

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS  
ELETROCARDIOGRÁFICOS, HIDROELETROLÍTICOS  
E DO EQUILÍBRIO ÁCIDO BASE EM EQUINOS PURO  
SANGUE ÁRABE SUBMETIDOS A EXERCÍCIO DE  
ENDURO**

**CINTHIA BEATRIZ DA SILVA DUMONT**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
EM SAÚDE ANIMAL**

**BRASÍLIA/DF  
FEVEREIRO/2011**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS  
ELETROCARDIOGRÁFICOS, HIDROELETROLÍTICOS  
E DO EQUILÍBRIO ÁCIDO BASE EM EQUINOS PURO  
SANGUE ÁRABE SUBMETIDOS A EXERCÍCIO DE  
ENDURO**

**CINTHIA BEATRIZ DA SILVA DUMONT**

**ORIENTADOR: EDUARDO MAURÍCIO MENDES DE LIMA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
EM SAÚDE ANIMAL**

**PUBLICAÇÃO: 030/2011**

**BRASÍLIA/DF  
FEVEREIRO/2011**

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

DUMONT, C.B.S. **Determinação de parâmetros eletrocardiográficos, hidroeletrolíticos e do equilíbrio ácido base em equinos puro sangue árabe submetidos a exercício de enduro.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2011, 97 p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

Dumont, Cinthia Beatriz da Silva

**Determinação de parâmetros eletrocardiográficos, hidroeletrolíticos e do equilíbrio ácido base em equinos puro sangue árabe submetidos a exercício de enduro. / Cinthia Beatriz da Silva Dumont** orientação de Eduardo Maurício Mendes de Lima. Brasília, 2011. 97p.: il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2011.

1. Equino. 2. Fisiologia do exercício. 3. Enduro. 4. Eletrocardiograma. 5. Equilíbrio Hidroeletrolítico. I. Lima, E.M.M. II. Doutor

# UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

## DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS ELETROCARDIOGRÁFICOS, HIDROELETROLÍTICOS E DO EQUILÍBRIO ÁCIDO BASE EM EQUINOS SUBMETIDOS A EXERCÍCIO DE ENDURO

CINTHIA BEATRIZ DA SILVA DUMONT

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA  
AO PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM  
SAÚDE ANIMAL, COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO  
GRAU DE MESTRE EM SAÚDE ANIMAL

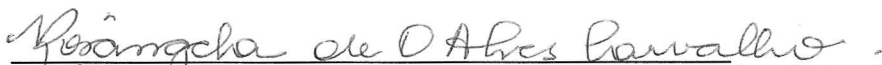
APROVADA POR:



**EDUARDO MAURÍCIO MENDES LIMA**, DOUTOR (UnB)  
(ORIENTADOR)



**GLÁUCIA BUENO PEREIRA NETO**, DOUTOR(A) (UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)



**ROSÂNGELA DE OLIVEIRA ALVES CARVALHO**, DOUTOR (A) (UFG)  
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA/DF, 16 de Fevereiro de 2011

**Dedico aos meus pais, aos meus avós, ao meu orientador Eduardo Maurício e àqueles que possam tirar proveito deste trabalho.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a espiritualidade maior pela ajuda em compreender e lidar com as situações de dificuldades durante esses dois anos.

Aos meus pais e avós pelo amor, ensinamentos e formação pessoal. A base de tudo. Amo vocês, SAUDADES!!!!!!

Meus mais sinceros agradecimentos ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Maurício Mendes de Lima pela oportunidade, pela confiança, pela ENORME paciência, pelas conversas, broncas e conselhos, pela orientação e amizade, por ter se tornado meu grande amigo e ter me guiado e ensinado tantas coisas neste período de grande importância em minha vida profissional. OBRIGADO POR TUDO.

À Profa. Dra. Roberta Ferro de Godoy, por me abrir as portas, possibilitando a concretização desse experimento e pela confiança e amizade.

Ao Prof. Dr. Antônio Raphael Teixeira Neto por me abrir as portas do “Enduro Equestre” e da UFG.

Ao decanato de pesquisa e pós-graduação (DPP) pelos recursos financeiros concedidos para o auxílio de pesquisa de campo, para a aquisição de materiais de pesquisa, assim como para a participação na XI Conferência Anual da ABRAVEQ na qualidade de ouvinte e apresentadora de trabalho científico na forma de pôster.

À equipe do Hospital Escola de Grandes Animais da UnB (Hvetão) pela amizade, respeito e confiança, e pela contribuição neste trabalho, disponibilizando equipamentos essenciais para a realização deste estudo.

Ao amigo e chefe da equipe veterinária Meryonne Moreira, presente na minha formação profissional desde a época de estágios, pelo profissionalismo, competência e por permitir o trabalho durante a realização das provas.

À Profa. Dra. Rosângela de Oliveira Alves Carvalho, pela gentileza em disponibilizar seu tempo, sempre disposta a ensinar e tirar dúvidas a respeito dos nossos traçados eletrocardiográficos. Minha professora do CORAÇÃO!!

A amiga Júlia de Miranda Moraes, a Julita, pela amizade, pela disposição incansável em conduzir a parte laboratorial até altas horas da madrugada, além das intercorrências que enfrentamos durante esses anos. Lembre-se que mesmo distante, nunca me esquecerei de você. Te adoro!!!

Ao colega veterinário Augusto Moscardini pela educação e disposição em permitir a manipulação dos animais.

À amiga “Vampirinha”, Ceci Ribeiro, pela incansável ajuda durante as competições, sempre eficaz nas colheitas.

À Nay e ao Zabinha sempre atentos à pesagem e à aferição da temperatura.

À Mari Damázio por ter me acompanhado em todas as colheitas realizadas nos haras, dias em que raramente almoçávamos.

Ao amigo Fábio Ximenes pela ajuda, compreensão e por ter estado sempre disposto a me socorrer quando os equipamentos nos pregavam peças.

Às equipes do Medicalvet Laboratório Veterinário, na pessoa de Ricardo Sampaio e do Santé Laboratório, na pessoa de Gláucia Balsamão, que colocaram sua equipe à disposição para realização das análises mesmo fora do horário de expediente. Obrigado pela contribuição prestada.

Aos maravilhosos cavalos atletas que comporam o objeto de estudo dessa pesquisa. Eles são a razão de tudo isso, devem ser respeitados e amados!!!

Às equipes, tratadores e responsáveis pelos animais do Rancho da Capital, Rancho Barreto, Rancho Tree, Haras Nona Lívia, Haras Novo Prado e a todos os enduristas que participaram deste estudo, pela cooperação, paciência, apoio, e parceria demonstrada nos momentos de colheitas.

À empresa de produtos veterinários Vetrnil, especialmente ao Érico Rosa e ao Brunno Antônio, grande amigo, por ceder sua barraca, abrigando assim nosso material do sol e da chuva.

Ao meu namorado Anderson Oliveira, pelo companheirismo, carinho e ajuda sempre presente.

Aos amigos da “Casa da Mãe Joana”, André, Flávia (Vinhaa, minha querida amiga!!!!), Camilinha, Priscila, Lerê, pela amizade, companheirismo, risadas e momentos tão especiais. Adoro vocês!!!

À secretaria de Pós-graduação, em especial, à Kelly, por ter sido muito atenciosa e compreensiva e, assim, não relutar em ajudar para que mesmo na correria conseguíssemos findar este trabalho.

À amiga Milene Guimarães (Mili), pela revisão ortográfica e gramatical.

## A Prece do Cavalo

Ao meu amo, ofereço a minha oração:

“Dá-me de comer e mata-me a sede, e quando o trabalho terminar, dá-me abrigo, uma cama limpa e seca e uma baia ampla para descansar em conforto.

Fala comigo, tua voz muitas vezes significa para mim o mesmo que as rédeas.

Afaga-me às vezes, para que te possa servir com mais alegria e aprenda te amar.

Não maltrates minha boca com o freio e não me faças correr ao subir uma ladeira.

Nunca, eu te suplico, me agridas ou me espanques quando não entender o que queres de mim, mas dá-me oportunidade de te compreender.

E, quando não for obediente ao teu comando, vê se algo não está correto em meus arreios, ou maltratando meus pés.

E, finalmente, quando minha utilidade se acabar, não me deixes morrer de frio ou fome, à míngua, nem me vendas para alguém cruel para que seja lentamente torturado até a morte.

Mas, bondosamente meu amo, sacrifica-me tu mesmo e teu Deus te recompensará para sempre.

Não me julgues irreverente se te peço isto, em nome daquele que também nasceu num estábulo.

Assim seja”

(autor desconhecido)



## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE ABREVIATURAS	Xi
LISTA DE TABELAS	Xii
LISTA DE FIGURAS	Xiii
RESUMO	Xv
ABSTRACT	Xvii
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>1</b>
Introdução	1
Justificativas	2
Objetivos	3
Revisão de Literatura	3
Referências	9
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>13</b>
Parâmetros eletrocardiográficos de equinos Puro Sangue Árabe submetidos a exercício prolongado de enduro	13
Resumo	13
Abstract	13
Introdução	14
Material e Métodos	15
Resultados e Discussão	16
Conclusão	23
Referências	24
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>27</b>
Parâmetros eletrocardiográficos de equinos desclassificados por exaustão em competições de enduro	27
Resumo	27
Abstract	27
Introdução	28
Material e Métodos	29
Resultados e Discussão	30
Conclusão	37
Referências	38
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>41</b>
Avaliação da osmolaridade, do ânion gap, do potencial hidrogênio e dos íons plasmáticos mensuráveis de equinos Puro Sangue Árabe finalistas em provas de enduro de 90 km	41
Resumo	41
Abstract	41
Introdução	42
Material e Métodos	43
Resultados e Discussão	45

Conclusão	52
Referências	54
CAPÍTULO V	61
Considerações Finais	61
ANEXOS	62
Artigo Científico publicado na Revista Ciência Rural – Santa Maria	62
Artigo Científico publicado no Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia – Belo Horizonte	70
Resumos aceitos na XI Conferência Anual da ABRAVEQ – São Paulo	78
Resumo aceito no V SIMCAV – ABRAVEQ – Belo Horizonte	80
Tabelas	81
Figuras	84
Fórmulas	92
Declaração Comitê de Ética no Uso Animal (CEUA) do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília	95
Solicitação de autorização Proprietários	96
Solicitação de autorização Comissão Veterinária Oficial	97

## LISTA DE ABREVIATURAS

AG ânion gap  
Bpm batimentos por minuto  
Ca<sup>+</sup> cálcio total  
Ca<sup>++</sup> cálcio ionizável  
CAP complexo atrial prematuro  
Cl<sup>-</sup> íon cloro  
CSVP complexo supraventricular prematuro  
CVP complexo ventricular prematuro  
DPM desvio padrão médio  
EB excesso/desvio de base  
ECG eletrocardiograma  
EPM erro padrão médio  
FC frequência cardíaca  
FEC fluído extracelular  
FEI Federação Equestre Internacional  
FIC fluído intracelular  
g/dL gramas por decilitro  
H<sup>+</sup> íon hidrogênio  
HCO<sup>3-</sup> íon bicarbonato  
HcT hematócrito  
K<sup>+</sup> potássio  
Kg quilograma  
Km quilômetro  
km/h quilômetro por hora  
M0 momento zero, repouso  
mEq/L miliequivalente por litro  
MF momento final, após o exercício  
mm<sup>3</sup> milímetro cúbico  
mmoL/L milimol por litro  
ml mililitros  
ms milissegundo  
mV milivolt  
Na<sup>+</sup> íon sódio  
O<sub>2</sub> oxigênio  
Osm osmolaridade  
pCO<sub>2</sub> pressão de gás carbônico  
pH potencial hidrogeniônico  
PSA Puro Sangue Árabe  
PPT proteína plasmática total  
VO<sub>2máx</sub> volume máximo de oxigênio consumido

## LISTA DE TABELAS

		Página
<b>TABELA 1</b>	Valores das médias e desvios-padrão dos parâmetros obtidos por meio de exame eletrocardiográfico de equinos PSA em repouso e no pós-exercício físico prolongado de enduro.	81
<b>TABELA 2</b>	Valores das médias e erros-padrão dos parâmetros obtidos por meio de exame eletrocardiográfico de equinos PS desclassificados em competições de enduro com longa duração.	82
<b>TABELA 3</b>	Valores das médias e desvios-padrão dos parâmetros obtidos por meio de exame hematológico e avaliação hidroeletrólítica de equinos PSA em repouso e no pós-exercício físico prolongado de enduro.	83

## LISTA DE FIGURAS

		Página
<b>FIGURA 1</b>	Traçados eletrocardiográficos de equinos PSA na derivação bipolar II, em velocidade de $25\text{mm s}^{-1}$ e sensibilidade de $1\text{mV}=1\text{cm}$ , apresentando ritmo sinusal com período R-R de 3470ms e FC de 34bpm em repouso (1A) e bradicardia sinusal com período R-R de 4203ms e FC de 28bpm em repouso (1B). Pode-se comparar por meio da linha (seta) o alongamento do período R-R da figura 1B em relação à figura 1A.	84
<b>FIGURA 2</b>	Traçado eletrocardiográfico de equino PSA no M0 na derivação bipolar II, em velocidade de $25\text{mm s}^{-1}$ e sensibilidade de $1\text{mV}=1\text{cm}$ , com marcapasso migratório (seta) e complexo ventricular prematuro (CVP).	85
<b>FIGURA 3</b>	Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de $25\text{mm s}^{-1}$ e sensibilidade de $1\text{Mv}=1\text{cm}$ , apresentando taquicardia sinusal pós-exercício, com intervalo R-R de 1597ms e FC de 75bpm, observando-se aumento da amplitude das ondas P e S.	86
<b>FIGURA 4</b>	Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de $25\text{mm s}^{-1}$ e sensibilidade de $1\text{mV}=1\text{cm}$ no M0, com ritmo sinusal e onda P bífida bifásica com o componente P1 negativo (seta colorida) e onda T bifásica com componente T1 negativo e T2 positivo.	87
<b>FIGURA 5</b>	Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de $25\text{ mm/s}$ apresentando taquicardia sinusal no pós-exercício imediato, com intervalo R-R de 1.725 ms e FC de 81 bpm.	88
<b>FIGURA 6</b>	Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de $25\text{ mm/s}$ apresentando arritmia sinusal no pós-exercício imediato, pode-se observar a diferença na duração dos intervalos RR acima de 10%.	89

**FIGURA 7** Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de 25 mm/s apresentando complexo atrial prematuro com variação de FC entre 93 e 111 bpm no pós-exercício imediato.

**FIGURA 8** Traçado eletrocardiográfico de equino PSA demonstrando segmento ST horizontalizado, com supradesnível acima de 0,3 mV.

## RESUMO

Este estudo foi dividido em três etapas, buscando o emprego de uma metodologia mais direcionada e organizada visando com isso a obtenção de resultados expressivos a respeito de equinos praticantes de enduro equestre. Na primeira etapa foram estabelecidos os parâmetros eletrocardiográficos de 20 equinos Puro Sangue Árabe em repouso e após exercício prolongado de enduro. Foi verificado durante o repouso que a frequência cardíaca média foi de 35,85bpm com predominância do ritmo sinusal e de 53,78bpm com taquicardia sinusal após o exercício. Como variação fisiológica observou-se marcapasso migratório e como não fisiológica, complexo ventricular prematuro. No pós-exercício ocorreu aumento da amplitude das ondas P, R, S e T, com onda P tendendo a se tornar única em 35% dos animais e bífida positiva em 65%, e a onda T monofásica positiva. Houve redução da duração das ondas, intervalos e segmentos, e alongamento do QTc, porém o complexo QRS quase não alterou. O eixo elétrico no plano frontal apresentou desvios à direita e à esquerda em repouso, sugestivo de aumento de câmara e hipertrofia secundárias ao treinamento, ao passo que após o exercício demonstrou desvio extremo para a direita indicando alterações eletrolíticas. O escore cardíaco médio foi de 128,45ms, caracterizando os animais como atletas, reduzindo a 118,60ms após o exercício. Já na segunda etapa, foram examinados por meio de exame eletrocardiográfico 14 equinos Puro Sangue Árabe desclassificados por exaustão em provas de enduro entre 60 e 160 km, imediatamente após a desclassificação, antes da instituição de qualquer tipo de tratamento. Houve predomínio de taquicardia sinusal, seguido de arritmia sinusal e complexo atrial prematuro com a frequência cardíaca variando de 48 a 78 bpm e 93 a 111 bpm, respectivamente. Ocorreu aumento da amplitude das ondas P, R, S e T e redução nas suas durações, bem como redução nos intervalos e segmentos, porém o complexo QRS quase não se alterou. O alongamento observado do QTc indicou fadiga miocárdica moderada em resposta ao exercício e o supradesnível ST foi indicativo de hipovolemia. O eixo elétrico no plano frontal apresentou desvio à direita, sugerindo aumento de câmara e hipertrofia secundárias ao treinamento. Por fim, na terceira etapa, foi avaliado o comportamento da osmolaridade, do ânion gap,

do Ph e dos íons plasmáticos mensuráveis de 14 equinos, 09 machos e 05 fêmeas, Puro Sangue Árabe finalistas em provas de enduro de 90 km. Para tanto, foram colhidas em dois momentos, repouso e após o exercício prolongado, amostras de sangue venoso para a mensuração das variáveis de interesse. Diante dos achados pode-se observar a partir do repouso, aumento com diferença significativa dos valores do Hct, das PPT e do AG, sugerindo perda de fluidos e discreto grau de desidratação. O Ph e o íon  $H^+$  quase não se alteraram, indicando ausência de distúrbios metabólicos. Reduções, com diferença significativas foram observadas para os íons  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ , assim como do EB. Pode-se observar que os parâmetros avaliados permaneceram dentro dos valores de referência descritos na literatura consultada, somente com elevação discreta do Hct e do AG acima desses valores, sobretudo sem manifestações clínicas.

