tal fator deve ser considerado ao avaliar um equino com suspeita de lesão ou no pós-exercício, pois a coleta feita em momento inadequado pode caracterizar quadros falso-negativos para lesão muscular (ART et al., 2002).

2.3.1 *Aspartato aminotransferase (AST)*

A aspartato aminotransferase é um enzima encontrada em diversos tecidos como fígado, coração, eritrócitos e músculo esquelético, sendo utilizado como indicador de danos nesses tecidos. Sua função é catalisar a transaminação reversível de aspartato alfa-cetoglutarato em oxalacetato e glutamato (GONZÁLEZ e SILVA, 2006). As elevações dessa enzima estão relacionadas principalmente em hepatopatia e miopatia aguda (HINCHCLIFF et al., 2004). Com relação à musculatura, indica-se sua utilização para avaliar lesão muscular e condicionamento físico, e recomenda-se que sua avaliação seja feita conjuntamente com a avaliação

da atividade de CK (GONZÁLEZ e SILVA, 2006).

Segundo González e Silva (2006), os níveis séricos considerados normais da enzima AST em equinos oscilam entre 226-366 UI/L; já Bonagura e Reef (2000) descrevem limites laboratoriais de referência em repouso de 150-230 UI/L.

A AST é uma enzima mitocondrial e citossólica. Por ser mitocondrial, necessita de uma lesão maior no tecido para que seja liberada para corrente sanguínea, diferente das enzimas CK e LDH que, por sua vez, são citossólicas e de tamanho pequeno conseguindo ultrapassar a membrana celular mesmo que o dano tecidual não seja tão grande (GONZÁLEZ e SILVA, 2006). Logo, alterações na concentração sérica de AST ocorrem de forma mais lenta que a enzima CK, apresentando pico após 24 horas do estresse de estimulação e mantendo-se elevada por 5 dias ou até semanas (VALBERG et al., 1993).

Segundo Harris et al. (1998), seus estudos demonstraram que aumentos superiores a 100% na atividade da enzima AST após exercício são anormais independente da intensidade do exercício ou da aptidão do animal.

Assenza et al. (2016), trabalhando com cavalos de salto da raça Sela Italiana, relataram que os níveis de AST aumentaram quando comparados ao repouso, imediatamente após o exercício, com redução aos valores basais no dia seguinte a competição.

Binda et al. (2016) trabalhando com cavalos Quarto de Milha utilizados em provas de três tambores não obtiveram alterações significativas na AST sérica, semelhante a Teixeira et al. (2016).

Em trabalho realizado com equinos da raça Árabe condicionados por quatro semanas e submetidos a teste padrão de exercício progressivo em esteira, foram registrados valores de $267 \pm 59,5$ UI/L de AST com os animais em repouso. No momento imediatamente após o exercício, houve um aumento estatisticamente significativo ($333,4 \pm 72,7$ UI/L) que foi associado ao processo fisiológico de transferência de fluido do espaço intravascular para o espaço extravascular, observado durante o exercício máximo e, conseqüentemente, resultando em maior concentração dessa enzima por diminuição do volume plasmático. Nos momentos 30 minutos e com 1, 3 e 6 horas após exercício, não foram observadas alterações nas concentrações enzimáticas com pico ocorrendo 12 horas ($289,5 \pm 65,7$ UI/L) e 24 horas ($291,7 \pm 65,9$ UI/L) após exercício (THOMASSIAN et al., 2007).

2.3.2 Creatina quinase (CK)

A creatina quinase, ou creatina fosfoquinase (CPK), é uma enzima que existe na forma de dímeros. Pode se apresentar em duas subunidades, a forma M (muscular) ou B (cerebral), havendo três isoenzimas diferentes. A determinação das isoenzimas de CK é de comum utilização na medicina, embora não tenha utilidade prática na veterinária (GONZÁLEZ e SILVA, 2006).

A CK tem como função catalisar de forma reversível a fosforilação da adenosina difosfato (ADP) do fosfato de creatina, tornando-o adenosina trifosfato (ATP) disponível para a contração muscular. Sua principal atividade está no tecido muscular (esquelético e cardíaco), mas também pode ser localizado em menor quantidade, no rim, cérebro, diafragma, trato gastrointestinal, útero e bexiga (GONZÁLEZ e SILVA, 2006).

Possui seu pico de concentração sérica 4 a 6 horas após lesão, sendo que os valores tendem a voltar ao normal após 24 a 96 horas (VALBERG et al., 1993). Os níveis de CK aparecem elevados antes da enzima AST e também desaparecem antes. Assim, se o animal possui elevados níveis de CK e baixos níveis de AST, isso indica uma lesão recente. Níveis persistentes e continuados de CK e AST indicam uma lesão continuada, e baixos níveis de CK e elevados de AST sugerem um processo de recuperação da lesão muscular (GONZÁLEZ; SILVA, 2003).

A intensidade do exercício pode ser fator importante para a elevação dos níveis de CK. Segundo Bonagura e Reef (2000), existe uma correlação entre o aumento nas atividades séricas de CK com exercício pesado, enquanto que em exercício menos intenso ela não se alteraria de forma significativa.

Segundo González e Silva (2006), os níveis séricos normais da enzima CK para equinos oscilam de 0-140 UI/L; já Bonagura e Reef (2000) descrevem limites laboratoriais de referência em repouso de 0-49 UI/L.

Volfinger et al. (1994) concluíram que somente valores maiores que 10.000 UI/L de CK refletiriam em lesão significativa. Hinchcliff et al. (2004) ressaltaram que algumas infecções virais respiratórias, principalmente herpesvírus equino-1, parecem aumentar a fragilidade da membrana das células musculares e predispor à miopatia induzida pelo exercício em cavalos em treinamento e aumentar níveis de enzimas indicativas do perfil muscular.

Assenza et al. (2016) observaram que os níveis de CK aumentaram no primeiro dia de competição em cavalos de salto da raça Sela Italiana quando

comparados ao repouso, e no segundo dia de competição os níveis foram superior ao repouso e ao primeiro dia.

Binda et al. (2016) não obtiveram alterações significativas na CK sérica durante a a prova de tambor nos equinos da raça Quarto de Milha e os valores encontrados foram 268.6 ± 119.5 UI/L em repouso e 317.1 ± 116.6 UI/L imediatamente após o exercício de. A não alteração nas concentrações séricas de CK sugerem que estes animais estavam adaptados ao programa de exercícios e não apresentaram lesão muscular.

Gama et al. (2012) obtiveram valores de $113,4 \pm 56,3$ UI/L de CK em repouso e de $144,1 \pm 70,9$ UI/L imediatamente após a marcha, sem diferença estatística entre os mesmos, corroborando com outros achados na literatura em que a não alteração enzimática é sugestivo do bom condicionamento atlético dos animais usados..

No trabalho já supracitado, realizado por Thomassian et al. (2007) com equinos da raça Árabe condicionados por quatro semanas e submetidos a teste padrão de exercício progressivo em esteira, obteve-se valores de $262,6 \pm 98,0$ UI/L de CK com os animais em repouso. O pico ocorreu 3 horas após exercício com valores de CK de $344,8 \pm 109,2$ UI/L e 6 horas após exercício com valores de $362,6 \pm 132,9$ UI/L.

3. OBJETIVOS

O objetivo da presente dissertação de mestrado foi avaliar a influência do exercício físico, caracterizado por prova de salto na altura de 1 metro executada por equinos da raça Brasileiro de Hipismo sobre os parâmetros eletrocardiográficos, eritrograma, lactato plasmático e atividade sérica das enzimas aspartato aminotransferase (AST) e creatino quinase (CK). Estes dados contribuirão para melhor compreensão dos efeitos desse exercício nos parâmetros cardiometabólicos e contribuir com dados sobre a fisiologia do exercício de equinos utilizados nessa modalidade que trabalham em condições tropicais.

4. CAPÍTULO

O artigo científico foi confeccionado seguindo as Instruções aos Autores estabelecidas pela revista Journal of Equine Veterinary Science, obtido no site: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-equine-veterinary-science>

Electrocardiographic and blood parameters in jumper horses submitted to a field test

Laís P Macedo¹, Marcela B Binda¹, Fernanda A Teixeira¹, Renan S Carvalho¹, Laura M C Conti¹, Hélio C Manso Filho², Clarisse S Coelho¹

¹ Veterinary Medicine School, Vila Velha University, Vila Velha-ES, Brazil; ² Equine Research Group, Federal Rural University of Pernambuco, Recife-PE, Brazil.

Acknowledgements

The authors thank FAPES for Lais Policarpo Macedo's Masters Scholarship.

The project was approved by the Ethics Committee for Animal Use at the Vila Velha University (CEUA-UVV), Protocol 366/2016.

The authors have nothing to disclose.

No source of funding is declared.

Authorship

Laís Policarpo Macedo contributed to the study design and execution, data collection and interpretation, and manuscript preparation. Clarisse Simões Coelho contributed to the study design, data interpretation and supervision. Fernanda de Almeida Teixeira, Renan Silva de Carvalho, and Marcela Bucher Binda contributed to

34 the execution. Laura Monteiro de Castro Conti and Hélio Cordeiro Manso Filho
35 contributed to data interpretation.

36

37

38 **Structured Abstract**

39 **Background:** Little research has been done monitoring fitness of jumper horses in field
40 conditions and, therefore, there is a need to define fitness indices for horses used in such
41 a technical competition.

42 **Objectives:** Evaluate the influence of a field exercise test on blood and
43 electrocardiographic parameters of jumper horses.

44 **Methods:** Twelve horses, 11.3 ± 4.1 years old and 490.4 ± 33.9 kg, were evaluated before
45 (T0) and immediately after exercise (T1) and at 30 minutes (T2), and 120 minutes (T3)
46 of recovery. At these moments, heart rate (HR), respiratory rate (RR) and body
47 temperature (BT) were measured; blood samples were taken to determine packed cell
48 volume (PCV), red blood cell (RBC) count, hemoglobin concentration, mean
49 corpuscular volume (MCV) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC),
50 serum aspartate aminotransferase (AST), creatine kinase (CK) and plasma lactate.
51 Electrocardiographic variables were analyzed at T0 and T1.

52 **Results:** The exercise test significantly altered all physiological and blood parameters,
53 except for AST, with higher values recorded at T1. Rhythm analysis revealed a sinus
54 rhythm in 50.0% of horses, with mean HR of 31.5 ± 5.8 beats/minute at rest, and sinus
55 tachycardia in 75.0% of horses, with mean HR of 76.9 ± 15.2 beats/minute after exercise.
56 Other findings included significant reductions in P wave and QRS durations and PR and
57 QT intervals, and significant increases in P wave amplitude and HR.

58 **Conclusions:** The field jump test led to significant alterations in the studied variables.
59 These results can be used to evaluate the athletic conditioning of jumper horses trained
60 under tropical conditions.

61 **Keywords:** horses; electrocardiograph; exercise; jumping

62

63

64 **INTRODUCTION**

65 The performance evaluation of equine athletes depends on the correct
66 interpretation of clinical and laboratory findings, as cardiovascular, respiratory,
67 metabolic and musculoskeletal responses differ between the many equestrian disciplines

68 [1-5]. Therefore, define normal responses to a specific type of exercise is very important
69 to allow differentiate changes related to normal exercise response from exhaustion or
70 other disease processes [6, 7, 8], contributing to the well being of the horses.

71 According to the Code of Conduct of the Fédération Equestre Internationale
72 (FEI), horses welfare is a crucial above all other demands [9, 10]. Before any
73 competition, horses must be considered in good health conditions through a careful
74 examination [10] and exercise testing on a track or using a treadmill can be used to
75 monitor fitness, health status, effects of training schedules and fatigue [6, 11, 12].

76 Usually, show jumper horses reach speeds between 5-7.5 m/sec with heart rates
77 of 150 beats/min at the beginning and 190 beats/min at the end of the course [13].
78 Metabolic demands of these animals are very different from racing and endurance
79 breeds and undoubtedly anaerobic metabolism plays an important role at a jumping
80 course, although the lower speed and duration when comparing to the racehorses [6, 8,
81 10, 13, 14]. Furthermore, exercise testing in these horses must be designed specifically
82 and well standardized [15], as a show jumping discipline requires high technical skills
83 [10, 14, 16].

84 Although several studies have been performed on athletic horses, the response of
85 cardiac and blood values for jumping horses managed in hard weather is limited [17-
86 20]. Therefore, the aim of this study was to evaluate the influence of a field jump testing
87 on electrocardiographic patterns, erythrogram, plasma lactate and serum AST and CK in
88 horses trained under tropical conditions. This information will contribute to a better
89 understanding of the effects of this particular equestrian discipline over cardiometabolic
90 parameters and contribute to the wellbeing of jumping horses when working in tropical
91 weather.

92

93

94 **MATERIAL AND METHODS**

95 The research project was approved by the Ethics, Bioethics and Animal Welfare
96 Committee at the University Vila Velha (CEUA - UVV-ES), and recorded under the
97 number 366/2016.

98 **Animals:** Twelve Brasileiro de Hipismo horses (BH, Brazilian jumper horses) were
99 used, two females and ten males, with an average weight of 490.4 ± 33.9 kg and average
100 age of 11.3 ± 4.1 years (range 7 and 19 years old), all considered healthy in previous

101 physical examinations at rest. These animals belong to Vila Velha Jockey Club located
102 in Espirito Santo, Brazil.