**Palavras-chave:** equino, coração, fisiologia do esforço, enduro equestre, eletrocardiograma, equilíbrio hidroeletrólítico.



## ABSTRACT

This study was divided into three stages, aiming the use of a methodology more focused and organized, in order to obtain expressive results concerning equines submitted to endurance training. In the first stage we established the electrocardiographic parameters of 20 Purebred Arabian horses at rest and after prolonged endurance exercise. During rest, we verified that the average heart rate was 35.85 bpm with predominance of sinus rhythm, and 53.78 bpm with sinus tachycardia after exercise. As physiological variation, a wandering pacemaker was observed, while as a non physiological variation, a premature ventricular complex. In the post-exercise, there was an increase in the amplitude of waves P, R, S and T, with P-wave tending to become unique in 35% of the animals and bifid positive in 65%, meantime the T-wave was monophasic and positive in all animals. A reduction in the duration, intervals and segments of the waves was recorded, and lengthening of QTc, however the QRS complex has hardly changed. The electrical axis in frontal plane presented deviations to the right and left at rest, suggesting increased chamber, and hypertrophy secondary to training, whereas after the exercise, presented extreme deviation to the right, indicating electrolyte abnormalities. The average heart score was 128.45ms, characterizing animals as athletes, reducing to 118.60ms after exercise. In the second stage, 14 Purebred Arabian horses were examined through electrocardiographic examination. They were disqualified due to exhaustion in endurance races between 60 and 160 km, immediately after disqualification, before any kind of treatment. There was prevalence of sinus tachycardia, followed by sinus arrhythmia and atrial premature complex, with the heart rate ranging from 48 to 78 bpm, and 93 to 111 bpm, respectively. We also registered an increase in the amplitude of waves P, R, S and T, and decrease in their durations, as well as reduction in the intervals and segments, nevertheless, the QRS complex has hardly changed. The lengthening observed of QTc pointed a moderate myocardial fatigue in response to exercise, and the elevation of ST was indicative of hypovolemia. The electrical axis in frontal plane presented deviation to the right, chamber increase and hypertrophy secondary to training. Finally, in the third stage, we assessed the behavior of osmolarity, anion gap, pH, and measurable plasma ions

of 14 Purebred Arabian horses, 09 males and 05 females, finalists in an endurance race of 90 km. To this end, venous blood samples were taken at two times, at rest and after prolonged exercise, in order to measure the interest variables. Considering those findings, one can see from the rest, an increase with significant difference in the values of Hct, PPT and AG, suggesting a loss of fluid and a slight degree of dehydration. The pH and the H<sup>+</sup> ion almost had no changes, indicating absence of metabolic disorders. Reductions, with significant difference, were verified for the ions Cl<sup>-</sup>, HCO<sup>3-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, as well as BE. The examined parameters remained within the reference values described in the literature, only with slight increase of Hct and AG above these values, but without clinical manifestations.

**Key words:** equine, heart, effort physiology, equestrian endurance, electrocardiogram, hydroelectrolytic balance.

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

O enduro equestre é um dos sete esportes hípicos regulamentados pela FEI – Federação Equestre Internacional, sendo, atualmente, o esporte que mais cresce em número de eventos por ano e já ocupa a terceira posição. A modalidade trata-se de uma corrida de longa distância, com o percusso, denominado trilha atingindo 160 quilômetros em sua versão mais longa.

A trilha é separada em anéis (etapas), cada um medindo entre 15km e 40km. No meio destes, existem os pontos de apoio, onde a ajuda externa é permitida, neste momento é feito o resfriamento dos animais cavalos e se dá eletrólitos e demais suplementos para os animais. Ao final de cada anel há um controle veterinário (o "*vet-check*") que desclassifica os cavalos demasiadamente exaustos por distúrbios metabólicos ou que demonstrem sinais de alterações no sistema locomotor.

A maior parte dos cavalos praticantes de enduro equestre é da raça Puro Sangue Árabe (PSA) em função de sua resistência e aptidão esportiva, alcançando resultados superiores. Entretanto, observa-se cavalos de outras raças e de origem desconhecida (sem raça definida) participando de competições importantes. E como características desejáveis, é importante que o cavalo de enduro tenha força, bons aprumos, bons cascos, um sistema cardio-respiratório eficiente, e mostrar-se apto para realizar troca de calor com o ambiente de modo eficiente, além de ser calmo. Todavia, nem todas essas características são encontradas na maioria dos animais.

Embora existam vários estudos sobre as alterações fisiológicas que ocorrem nos cavalos durante a atividade física, como os que abordam especificamente algumas das respostas referentes à homeostasia em se tratando da dinâmica cardíaca e dos eletrólitos, poucas pesquisas têm sido realizadas a campo, fora de um ambiente laboratorial com variáveis controladas.

Nesse contexto, verifica-se que o enduro equestre é caracterizado como uma atividade de esforço prolongado de intensidade variável que exige do cavalo adaptações a situações de estresse, tais como desidratação, fadiga muscular e distúrbios relacionados ao metabolismo energético do animal.

Sabe-se que, no cavalo, a conversão da energia advinda do trabalho no cavalo é realizada de forma bastante ineficiente, fazendo com que 80% dessa energia seja convertida em calor e que, para lidar com a continuidade do esforço, o cavalo deve dissipar o calor armazenado em seu organismo através de diversos processos físicos cujo principal é a evaporação do suor produzido durante o trabalho. Essa elevada produção de calor provoca a ativação de mecanismos fisiológicos para sua dissipação, dentre os quais a hiperventilação pulmonar e a sudorese são as mais importantes e ambos implicam desidratação, embora a sudorese agregue mais perdas de eletrólitos. Outro ponto determinante para a continuidade do esforço é o aporte energético do animal, alcançado a partir de um manejo alimentar bem elaborado, associado ao treinamento ideal para o tipo de esforço.

Portanto, para um perfeito funcionamento do organismo durante o esforço, a função cardiovascular exerce papel fundamental para dissipação do calor, distribuição de fluidos, nutrientes e metabolismo energético. Da mesma forma, a adequada homeostase das trocas fisiológicas induzidas por esse tipo de estresse, bem como a integridade e integração dos recursos e mecanismos implicados constituem a base para alcançar um bom desempenho nas provas associado ao menor desgaste físico do cavalo.

## **JUSTIFICATIVAS**

Verificamos que são muitas as formas, fórmulas e métodos de treinamento utilizados para a preparação do cavalo atleta. Em geral, tais fórmulas ou métodos, na maioria das vezes empíricas, se comportam como bases variáveis, tais como o desempenho de seus ascendentes, o fenótipo e a cronometragem, não atendendo, entretanto, aos perfis fisiológicos do animal, que responde diferentemente conforme as exigências do exercício. Assim, a escolha do futuro atleta, especialmente no que tange à sua aptidão e capacidade de desempenho atlético, deve sempre levar em consideração as variáveis fisiológicas para indicar o bom desempenho em potencial.

Portanto, é de suma importância determinar os prováveis fatores que comprovem o desempenho atlético de equinos, relacionando-os com os dados obtidos a partir da eletrocardiografia e avaliação hidroeletrólítica, além do exame

clínico completo e da pesagem desses animais, antes e após o referido esforço, visando assim a determinação de protocolos que otimizem o rendimento no momento da atividade desenvolvida. Aumenta-se, com isso, a precisão da avaliação de equinos atletas, diante de diferentes técnicas e metodologias, obtendo-se dessa forma dados qualitativos e quantitativos sobre o desempenho metabólico destes animais.

## **OBJETIVOS**

Foi interesse deste trabalho acompanhar e reportar as adaptações fisiológicas da função metabólica de equinos da raça Puro Sangue Árabe, submetidos ao exercício prolongado de enduro, em distâncias a partir de 90 km, por meio do monitoramento eletrocardiográfico, hidroeletrólítico e ácido base.

Buscou-se ainda retratar as prováveis interrelações existentes entre os cavalos desclassificados por motivos metabólicos e aqueles finalistas no instante da avaliação dos dados relativos ao desempenho cardíaco e concentrações dos eletrólitos sanguíneos venosos, bem como na osmolaridade, excesso de base e ânion gap e pH.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

A busca pela compreensão do sistema cardiovascular em atletas humanos tem sido empreendida de forma vigorosa, retratando a importância de alguns aspectos funcionais e a maneira como se relacionam as estruturas do coração (MORGANROTH et al., 1975; ROWEL, 1983; LA GERCHE et al., 2004). No tocante ao contexto estrutural, verifica-se na literatura consultada o emprego do termo “coração atleta”, utilizado para descrever as adaptações morfológicas e funcionais do coração de atletas humanos que exercem exercícios repetitivos e extenuantes (STEPIEN et al., 1998). Verifica-se o aumento do tamanho da câmara do ventrículo esquerdo, o aumento da espessura da parede ventricular e o aumento da massa do coração como um todo (BABETTE et al., 2000). No entanto, Morganroth et al. (1975) estabeleceram parâmetros diferenciáveis entre as características morfológicas presentes entre o “coração atleta” e o “coração de enduristas” para

humanos, uma vez que nos enduristas foi observado hipertrofia concêntrica do ventrículo esquerdo caracterizada por relação inalterada entre a espessura da parede do ventrículo esquerdo e do raio desse mesmo ventrículo.

Embora alguns estudos relatem que o exercício aeróbico prolongado não cause injúria miocárdica em atletas humanos (LA GERCHE et al., 2004), outros autores como Dávila-Román et al. (1997) e Rifai et al. (1999) citam que o exercício prolongado extenuante pode levar a lesão miocárdica transitória mínima, sendo que o estresse cardíaco causado pelo exercício pode influenciar a função cardíaca.

Em especial, verifica-se que existem poucos trabalhos específicos sobre equinos de enduro acometidos de injúrias cardíacas provocadas pelo exercício físico (MICHIMA et al. 2003; HOLBROOK et al. 2006). Sabe-se que, o exercício prolongado, como o enduro equestre, aumenta a carga de trabalho cardíaco, como ocorre em humanos, podendo também causar algum grau de lesão miocárdica agravado por comprometimentos metabólicos, pois, durante as competições de enduro, os equinos, devido ao longo percurso, exercem um esforço físico muito grande, promovendo perdas de eletrólitos e fluidos. Consequentemente, as alterações metabólicas sistêmicas apresentadas pelos equinos podem desqualificá-los, gerando direta ou indiretamente alterações na função cardiovascular e comprometendo a integridade miocárdica, como sugerido por Holbrook et al. (2006). O esforço aeróbico prolongado de intensidade variável ao qual o cavalo é submetido exige muito dos sistemas orgânicos para que seja mantida a homeostasia (TEIXEIRA-NETO et al. 2004).

A avaliação eletrocardiográfica é de simples realização, reproduzível e segura, sendo considerada padrão para o diagnóstico não invasivo das arritmias e distúrbios da condução. Registrando o potencial elétrico médio gerado no músculo cardíaco, em termos de voltagem e tempo, durante as diferentes fases do ciclo cardíaco, representando a atividade elétrica do miocárdio atrial e ventricular (DETWEILER et al. 1984).

Como as variações no ritmo cardíaco de equinos são frequentes, sugere-se que essa espécie seja muito mais susceptível a arritmias cardíacas (HILWING, 1977), as quais são detectadas independentemente de doença ou alteração funcional do coração, sendo atribuídas à alta variação do tônus vagal em condições de repouso e consideradas benignas ou fisiológicas. A utilização do

eletrocardiograma (ECG) não só para detectar anomalias, mas também como monitoramento de respostas ao treinamento, permite a otimização dessa ferramenta diagnóstica (HILWING, 1977).

No equino, o ECG serve ainda para sugerir o tamanho do coração, apesar de sua aplicação para se caracterizar a aptidão atlética do cavalo ter sido considerada limitada e controversa por Hamlin et al. (1964), visto que a morfologia do ECG em equinos é diferente da que ocorre no homem e em pequenos animais. Já Kline e Foreman (1991) citaram que o tamanho do coração é de crucial importância no potencial atlético do animal, inclusive alguns estudos correlacionaram corações maiores com um complexo QRS mais longo, corroborando estudos de Steel (1963) com cavalos de corrida, quando observou alta correlação entre o escore cardíaco ou duração do complexo QRS com peso cardíaco *post-mortem*.

Além disso, para Diniz (2006), variáveis como eixo elétrico no plano frontal podem indicar aumento de câmara cardíaca e distúrbios eletrolíticos, assim como a mensuração do QTc pode auxiliar na avaliação do desempenho da bomba cardíaca em resposta ao esforço realizado (SEVESTRE, 1982).

A função dos eletrólitos no organismo animal é múltipla, atuando na manutenção das forças osmóticas, e favorecendo o equilíbrio de líquidos entre os compartimentos intra e extracelulares (FAN et al., 1994). Já na célula, desempenham funções básicas, tais como condução nervosa e despolarização de fibras musculares, tornando possível a contração muscular (MANSMANN et al., 1974; HINTON, 1977; HINTON, 1978). Portanto, essas funções podem ser prejudicadas em resposta ao déficit de eletrólitos induzido pelo exercício e a capacidade atlética pode ser reduzida (COENEN, 2005), pois, de fato, grandes reduções hidroeletrólíticas durante o exercício implicam desenvolvimento da síndrome de exaustão e outras desordens metabólicas (HINTON, 1978; SCOTH II et al., 2006). É sugerido que a concentração de potássio plasmático no fluido extracelular (FEC) e o conteúdo de água são mantidos à custa do fluido intracelular (FIC). Isso pode ter importância ao se prevenir a hiperexcitabilidade das células musculares, esquelética e cardíaca se a concentração de potássio cair a valores excessivamente baixos e, em consequência disso, contribuir para a manutenção da função contínua destes tecidos (JONES e BIGLAND-RITCHIE, 1986). Tais trocas podem também contribuir para miopatias induzidas pelo exercício em alguns cavalos

(ROSE, 1986). Uma baixa concentração de potássio no espaço intracelular pode levar a um limiar nervoso mais baixo e uma excitabilidade aumentada (CARLSON, 1983).

A concentração plasmática de cálcio é reduzida durante o exercício devido a perdas no suor e trocas intracelulares nas células musculares. Apesar da perda total de cálcio durante o exercício, a concentração plasmática pode estar inalterada no final de uma prova de enduro devido à sua baixa concentração no suor em relação à concentração plasmática. A hipocalcemia afeta canais nervosos de sódio, resultando em irritabilidade nervosa e contrações musculares involuntárias. A concentração de cálcio no suor é menor que a concentração de sódio, cloro e potássio, mas pode contribuir para perdas corporais totais (SCHRYVER et al., 1978). Fatores como pH afetam a concentração de cálcio ionizado, com mais cálcio ligado às proteínas durante a alcalose. A hipocalcemia diminui o limiar de despolarização dos nervos para estimulação elétrica, ao passo que a hipocalemia pode causar a hiperirritabilidade de nervos longos (CARLSON, 1983).

O exercício de enduro nos cavalos aumenta a taxa metabólica de 10 a 20 vezes (ROSE et al. 1977) e aproximadamente 70% a 80% da energia produzida durante o exercício deve ser eliminada em forma de calor (ASTRAND e RODHAL, 1986). Portanto, a temperatura corporal pode aumentar 0,25°C por minuto se o calor não for dissipado e devido a isso, torna-se necessário o desenvolvimento de um mecanismo de termorregulação eficiente durante o exercício contínuo (ASTRAND e RODHAL, 1986).

Somente pequena quantidade de energia é utilizada para o trabalho mecânico, sendo a maior quantidade de energia liberada em forma de calor (CARLSON, 1983). A dissipação do calor durante o exercício é completada principalmente através da evaporação do suor, especialmente quando a temperatura ambiental aproxima ou ultrapassa a do corpo (CARLSON, 1983). Sugere-se que a dissipação do calor é quase completamente limitada quando o exercício resulta em severa desidratação. Portanto, problemas adversos relacionados com hipertermia aguda ou exaustão pelo calor também podem ocorrer (FOWLER, 1979).

Apesar de numerosos fatores contribuírem para o desenvolvimento de fadiga, o principal desafio para o desempenho constante durante exercício prolongado de resistência é o progressivo esgotamento dos fluidos corporais e eletrólitos pelo suor



(SCHOTT II e HINCHCLIFF, 1993). O suor é o mecanismo primário de dissipação de calor tanto em indivíduos da espécie equina como em humanos. O suor equino, diferentemente do suor humano, é isotônico para alguns íons, por exemplo, o sódio, ou hipertônico para outros, como o cloro e potássio, em relação ao plasma (McCUTCHEON e GEOR, 1996).

Perdas marcantes de água, sódio, cloro, potássio e cálcio ocorrem no plasma e compartimentos extracelulares durante o exercício prolongado e a maior parte delas ocorre no início do exercício, conforme preconizam Lindinger e Ecker (1995).

Durante o exercício prolongado, a temperatura ambiental elevada é responsável em promover perdas absolutas de cálcio e potássio, já o íon cloro sofre perdas absolutas nas fases iniciais do exercício, com decréscimo na taxa de perda a medida que a distância aumenta (ROSE et al. 1980).

Sabe-se ainda que a perda de eletrólitos e água através do suor leva à desidratação isotônica devido ao aumento da osmolaridade plasmática ser estímulo maior para a sede do que a hipovolemia, não sendo despertada enquanto significativa perda de fluidos não ocorre (SCHOTT II e HINCHCLIFF, 1998). Nesse sentido, Mccutcheon e Geor (1998) relataram perda de aproximadamente oito a nove litros de suor por hora em cavalos exercitados por três horas a 40% do consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  máx).

O aumento na concentração plasmática de potássio ocorre rapidamente com o início do esforço, e o decréscimo se dá rapidamente ao término deste (HARRIS e SNOW, 1992). A excreção de potássio está relacionada com a reabsorção de sódio. Por esse motivo, a liberação de aldosterona aumenta a taxa de reabsorção de sódio e, conseqüentemente, a saída de potássio de dentro da célula. Acredita-se que a liberação de aldosterona esteja relacionada com altas concentrações de potássio plasmático (HOUPPT, 1996).

O esforço máximo no cavalo está associado à marcada acidose respiratória, resultante da retenção de dióxido de carbono e acidose metabólica associada à alta concentração plasmática de lactato (MILLER e LAWRENCE, 1986). Em contrapartida, o exercício prolongado submáximo está mais comumente associado à alcalose respiratória devido à hipocapnia (BAYLY et al., 1995), ou alcalose metabólica associada ao decréscimo na concentração plasmática de cloro e ao

aumento compensatório na concentração plasmática de bicarbonato (ROSE et al., 1979; ROSE et al., 1980; GROSSKOPFT et al., 1983).

O principal distúrbio ácido-base associado ao exercício de enduro é a alcalose metabólica, secundária a perda massiva de cloro no suor e a uma reabsorção renal de bicarbonato (ROWEL, 1983). Perdas de cloro no suor superiores a 15g/kg de peso corporal resultam em hipocloremia e alcalose metabólica (COFFMAN, 1981). A concentração plasmática de bicarbonato tem sido reportada como ligeiramente aumentada na metade de uma prova de enduro, porém inalterada até o final da prova (ROSE et al., 1979). A alcalemia, entretanto, pode ser exacerbada num exercício prolongado se não houver nenhuma compensação respiratória. A acidose metabólica pode resultar de velocidades durante períodos prolongados superiores a 300m por minuto que podem ocorrer durante provas de elite de enduro (ROSE et al., 1990).

## REFERÊNCIAS

- ASTRAND, P.O., RODHAL, K. **Textbook of work physiology: physiological bases of exercise**. New York: McGraw-Hill, p. 295, 1986.
- BABETTE, M.P., AEIKO, H.Z., LAARSE, A., WALL, E.E. The athlete's heart: analysis of cardiac structure and function. **Circulation**, v. 101, p. 336-344, 2000.
- BAYLY, W.M., SCHOTT, H.C., SLOCOMBE, R. Ventilatory responses of horses to prolonged submaximal exercise. **Equine Veterinary Journal Supplement**, Newmarket, v. 18, p. 23-28, 1995.
- CARLSON, G.P. Thermoregulation and fluid balance in the exercising horse. In: SNOW, D. H., PERSSON, S.G.B., ROBINSON, N.E. **Equine Exercise Physiology**. Cambridge: Granta Editions, p. 291-309, 1983.
- COENEN, M. Exercise and stress: impact on adaptive processes involving water and electrolytes. **Livestock Production Science**, v. 92, p. 131-145, 2005.
- COFFMAN, J.R. Equine clinical chemistry and pathophysiology. Bonner Springs, KS: **Veterinary Medicine Publishing**, p. 116, 1981.
- DÁVILA-ROMÁN, V.G., GUEST, T.M., TUTER, P.G., ROWE, W.J., LADENSON, J.H., JAFFE, A.S. Transient right but not left ventricular dysfunction after strenuous exercise at high altitude. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 30, n. 2, p. 468-473, 1997.
- DETWEILER, D.K. Eletrofisiologia do coração In: SWENSON, M.J. **Dukes-Fisiologia dos animais domésticos**. 10 ed. Ed. Guanabara, v. 7, p. 101, 1984.
- DINIZ, M.P. **Perfil eletrocardiográfico de equinos de salto criados em São Paulo**. 2006. 135f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Curso de Pós graduação em Medicina Veterinária, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FAN, L.C.R., LOPES, S.T.A., COSTA, P.R.S., KRAUSE, A., DUTRA, V., CARVALHO, C.B. Anion gap no sangue venoso de equinos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, p. 101-104, 1994.
- FOWLER, M.E. Veterinary problems during endurance trail rides. In: ANNUAL CONVENTION OF AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 25. Miami Beach, Florida. **Proceedings...** p. 469- 478, 1979.
- GROSSKOPFT, J.F.W., VAN RENSBURG, J.J. Some observations on the haematology and blood biochemistry of horses competing in 80 km endurance rides. In: SNOW, D.H., PERSSON, S.G.B., ROSE, R.J. (Ed). **Equine exercise physiology** Cambridge: Granta Editions, p. 425-431, 1983.

HAMLIN, R.L., SMETZER, D.L., SMITH, C.R. Analysis of QRS complex recorder though a semiorthogonal lead system in the horse. **American Journal Physiology**, v. 207, p. 325-333, 1964.

HARRIS, P., SNOW, D.H. Plasma potassium and lactate concentrations in thoroughbred horses during exercise of varying intensity. **Equine Veterinary Journal**, London, v. 24, n. 3, p. 220-225, 1992.

HINTON, M. Long distance horse riding and the dehydration and rhabdomyolysis. **Annual Report / Centre for Tropical Veterinary Medicine**, Edinburgh, v. 17, p. 136-141, 1977.

HINTON, M. The biochemical and clinical of exhaustion in the horse. **The Veterinary Annual**, Bristol, v. 18, p. 169-172, 1978.

HILWING, R.W. Cardiac arrhythmias in the horse. **Journal. of the American Medicine Association**, v. 170, n. 2, p. 153-63, 1977.

HOLBROOK, T.C., BIRKS, E.K, SLEEPER, M.M., DURANDO, M. Endurance exercise is associated with increased plasma cardiac troponin I in horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, London, v. 36, p. 27-31, 2006.

HOUP, R. Equilíbrio Hídrico e Excreção. In: DUKES, H.H. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 277-292, 1996.

JONES, D.A., BIGLAND-RITCHIE, B. Electrical and contractile changes in muscle fatigue. In:\_\_\_\_\_ **Biochemistry of exercise VI. Champaign**: B. Saltin Human Kinetics Publishers, 1986. p. 377-389. (International Series on Sport Sciences, 16).

KLINE, H., FOREMAN, J.H. Heart and spleen weights as a function of breed and somatotype. In Person S.G.B., Lindholm A., Jeffcott L.B. **Equine exercise physiology 3**. Davis, Calif., ICEEP Publications, p. 17, 1991.

LA GERCHE, A., BOYLE, A., WILSON, A.M., PRIOR, D.L. No evidence of sustained myocardial injury following an Ironman distance triathlon. **International Journal of Sports Medicine**, v. 25, p. 45-49, 2004.

LINDINGER, M.I., ECKER, G.L. Ion and water losses from body fluids during a 163 Km endurance ride. **Equine Veterinary Journal Supplement**, London, v. 18, p. 314-322, 1995.

MANSMANN, R.A., CARLSON, G.P., WHITE, N.A., MILNE, D.N. Synchronous diaphragmatic flutter in the horse. **Journal of the American Veterinary Medicine Association**, Schaumburg, v. 165, p. 265-270, 1974.

McCUTCHEON, L.J., GEOR, R.J. Sweating. Fluid and ion losses and replacement. **The Veterinary Clinics of North American: Equine Practice**, Philadelphia, v. 14, n. 1, p. 75- 95, 1998.

McCUTCHEON, L.J., GEOR, R.J., Influence of training-associated thermoregulatory adaptations on sweating rate and sweat composition in Thoroughbred horses. **Journal Sports Science**, London, v. 14, p. 347, 1996.

MICHIMA, L.E.S. **Avaliação de dimensões e índices cardíacos obtidos por ecocardiografia de equinos de enduro criados no estado de São Paulo**. 2003. 71 f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2003.

MILLER, P.A., LAWRENCE, L.M. Changes in equine metabolic characteristics due to exercise fatigue. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 47, p. 2186, 1986.

MORGANROTH, J., MARON, B.J., HENRY, W.L., EPSTEIN, S.E. Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. **Annals of Internal Medicine**, v. 82, p. 521-524, 1975.

RIFAI, N., DOUGLAS, P.S., O'TOOLE, M., RIMM, E., GINSBURG, G.S. Cardiac troponin T and I, electrocardiographic wall motion analyses, and ejection fractions in athletes participating in the Hawaii ironman triathlon. **American Journal of Cardiology**, v. 83, p. 1085, 1999.

ROSE, R.J. Endurance exercise in the horse – a review (Parts 1 e 2). **The British Veterinary Journal**, London, v. 142, p. 532-552, 1986.

ROSE, R.J., ARNOLD, K.S., CHURCH, S., PARIS, R. Plasma and sweat electrolyte concentrations in the horse during long distance exercise. **Equine Veterinary Journal**, London, v. 12, n. 1, p. 19-22, 1980.

ROSE, R.J., HENDRICKSON, D.K., KNIGHT, P.K. Clinical exercise testing in the normal Thoroughbred racehorse. **Australian Veterinary Journal**, Brisbane, v. 67, p. 345, 1990.

ROSE, R.J., ILKIW, J. E., MARTIN, I. C. A. Blood-gas, acid-base and haematological values in horses during an endurance ride. **Equine Veterinary Journal**, Newmarket, v. 11, p. 56-59, 1979.

ROSE, R.J., PARDUE, R.A., HENSLEY, W. Plasma biochemistry alterations in horses during an endurance ride. **Equine Veterinary Journal**, Newmarket, v. 9, p. 122, 1977.

ROWEL, L.B. Cardiovascular adjustments to thermal stress. In: SHEPHERD, J. T., ABOUD, F.M. (Ed.). Handbook of physiology: the cardiovascular system, peripheral and organ blood flow. Bethesda: **American Physiological Society**, p. 967, 1983.

SCHOTT II, H.C., HINCHCLIFF, K.W. Fluids, electrolytes, and bicarbonate. **The Veterinary Clinics of North American: Equine Practice**, Philadelphia, v. 9, n. 3, p. 577- 604, 1993.

SCHOTT II, H.C., HINCHCLIFF, K.W. Treatments affecting fluid and electrolyte status during exercise. **The Veterinary Clinics of North American: Equine Practice**, Philadelphia, v. 14, n. 1, p. 175-204, 1998.

SCOTH II, H.C., MARLIN, D.J., GEOR, R.J., HOLBROOKS, T.C., DEATON, C.M., VICENT, T., DACREY, K., SCHROTER, R.C., JOSE-CUNILLERAS, E., CORNELISSE, C.J. Changes in selected physiological and laboratory measurements in elite horses competing in a 160 km endurance ride. **Equine Veterinary Journal Supplement**, Newmarket, v. 36, p. 37-42, 2006.

SCHRYVER, H.F., HINTZ, H.F., LOWE, J.E. Calcium metabolism, body composition and sweat losses of exercised horses **American Journal Veterinary Research**, Schaumburg, v. 39, p. 245-248, 1978.

SEVESTRE, J. A eletrocardiografia no cavalo. **A hora veterinária**, n. 10, p. 28-36. 1982.

STEEL, J.D. Studies on electrocardiography of the race horse. **Australasian Medical Publishing Co.**, Sidney (1963).

STEPIEN, R.L., HINCHCLIFF, K.W., CONSTABLE, P.D., OLSON, J. Effect of endurance training on cardiac morphology in Alaskan sled dogs. **Journal of Applied Physiology**, Rockville Pike, v. 85, n. 3, p. 1368-1375, 1998.

TEIXEIRA-NETO, A.R., FERRAZ, G.C., MATAQUEIRO, M.I., LACERDA-NETO, J.C.; QUEIROZ-NETO, A. Reposição eletrolítica sobre variáveis fisiológicas de cavalos em provas de enduro de 30 e 60 Km. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1505-1511, 2004.

## CAPÍTULO II

### PARÂMETROS ELETROCARDIOGRÁFICOS DE EQUINOS PURO SANGUE ÁRABE SUBMETIDOS A EXERCÍCIO PROLONGADO DE ENDURO

#### RESUMO

Foram estabelecidos os parâmetros eletrocardiográficos de 20 equinos Puro Sangue Árabe em repouso e após exercício prolongado de enduro. A frequência cardíaca média foi de 35,85bpm em repouso com predominância do ritmo sinusal e de 53,78bpm com taquicardia sinusal após o exercício. Como variação fisiológica, observou-se marcapasso migratório e, como não fisiológica, complexo ventricular prematuro. No pós-exercício ocorreu aumento da amplitude das ondas P, R, S e T, com onda P, tendendo a se tornar única em 35% dos animais e bífida positiva em 65%, e a onda T monofásica positiva. Houve redução da duração das ondas, intervalos e segmentos, e alongamento do QTc. Porém, o complexo QRS quase não alterou. O eixo elétrico no plano frontal apresentou desvios à direita e à esquerda em repouso sugestivo de aumento de câmara e hipertrofia secundárias ao treinamento, ao passo que, após o exercício, demonstrou desvio extremo para a direita sugerindo alterações eletrolíticas. O eixo cardíaco médio foi de 128,45ms, caracterizando os animais como atletas, reduzindo a 118,60ms após o exercício.

**Palavras-chave:** eletrocardiograma, equino, fisiologia do esforço, enduro.

#### ABSTRACT

Eletrocardiographic parameters of 20 Purebred Arabian horses were established at rest and after prolonged endurance exercise. The mean heart rate was 35.85bpm at rest with predominant sinus rhythm, and 53.78bpm with sinus tachycardia after exercise. As physiological variation, wandering pacemaker was observed, and as non physiological, premature ventricular complex. At post-exercise, there was an increase of the amplitude of waves P, R, S and T, with P wave tending to become single in 35% of the animals and bifid positive in 65%, and with monophasic positive T wave. There was a reduction in the duration of the waves, intervals and segments,

and elongation of QTc, but the QRS complex hardly changed. The electrical axis in the frontal plane showed deviations to the right and to the left at rest, suggesting chamber enlargement and hypertrophy secondary to training, while after the exercise it showed extreme deviation to the right, suggesting electrolyte imbalances. The average heart score was 128.45ms, featuring the animals as athletes, reducing to 118.60ms after exercise.

**Key words:** electrocardiogram, equine, physiology of stress, endurance.

## INTRODUÇÃO

O cavalo é considerado o principal atleta entre os mamíferos em função da máxima captação de oxigênio relativo à massa corpórea (YOUNG, 2003). Desenvolveu força e velocidade, permitindo seu emprego no enduro equestre, uma atividade esportiva predominantemente aeróbica de intensidade variável e esforço prolongado (DINIZ, 2006).

O exercício de enduro aumenta a carga de trabalho cardíaco e pode causar lesão miocárdica, agravada por distúrbios metabólicos (YOUNG, 2003) devido à perda de eletrólitos e fluidos (HOLBROOK et al., 2006). Assim, Muñoz et al., (1995) sugeriram que a avaliação cardiovascular deveria ser mais utilizada não somente no tocante às afecções.

Neste contexto, a eletrocardiografia tenta quantificar o treinamento e o desempenho atlético por meio da determinação do escore cardíaco, além de estimar a massa cardíaca (MUÑOZ et al., 1995, YOUNG, 2003, LIGHTOWLER et al., 2004, ANDRADE et al., 2006, JOSE-CUNILLERAS et al., 2006, DINIZ et al., 2008 e DOJANA et al., 2008). Desde que associado a exame cardiovascular criterioso, o eletrocardiograma (ECG) auxilia no diagnóstico de distúrbios de formação e condução do impulso elétrico através do coração e na avaliação da evolução de doenças cardíacas (WHITE II e RHODE, 1974). Outra contribuição importante, sugerida por Babusci e López (2006), é a possibilidade de detecção de distúrbios eletrolíticos.