103 All horses underwent same food and health management. Diet consisted of
104 *Tifton* sp. hay and inorganic mineral salt (Guabiphos Centauro 80, Guabi, Campinas,
105 SP, Brazil) *ad libitum* and commercial feed (1.0kg/ 100kg body weight – Equitage
106 Laminados, Guabi, Campinas, SP, Brazil) with 12% crude protein and 3,650 kcal
107 energy, divided into two times daily. Water was always available.

108 All horses were considered to be well performing and had been in regular
109 training for at least six months. The daily routine was carried out 6 days per week: 20
110 minutes of walking, 15 minutes of trotting and 10 minutes of galloping on three
111 alternate days; control gymnastics (15 minutes of trotting followed by 15 minutes of
112 warm-up jumps), one day per week; walking exercises outside the arena for 30 minutes,
113 one day per week; and finally a show jumping course, consisting of 8-12 successive
114 obstacles with height between 0.80 and 1.10 meters on the last day of the weekly
115 training.

116 **Exercise:** Horses performed a field jump test, in a 80 m x 58 m sand track. The warm-
117 up consisted walking and trotting for 10 minutes, followed by 5 vertical jumps of
118 increasing height (0.80 m, 0.90 m, 1.00 m). After the warm-up, all animals competed
119 the same jumping course with the following specifications: 600 m of total length, 100
120 cm of obstacle height, 12 total efforts (8 verticals, 3 parallel oxers and 1 double
121 combination).

122 Physical activities were performed in the morning, between 7 and 11AM, in
123 March 2016 (Summer season). Animals were evaluated in one day, with local mean
124 temperature of ~34.5°C and mean relative humidity of ~72%, typical of tropical
125 regions. The sand arena was dry during all evaluation days. Animals were ridden by
126 their usual riders (mean weight of 61.7kg and mean height of 1.69m).

127 **Cardiac evaluation:** Electrocardiograms, each lasting 3-5 minutes, were obtained from
128 each horse at T0 (before exercise) and T1 (immediately after exercise) using a 12-
129 channel ECG-PC electrocardiograph (Tecnologia Eletrônica Brasileira – TEB, São
130 Paulo, SP, Brazil), being careful to keep animals with their limbs parallel to each other
131 and perpendicular to body axis. Alligator clips fixed to electrocardiographic electrodes
132 were attached directly to skin. Electrodes were placed on caudal aspect of forelimbs on
133 the level of olecranon and on hind limbs, lateral to stifle joint to record bipolar leads I,
134 II and III and unipolar leads aVR, aVF and aVL. All recordings were taken adjacent to

135 the arena with the horse still saddled and without the rider. Tracings were obtained,
136 recorded and standardized with N sensitivity and 25mm s⁻¹ speed and bipolar lead DII
137 was used for interpretation of electrocardiographic tracings. Evaluation of tracings
138 involved measurement of P, R, and T wave amplitudes (in mV) and duration (in ms) of
139 P wave, QRS complex, PR and QT intervals, as well as determining heart rate and
140 rhythm. Corrected QT (QTc) was calculated according to Bazett's formula (QT/\sqrt{RR}).

141 Prior to exercise, horses and riders were fitted with a combined HR and GPS
142 monitoring system (RS800CX-G3, Polar Electro, Lake Success, NY, USA) to record
143 speed and distance achieved by each animal. The equipment was previously used and
144 validated in equine species [10]. Data were analyzed using ProTrainer 5 program (Polar
145 Electro, Lake Success, NY, USA).

146 **Blood collection and analysis:** For this research, animals were evaluated at T0
147 (obtained before exercise, with the animal at rest after overnight fastening and inside the
148 box), T1 (obtained immediately after the end of exercise), T2 (obtained at 30 minutes of
149 recovery) and T3 (obtained at 2 hours of recovery).

150 At each evaluation time, horses underwent a previously physical examination
151 including heart (HR) respiratory rate (RR), and body temperature.

152 Blood samples were aseptically obtained via jugular vein puncture using
153 disposable needles (25 mm x 0.8 mm), with a negative pressure system (4 ml capacity
154 tubes containing K3-EDTA for determining the erythrogram; 2 ml capacity tubes
155 containing EDTA-sodium fluoride to determine plasma lactate; and 9 ml capacity tubes
156 without anticoagulant for determination of serum aspartate aminotransferase, AST, and
157 creatine kinase, CK). All samples were transported in a cooler with ice to the Clinical
158 Laboratory, for immediate processing, with a mean interval of 2 hours between blood
159 collection and laboratory analysis. Samples from the tubes with no anticoagulant and
160 the ones containing EDTA-sodium fluoride were immediately centrifuged for 10
161 minutes (Centrifuge Model TDL80-2B, Centribio, Curitiba, PR, Brazil) at 2000 g for
162 separation of serum and plasma, respectively.

163 RBC count, hemoglobin concentration, PCV, MCV, MCHC and RDW were
164 measured by means of hematology analyzer (Coulter HmX Hematology Analyzer,
165 Beckman Coulter, Brea, CA, USA). The evaluation of plasma lactate (LACT) values
166 and of serum AST and CK activities was performed using commercial kits (Katal, São
167 Paulo, SP, Brazil), by means of a semi-automatic biochemical analyzer (BIO200,
168 Bioplus, Barueri, SP, Brazil).

169 **Statistical analysis:** Analyses of results were made using the GraphPad InStat 3.0
170 statistical program (GraphPad, La Jolla, CA, USA) and results were expressed as mean
171 \pm SD (standard deviation). Blood data were evaluated for normality using the
172 Kolmogorov-Smirnov test. Paired t-test was used to compare average values of
173 electrocardiographic variables. Analysis of variance for repeated measures (One-Way
174 ANOVA) followed by comparison between means (Tukey test) was done to evaluate
175 the possible influence of exercise on blood variables. Values of $p \leq 0.05$ were considered
176 significant.

177

178 **RESULTS**

179 Table 1 shows results for P, R, and T wave amplitudes (mV) and duration
180 (in ms) of the P wave, QRS complex, PR and QT intervals, QTc analysis and heart rate
181 (beats/minute), as well as the p values obtained from paired t-test. There were
182 significant reductions in the duration of P wave, PR interval, QT interval and QRS
183 complex and significant increases in P wave amplitude and heart rate after exercise. No
184 differences were recorded for R wave amplitude and for QTc (Table 1). Rhythm
185 analysis revealed a sinus rhythm in 50.0% of horses and a sinus arrhythmia in the other
186 50.0%, with mean HR of 31.5 ± 5.8 beats/minute at rest, and sinus tachycardia in 75.0%
187 of horses, with mean HR of 76.9 ± 15.2 beats/minute after exercise.

188 Analysis of T wave polarity in T0 showed that 83.3% were diphasic whereas in
189 just one horse it was positive monophasic (amplitude of 0.24 mV) and on the other one
190 it was negative monophasic (amplitude of 0.17 mV); and in T1, 66.7% continued to be
191 diphasic and 33.3% were negative monophasic (mean amplitude of 0.44 ± 0.19 mV).

192 Table 2 shows results for evaluated physiological, hematological and biochemical
193 parameters. A significant effect of exercise was found in RBC count, hemoglobin
194 concentration, PCV, MCV, MCHC, RDW, CK and plasma lactate levels, as well as for
195 HR, RR and BT, with higher values recorded in T1 (Table 2).

196 The equine frequencimeter monitor registered an average speed of
197 3.31 ± 0.31 m/s, reaching a maximum speed of 5.58 ± 0.33 m/s, and an average heart rate of
198 133.8 ± 25.7 beats/minute, with a maximal HR of 167.8 ± 24.4 beats/minute. The
199 equestrian course (600 meters) was performed in 203.7 ± 51.0 seconds. According to
200 riders, no signs of discomfort or reduced performance were observed during exercise
201 execution.

202 Initial physical examinations during the selection process showed heart rate
203 values of 36.5 ± 5.9 beats/minute, with no pathological murmurs, respiratory rate of
204 22.3 ± 7.1 breaths per minute, presence of normal bowel sounds, rectal temperature of
205 $38.9\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ and normal mucous membranes.

206

207 **DISCUSSION**

208 The field jump testing used on the present research produced significant changes
209 in ECG, heart rate and blood parameters which are compatible with the intensity of this
210 type exercise, when compared with other equestrian disciplines [1-4]. Field-testing has
211 advantages over the use of a treadmill when evaluating dressage and jumping horses
212 [13], and an efficient exercise test has to incorporate several incremental bouts [10].
213 According do Barbesgaard et al. [2], exercising jumping horses on a treadmill is not
214 natural leading to higher HR as a result of stress. Also, standardized exercise tests
215 (SET) used for racehorses are not adequate since it's a more technically straightforward
216 racing discipline than jumping [11]. A single step exercise test, similar to what was
217 done on this study, allows veterinarians and trainers to assess fitness in a more practical
218 approach [10]. Furthermore, the use of the combined GPS/HR monitoring system
219 allowed a better evaluation of horses' response to jumping effort as already previously
220 described [14].

221 According to Scheffer and Van Oldruitenborgh [21], cardiac arrhythmia is one
222 of the possible causes of poor performance, which makes an accurate ECG very
223 important. However, ECG at rest has limited value because cardiac diseases leading to
224 decreased performance rarely manifest themselves during rest [8]. When analyzing
225 ECG in BH horses, 50% of the most common rhythm found at rest (before exercise)
226 was sinus, inferior to other researches with jumping horses [18] and Thoroughbreds
227 [22]. Immediately after exercise, there was a predominance of sinus tachycardia, which
228 can be considered normal when associated with excitement, or exercise [5]. No
229 pathological arrhythmias at rest or in the immediate post-exercise were observed on the
230 horses used, corroborating with Buhl et al. [8] which stated that arrhythmias occurred
231 primarily when HR was decreasing between jumps. Differently from the present
232 research, these authors used ECG recordings made during show jumping through a
233 telemetric device.

234 Values recorded at rest for HR and electrocardiographic variables were within
235 normal values, as well as electrocardiographic parameters after exercise [23].

236 Differences observed when comparing from published findings are possibly due to
237 timing of the evaluation, breed and type of exercise, and physical conditioning of the
238 horses [5, 18, 22, 24]. Also, they can be influenced by transitory cardiovascular
239 adjustments observed during physical exercise [24], when there is an increase in the
240 sympathetic tone leading to an increasing HR and cardiac output [25].

241 After the jumping test, an increase in HR with a reduction in P-wave duration
242 and PR and QT intervals was observed. PR interval represents the duration of
243 propagation of the depolarization from the sinusal node to the atrio-ventricular node,
244 translating the vagal tone [26]; QT interval represents the period between the beginning
245 of ventricular depolarization until its complete repolarization, both being inversely
246 related to HR [18]. Similarly to the present research, Piccione et al. [25] found an
247 increase in P wave amplitude and duration after a jump trial and attributed these
248 findings to an increase in the sympathetic tone.

249 Blood and biochemical analysis showed that jumping horses had metabolic
250 adaptations compatible to this challenge. The increase in plasma lactate in T1 was
251 expected and can be related to intensity of exercise and fitness of the animal [4, 13, 17].
252 Values found in T1 (~3.5 mmol/L), after the jumping activity, were higher than the 2.73
253 mmol/L described for Mangalarga Marchador horses [5] and the 3.1 ± 0.2 mmol/L
254 described for Arabians in a submaximal exercise [29] and inferior to the 11.39 ± 3.1
255 mmol/L reported in Quarter horses [4]. Although speed and duration of this kind of
256 event are low, rises in HR associated with rises in plasma lactate are expected with
257 increasing speed immediately before jumps [13, 27], representing an increase in
258 exercise intensity, with more power to jump, and use of anaerobic metabolism [9, 6, 10,
259 14]. These researches reinforce the importance of association between endurance and
260 power training programs to improve performance of jumping horses as jumping fences
261 increase the workload of these horses [13, 17]. When comparing to other researches also
262 working show jumping horses [9, 27], average speed and HR values were inferior,
263 suggesting a lower workload exercise of the animals used on the present research [25].
264 The fast recovery of plasma lactate to basal levels reinforces that horses used in this
265 research were well adapted to this kind of equine sport [9, 15].

266 A significant elevation in plasma lactate (68.6%), RBC count (35.5%) and PCV
267 (39.4%) were observed after the trial. Increases in PCV are a well established response
268 after exercises, including jumping tests [12, 13, 25]. In this study it was less dramatic
269 than that found for horses at maximal exercises [1, 4, 28], probably due the fact that

270 these changes are related to the intensity of exertion [6]. Elevations in RBC count, PCV
271 and hemoglobin concentrations after exercise with returning to basal levels during
272 resting time represent physiological adjustments necessary to guarantee correct
273 oxygenation, provision of metabolites and removal of catabolites from activity muscles
274 [12]. MCV and MCHC altered with jumping exercise, reflecting a heterogeneous RBC
275 population in the circulation [30], similar to other reports [25, 31].

276 Results of the present study showed lack of significant changes in serum AST
277 and CK, similar to those described with horses used in activities such as 3-barrel racing
278 [4] and in a progressive effort test using treadmill [1]. However, increase in these
279 enzyme levels had already been observed in horses after marcha exercise [32] and also
280 jumping courses [16, 27, 33]. Such differences depend on the level of animal's
281 performance and intensity and duration of exercise [33]. Results of this study suggest
282 that these animals were adapted to the exercise program and did not show muscle
283 damage [32].