Stewart (1981) e Illera e Illera (1987) verificaram, em cavalos de corrida e de enduro respectivamente, que o ECG foi eficaz na avaliação do desempenho, assim como na monitoração do treinamento. Nielsen e Vibe-Petersen (1980) observaram



relação entre a duração do complexo QRS e o desempenho de cavalos nas corridas. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo retratar os parâmetros eletrocardiográficos de equinos da raça Puro Sangue Árabe submetidos a exercício prolongado de enduro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados 20 equinos, 12 machos e oito fêmeas, da raça Puro Sangue Árabe (PSA), de seis a 12 anos de idade, com hígidez comprovada por meio de exame físico e hemograma completo, submetidos a treinamento para enduro, por no mínimo quatro anos, participantes e finalistas de provas de velocidade livre curta B com distância de 90 km, durante campeonato regional da Federação Hípica de Brasília. As provas ocorreram durante os meses de julho, agosto, outubro e dezembro de 2009, englobando, assim, período seco com umidade relativa do ar de aproximadamente de 43% (abril-setembro) e período chuvoso com umidade relativa do ar de 57% (outubro-março). Nos dois períodos a temperatura média foi de 25°C. O estudo obedeceu às normas do Comitê de Ética no Uso Animal da Universidade de Brasília sob o Protocolo nº 88-2009.

Os traçados eletrocardiográficos foram obtidos durante 60 segundos utilizando-se o aparelho C10 TEB, sistema composto por eletrocardiógrafo digital de 12 canais e *software* ECGPC Veterinário versão 2.27. Foram registradas as derivações bipolares I, II, III e unipolares aumentadas aVR, aVF, aVL. A disposição dos eletrodos seguiu o sistema de derivação bipolar ápice-base, conforme Patteson (1996), sendo fixados à pele por meio de condutores metálicos e umedecidos com álcool.

Foi promovida uma avaliação em repouso (M0) e outra imediatamente após a avaliação veterinária oficial (*vet check*) (MF). A avaliação no M0 ocorreu no próprio haras, em posição ortostática, com os membros paralelos entre si, em piso de cimento, todos com ferradura e sem tranquilização. Foram realizados exames físicos, hematológico e mensuração do peso corpóreo por meio de fita de peso. A avaliação no MF seguiu o mesmo protocolo sendo realizada no local da prova, ao término do último anel da competição, dentro de cinco minutos após a inspeção do *vet check*.

Nos diferentes momentos, determinou-se a frequência cardíaca, o ritmo e realizou-se análise morfológica de todo o traçado, além da análise sistemática, utilizando-se a derivação bipolar II, em velocidade de  $25\text{mm s}^{-1}$  e sensibilidade de  $1\text{mV}=1\text{cm}$ , calculando-se a duração da onda P, do intervalo PR, do complexo QRS e intervalo QT, bem como o nivelamento do segmento ST e valor do QTc, como proposto por Sevestre (1982), e a amplitude das ondas P, R, S e T positivas, negativas e bifásicas (PATTESON, 1996).

O eixo elétrico médio no plano frontal foi calculado avaliando-se o comportamento do complexo QRS na derivação bipolar I e unipolares aumentada aVF por meio da intersecção de suas amplitudes, da mesma forma que White II e Rhode (1974) e Fernandes et al., (2004). O escore cardíaco foi determinado de acordo com o sugerido por Stell e Stewart (1974); Stewart (1981); Piccione et al., (2003); Andrade et al., (2006); Boffi (2006) e Diniz (2006), calculando-se a média aritmética do complexo QRS, incluindo as 3 derivações bipolares I, II e III.

Para avaliação dos dados, aplicou-se teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov e, a partir de então, esses foram submetidos à análise por meio do teste “T” pareado, com nível de significância de 5%.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Como resultados da avaliação física e hematológica, foram observados os seguintes valores, em repouso e após o exercício respectivamente: frequência cardíaca (FC),  $35,85\pm 7,05\text{bpm}$  e  $53,78\pm 10,35\text{bpm}$ ; temperatura retal,  $34,8\pm 8,5^{\circ}\text{C}$  e  $37,99\pm 0,7^{\circ}\text{C}$ ; peso,  $382,50\pm 24,72\text{kg}$  e  $373,55\pm 25,85\text{kg}$ ; hematócrito,  $37,3\pm 3,25\%$  e  $45,6\pm 6,9\%$ ; proteína plasmática total,  $7,24\pm 0,4\text{g dL}^{-1}$  e  $7,5\pm 0,6\text{g dL}^{-1}$ ; plaquetas,  $164.347,83\pm 53.047,67/\text{mm}^3$  e  $204.800\pm 45448,90/\text{mm}^3$ ; leucócitos  $8.521,74\pm 1.592,41\text{mm}^{-3}$  e  $15.026,67\pm 2.224,05\text{mm}^{-3}$ . Os valores das médias e desvios-padrão dos parâmetros obtidos por meio de exame eletrocardiográfico estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores das médias e desvios-padrão dos parâmetros obtidos por meio de exame eletrocardiográfico de equinos PSA em repouso e no pós-exercício físico prolongado de enduro.

PARÂMETROS	Repouso	Pós-exercício
	Média ± DPM	Média ± DPM
Peso (kg)	382,50 ± 24,42 <sup>a</sup>	373,55 ± 25,85 <sup>o</sup>
FC (bpm)	35,85 ± 7,05 <sup>a</sup>	53,78 ± 10,35 <sup>a</sup>
Duração de P (ms)	140,85 ± 16,29 <sup>a</sup>	139,50 ± 23,71 <sup>a</sup>
Duração de PR (ms)	302,40 ± 41,95 <sup>a</sup>	262,90 ± 46,92 <sup>b</sup>
Duração de QRS (ms)	138,50 ± 8,51 <sup>a</sup>	141,55 ± 6,60 <sup>a</sup>
Duração de QT (ms)	500,50 ± 35,63 <sup>a</sup>	480,15 ± 28,30 <sup>b</sup>
Duração de QTc (ms)	388,40 ± 23,71 <sup>a</sup>	453,20 ± 30,85 <sup>b</sup>
Amplitude de P1 + (mV)	0,132 ± 0,052 <sup>a</sup>	0,12 ± 0,10 <sup>a</sup>
Amplitude de P2 + (mV)	0,313 ± 0,111 <sup>a</sup>	0,30 ± 0,27 <sup>a</sup>
Amplitude R + (mV)	0,35 ± 0,19 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,24 <sup>a</sup>
Amplitude de S – (mV)	2,41 ± 0,42 <sup>a</sup>	3,22 ± 0,54 <sup>b</sup>
Amplitude de ST + (mV)	0,09 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,15 ± 0,15 <sup>a</sup>
Amplitude de T U + (mV)	0,43 ± 0,67 <sup>a</sup>	0,92 ± 1,14 <sup>a</sup>
Amplitude de T1 – (mV)	0,29 ± 0,27 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,29 <sup>a</sup>
Amplitude de T2 + (mV)	0,34 ± 0,27 <sup>a</sup>	0,32 ± 0,37 <sup>b</sup>
Escore cardíaco (ms)	128,45 ± 11,75 <sup>a</sup>	118,60 ± 14,55 <sup>a</sup>
Eixo elétrico (°)	-76,36 ± 42,15 <sup>a</sup>	-93 ± 30,63 <sup>a</sup>

FC=frequência cardíaca, bpm=batimentos por minuto; ms=milissegundo; mV=milivolt. Letras diferentes na mesma linha expressam diferenças estatisticamente significante entre os momentos.

A perda de peso corpóreo foi de 2,4%, com diferença estatística entre M0 e MF, estando próximo ao encontrado por Schott II et al. (1997) em cavalos que haviam realizado provas de 80 km e 160 km de distância, com perdas de 3% ou 4% e de Düsterdieck et al. (1999), simulando provas de 60 km em esteira, também com perdas de 3%. Contudo, essas perdas indicariam um processo de desidratação, visto que para Kingston et al. (1997) a mensuração da perda de peso corporal seria uma forma confiável de se estimar a perda de fluidos através do suor em equinos submetidos a exercícios prolongados.

A FC, em M0, esteve dentro da faixa de normalidade de 22 a 45bpm (Tabela 1), conforme Fregin (1982) para equinos adultos em repouso, corroborando Fernandes (1994), que encontrou média de 39,3bpm em cavalos Árabes de enduro, 49bpm em Mangalargas e 51bpm em animais mestiços. Da mesma forma, Diniz (2006) mencionou média de 51bpm em cavalos de salto. Neste estudo, observou-se menor FC, sugerindo que tal característica ocorreu em função da adaptação cardíaca e vascular em decorrência do treinamento.

Houve predomínio de ritmo sinusal em 90% dos animais (Figura 1A) em M0, coincidindo com Fernandes et al. (2004) e Diniz et al., (2008), o que corroborou Patteson (1996), que o considerou como ritmo fisiológico. De outra forma, um dos animais (5%) apresentou bradicardia sinusal (Figura 1B), caracterizada como fisiológica em virtude da elevação da atividade parassimpática em repouso (PATTESON, 1996) e considerada transitória na maioria dos equinos monitorados por holter, segundo Raekallio (1992).

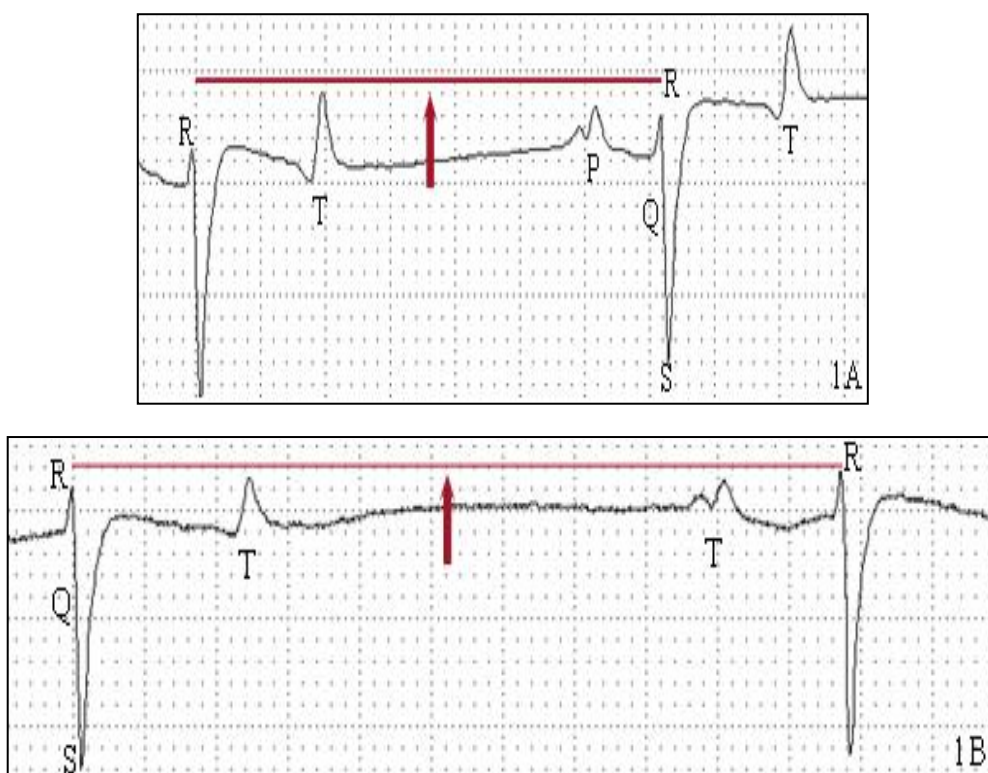


Figura 1 - Traçados eletrocardiográficos de equinos PSA na derivação bipolar II, em velocidade de  $25\text{mm s}^{-1}$  e sensibilidade de  $1\text{mV}=1\text{cm}$ , apresentando ritmo sinusal com período R-R de  $3470\text{ms}$  e FC de  $34\text{bpm}$  em repouso (1A) e bradicardia sinusal com período R-R de  $4203\text{ms}$  e FC de  $28\text{bpm}$  em repouso (1B). Pode-se comparar por meio da linha (seta) o alongamento do período R-R da Figura 1B em relação à Figura 1A.

Em repouso um animal apresentou uma extrassístole isolada, ou seja, complexo ventricular prematuro (CVP), bem como a presença de marcapasso migratório (Figura 2). O marcapasso migratório foi considerado benigno e fisiológico em função do estímulo parassimpático (McGUIRK e MUIR, 1985). Para Martin et al. (2000), o CVP foi uma das causas de queda de desempenho, juntamente com complexo atrial prematuro (CAP), taquicardia ventricular e obstrução mecânica das

vias aéreas, sugerindo que esse achado justificaria o monitoramento desse animal por meio de holter, mesmo verificando que não houve queda de desempenho, pois o CVP poderia indicar lesão miocárdica, mesmo sem sinais clínicos de doença cardiovascular pré-existente (MITTEN, 1996).



Figura 2 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA no M0 na derivação bipolar II, em velocidade de  $25\text{mm s}^{-1}$  e sensibilidade de  $1\text{mV}=1\text{cm}$ , com marcapasso migratório (seta) e complexo ventricular prematuro (CVP).

No MF, 80% dos animais apresentaram taquicardia sinusal (Figura 3), pois estavam em fase inicial de retorno aos valores de FC de repouso, considerada normal quando associada à dor, excitação ou exercício (FREGIN, 1982; PATTESON, 1996). Em 20% dos animais, o ritmo sinusal foi semelhante ao verificado em repouso, sugerindo que esses apresentavam bom condicionamento físico. Entretanto, houve a manutenção do marcapasso migratório e do CVP no mesmo animal que apresentou tais características em repouso, coincidindo assim em parte com o proposto por José-Cunilleras et al. (2006) e Yonezawa et al. (2009), quando observaram a predominância de despolarização prematura durante a recuperação e nos primeiros trinta minutos após os animais terem sido submetidos a exercício em esteira, sem comprometimento de performance, corroborando ainda Senta et al. (1970), que o consideraram benigno após a atividade física, pois este seria induzido por reajuste do sistema nervoso autônomo. A duração e a amplitude de ondas, intervalos e complexos (Tabela 1) estiveram em conformidade com os modelos de Patteson (1996), nos dois momentos. Esses achados foram semelhantes às citações de Fregin (1982) em cavalos de corrida.



Figura 3 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de  $25\text{mm s}^{-1}$  e sensibilidade de  $1\text{mV}=1\text{cm}$ , apresentando taquicardia sinusal pós-exercício, com intervalo R-R de  $1597\text{ms}$  e FC de  $75\text{bpm}$ , observando-se aumento da amplitude das ondas P e S.

A onda P em M0 foi 91% bífida monofásica positiva (+ +); 4,5% bífida bifásica (- +) (Figura 4) e 4,5% única positiva (+). O componente P1 foi positivo em 95,3% e negativo em 4,7%, ao passo que P2 foi positivo em 100% dos animais. Esses comportamentos foram considerados fisiológicos em função da mudança do foco da atividade do marcapasso no átrio direito, conforme Ayala et al. (1998). Nos animais investigados, a onda P no MF foi 65% bífida (+ +) e 35% única (+), com aumento significativo de sua amplitude (Figura 3), corroborando Piccione et al. (2003) e Dojana et al. (2008) em avaliações de animais atletas. De outra forma, Dojana et al. (2008) observaram uma onda P anormal em 10% de cavalos sem treinamento e em 5% de cavalos após cinco meses de treinamento, sendo bifásica e negativa, sugerindo uma instabilidade neurovegetativa, semelhantemente ao encontrado por Landolsi et al. (1997) ao observarem diminuição no desempenho atlético de alguns cavalos treinados. Esses arranjos, observados neste estudo, mostraram-se como respostas fisiológicas em virtude do esforço a que foram submetidos, mas isso não interferiu no desempenho atlético do animal.



Figura 4 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de  $25\text{mm s}^{-1}$  e sensibilidade de  $1\text{mV}=1\text{cm}$  no M0, com ritmo sinusal e onda P bífida bifásica com o componente P1 negativo (seta colorida) e onda T bifásica com componente T1 negativo e T2 positivo.

Houve redução com diferença estatística da duração do intervalo PR no MF comparada ao M0, resultante da elevação da atividade simpática responsável pelo aumento da FC necessária para a manutenção do débito cardíaco, corroborando Rose et al. (1979) e Piccione et al. (2003).