284 Finally, the marked changes induced by the jumping test in most of the
285 measured physical parameters have to be well established and understood to provide
286 basis for improving management, training programmes and evaluation of performance
287 [27]. Tachycardia observed post-exercise corroborates with several findings in the
288 literature in many types of equine exercises [1, 5, 28], including show jumping
289 competition [27], being correlated with increase in physical activity and possibly
290 emotional reactivity [14]. Hyperthermia and polypnea observed in this study in T1 are
291 related to the increase in energy metabolism induced by exertion [4]. The rapid return to
292 basal levels 2 hours after exercise are considered important and the fast recovery of HR
293 is observed in highly trained man and horses [15].

294

295 **CONCLUSION**

296 Significant changes occurred in electrocardiographic and laboratorial parameters
297 in physically well-conditioned BH horses during a field jump test. Results reinforce the
298 importance of providing normal responses to this specific equestrian discipline under
299 tropical conditions to make possible its use on the evaluation of poor performance and
300 properly evaluate fitness, helping design specific and individual training protocols.

301

302

303

304 **REFERENCES**

- 305 [1] Ferraz GC, Teixeira Neto AR, D'Angelis FHF, Lacerda Neto JC, Queiroz Neto A.
306 Alterações hematológicas e cardíacas em cavalos árabes submetidos ao teste de esforço
307 crescente em esteira rolante. *Braz J Vet Res An Sci* 2009;46:431-437.
- 308 [2] Barbesgaard L, Buhl R, Meldgaard C. Prevalence of exercise associated arrhythmias
309 in normal performing dressage horses. *Eq Vet J* 2010;42:202-207.
- 310 [3] Wanderley EK, Bem BSC, Melo SKMM, Gonzales JC, Manso HECC, Manso Filho
311 HC. Hematological and Biochemical Changes in Mangalarga Marchador Horses After a
312 Four-Beat Gait Challenge in Three Different Distances. *J Eq Vet Sci* 2015;35:259-263.
- 313 [4] Binda MB, Teixeira FA, Carvalho RS, Macedo LP, Conti LMC, Manso Filho HC,
314 Coelho CS. Effects of 3-barrel racing exercise on electrocardiographic and on blood
315 parameters of Quarter Horses. *J Eq Vet Sci* 2016;47:71-76.
- 316 [5] Coelho CS, Silva GAO, Oliveira Jr. LAT, Moraes VS, Conti, LMC, Champion T.
317 Electrocardiographic patterns of Mangalarga Marchador horses before and after
318 implementation of the marcha gait. *Cienc Rural* 2016;46:915-920.
- 319 [6] Piccione G, Giannetto C, Fazio F, Di Mauro S, Caola G. Haematological response to
320 different workload in jumper horses. *Bulg J vet Med* 2007;10:21-28. (a)
- 321 [7] Piccione G, Giannetto C, Assenza A, Fazio F, Caola G. Serum electrolyte and
322 protein modification during different workload in jumper horses. *Com Clin Pathol*
323 2007;16:103-107. (b)
- 324 [8] Buhl R, Meldgaard C, Barbesgaard. Cardiac arrhythmias in clinically healthy
325 showjumping horses. *Eq Vet J* 2010;42:196-201.
- 326 [9] Fazio F, Casella S, Assenza A, Arfuso F, Tosto F, Piccione G. Blood biochemical
327 changes in show jumpers during a simulated show jumping test. *Veter Arhiv*
328 2014;84:143-152.
- 329 [10] Munsters CCBM, van Iwaarden A, van Weeren R, Sloet van Oldruitenborgh-
330 Oosterbaan MM. Exercise testing in Warmblood sport horses under field conditions.
331 *Vet J* 2014;202:11-19.
- 332 [11] Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan MM, Clayton HM. Advantages and
333 disadvantages of track tests versus treadmill tests. *Eq Vet J* 1999;30:645-648.
- 334 [12] Assenza A, Congiu F, Giannetto C, Fazio F, Piccione G. Haematological response
335 associated with repeated show jumping competition in horses. *Acta Sci Vet*
336 2015;43:1305-1310.

- 337 [13] Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan MM, Spierenburg AJ, van den Broek ETW.
338 The workload of riding-school horses during jumping. *Eq Vet J* 2006;36:93-97.
- 339 [14] Bazzano M, Giudice E, Rizzo M, Congiu F, Zumbo A, Arfuso F, Di Pietro S,
340 Bruschetta D, Piccione G. Application of a combined global positioning and heart rate
341 monitoring system in jumper horses during an official competition – a preliminary
342 study. *Acta Vet Hung* 2016;64:189-200.
- 343 [15] Bitschnau C, Wiestner T, Trachsel DS, Auer JA, Weishaupt MA. Performance
344 parameters and post exercise heart rate recovery in Warmblood sports horses of
345 different performance levels. *Eq Vet J* 2010;42:17-22.
- 346 [16] Fazio F, Casella S, Assenza A, Arfuso F, Tosto F, Piccione G. Blood biochemical
347 changes in show jumpers during a simulated show jumping test. *Veter Arhiv*
348 2014;84:143-152.
- 349 [17] Gomide LMW, Martins CB, Orozco CAG, Sampaio RCL, Belli T, Baldissera V,
350 Lacerda Neto JC. Concentrações sanguíneas de lactato em equinos durante a prova de
351 fundo do concurso completo de equitação. *Cien Rural* 2006;36:509-513.
- 352 [18] Diniz MP, Michima LES, Fernandes WR. Estudo eletrocardiográfico de equinos de
353 salto sadios. *Pesq Vet Bras* 2011;31:355-361.
- 354 [19] Mirian M, Fernandes WR. Padronização de teste incremental de esforço máximo a
355 campo para cavalos que pratiquem hipismo clássico. *Vet Zootec* 2011;18:668-679.
- 356 [20] Soares OAB, D'Angelis FHF, Feringer Jr WH, Nardi KB, Trigo P, Almeida FQ,
357 Miranda ACT, Queiroz Neto A, Ferraz GC. Serum activity of creatine kinase and
358 aminotransferase aspartate enzymes of horses submitted to muscle biopsy and
359 incremental jump test. *Rev Bras Saúde Prod Anim* 2013;14:299-307.
- 360 [21] Scheffer CJW, Van Oldruitenborgh-Oosterbaan MMS. Computerized ECG
361 recording in horses during a standardized exercise test. *Vet Quaterly* 1996;18:2-7.
- 362 [22] Fernandes WR, Larsson MHMA, Alves ALG, Fantoni DT, Belli C.B.
363 Características eletrocardiográficas em equinos clinicamente normais da raça Puro
364 Sangue Inglês. *Arq Bras Med Vet Zootec*, 2004;56:143-149.
- 365 [23] Marr CM, Bowen I.M. *Cardiology of the horse*. Philadelphia, PA: Saunders;
366 2010:127-150.
- 367 [24] Fazio F, Ferrantelli V, Piccione G, Caola G. Variations in some
368 electrocardiographic parameters in the trotter during racing and training. *Vet Res Com*
369 2003;27:229-232.