O complexo QRS se comportou de duas formas distintas na derivação bipolar II: a primeira em 60% dos traçados na forma RS, e a segunda em 40%, para QRS, diferindo dos achados de Diniz (2006), mas semelhante aos de Fernandes et al. (2004), devido à utilização da derivação bipolar ápice-base, que foi a mesma utilizada pelo segundo pesquisador citado. O aumento da amplitude de S (Figura 3) em MF (Tabela 1) sugeriu hipertrofia cardíaca transitória induzida pelo exercício (WHITE II e RHODE, 1974; HOLMES e REZAKHANI, 1975), o que foi considerado por Piccione et al., (2003) e Dojana et al. (2008) como adaptação positiva ao nível de treinamento. Não foi observado, em nenhuma das duas avaliações, desnivelamento do segmento ST significativo acima de  $0,3\text{mV}$ , coincidindo com Fernandes et al., (2004).

Modificações espontâneas no seu traçado e diferentes conformações podem ser aceitas como fisiológicas para as ondas T (PATTESON, 1996; SHEARD, 1998). Porém, o conhecimento de sua morfologia padrão foi importante na identificação de hipóxia miocárdica. Entretanto, neste estudo, o aumento discreto da onda T no MF (Tabela 1) foi considerado fisiológico, conforme Holmes e Rezakhani (1975), Piccione, et al. (2003) e Dojana et al. (2008), em resposta ao exercício, devido à redução do aporte sanguíneo pelas coronárias durante a diástole em frequências cardíacas elevadas. Em M0 essa onda foi bifásica (- +) (Figura 4) em 68% dos animais e monofásica positiva (+) em 32%. Em MF monofásica positiva (+) em 55% e bifásica (- +) em 45%. Contudo, alterações da onda T e o aumento da sua

amplitude foram considerados por Sheard (1998), Piccione, et al. (2003) e Dojana et al. (2008) como resposta fisiológica ao treinamento físico.

Embora Babusci e López (2006) considerarem o QTc como impreciso para avaliação de desempenho e efeitos do treinamento, neste estudo, esse índice apresentou diferença estatística entre M0 e MF. Em acordo, Sevestre (1982) encontrou valor médio de 390ms em repouso, com aumento significativo e permanente desse índice em casos de fadiga miocárdica ou miocardite, sendo diretamente proporcional ao estado de fadiga do animal, podendo atingir 550ms em casos de fadiga excessiva e permanecendo entre 450ms e 500ms em fadiga leve. Assim, sugere-se que os animais estudados estariam em fadiga leve e retornando aos verificados em repouso.

Para Diniz (2006), o eixo elétrico expressou a condição cardíaca relacionada ao tipo de treinamento e à modalidade a que os animais foram submetidos. Durante M0 e MF, esse eixo foi negativo, diferindo do encontrado por Fernandes et al. (2004) e Ayala et al. (1998), que observaram predominância de positividade no eixo. Entretanto, em M0, o desvio do eixo para a esquerda (55%) poderia sugerir hipertrofia do ventrículo esquerdo, assim como o desvio para a direita, hipertrofia do ventrículo direito (45%), ambos condizentes com treinamento, o que foi denominado por White II e Rhode (1974) como “hipertrofia cardíaca atlética”. Porém, somente o exame ecocardiográfico seria capaz de comprovar esse achado, coincidindo assim com Lightowler et al. (2004) e Dojana et al. (2008). Babusci e López (2006), que afirmaram que o exercício submáximo de longa duração não só promoveu hipertrofia como também determinou o aumento das câmaras. Em MF, foi observada rotação do eixo elétrico com desvio extremo para a direita, sugerindo aumento da câmara cardíaca e distúrbios eletrolíticos, tal como encontrado por White II e Rhode (1974).

O escore cardíaco médio no M0 foi  $128,45 \pm 11,75$ ms, estando dentro da faixa de 120 a 136ms, de acordo Steel e Stewart (1974) e Andrade et al. (2006), que correlacionaram o escore com o desempenho e o condicionamento do animal, indicando boa capacidade e potencial atlético. Rose et al. (1979) observaram que, em provas de 100 km, os animais mais rápidos apresentavam escore maior que os menos rápidos. Neste estudo, apesar de não haver diferença estatística, o escore diminuiu para  $118,60 \pm 14,55$ ms após o exercício, o que pode ter ocorrido em função do grau de desidratação decorrente do exercício, pois, mesmo não havendo citações



na literatura consultada sobre essa correlação, a redução do escore foi diretamente proporcional ao aumento do hematócrito, que foi de 37% para 46%.

## **CONCLUSÃO**

Conclui-se que o exame eletrocardiográfico se mostrou de simples realização, de baixo custo e bem tolerado pelos animais, caracterizando-se como método auxiliar não invasivo na avaliação das modificações adaptativas do coração diante do esforço a que esses animais foram submetidos, assim como eficaz na monitoração do condicionamento físico. Foi observado que o ECG de repouso retratou características particulares de animais atletas com atividade predominantemente aeróbia e, no pós-exercício, demonstrou quadro sugestivo de desidratação decorrente do esforço.

## REFERÊNCIAS

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

AYALA, I., MONTES, A., BENEDITO, I.L., CASTILLO, C., HERNÁNDEZ, J., GUTIERREZ, C., GARCIA-PARTIDA, P. Modifications of the form and amplitude of the electrocardiographic QRS complex during growth in Spanish-bred horses. **Zentralblatt für Veterinärmedizin**, Reihe, v. 45, p. 309-317, 1998.

BABUSCI, M, LÓPEZ, E.F. Sistema cardiovascular. In BOFFI, F.M. **Fisiologia Del ejercicio en equinos**. Buenos Aires : Inter-Médica, 2006. Cap. 4, p. 61-85.

BOFFI, F.M. Fisiologia del ejercicio en equinos. Buenos Aires: Inter-Médica, 2006. 302p.

DINIZ, M.P. **Perfil eletrocardiográfico de equinos de salto criados em São Paulo**. 2006. 135f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Curso de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

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.

DOJANA, N., DINU, C., PÂRVU, M., BERGHES, C., ORASANU, A., BERECHET, ST.S. Electrocardiographic parameters of the sport horse. **Lucrari științifice Zootehnie și Biotehnologii**, v. 41, n. 1, p. 397-401, 2008.

DÜSTERDIECK, K.F., SCHOTT II, H.C., EBERHART, S.W., WOODY, K.A., COENEN, M. Electrolyte and glycerol supplementation improve water intake by horses performing a simulated 60 km endurance ride. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 30, p. 418-424, 1999.

FERNANDES, W.R. **Alterações dos parâmetros do eletrocardiograma e da crase sanguínea em equinos das raças Árabe e Mangalarga, bem como de Mestiços, submetidos à prova de enduro**. 1994. 21f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Curso de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

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.

FREGIN, G.F. The equine electrocardiogram with standardized body and limb positions. **Cornell Veterinary**, v. 72, n. 3, p. 304-324, 1982.

HOLBROOK, T.C., BIRKS, E. K., SLEEPER, M. M., DURANDO, M. Endurance exercise is associated with increased plasma cardiac troponin I in horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 36, p. 27-31, 2006.

HOLMES, J.R., REZAKHANI, A. Observations on the T wave of the equine electrocardiogram. **Equine Veterinary Journal**, v. 1, n. 2, p. 55-62, 1975.

ILLERA, J.C., ILLERA, M. Electrocardiography and heart score of horses competing in an endurance ride. **Australian Veterinary Journal**, v. 64, p. 88-89, 1987.

JOSE-CUNILLERAS, E., YOUNG, L.E., NEWTON, J.R., MARLIN, D.J. Cardiac arrhythmias during and after treadmill exercise in poorly performing Thoroughbred racehorses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 36, p. 163-170, 2006.

KINGSTON, J.K., GEOR, R.J., McCUTCHEON, L.J. Use of dew point hygrometry, direct sweat collection and measurement of body water losses to determine sweating rates in exercising horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 22, p. 108-113, 1997.

LANDOLSI, F., CHABCHOUB, A., HARTI, Y., GHORBEL, A. Paramètres électrocardiographiques de chevaux du syndrome épistaxis induit par l'effort. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v. 148, n. 12, p. 969-974, 1997.

LIGHTOWLER, C., PICCIONE, G., GIUDICE, E., DEL OLMO, G.R., CATTANEO, M.L. Echocardiography and electrocardiography as means to evaluate potential performance in horses. **Journal Veterinary Science**, v. 5, n. 3, p.259-262, 2004.

MARTIN, 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.M., MUIR, W.W. Diagnosis and treatment of cardiac arrhythmias. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 1, p. 353-370, 1985.

MITTEN, L.A. Cardiovascular causes of exercise intolerance. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 12, p. 473-494, 1996.

MUÑOZ, A., CASTEJÓN, F., RUBIO, M.D., TOVAR, P., SANTISTEBAN, R. Electrocardiographic alterations in Andalusian horses associated with training. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 15, n. 2, p. 72-79, 1995.

NIELSEN, K., VIBE-PETERSEN, G. elationship between QRS-duration (heart score) and racing performance in totters. **Equine Veterinary Journal**, v. 12, n. 2, p. 81-84, 1980.

PATTESON, M.W. **Equine cardiology**. Oxford: Blackwell Science, 1996. 254p.

PICCIONE G., ASSENZA, A., FAZIO, F., GIUDICE, E., CAOLA, G. Electrocardiographic changes induced by physical exercise in the jumper horse.

**Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 4, p. 397-404, 2003.

RAEKALLIO, M. Long term ECG recording with holter monitoring in clinically healthy horses. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 33, p. 71-75, 1992.

ROSE, R.J., ILKIW, J.E., HODGSON, D.L. Electrocardiography, heart score and haematology of horses competing in an endurance ride. **Australian Veterinary Journal**, v. 55, p. 247-250, 1979.

SCHOTT II, H.C., McGLADE, K.S., MOLANDER, H.A., LEROUX, A.J., HINES, M.T. Body weight, fluid, electrolyte and hormonal changes in horses competing in 50 and 100 mile endurance rides. **American Journal Veterinary Research**, v. 58, p. 303-309, 1997.

SENTA, T., SMETZER, D.L., SMITH, C.R. Effects of exercise on certain electrocardiographic parameters and cardiac arrhythmias in the horse. A radiotelemetric study. **Cornell Veterinarian**, v. 60, p. 552-569, 1970.

SEVESTRE, J. A eletrocardiografia no cavalo. **A Hora Veterinária**, n. 10, p. 28-36, 1982.

SHEARD, P.W.P. Enfermidades del aparato cardiovascular. In: COLAHAN, P.T. **Medicina y cirugía equina**. 4.ed. Buenos Aires: Inter-Médica, 1998. v. 1, cap. 5, p. 151-307.

STEEL, J.D., STEWART, G.A. Electrocardiography of the horse and potencial performance ability. **Journal of the South African Veterinary Association**, v. 45, n. 4, p. 263-268, 1974.

STEWART, G.A. The heart score theory in the racehorse. **Australian Veterinary Journal**, v. 57, p. 422-28, 1981.

WHITE II, N.A., RHODE, E.A. Correlation of electrocardiographic findings to clinical disease in the horse. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 164, p. 46-56, 1974.

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

YOUNG, L.E. Equine athletes, the equine athlete's heart and racing success. Physiological Society Symposium – The Athlete's Heart. Newmarket. **Experimental Physiology**, v. 88, n. 5, p. 659-663, 2003.

## CAPÍTULO III

### PARÂMETROS ELETROCARDIOGRÁFICOS DE EQUINOS DESCLASSIFICADOS POR EXAUSTÃO EM COMPETIÇÕES DE ENDURO

#### RESUMO

Foram examinados por meio de exame eletrocardiográfico 14 equinos Puro Sangue Árabe, 12 machos e duas fêmeas, desclassificados por exaustão em provas de enduro entre 60 km e 160 km. Foi observado predomínio de taquicardia sinusal, seguido de arritmia sinusal respiratória e complexo atrial prematuro com a frequência cardíaca variando de 48 a 78 bpm e 93 a 111 bpm, respectivamente. Ocorreu aumento da amplitude das ondas P, R, S e T e redução nas suas durações, bem como redução nos intervalos e segmentos. Porém, o complexo QRS quase não se alterou. O alongamento observado do QTc indicou fadiga miocárdica moderada em resposta ao exercício e o supradesnível ST foi indicativo de hipovolemia. O eixo elétrico no plano frontal apresentou desvio à direita, aumento de câmara e hipertrofia secundárias ao treinamento.

**Palavras-chave:** equino, eletrocardiograma, enduro, fadiga.

#### ABSTRACT

By using electrocardiographic examination, we evaluated 14 Purebred Arabian horses, 12 males and 2 females, disqualified due to exhaustion in endurance races between 60 km and 160 km. We observed predominance of sinus tachycardia, followed by respiratory sinus arrhythmia and atrial premature complex, with the heart rate ranging from 48 to 78 bpm, and 93 to 111 bpm, respectively. There was increase in the amplitude of waves P, R, S and T, and decrease in their durations, as well as reduction in the intervals and segments; nevertheless, the QRS complex has hardly changed. The lengthening observed of QTc pointed a moderate myocardial fatigue in response to exercise, and the elevation of ST was indicative of hypovolemia. The electrical axis in frontal plane presented deviation to the right, chamber increase and hypertrophy secondary to training.

**Key words:** equine, electrocardiography, endurance, fatigue

## INTRODUÇÃO

Não existem métodos fáceis para avaliar o desempenho atlético de um cavalo. Dentre os possíveis, destacam-se os que envolvem a esfera da fisiologia do exercício (HINCHCLIF e GEOR, 2004; BOFFI, 2006), o manejo nutricional específico, a atividade realizada pelo animal (PETER, 2003), a avaliação do estresse oxidativo (GONDIM et al., 2009), a fisiologia respiratória (PETSCHKE et al., 1995) e os dados relativos às propriedades musculoesqueléticas (SERRANO et al., 2000). Da mesma forma, avaliam-se os eletrólitos, a glicose e a bioquímica sanguínea (FERNANDES e LARSSON, 2000) e ainda a condição cardíaca (FÁZIO et al., 2003; FERNANDES et al., 2004). Desse modo, pode-se estabelecer um programa de treinamento adequado que resulte na expressão máxima do potencial atlético do indivíduo (BOFFI, 2006).

Wickler e Foss (2004) e Boffi (2006) definiram como exaustão a síndrome metabólica resultante dos efeitos deletérios decorrentes da desidratação, de distúrbios eletrolíticos, da hipertermia e da depleção dos substratos energéticos (metabolismo oxidativo). Os animais afetados poderiam apresentar depressão, fraqueza, tropeços à deambulação, claudicação, anorexia, olhar vidrado sem expressão e mucosas secas e congestas (WICKLER e FOSS, 2004 ; BOFFI, 2006).

Para Muriel (2006), o sistema cardiovascular de equinos atletas desempenhou importante papel na manutenção da volemia ao promover aporte sanguíneo extra e manutenção da frequência cardíaca durante o exercício. Isso sugere que a avaliação deste sob efeito de exercício específico permite não só estimar a influência de anomalias cardíacas, como também medir os efeitos deletérios do esforço realizado na função cardíaca (EVANS, 1994).

Babusci e López (2006) verificaram que em cavalos desidratados e com transtornos eletrolíticos graves ocorreram alterações no potencial da membrana e que esses animais apresentaram taquicardia ventricular, com influência direta no desempenho atlético. Sugeriram ainda que o exame eletrocardiográfico após o exercício poderia avaliar melhor a função cardíaca, detectando arritmias que não seriam encontradas em repouso, assim como, hipertrofias e dilatações. Heidbuchel

et al. (2003) verificaram que esportes de resistência estariam relacionados à ocorrência e progressão de arritmias ventriculares, sendo estas consideradas como benignas ou não. Portanto, avaliar o risco de evolução e a origem do evento arritmico seria de grande importância.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo verificar as características eletrocardiográficas de equinos Puro Sangue Árabe desclassificados por exaustão, em provas de enduro de longa duração, por meio da avaliação dos parâmetros eletrocardiográficos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram examinados 14 equinos desclassificados por exaustão, sendo 12 machos e duas fêmeas, participantes de campeonato regional da Federação Hípica de Brasília no Distrito Federal, quando percorreram de 60 km a 160 km, caracterizando exercício de baixa intensidade e longa duração, com velocidade média de 20 km/h. Os desclassificados por exaustão foram aqueles acometidos por distúrbios metabólicos com comprometimento de suas funções vitais (WICKLER e FOSS, 2004). Ressalta-se que os animais claudicantes não foram avaliados. O estudo obedeceu às normas do Comitê de Ética no Uso Animal da Universidade de Brasília sob o Protocolo nº 88-2009.

Os traçados eletrocardiográficos foram obtidos durante 60 segundos utilizando-se o aparelho C10 TEB, sistema composto por eletrocardiógrafo digital de 12 canais e *software* ECGPC Veterinário versão 2,27 compatível com Windows, em velocidade de registro dos traçados de 25 mm/s com ajuste da sensibilidade do aparelho para 1 mV = 1 cm. Foram registradas as derivações bipolares I, II, III e as unipolares amplificadas, aVR, aVF, aVL. A avaliação ocorreu imediatamente após a desclassificação do animal pela equipe veterinária oficial da competição.