370 [25] Piccione G, Assenza A, Fazio F, Giudice E, Caola G. Electrocardiographic changes
371 induced by physical exercise in the jumper horse. *Arq Bras Med Vet Zootec*
372 2003;55:397-404.

373 [26] Dojana N, Dinu C, Parvu M, Berghes C, Orasanu A, Berechet S.
374 Electrocardiographic parameters of the sport horse. *Zootehnie I Biotehnologii*
375 2008;41:397-401.

376 [27] Lekeux P, Art T, Linden A, Desmecht D, Amory H. Heart rate, hematological and
377 serum biochemical responses to show jumping. *Eq Exerc Physiol* 1991;3:385-390.

378 [28] Munoz A, Riber C, Trigo P, Castejon F. Erythrocyte indices in relation to
379 hydration and electrolytes in horses performing exercises of different intensity. *Comp*
380 *Clin Pathol* 2008;17:213-220.

381 [29] Escribano BM, Castejon FM, Santisteban R et al. Gender differences in non-
382 specific immune response to exercise in the lactate threshold: a study in equine athletes.
383 *Res Vet Sci* 2008;85:250-256.

384 [30] Hinchcliff KW, Lauderdale MA, Dutson J, Geor RJ, Lacombe VA, Taylor L.E.
385 High intensity exercise conditioning increases accumulated oxygen deficit of horses. *Eq*
386 *Vet J* 2002;34:9-16.

387 [31] Masini AP, Baragli P, Tedeschi D et al. Behaviour of mean erythrocyte volume
388 during submaximal treadmill exercise in the horse. *Comp Haematol Int* 2000;10:38-42.

389 [32] Gama JAN, Souza MS, Pereira Neto E, Souza VRC, Coelho CS. Concentrações
390 séricas de aspartato aminotransferase e creatinoquinase e concentrações plasmáticas de
391 lactato em equinos da raça Mangalarga Marchador após exercício físico. *Braz J Vet Res*
392 *Anim Sci* 2012;49:480-486.

393 [33] Assenza A, Marafioti S, Congiu F, Giannetto C, Fazio F, Bruschetta D, Piccione G.
394 Serum muscle-derived enzymes response during show jumping competition in horse.
395 *Vet World* 2016;9:251-255.

396
397
398
399
400
401
402

403 Table 1. Result (mean vaues±standard deviation) of the electrocardiogram and other
404 cardiac parameter in a field jumping exercise.

Parameter	Experimental period		
	T0	T1**	p
P amplitude (mV)	0.19±0.06 ^a	0.28±0.08 ^b	0.0014
R amplitude (mV)	0.77±0.36	0.83±0.37	0.3106
HR (beats/ min)	31.5±5.8 ^a	76.9±19.2 ^b	<0.0001
P duration (ms)	145.8±18.7 ^b	109.9±23.4 ^a	<0.0001
PR duration (ms)	363.9±97.4 ^b	281.9±58.5 ^a	0.0002
QRS duration (ms)	132.8±22.3 ^b	111.6±21.6 ^a	0.0019
QT duration (ms)	510.2±39.7 ^b	337.1±51.5 ^a	<0.0001
QTc (ms)	373.2±33.4	376.4±42.1	0.8303

405 Note: Different letters in the same line denote significant differences between mean
406 values according to paired t-test ($p \leq 0.05$). T0: at rest; T1: immediately after the
407 exercise. ** Horses saddled, without the rider, nearby the track.

408

409

410 Table 2. Results of physiological, hematological and biochemical parameters

411 (expressed as mean values±standard deviation) in a field jumping exercise.

Parameter	Experimental period				
	T0	T1	T2	T3	P
Heart rate, beats/min	36.5 ± 5.9 ^a	79.3 ± 12.9 ^b	44.0 ± 8.9 ^a	37.3 ± 7.9 ^a	<0.0001
Respiratory rate, breaths/min	22.3 ± 7.1 ^a	65.3 ± 15.4 ^b	28.3 ± 6.8 ^a	28.0 ± 17.0 ^a	<0.0001
Body temperature, °C	37.2 ± 0.4 ^a	38.9 ± 0.7 ^c	37.9 ± 0.6 ^b	37.5 ± 0.6 ^{ab}	<0.0001
RBC, x10⁶/μL	7.6 ± 0.9 ^a	10.3 ± 0.7 ^b	7.9 ± 0.6 ^a	7.6 ± 0.7 ^a	<0.0001
Hemoglobin, g/dL	11.7 ± 1.0 ^a	16.8 ± 1.2 ^b	12.4 ± 0.9 ^a	11.8 ± 1.1 ^a	<0.0001
PCV, %	38.1 ± 3.1 ^a	53.1 ± 4.0 ^b	40.3 ± 3.1 ^a	38.9 ± 3.4 ^a	<0.0001
MCV, fL	50.7 ± 3.1 ^a	51.7 ± 3.2 ^c	51.3 ± 3.1 ^b	51.1 ± 3.2 ^{ab}	<0.0001
MCHC, g/dL	30.7 ± 0.7 ^a	31.6 ± 0.9 ^b	30.8 ± 0.9 ^{ab}	30.4 ± 1.0 ^a	0.0018
RDW (%)	18.0 ± 0.9 ^{ab}	18.3 ± 1.0 ^b	18.0 ± 1.0 ^a	17.7 ± 1.1 ^a	0.0002
AST, U/L	143.4 ± 21.0 ^a	148.6 ± 16.2 ^a	141.1 ± 25.2 ^a	141.1 ± 21.1 ^a	0.7555
CK, U/L	67.6 ± 24.3 ^a	100.2 ± 19.6 ^b	82.8 ± 16.1 ^{ab}	76.5 ± 25.94 ^{ab}	0.0024
Lactate, mmol/L	1.11 ± 0.43 ^a	3.54 ± 1.98 ^b	2.08 ± 0.79 ^a	1.44 ± 0.36 ^a	<0.0001

412 **Note:** Different letters in the same line denote significant differences by Tukey test
413 ($p \leq 0.05$); T0: at rest; T1: immediately after the exercise; T2: at 30 minutes of recovery
414 and T3: at 2 hours of recovery. RBC, red blood cell count; PCV, packed cell volume;
415 MCV, mean corpuscular volume; MCHC, mean corpuscular hemoglobin concentration;
416 RDW, red cell distribution width; AST, aspartate aminotransferase; CK, creatine kinase.

417

418

5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.F.C.; MICHIMA, L.E.S.; YONEZAWA, L.A.; FERNANDES, W.R. Relação entre escore cardíaco e o condicionamento físico de eqüinos da raça Mangalarga. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 13, n. 2, p. 125-130, 2006.

ASSENZA, A.; CONGIU, F.; GIANNETTO, C.; FAZIO, F.; PICCIONE, G. Haematological response associated with repeated show jumping competition in horses. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 43, p. 1305 - 1310, 2015.

ASSENZA, A.; MARAFIOTI, S.; CONGIU, F.; GIANNETTO, C.; FAZIO, F.; BRUSCHETTA, D.; PICCIONE, G. Serum muscle-derived enzymes response during show jumping competition in horse. **Veterinary world**, v. 9, n. 3, p. 251, 2016.

Associação Brasileira de Criadores do Cavalo Brasileiro de Hipismo (ABCCH). São Paulo: **Fracta Produções Visuais**, 46p, 1998. Disponível em: <http://brasileirodehipismo.com.br/site/nhtml/nstbh_historicobh.asp>. Acesso em 21 nov. 2016.

ART, T.; AMORY, H.; LEKEUX, P. Affections Musculaires et Intolerance à l'Effort 1- Pathogénie et Approche Diagnostique. **Pratique Vétérinaire Equine**, v. 32, p. 59-64, 2002.

BARREY, E.; VALETTE, J.P. Exercise-related parameters of horses competing in show jumping events ranging from a regional to an international level. **Annales de Zootechnie**, v. 42, p. 89-98, 1993.

BINDA, M.; TEIXEIRA, F.A.; CARVALHO, R.S.; MACEDO, L.P.; CONTI, L.M.; MANSO FILHO, H.C.; COELHO, C.S. Effects of 3-Barrel Racing Exercise on Electrocardiographic and on Blood Parameters of Quarter Horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 47, p. 71-76, 2016.

BONAGURA, J. D.; REEF, V. B. Doenças cardiovasculares. In: REED, S.M.; BAYLY, W.M. **Medicina Interna Equina**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, p. 250-319, 2000.

BUHL, R.; MELDGAARD, C.; BARBESGAARD, L. Cardiac arrhythmias in clinically healthy showjumping horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 42, n. s38, p. 196-201, 2010.

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, n.5, p. 452-458, 2011.

CASASNOVAS, A.F.; AYUDA, T.C.; ABNEIA, A.F.; **A exploração clínica do cavalo**. 1ª Ed., Editora MedVet, São Paulo, p. 98-114, 2014.

COELHO, C.S.; JUNIOR, O.; TRINDADE, L.A.; MORAES, V.S.; CONTI, L.M.D.C.; CHAMPION, T. Electrocardiographic patterns of Mangalarga Marchador horses before and after implementation of the marcha gait. **Ciência Rural**, v. 46, n. 5, p. 915-920, 2016.

Confederação Brasileira de Hipismo (CBH). Regulamento de salto. 81p. 2016. Disponível em: < <http://www.cbh.org.br/index.php/regulamento.html> > . Acesso em: 23 nov. 2016.

COSTALLAT, L. L.; MIGLIOLO, L.; SILVA, P.A. C.; NOVO, N. F.; DUARTE, J. L. G.; Resistência à insulina com suplementação de creatina em animais de experimentação. **Revista Brasileira de Medicina Esportiva**. v.13, n.1, p. 22-26, 2007.

DANTAS, G.N.; LOURENÇO, M.N.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**, v.45, n.5, p.848-853, 2015.

DIAS, D.C.R.; Da SILVA ROCHA, R.; GUSMÃO, A.L.; Dos SANTOS EL-BACHÁ, R.; AYRES, M.C.C. Efeito da suplementação com vitamina ee selênio sobre o quadro hematológico, enzimas marcadoras de lesão muscular e índice de peroxidação de biomoléculas em equinos submetidos à atividade de salto. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 3, p. 790-801, 2009.

DIAS, I.M.G.; BERGMANN, J.A.G.; REZENDE, A.C.C. Formação e estrutura populacional do equino Brasileiro de Hipismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, p.647-654, 2000.

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

DINIZ, M.P.; MUZZI, R.A.L.; MUZZI, L.A.L.; ALVES, G.E.S. Estudo eletrocardiográfico de equinos da raça Mangalarga Marchador. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 3, p. 536-542, 2008.

DUMONT, C.B.S.; LEITE, C.R.; MORAES, J.M.; ALVES, R.O.; GODOY,R.F.; LIMA, E.M.M.; Parâmetros eletrocardiográficos de equinos Puro Sangue Árabe submetidos a exercício prolongado de enduro. **Ciência Rural**, v.40, n.9, p.1966-1973, 2010.

EATON, M.D.; EVANS, D.L.; HODGSON, D.R.; ROSE, R.J. Maximal accumulated oxygen deficit in Thoroughbred horses. **Journal of Applied Physiology**, v. 78, n. 4, p.1564-1568, 1995.

FALASCHINI, A.; TROMBETTA, M. F. Modifications induced by training and diet in some exercise-related blood parameters in young trotters. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 21, n. 12, p. 601-604, 2001.

FAZIO, F.; CASELLA, S.; ASSENZA, A.; ARFUSO, F.; TOSTO, F.; PICCIONE, G. Blood biochemical changes in show jumpers during a simulated show jumping test. **Veterinarski arhiv**, v. 84, n. 2, p. 143-152, 2014.

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. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 2, p. 143-149, 2004.

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

GAMA, J.N.; SOUZA, M.S.; PEREIRA NETO, E.; SOUZA, V.R.C.; COELHO, C.S. Concentrações séricas de aspartato aminotransferase e creatinoquinase e concentrações plasmáticas de lactato em equinos da raça manga-larga marchador após o exercício. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. v.49, n 6, p.480-486, 2012.

GONZÁLEZ, F. H. D., e SILVA, S. D. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre: UFRGS, 2006.

HARRIS, P. A.; MARLIN, D. J.; GRAY, J. Plasma aspartate aminotransferase and creatine kinase activities in thoroughbred racehorses in relation to age, sex, exercise and training. **The Veterinary Journal**, v. 155, n. 3, p. 295-304, 1998.

HINCHCLIFF, K.W.; KANEPS, A.J.; GEOR, R.J. **Equine Sports Medicine and Surgery - Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete**. 1^a ed., Elsevier Limited, 2004.

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

KOWAL, R. J.; ALMOSNY, N.R.P.; CASCARDO, B.; SUMMA, R.P.; CURY, L.P. Avaliação dos valores de lactato e da atividade sérica da enzima creatina quinase (2.7. 3.2) em cavalos (*Equus caballus*) da raça Puro-Sangue-Inglês (PSI) submetidos

a teste de esforço em esteira ergométrica. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 13, n. 1, 2006.

KUBO, K.; SENTA, T.; SUGIMOTO, O. Relationship between training and heart in the thoroughbred racehorse. **Experimental Reporting of Equine Health Laboratory**, n. 11, p. 87-89, 1974.

LACOMBE, V.A.; HINCHCLIFF, K.W.; GEOR, R.F., BASKIN, C.R. Muscle glycogen depletion and subsequent replenishment affect anaerobic capacity of horses. **Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 4, p. 1782-1790, 2001.