Os cavalos foram avaliados no momento da desclassificação, isto é, após a inspeção veterinária oficial (*vetcheck*), quando os animais foram contidos fisicamente em posição ortostática, com os membros paralelos entre si, todos com ferradura, sem qualquer tranquilização, e antes da realização de qualquer tipo de tratamento. Foi aferida ainda a temperatura retal (TR) e feita mensuração do peso

corpóreo por meio de fita de peso, além da coleta de amostras de sangue venoso para avaliação hematológica e hemogasométrica.

A disposição dos eletrodos seguiu o sistema de derivação bipolar ápice-base, utilizado por Dumont et al. (2010). Tais eletrodos estavam presos à pele por meio de condutores metálicos (clipe tipo jacaré) e embebidos com álcool. Os dados foram gravados em ambiente Windows mediante o uso do *software*.

Os parâmetros eletrocardiográficos foram avaliados por meio de análise sistemática, compreendendo a medida em milivolts das amplitudes das ondas e segmentos, e em milissegundos a duração das ondas, dos intervalos e complexos, bem como foi promovida a análise morfológica das ondas no traçado.

O eixo elétrico médio no plano frontal foi calculado diante do comportamento do complexo QRS na derivação bipolar I e unipolar aumentada aVF em relação à polaridade, determinando-se o menor QRS entre as duas unipolares aumentadas, aVR e AVL, como descrito por White II e Rhode (1974) e Fernandes et al (2004). O escore cardíaco foi quantificado por meio da média aritmética do complexo QRS incluindo as 3 derivações bipolares, I, II e III.

Os resultados do peso, da frequência cardíaca, da amplitude e duração das ondas e complexos, do QTc, do desnivelamento ST, do eixo elétrico e o escore cardíaco foram analisados por comparação de médias entre machos e fêmeas, usando-se o teste exato de Fischer, utilizando-se o programa estatístico SigmaStat, considerando-se variação significativa  $p < 0,05$ .

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os valores das médias e erro-padrão dos parâmetros obtidos por meio de exame eletrocardiográfico estão dispostos na tabela 1.

As análises hematológica e hemogasométrica indicaram desidratação e desequilíbrio eletrolítico, com valores elevados de hematócrito e proteína plasmática,  $52 \pm 6\%$  e  $8,9 \pm 0,7 \text{g/dL}$ , respectivamente. A hemogasometria revelou, ainda, valores dos íons cloro,  $94 \pm 4,6 \text{ mmol/L}$  e cálcio ionizado,  $1,36 \pm 0,20 \text{ mmol/L}$  próximos aos limites inferiores, confirmando, assim, os resultados obtidos por Wickler e Foss (2004). Esses animais desenvolveram exaustão em função do metabolismo



oxidativo decorrente da degradação aeróbia de carboidratos e ácidos graxos livres, segundo Boffi (2006).

Em relação ao ritmo cardíaco, houve predomínio de taquicardia sinusal (Figura 1) em 12 animais (85,8%), resultados já observados por Dumont et al. (2010) no pós-exercício de equinos PSA, finalistas de provas de enduro, e considerado como resposta fisiológica. Em um equino (7,1%) verificou-se arritmia sinusal (Figura 2) com a frequência cardíaca (FC) variando de 48 a 78 bpm. Conforme Dumont et al. (2010), esse é um achado frequente durante a fase de recuperação pós-exercício e está associado à alteração no tônus vagal.

Em outro animal foi observada a ocorrência de complexos atriais prematuros (CAP), com variação de FC entre 93 e 111 bpm (Figura 3), caracterizando dessa forma um complexo supraventricular prematuro (CSVP). Resultado semelhante ocorreu no estudo de Buhl et al. (2010), que o consideraram fisiológico na fase de recuperação. Entretanto, Bowen (2010) mencionou que as contrações atriais prematuras estavam associadas ao baixo desempenho atlético em função de alterações eletrolíticas, nos fluidos corpóreos e no *status* ácido-base, além de hipoxemia, isquemia, endotoxemia ou doenças cardíacas pré-existentes. Kiryu et al. (1999), observaram em cavalos de corrida que 30% dos animais com baixo desempenho apresentaram arritmias cardíacas, mas sem manifestações clínicas, ao passo que outros 10% apresentaram clínica significativa, com mais de duas despolarizações prematuras durante o exercício máximo. Para o animal desse estudo, seria indicado uma avaliação eletrocardiográfica em repouso e outra durante o exercício, visto que, apesar de o CAPs terem sido observados na fase de recuperação, o que poderia ser fisiológico, ocorreram mais de 20 despolarizações prematuras, em 60 segundos de avaliação.



Figura 1 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de 25 mm/s apresentando taquicardia sinusal no pós-exercício imediato, com intervalo R-R de 1.725 ms e FC de 81 bpm.



Figura 2 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de 25 mm/s apresentando arritmia sinusal no pós-exercício imediato. Pode-se observar a diferença na duração dos intervalos RR acima de 10%.

A onda P mostrou-se positiva em todos os traçados, sendo positiva única (+) em 72% dos achados e positiva bífida (+ +) em 28%. A onda P tendeu a se tornar única, semelhante ao observado por Dumont et al. (2010), e foi considerada por Fázio et al. (2003) como um achado fisiológico durante o exercício ou no pós-imediato.



Figura 3 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de 25 mm/s apresentando complexo atrial prematuro com variação de FC entre 93 e 111 bpm no pós-exercício imediato.

Foi observada redução na duração da onda P, do intervalo PR e do intervalo QT, prolongamento discreto do QTc e permanência da duração do complexo QRS (Tabela 1) em comparação com os valores de Evans (1994) e Fernandes et al. (2004) para equinos adultos em repouso. Esses resultados confirmaram os já apresentados por Evans (1994) e Dumont et al. (2010), ao sugerirem que o exercício promovia alterações mínimas no complexo QRS e redução na duração da onda P e nos intervalos PR e QT. Estes valores foram semelhantes aos obtidos por Fázio et al. (2003) durante o treinamento e após a corrida.

Quanto à morfologia, o complexo QRS comportou-se de duas formas distintas na derivação bipolar II. Em 50% dos traçados observou-se a forma RS e, nos outros 50%, a forma QRS, semelhante aos achados de Fernandes et al. (2004) e Dumont et al. (2010). O aumento da amplitude de S esteve relacionada com a hipertrofia ventricular direita induzida pelo exercício, aspecto já descrito por Dumont et al. (2010).

Os cavalos em exaustão apresentaram aumento discreto no índice de Bazzet (QTc) (Tabela 1), indicando fadiga miocárdica moderada em resposta ao exercício realizado. Esse índice, como sugerido por Sevestre (1982), está relacionado diretamente com o estado de fadiga e pode atingir 550,0ms em casos de fadiga excessiva. A volta ao equilíbrio, com valor médio de 390,0ms, ocorreu no instante em que o animal se recuperava. Babusci e López (2006) consideraram impreciso esse índice, mas, sobretudo neste estudo, foi um meio auxiliar e de relevância na avaliação do desempenho do coração, em resposta ao esforço realizado.

Tabela 1. Valores das médias e erros-padrões dos parâmetros obtidos por meio de exame eletrocardiográfico de equinos PSA desclassificados em competições de enduro com longa duração

PARÂMETROS	Macho	Fêmea
	Média ± EPM	Média ± EPM
Peso (kg)	393,17±9,38	417,50±27,50
FC (bpm)	70,92±4,02	73,50±7,50
P (ms)	129,00±7,81	136,50±3,50
PR (ms)	224,75±7,67	233,00±10,00
QRS (ms)	137,50±3,45	136,50±3,50
QT (ms)	446,58±10,37	448,00±5,00
QTc (ms)	474,83±5,86	495,00±20,00
PU (+) (mV)	0,38±0,09	0,72±0,22
R (+) (mV)	0,40±0,10	0,10±0,02
S (-) (mV)	3,70±0,17	2,23±0,55
ST (+) (mV)	0,31±0,04	0,33±0,01
TU (+) (mV)	1,34±0,39	1,84±0,98
ESCORE CARDÍACO	114,25±3,89	111,00±5,00
EIXO ELÉTRICO (-)	105,00±7,83	60,00±0,00

FC(bpm)=frequência cardíaca, em batimentos por minuto; P(ms)=duração da onda P, em milissegundos; PR(ms)=duração do intervalo PR, em milissegundos; QRS(ms)=duração do complexo QRS, em milissegundos; QT=duração do intervalo QT, em milissegundos; QTc= valor do índice QTc, intervalo QT corrigido pela FC, em milissegundos; R + (mV)= amplitude da onda R positiva, em milivoltz; S - (mV)= amplitude da onda S negativa, em milissegundos; ST + (mV)= supradesnivelamento do segmento ST, em milivoltz; TU + (mV)= amplitude da onda T única positiva, em milivoltz. \* na mesma linha expressa diferença estatisticamente significativa entre sexos, pelo teste exato de Fisher.

Em seis animais (43%) foi observado desnível do segmento ST acima de 0,3 mV (Figura 4). Esse parâmetro, conforme sugerido por White II e Rhode (1974), poderia ser sugestivo de choque, endotoxemia e dor abdominal, bem como de distúrbios eletrolíticos. De outra forma, em cavalos de enduro a desidratação promoveria choque hipovolêmico, reduzindo substancialmente o volume e o tempo de diástole, assim como o suprimento sanguíneo e o fornecimento de oxigênio ao miocárdio, conforme verificou Muriel (2006). Tendo em vista que, ao instante da desclassificação, os animais já se encontravam com valores elevados de hematócrito e proteína plasmática, 52±6% e 8,9±0,7g/dL, respectivamente, em função das perdas de fluidos, foi possível sugerir que a ocorrência de hipovolemia e desidratação justificariam o supradesnível do segmento ST.

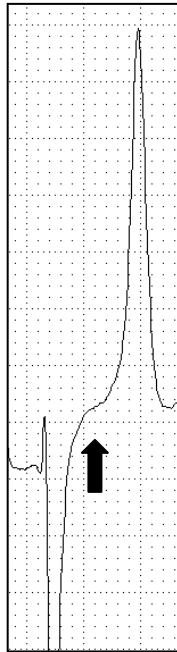


Figura 4 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA demonstrando segmento ST horizontalizado, com supradesnível acima de 0,3 mV.

A onda T mostrou-se monofásica positiva em 72% dos animais e bifásica em 28%, ou seja, sua morfologia foi extremamente variável, sobretudo não-específica. Portanto, foi de pouca eficiência para um diagnóstico específico, pois esses arranjos poderiam ser observados também em doenças cardíacas, distúrbios eletrolíticos, miocardites e doenças sistêmicas, o que coincidiu com os achados de Dumont et al. (2010) e Trachsel et al. (2010), que mencionaram que o estabelecimento de um padrão de onda T normal seria inespecífico e de difícil definição. Em função disso, Holmes e Rezakhani (1975) consideraram que a avaliação ideal de possíveis alterações deveria ser realizada por meio de monitoração do animal em repouso, durante o exercício e logo após a sua realização, objetivando assim determinar o comportamento individual dessa característica. Ainda, coincidindo com Holmes e Rezakhani (1975), a morfologia da onda T seria importante para a identificação de hipóxia miocárdica, o que poderia ocorrer em atividades que produziriam desidratação extrema, em consequência da redução do aporte sanguíneo coronariano.

Foi observada, ainda, acentuada junção ST – T, que tornou o segmento ST mais horizontalizado em cinco animais (37,5%). Em humanos esse fato caracterizou-se como um achado típico de indivíduos com insuficiência coronariana crônica (CARNEIRO, 1997). No entanto, na literatura consultada não foram encontrados

relatos específicos desse achado para equinos. Portanto, pode-se sugerir que essa alteração provavelmente tenha sido induzida pelo exercício físico intenso, associado à desidratação e ao desequilíbrio eletrolítico a que estes animais estiveram expostos.

Verificou-se que o escore cardíaco médio (Tabela 1) foi condizente com os achados de Illera e Illera (1987), ao avaliarem cavalos de enduro de alto desempenho em treinamento, e de Dumont et al (2010) durante competições. Assim, foi possível considerar que o exercício físico intenso resultou em elevada demanda do sistema cardiovascular. Andrade et al. (2006) correlacionaram o escore cardíaco como um indicador da capacidade e potencial atlético do animal. No entanto, mesmo nos animais desclassificados, essa característica indicou aptidão atlética.

O eixo elétrico expressou a condição cardíaca relacionada ao tipo de treinamento e à atividade a que os animais foram submetidos. O eixo apresentou desvio para a esquerda em cinco (36%) animais, o que poderia assim indicar hipertrofia do ventrículo esquerdo. Já o desvio para a direita, em nove deles (64%) sugere a ocorrência de hipertrofia do ventrículo direito, ambos condizentes, portanto, com o treinamento, conforme White II e Rhode (1974), que denominaram isso como “hipertrofia cardíaca atlética”. O desvio do eixo elétrico também esteve relacionado ao aumento de câmaras, como sugerido por Babusci e López (2006), em resposta adaptativa ao exercício submáximo de longa duração, assim como em resposta aos distúrbios eletrolíticos, tais como os encontrados por White II e Rhode (1974), após competições de enduro de 50 km a 100 km, e essa rotação está associada à redução da concentração sérica de potássio, cloro e cálcio. De outra forma, esse eixo foi negativo nos 14 animais, diferindo dos informes de Fernandes et al. (2004).

Em relação ao tratamento estatístico a que os parâmetros eletrocardiográficos foram submetidos, observou-se que não houve diferença significativa entre machos e fêmeas avaliados. Isso pode ter sido influenciado pelo pequeno número de fêmeas avaliadas ou ainda pela condição atlética similar entre os indivíduos dos diferentes gêneros.

## **CONCLUSÃO**

Nos equinos desclassificados por exaustão, após terem participado de prova de enduro, foi possível a obtenção de traçados eletrocardiográficos de boa qualidade, verificando-se baixa incidência de artefatos e arritmias. O exame retratou, ainda, respostas adaptativas do coração frente aos efeitos do exercício de enduro, que foram expressas pelo prolongamento do QTc, sugestivo de fadiga miocárdica moderada em resposta ao exercício, pelo supradesnível ST, em resposta à hipovolemia em função da desidratação induzida pela atividades e pelo desvio à direita por parte do eixo elétrico cardíaco no plano frontal, representando alterações eletrolíticas, aumento de câmara e hipertrofia secundárias ao treinamento.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.F.C., MICHIMA, L.E.S., YONEZAWA, L.A., FERNANDES, W.R. Relação entre escore cardíaco e o condicionamento físico de equinos da raça Mangalarga. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 13, n. 2, p. 125-130, 2006.
- BABUSCI, M., LÓPEZ, E.F. Sistema cardiovascular. In: BOFFI, F.M. **Fisiologia Del Ejercicio en Equinos**. Buenos Aires: Inter-Médica, 2006. Cap. 4. p. 61-85.
- BOFFI, F.M. Princípios de entrenamiento. In: BOFFI, F.M. **Fisiologia Del Ejercicio en Equinos**. Buenos Aires: Inter-Médica, 2006. Cap. 16, p. 223-240.
- BOWEN, I.M. Ambulatory electrocardiography and heart rate. In: MARR, C.M.; BOWEN, I.M. **Cardiology of the horse**. London : Saunders, 2010. Cap. 10, p. 127-137.
- BUHL, R., MELDGAARD, C., BARBESGAARD, L. Cardiac arrhythmias in clinical healthy showjumping horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 38, p. 196-201, 2010.
- CARNEIRO, E.F. **O eletrocardiograma 10 anos depois**. Rio de Janeiro: Enéas Ferreira Carneiro, 1997. 623p.
- 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, p. 1966-1973, 2010.
- EVANS, D.L. The cardiovascular system: anatomy, physiology, and adaptations to exercise and training. In: ROSE, R.J.; HODGSON, D.R. **The Athletic Horse**. Philadelphia: Saunders, 1994. Cap. 7, p. 129-144.
- FÁZIO, F., FERRANTELLI, V., PICCIONE, G., CAOLA, G. Variations in some electrocardiographic parameters in the trotter during racing and training. **Veterinary Research Communication, supplement** v. 27, n. 1, p. 229-232, 2003.
- FERNANDES, W.R., LARSSON, M.H.M.A. Alterações nas concentrações séricas de glicose, sódio, potássio, uréia e creatinina, em equinos submetidos a provas de enduro de 30 km com velocidade controlada. **Ciência Rural**, v. 30, p. 393-398, 2000.
- 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.
- GONDIM, F.J., ZOPPI, C.C., SILVEIRA, L.R., SILVA, L.P., MACEDO, D.V. Possible relationship between performance and oxidative stress in endurance horses. **Journal of Equine Veterinary Science** v. 29, cap. 4, p. 206-212, 2009.



HEIDBÜCHEL, H., HOOGSTEEN, J., FAGARD, R., VANHEES, L., ECTOR, H., WILLEMS, R., VAN LIERD, J. High prevalence of right ventricular involvement in endurance athletes with ventricular arrhythmias. Role of an electrophysiologic study in risk stratification. **European Heart Journal**, v. 24, p. 1473-1480, 2003.

HINCHCLIF, K.W., GEOR, R.J. Integrative physiology of exercise. In: HINCHCLIFF, K.W., KANEPS, A.K., GEOR, R.J. **Equine Sports and Medicine-basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete**. London: Saunders, 2004. Cap. 1, p. 3-9.

HOLMES, J.R., REZAKHANI, A. Observations on the T wave of the equine electrocardiogram. **Equine Veterinary Journal** I, v. 1, n. 2, p. 55-62, 1975.

ILLERA, J.C., ILLERA, M. Electrocardiography and heart score of horses competing in an endurance ride. **Australian Veterinary Journal**, v. 64, p. 88-89, 1987.

KIRYU, K., MACHIDA, N., KASHIDA, Y., YOSHIHARA, T., AMADA, A., YAMAMOTO, T. Pathologic and electrocardiographic findings in sudden cardiac death in racehorses. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 61, p. 921-928, 1999.

MURIEL, M.G. Transtornos hidroeletrólitos. Patologías que afectan el rendimiento deportivo. In: BOFFI, F.M. **Fisiología Del Ejercicio en Equinos**. Buenos Aires: Inter-Médica, 2006. Cap. 18, p. 282-286.

PETER, E.M. Nutritional aspects in ultra-endurance exercise. **Current Opinion in Clinical Nutrition Metabolic Care**. v. 6, p. 427-434, 2003.

PETSCHKE, V.M., DERKSEN, F.J., BERNEY, C.E., ROBINSON, N.E. Effect of head position on upper airway function in exercising horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 18, p. 18-22, 1995.

SEVESTRE, J. A eletrocardiografia no cavalo. **A hora veterinária**, n. 10, p. 28-36. 1982.

SERRANO, A.L., QUIROZ-ROTHER, E., RIVERO, J.L. Early and long-term changes of equine skeletal muscle in response to endurance training and detraining. **Pflügers Archiv - European Journal Physiology**, v. 441, p. 263-274, 2000.

TRACHSEL, D.S., BITSCHNAU, N., WALDERN, M.A. Observer agreement for detection of cardiac arrhythmias on telemetric ECG recordings obtained at rest, during and after exercise in Warmblood horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 38, p. 208-215, 2010.

WEST, J.B. **Fisiología respiratoria**. 2 ed. Buenos Aires: Panamericana, 1981. p. 38-53.

WHITE II, N.A., RHODE, E.A. Correlation of electrocardiographic findings to clinical disease in the horse. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 164, p. 46-56, 1974.

WICKLER, S.J., FOSS, M.A. Veterinary aspects of endurance riding. In: HINCHCLIFF, K.W., KANEPS, A.K., GEOR, R.J. **Equine Sports and Medicine-basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete**. London: Saunders. 2004. Cap. 52, p. 1105-1117.

## CAPÍTULO IV

### AVALIAÇÃO DA OSMOLARIDADE, DO ÂNION GAP, DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO E DOS ÍONS PLASMÁTICOS MENSURÁVEIS DE EQUINOS PURO SANGUE ÁRABE FINALISTAS EM PROVAS DE ENDURO DE 90 KM

#### RESUMO

Foi avaliado o comportamento da osmolaridade, do ânion gap, do pH e dos íons plasmáticos mensuráveis de 14 equinos, 9 machos e 5 fêmeas, Puro Sangue Árabe finalistas em provas de enduro de 90 km. Para tanto, foram colhidas em dois momentos (repouso e após o exercício prolongado) amostras de sangue venoso para a mensuração das variáveis de interesse. Diante dos achados, pode-se verificar, a partir do repouso, aumento significativo dos valores do Hct, das PPT e do AG, sugerindo perda de fluidos e discreto grau de desidratação. O pH e o íon  $H^+$  quase não se alteraram, indicando ausência de distúrbios metabólicos. Reduções com diferenças significativas foram observadas para os íons  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ , assim como do EB. Pôde-se observar que os parâmetros avaliados permaneceram dentro dos valores de referência descritos na literatura consultada, somente com elevação discreta do Hct e do AG acima desses valores, sobretudo sem manifestações clínicas.

**Palavras-chave:** equino, fisiologia do exercício, enduro, equilíbrio hidroeletrólítico.

#### ABSTRACT

We evaluated the behavior of osmolality, anion gap, pH and measurable plasma ions of 14 Purebred Arabian horses, 09 males and 05 females, finalists in an endurance race of 90 km. In order to achieve this goal, we performed sampling of venous blood samples at two times, at rest and after prolonged exercise, in order to measure the interest variables. The results allowed observing that from the rest, an increase with significant difference in the values of Hct, PPT and AG, suggesting loss of fluids and slight dehydration. The pH and the  $H^+$  ion almost had no changes, indicating absence of metabolic disorders. Reductions, with significant difference, were verified for the

ions  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ , as well as BE. The examined parameters remained within the reference values described in the literature, only with slight increase of Hct and AG above these values, but without clinical manifestations.

**Key words:** equine, exercise physiology, endurance, hydroelectrolytic balance.

## INTRODUÇÃO

A ampla utilização da espécie equina ao longo dos tempos demonstra sua alta capacidade de reação às influências externas por meio de mecanismos adaptativos do organismo (COENEN, 2005). Nesse contexto, o exercício é um fator de estresse que resulta em sobrecarga do sistema cardiovascular, aumento da mobilização de energia e termorregulação (HINCHCLIFF, 1998 e KRONFELD, 2001).

A água é o componente mais abundante no organismo e atua na diluição de inúmeras substâncias, entre elas os eletrólitos, que são de fundamental importância para a termorregulação a partir da transpiração (COENEN, 2005). Assim, a sudação é a principal responsável pelos desequilíbrios hidroeletrolítico e ácido-base em equinos durante exercícios de longa duração, pois, nesse tipo de prova, os animais perdem entre 4% e 6% do peso corpóreo (SILVA et al., 2009).

A função dos eletrólitos no organismo animal é múltipla, atua na manutenção das forças osmóticas e favorece o equilíbrio de líquidos entre os compartimentos intra e extracelulares (FAN et al., 1994). Já na célula, desempenham funções básicas, tais como condução nervosa e despolarização de fibras musculares, tornando possível a contração muscular (MANSMANN et al., 1974; HINTON, 1977; HINTON, 1978). Portanto, essas funções podem ser prejudicadas em resposta ao déficit de eletrólitos induzido pelo exercício, e a capacidade atlética pode ser reduzida (COENEN, 2005), pois, de fato, grandes reduções hidroeletrolíticas durante o exercício implicam desenvolvimento da síndrome de exaustão e outras desordens metabólicas (HINTON, 1978; SCHOTT II et al., 2006).

Sabe-se ainda que os eletrólitos séricos (sódio, potássio, cloro e cálcio ionizado) são influenciados diretamente pela intensidade e duração do exercício, além da quantidade de perdas de fluidos pelo suor (RIBEIRO et al., 2004). Tais mudanças de concentração intra e extracelular de íons são de caráter transitório e

ocorrem devido ao intercâmbio de íons entre o sangue e os tecidos (MARTINEZ e RAMÓN-SCAGLIONE, 2000).

Em exercícios de alta intensidade ocorrem alterações transitórias nas concentrações de íons intra e extracelulares em função do intercâmbio desses entre o sangue e os tecidos (MARTINEZ e RAMÓN-SCAGLIONE, 2000). Além disso, os efeitos do exercício sobre os eletrólitos séricos (sódio, potássio, cloro e cálcio ionizado) dependem de sua intensidade e duração, bem como das perdas de fluidos pelo suor (McCUTCHEON e GEOR, 1996; FERNANDES e LARSSON, 2000; RIBEIRO et al., 2004). Por isso, apesar de numerosos fatores contribuírem para o desenvolvimento de fadiga, o principal desafio para o desempenho constante durante exercício prolongado de resistência, é o progressivo esgotamento dos fluidos corporais e eletrólitos pelo organismo, que durante exercícios exaustivos pode levar a um aumento do risco de lesões e a vários problemas clínicos (SCHOTT II e HINCHCLIFF, 1993).

Embora as alterações do *status* ácido-base, dos fluidos e do balanço eletrolítico em cavalos de enduro estejam bem definidas, a realização de estudos a campo, caracterizando a prova como laboratório em tempo real, se traduz como confirmação para esses estudos controlados. Por isso, o presente trabalho teve como objetivo retratar e identificar as possíveis modificações dos íons mensuráveis, tais como sódio, potássio, cloro, cálcio ionizado, hidrogênio e bicarbonato, bem como demonstrar o estabelecimento da osmolaridade e do ânion gap e do pH, em amostras de sangue venoso de equinos Puro Sangue Árabe finalistas em provas de enduro de 90 km.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizados 14 equinos, 9 machos e 5 fêmeas, da raça Puro Sangue Árabe, com seis a 12 anos de idade, submetidos a treinamento de enduro e participantes de campeonato regional de enduro da Federação Hípica de Brasília. Todos os animais tiveram a sua higidez comprovada por meio de avaliação clínica e ainda por meio de análise hematológica e de hemograma completo realizado no Medicalvet Laboratório Veterinário S.A, utilizando-se contador automático de células<sup>1</sup>. Vale ressaltar que os animais deste estudo foram alimentados e receberam

---

1. Abacus Júnior Vet®, Diagon, LTDA, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

diferentes tipos de suplementos eletrolíticos antes e durante o percurso. O estudo obedeceu às normas do Comitê de Ética no Uso Animal da Universidade de Brasília sob o Protocolo nº 88-2009.

As coletas de sangue venoso foram realizadas anaerobicamente, conforme descrito por Carlson (1997), utilizando-se seringas para coleta de sangue arterial e/ou venoso para gasometria 3ml 0,7x25mm (22G) (BD Preset Eclipse<sup>®</sup>), coletando-se 1,6ml de sangue através da punção da veia jugular esquerda. As amostras foram imediatamente identificadas e depositadas em banho de gelo por um período máximo de quatro horas até seu processamento. Uma foi realizada em repouso (M0) e outra imediatamente após exercício prolongado de enduro (MF).

A avaliação no M0 teve foi obtida no próprio haras, em dias previamente estabelecidos, evitando que os animais fossem exercitados, sendo então realizados exame clínico completo, coleta de sangue para quantificação dos parâmetros de interesse e determinação do peso corpóreo por meio da balança MGR 3000 Toledo. A avaliação no MF ocorreu no local de realização da prova, ao término do último anel da competição, cinco minutos após a inspeção veterinária oficial (*vetcheck*), seguindo a metodologia já empregada.

A análise do sangue coletado foi realizada em analisador automático de gases<sup>2</sup> do Hospital Veterinário de Grandes Animais da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, determinando-se o logaritmo negativo da atividade de íons hidrogênio (pH), as concentrações do íon cloro (Cl<sup>-</sup>), íons H<sup>+</sup> e do bicarbonato (HCO<sup>3-</sup>), valores do ânion gap (AG), do excesso/déficit de base (EB), da osmolaridade (Osm), e as concentrações do íon sódio (Na<sup>+</sup>), íon potássio (K<sup>+</sup>) e do cálcio ionizado (Ca<sup>++</sup>).

Os resultados foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade Kolmogorov-Sminorv visando à verificação da distribuição normal dos valores de cada parâmetro avaliado. Em seguida, esses dados foram submetidos à aplicação do teste “T” de Student para se identificar a ocorrência de diferença estatística entre os parâmetros obtidos quando em repouso (M0) e imediatamente após exercício prolongado de enduro (MF), com nível de significância de 5%.

---

2. Analisador de Gases Sanguíneos, Eletrólitos, Hemoglobina, Hematócrito e Saturação de O<sub>2</sub> – OMNI C<sup>®</sup> Roche Diagnóstica, Brasil

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante da análise da higidez dos animais, por meio das avaliações clínica e hematológica, foram observados os seguintes valores, em repouso e após o exercício respectivamente: frequência cardíaca (FC),  $34,71 \pm 3,50$  bpm e  $51,78 \pm 6,08$  bpm; temperatura retal (TR<sup>o</sup>),  $36,9 \pm 0,4$  °C e  $38,0 \pm 0,6$  °C; peso corporal,  $377,00 \pm 23,64$  kg e  $369,85 \pm 26,63$  kg; hematócrito,  $37,29 \pm 3,29$ % e  $45,9 \pm 7,08$ %; proteína plasmática total,  $7,10 \pm 0,24$  g/dL<sup>-1</sup> e  $7,60 \pm 0,59$  g/dL<sup>-1</sup>; plaquetas,  $156714,29 \pm 38698,89$ /mm<sup>3</sup> e  $202000 \pm 45802,30$ /mm<sup>3</sup>; leucócitos,  $8712,86 \pm 1616,54$  mm<sup>-3</sup> e  $14971,43 \pm 2297,30$  mm<sup>-3</sup>.

Os valores do hematócrito (Hct), da proteína plasmática total (PPT), do logaritmo negativo da atividade de íons hidrogênio (pH), do íon cloro (Cl<sup>-</sup>), dos íons H<sup>+</sup>, das concentrações de bicarbonato (HCO<sup>3-</sup>), do ânion gap (AG), do excesso/déficit de base (EB), da osmolaridade (Osm), do íon sódio (Na<sup>+</sup>), do íon potássio (K<sup>+</sup>) e do cálcio ionizado (Ca<sup>++</sup>) foram dispostos na Tabela 1. Essa tabela expressou também os resultados obtidos diante da análise estatística T entre os parâmetros obtidos para os animais em repouso e após o exercício físico.

Tabela 1 - Valores das médias e desvios-padrão dos parâmetros obtidos por meio de exame hematológico e avaliação hidroeletrólítica de equinos PSA em repouso e no pós-exercício físico prolongado de enduro.

PARÂMETROS	Repouso	Pós-exercício
	Média ± DPM	Média ± DPM
PESO (Kg)	382,50 ± 24,42*	373,55 ± 25,85*
Hct (%)	37,9±2,5*	45,9±7,0*
PPT (g/dL)	7,06±0,25*	7,60±0,54*
PH	7407,9±23,1	7411,2±31,2
Cl <sup>-</sup> (mmol/L)	100,11± 2,84*	97,46±3,81*
H <sup>+</sup> (mmol/L)	39,14±2,11	38,88±2,89
HCO <sup>3-</sup> (mmol/L)	29,27±1,56*	26,87±2,47*
AG (mmol/L)	11,9±3,4*	16,39±2,078*
EB (mEq/L)	3,8±1,6*	1,91±2,59*
Osm (mOsm/L)	273,36±4,23	273,86±5,26
Na <sup>+</sup> (mmol/L)	137,02± 2,27	137,30±2,8
K <sup>+</sup> (mmol/L)	4,34±0,33*	3,43±0,30*
Ca <sup>++</sup> (mmol/L)	1675,93±114,94*	1532,92±121,73*

Hct= hematócrito, PPT= proteína plasmática total, Cl<sup>-</sup>= íon cloro, HCO<sup>3-</sup>= íon bicarbonato, AG= ânion gap, EB=excesso de bases, Osm= osmolaridade, Na<sup>+</sup>= íon sódio, K<sup>+</sup>= íon potássio, Ca<sup>++</sup>=cálcio ionizado.

A presença do asterisco \* na mesma linha expressa diferença estatisticamente significativa entre os momentos, p<0,05.

Neste estudo, a perda de peso corpóreo foi de aproximadamente 2,2%, com diferença estatística entre M0 e MF, corroborando em parte achados de Filho et al. (2007), mas com perdas discretamente menores que aquelas observadas por Schott II et al. (1997), ou seja, perdas de 3% a 4% em cavalos que realizaram provas de 80 km e 160 km de distância e de Düsterdieck et al. (1999), para cavalos que simularam provas de 60 km em esteira, também com perdas de 3%. Essas perdas poderiam indicar processo de desidratação, visto que, para Kingston et al. (1997), a mensuração da perda de peso corporal seria uma forma confiável de se estimar a perda de fluidos por meio do suor em equinos submetidos a exercícios prolongados. No entanto, esse percentual reduzido indicaria que o exercício realizado não promoveu maiores perdas ou ainda que os animais receberam suplementação com pasta eletrolítica, pois Schott II et al. (1999) e Teixeira-Neto et al. (2004) mencionaram que o fornecimento de eletrólitos em forma de pasta oral hipertônica durante o percurso atenuaria as perdas de peso corporal por induzir o aumento do consumo voluntário de água.