LACOMBE, V.A.; HINCHCLIFF, K.W.; GEOR, R.F.; LAUDERDALE, M.A. Exercise that induces substantial muscle glycogen depletion impairs subsequent anaerobic capacity. **Equine Veterinary Journal**, v. 31, n. S30, p. 293-297, 1999.

LACOMBE, V.A.; HINCHCLIFF, K.W.; TAYLOR, L.E. Interactions of substrate availability, exercise performance and nutrition with muscle glycogen metabolism in horses. **Journal of American Veterinary Medical Association**. v. 223, n.11, p.1576-1585, 2003.

LEKEUX, P.; ART, T.; LINDEN, A.; DESMECHT, D.; AMORY, H. Heart rate, hematological and serum biochemical responses to show jumping. **Equine exercise physiology**, v. 3, p. 385-390, 1991.

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, 2011.

MARR, C.; BOWEN, M. **Cardiology of the Horse**. Elsevier Health Sciences, 2011.

MARTIN JR, B.B.; REEF, V.B.; PARENTE, E.J.; SAGE, A.D. Causes of poor performance of horses during training, racing, or showing: 348 cases (1992–

1996). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 216, n. 4, p. 554-558, 2000.

MCGUIRK, S.; MUIR, W. Diagnosis and treatment of cardiac arrhythmias. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, p.253-270, 1985.

MICHIMA, L. E. S.; LATORRE, S. M.; ANDRADE, A. F. C.; FERNANDES, W. R. B-mode and M-mode echocardiography of endurance horses raised in São Paulo State. Brazil. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.24, n.10, p. 451-457, 2004.

PASCON, J.P.E.; SANTOS, F.P.; PEREIRA, D.T.; MISTIERI, M.L.; MOZZAQUATRO, F.D. Estudo eletrocardiográfico de éguas da raça Crioula. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 319-323, 2015.

PATTESON, M. **Equine cardiology**. Versão Eletrônica, 2002. Disponível em: <<http://www.provet.co.uk/equinecardiology/>>. Acesso em 23 nov. 2016.

PICCIONE, G.; ASSENZA, A.; FAZIO, F.; GIUDICE, E.; COALA, G. Electrocardiographic changes induced by physical exercise in the jumper horse. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.55, p.397-404, 2003.

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**. Editora: Saunders, p. 699-728, 2004.

PÖSÖ, A.R. Monocarboxylate transporters and lactate metabolism in equine athletes: a review. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v.43, n.2, p. 63-74, 2002.

REEF, V.B. Arrhythmias. In: MARR, C.; **Cardiology of the Horse**. 1ª ed., Harcourt Brace and Company Limited, 1999.

SABEV, S. Effect of the jumping activity in the course of training exercise on the level of serum cortisol, blood lactate and heart rate in horses. **Trakia Journal of Sciences**, v. 9, n. 1, p. 78-82, 2011.

SANTOS, V.P. Variações hemato-bioquímicas em equinos de salto submetidos a diferentes tipos de protocolos de exercício. 2006. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

SCHUBACK, K.; ESSÉN - GUSTAVSSON, B. Muscle anaerobic response to a maximal treadmill exercise test in Standardbred trotters. **Equine Veterinary Journal**, v. 30, n. 6, p. 504-510, 1998.

SILVA, C.E. Morfometria do tecido conjuntivo do coração de equinos PSI. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 41, p. 162-168, 2004.

SOARES, O.A.B. Avaliação de testes para a mensuração do condicionamento físico de equinos de salto. São Paulo, Brasil. 2012. Tese Doutorado - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2012.

SOLIS, C.N. Exercising arrhythmias and sudden cardiac death in horses: Review of the literature and comparative aspects. **Equine Veterinary Journal**, v. 48, n. 4, p. 406-413, 2016.

Stud Book Brasileiro do Cavalo de Hipismo (SBBCH). Regulamento do Stud Book Brasileiro do Cavalo de Hipismo. São Paulo, 1997. Disponível em: <<http://brasileirodehipismo.com.br/site/upload/arquivos/regulamento.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

TEIXEIRA, F. A.; ARAÚJO, A.L.; RAMALHO, L.O.; ADAMKOSKY, M.S.; LACERDA, T.F.; COELHO, C.S.. Oral creatine supplementation on performance of Quarter horses used in barrel racing. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, 2015.

TEIXEIRA-NETO, A.R.; FERRAZ, G.D.C.; MOSCARDINI, A.R.C.; BALSAMÃO, G.M.; SOUZA, J.C.F.; QUEIROZ-NETO, A.D. Alterations in muscular enzymes of horses competing long-distance endurance rides under tropical climate. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 3, p. 543-549, 2008.

THOMASSIAN, A.; CARVALHO, F.; WATANABE, M. J.; SILVEIRA, V. F.; ALVES, C.A.; NICOLETTI, J.L. M. Atividades séricas de aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase de equinos submetidos ao teste padrão de exercício progressivo em esteira. **Brazilian Journal Veterinary Medicine and Animal Science**, v.44, n.3, p.183-190, 2007.

VALBERG, S. J. Skeletal muscle function, In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Eds), **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 6. Ed. Editora Academic Press, p.459-484, 2008.

VALBERG, S.; HÄGGENDAL, J.; LINDHOLM, A. Blood chemistry and skeletal muscle metabolic responses to exercise in horses with recurrent exertional rhabdomyolysis. **Equine Veterinary Journal**, v. 25, n. 1, p. 17-22, 1993.

VERHEYEN, T.; DECLOEDT, A., DE CLERCQ, D.; DEPREZ, P.; SYS, S.U.; VAN LOON, G. Electrocardiography in horses – part 2: how to read the equine ECG. **Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift**, v.79, p.337-344, 2010.

VINCENZI, R.C.;LARSSON, M.H.M.A.; FERNANDES, W.R. Parâmetros eletrocardiográficos em equinos clinicamente normais da raça Mangalarga. Parte II: Eixo elétrico médio no plano frontal. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v.22, n.3, p.111-113, 2000.

VOLFINGER, L; LASSOURD, V.; MICHAUX, J.M.; BRAUN, J.P.; TOUTAIN, P.L. Kinetic evaluation of muscle damage during exercise by calculation of amount of creatine kinase released. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 266, n. 2, p. 434-441, 1994.

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

YOUNG, L. Cardiac responses to training in 2-yearold throughbreds: an echocardiographic study. **Equine Veterinary Journal**, v. 30, n. 10, p.195-199, 1999.

YOUNG, L. Diseases of the heart and vessels. In: HINCHCLIFF, K.W.; KANEPS, A.J.; GEOR, R.J. **Equine Sports Medicine and Surgery - Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete**. Elsevier Limited, Edinburgh, p.728-767, 2004.

YOUNG, L. Equine athletes, the equine athlete's heart and racing success. **Experimental Physiology**, v. 5, n. 88, p.659-663, 2003.