O valor do hematócrito (Hct) apresentou aumento significativo ( $p < 0,001$ ) entre o MF e M0, corroborando achados de Teixeira-Neto (2006) e Robert et al. (2010) em avaliações de equinos durante competições de enduro. Essa modificação poderia ser explicada pela contração esplênica ou pela desidratação. Entretanto, as perdas substanciais de fluidos durante este tipo de atividade teria maior influência na elevação do Hct em função da redução do volume plasmático (KINGSTON, 2004). Mesmo assim, os animais avaliados mantiveram-se com valores de Hct próximos aos fisiológicos ( $39 \pm 5$  %) e ( $43 \pm 4$ %) estabelecidos por Jain (1986) e Rubio et al. (1995), respectivamente, para animais PSA acima de quatro anos de ambos os sexos, o que indicou perda de fluidos por meio da sudação, com a ocorrência do processo de desidratação leve sem interferências no desempenho, revelando que esses animais estavam adaptados ao tipo de esforço realizado.

Para Flamino e Rush (1998), o aumento na concentração das proteínas plasmáticas (PPT) seria indicador preciso da desidratação, sendo mais seguro que o Hct, visto que esse poderia estar influenciado pela contração esplênica decorrente do exercício nesta espécie. Seguindo esse contexto, foi estabelecido que modificações nas concentrações de PPT, especialmente de albuminas, globulinas e fibrinogênio, poderiam ocorrer em consequência do exercício (BAYLY e KLINE,



2006). Em equinos de enduro, isso promoveria aumento em torno de 25% na concentração destas proteínas, devido às perdas de líquidos corporais no suor, efeito que seria reversível, uma vez que o animal fosse hidratado ou tivesse ingerido água. Entretanto, em cavalos de corrida, esse aumento foi de no máximo 15% (BAYLY e KLINE, 2006). Neste estudo, apesar de permanecerem com valores séricos normais, a contagem das PPT dos equinos apresentou um aumento significativo ( $p = 0,002$ ), entre os momentos avaliados, corroborando assim achados de Teixeira-Neto (2006), Filho et al. (2007) e Robert et al. (2010). Ainda neste contexto, foi relatado por Martinez e Ramón-Scaglione (2000) em estudos com equinos PSA que houve aumento progressivo das proteínas plasmáticas ao longo da prova, aumento do Hct e manifestações relativas de fadiga e desidratação, diferindo assim do observado neste estudo, pois a elevação das PPT foi muito discreta, mantendo-se próximas aos valores fisiológicos (5,5-7,5 g/dL) (ROSE e HODGSON, 1994), sobretudo foi inferior aos 25% aceitos por Bayly e Kline (2006).

Embora não tenha se observado diferença estatisticamente significativa entre os dois momentos, o valor do pH aumentou discretamente em MF, o que pode ter ocorrido provavelmente em resposta às perdas de cloro proveniente de sudorese (DI FILIPO et al., 2009), pois, nos animais deste estudo, os valores do íon cloro ( $\text{Cl}^-$ ) diminuíram significativamente ( $p = 0,048$ ) entre as duas avaliações, corroborando Robert et al. (2010) e Viu et al. (2010). No entanto, deve ser ressaltado que permaneceram ainda de acordo com o considerado fisiológico na literatura consultada (94-104mmol/L) (ROSE e HODGSON, 1994) e (95-111mmol/L) (THOMASSIAN, 2005), contradizendo Filho et al. (2007) e Silva et al. (2009), que não observaram alterações. Os primeiros pesquisadores observaram perdas de 12% no suor, já os outros consideraram que o exercício submáximo imposto no experimento não foi suficiente para induzir modificações significativas na dinâmica deste íon. Entretanto, nos animais avaliados, o pH manteve-se dentro dos valores de referência, entre 7,32 e 7,44, conforme descrito por Carlson (1997), sugerindo que as perdas de  $\text{Cl}^-$ , que constitui o ânion mais abundante do fluido extracelular, não foram suficientes para induzir alcalose metabólica hipoclorêmica, que, segundo Johnson (1995), seria uma complicação importante na síndrome de exaustão observada em equinos submetidos a exercício de enduro e também presente em casos de rabdomiólise proveniente de exercício. Além disso, a ocorrência de

hipocloremia decorrente das grandes perdas deste íon no suor, geralmente frequente nesse tipo de exercício, provavelmente resultaria nas menores trocas entre os compartimentos corpóreos comparadas ao  $\text{Na}^+$  (SCHOTT II et al., 1997).

Em relação ao íon  $\text{H}^+$ , não foi observada diferença estatística entre o M0 e o MF, mantendo-se ainda dentro dos valores de referência, em que a concentração de  $\text{H}^+$  variou entre 32 e 44mmol/L no meio extracelular (CARLSON, 1997; THOMASSIAN, 2005). Esse fato explicaria o aumento não significativo do pH, pois a concentração deste íon se expressou de maneira inversamente proporcional às variações do pH, sugerindo que o exercício não foi capaz de modificar o equilíbrio ácido-base de Carlson (1997) ou ainda que os animais estivessem adaptados ao esforço realizado, não desenvolvendo assim hipovolemia decorrente de desidratação capaz de induzir hipóxia tecidual, que por sua vez, aumentaria a biossíntese do ácido lático originário do metabolismo anaeróbico (glicólise), liberando íons  $\text{H}^+$  mais rapidamente do que ele poderia ser oxidado ou reconvertido em glicose ou glicogênio pelo fígado (NAPPERT e JOHNSON, 2001). Outra possibilidade foi a de que, até o momento da avaliação, houve uma resposta respiratória compensatória, que ocorreu por curto período de tempo, mas foi capaz de corrigir distúrbios metabólicos leves (FETTMAN, 2004). Portanto, a análise dos gases sanguíneos seria o método mais adequado para se determinarem tais alterações (DAY, 2002; SILVERMAN e BIRKS, 2002; GOKCE et al., 2004).

Outro parâmetro a ser avaliado em distúrbios metabólicos seria o bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), devido à sua ação na neutralização dos íons  $\text{H}^+$ , ingeridos ou produzidos constantemente pelo metabolismo celular, promovendo alterações compensatórias para manter a eletroneutralidade (LUNA, 1994; NAPPERT e JOHNSON, 2001), podendo haver ainda relação inversa com o íon cloro, ou seja, na alcalose metabólica foi observado aumento do teor de bicarbonato e consequente diminuição da cloremia. Já na acidose o mecanismo foi inverso (JOHNSON, 1995). De outra forma, tal comportamento não foi observado neste estudo, visto que, como os íons cloro, os íons bicarbonato apresentaram redução estatisticamente significativa no MF em relação ao M0, mas com permanência dentro do considerado fisiológico, ou seja,  $29,5 \pm 2,4$ mmol/L (CARLSON, 1976), 24 a 30mmol/L (KINGSTON, 2004; NAVARRO et al., 2010) e 20 e 28mmol/L (THOMASSIAN, 2005), respectivamente. Portanto, sem manifestação de distúrbios metabólicos.

Foi observada diferença estatística com aumento ( $p < 0,001$ ) absoluto, entre as duas avaliações em relação ao AG, representado pela equação:  $AG = (Na^+ + K^+) - (Cl^- + HCO_3^-)$ . Esse parâmetro poderia ser utilizado na ausência de hemogasometria, pois, mesmo não representando a diferença total entre cátions e ânions plasmáticos, por ser o resultado apenas dos íons mensuráveis, teve aplicação no estudo da evolução dos distúrbios do equilíbrio ácido-base, proporcionando melhor avaliação da função renal, o que seria de fundamental importância para a manutenção desse equilíbrio (POLZIN et al., 1982; DI BARTOLA, 2001). A elevação dessa variável, que tem como valores fisiológicos entre 6 e 15mmol/L (THOMASSIAN, 2005), esteve associada à acidose láctica decorrente de exercícios anaeróbios com acúmulo de lactato, à desidratação, à acidose orgânica, à insuficiência renal (retenção de ácidos) e à hipovolemia (CARLSON, 1997). O discreto aumento observado neste estudo ao final do exercício prolongado de enduro apresentou relação inversa com o  $HCO_3^-$ , perfil que foi semelhante ao relatado por Susko (1993) e Costa et al. (2008), e poderia sugerir um grau leve de desidratação com ausência de significância clínica, tendo em vista que os animais analisados foram finalistas.

Quanto ao excesso de base (EB), esta variável indicaria desvio do valor normal do teor de  $HCO_3^-$  (CARLSON, 1989). Nesse contexto, Durward e Murdoch (2003) relatou que Siggaard-Andersen introduziu o conceito de desvio de base (EB) como um meio para quantificar o componente metabólico do distúrbio ácido-base independente da  $PaCO_2$ . Sendo assim, a abordagem do EB tem sido amplamente utilizada para avaliar os distúrbios ácido-base nas espécies animais domésticas, exprimindo diretamente a quantidade de ácido forte (ou base) adicionada por litro de sangue ou plasma, quando o excesso de base médio foi arbitrariamente fixado em zero (CONSTABLE, 2000). Dessa maneira, foi estabelecido para humanos que a variação normal seria de - 2 a + 2mEq/L, em que um valor > 2mEq/l indica alcalose metabólica, enquanto um valor < - 2mEq/l reflete acidose metabólica (CONSTABLE, 2000). Essa mesma variação foi citada por Carlson (1997) e Thomassian (2005) para equinos, embora Mello (2007) tenha considerado -4 a +4mEq/L como o valor normal para essa espécie, ao contrário de Kingston (2004), Navarro et al. (2005) e Viu et al. (2010), que consideraram essa como sendo -6 a +6mEq/L. Entretanto, apesar da ampla utilização do EB na avaliação de distúrbios ácido-base, Constable

(2000) mencionou que os valores calculados não seriam válidos para todas as espécies e que esse erro teria surgido devido a três fatores, primeiramente porque os valores normais para as espécies domésticas violariam a definição original do EB (cão: - 6,6mEq/L, ovelha: + 2,5mEq/L, bovinos: + 3,4mEq/L, suínos: = 6,6 – 7mEq/l); em segundo lugar porque a concentração e o valor tamponante das proteínas plasmáticas e hemoglobina seriam variáveis entre as espécies; e, por fim, devido ao fato do pH sanguíneo e a PaCO<sub>2</sub> dos animais domésticos seriam distintos dos valores para humanos. Sendo assim, dentre os animais avaliados neste estudo, foi observado que a mensuração do EB apresentou diferença estatística ( $p = 0,028$ ), entre os dois momentos, com valores dentro da variação fisiológica citada por Mello (2007), com os valores no M0 similares àqueles obtidos por esse pesquisador no tempo 0, também em equinos hígidos, embora não atletas. Entretanto, os valores diferiram daqueles obtidos por Di Filippo et al. (2009) em animais PSA, tanto em repouso como após o exercício, e também diferentes dos encontrados por Lekeux e Art (1995) e Bayly et al. (1983), ambos em animais puro sangue de corrida, em repouso e após exercício. Em função das variações individuais dos parâmetros que influenciariam na determinação do EB, pode-se sugerir que as divergências entre os autores tenham ocorrido em função das características do tipo de exercício, nível de condicionamento e tipo de nutrição.

A osmolaridade plasmática no equino variou entre 279 e 296 mOsm/Kg (MAGDESIAN, 2004). Já para Verbalis (2003), a osmolaridade foi definida como a concentração de todos os solutos em um dado peso de água. Esse autor sugeriu ainda que sua elevação indicasse deficiência de água relativa aos solutos no fluido extracelular (FEC), devido a água se mover livremente entre o fluido intracelular (FIC) e o FEC. Isso também poderia indicar deficiência de água corpórea total relativa aos solutos corpóreos totais. Ainda para Verbalis (2003), embora o excesso de sódio pudesse causar um estado de hiperosmolaridade secundária à hipernatremia, na grande maioria dos casos, isso foi decorrente da excessiva perda de água associada à diminuição da ingestão de água ou excreção excessiva (sudação, diarreia e refluxo). Nesse estudo, a mensuração da Osm não apresentou diferença estatística entre o M0 e o MF, acompanhando o comportamento do sódio, visto que esse cátion seria o principal regulador dessa variável no organismo (MARLIN et al., 1998), corroborando assim achados de Silva et al. (2009). Tal

achado poderia sugerir que as perdas de fluidos através da sudorese não foram significativas para influenciar esse parâmetro.

Com relação ao íon sódio, não houve diferença estatística significativa entre os dois momentos, mantendo-se dentro dos valores fisiológicos (135-145mmol/L) (FRIED e PALEVSKY, 1997; ROSE e POST, 2001) e (132-155mmol/L) (THOMASSIAN, 2005), respectivamente, semelhante às afirmações de Martínez e Ramón-Scaglione (2000), Aguilera-Tejero et al. (2000) Lacerda-Neto et al. (2003), Teixeira-Neto et al. (2004) e Di Filippo et al. (2009), considerando que as concentrações sanguíneas deste íon geralmente não se alteram durante o exercício, seja máximo, seja submáximo, afirmativa que, por sua vez, foi confirmada por achados de Filho et al. (2007), quando consideraram ineficaz a determinação deste íon a partir de medidas plasmáticas, pois em seu estudo foram observadas perdas de aproximadamente 8% quando se avaliou o suor. Já Fernandes e Larsson (2000) e Silva et al. (2009) verificaram elevação nos níveis de sódio séricos 30 minutos após o término do exercício, o que, segundo Leaf (1962), seria decorrente da redução de fluido extracelular resultando em elevação das concentrações plasmáticas ou devido à rápida mobilização de sódio no intuito de promover a manutenção do equilíbrio osmótico ainda durante o exercício, conforme relatou Oosterbaan et al. (1991). Para Carlson (1987), a concentração plasmática desse íon pode estar elevada, diminuída ou inalterada dependendo da ingestão hídrica. Essa teoria foi confirmada em estudos de Hess et al. (2005), que observaram reduções plasmáticas de Na<sup>+</sup> proveniente de perdas por meio da sudorese associada à ingestão voluntária de grandes volumes de água.

Foi possível verificar que o K<sup>+</sup> apresentou diferença estatística (p <0,001), com redução da concentração plasmática após o exercício, corroborando avaliações de Filho et al. (2007), pois esse íon foi liberado no plasma pelos miócitos durante exercícios intensos e, na fase inicial, nos exercícios de resistência, aumentando sua concentração plasmática, que, ao final, se encontrou diminuída quando comparada aos valores basais em função das perdas desse eletrólito através da sudorese, seu retorno aos miócitos e excreção renal (WILLIANSON, 1974; LUCKE e HALL, 1978; ROSE et al., 1980; SNOW et al., 1982; ROSE et al., 1983; KINGSTON e BAYLY, 1998 e HESS et al., 2005). Os valores de potássio menores que 2,5mmol/L podem gerar fraqueza, diminuição da motilidade intestinal, íleo paralítico e até mesmo

promover alterações no traçado eletrocardiográfico (DAY, 2002). Entretanto, nos animais avaliados, os valores permaneceram com concentração sérica dentro dos valores considerados fisiológicos para o equino (3,0-5,0mmol/l) (SEAHORN e SEAHORN, 2003).

Seahorn e Seahorn (2003) sugeriram que o cálcio ionizável ( $\text{Ca}^{++}$ ) seria a forma biologicamente ativa do cálcio, correspondendo a mais de 50% do cálcio no sangue sob condições normais, sendo, portanto, o melhor indicador do metabolismo do cálcio, em comparação à concentração de  $\text{Ca}^+$ . A variação normal da concentração sérica do  $\text{Ca}^{++}$  é 1,54 a 1,69 mmol/l (BERLIN e AROCH, 2009). Já os valores séricos neste estudo foram semelhantes aos descritos na literatura consultada e, assim como a variável anterior, o  $\text{Ca}^{++}$  também apresentou diferença estatística ( $p = 0,004$ ), com valores menores no MF semelhante aos achados de Di Filippo et al. (2009), que tiveram como provável origem a perda no suor (SCHOTT II e HINCHLIFF, 1993), embora Deldar et al. (1982) tenham mencionado que sua concentração no suor seria baixa. Outra explicação que justificaria essa redução seria o movimento do cálcio para o meio intracelular permitindo a contração muscular durante o exercício, pois segundo McConaghy (1994), o cálcio liga-se com a molécula de troponina visando à ativação actina - miosina, sendo assim a contração muscular a sua principal função durante o exercício (McKEEVER, 2004).

## **CONCLUSÃO**

Foi possível concluir com este estudo que a metodologia empregada constituiu um meio de avaliação do condicionamento com boa acurácia e de simples realização. Os resultados revelaram aumento significativo nos valores do Hct, das PPT e do AG, sugerindo discreto grau de desidratação compatível com a perda de fluidos e de eletrólitos por meio da sudorese característica nesse tipo de atividade. Tais perdas resultaram em reduções significativas dos íons  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ , assim como do EB. Entretanto, mantiveram-se dentro dos valores de referência citados na literatura consultada. Já o pH e o íon  $\text{H}^+$  quase não se alteraram, indicando ausência de distúrbios metabólicos. Pode-se considerar que os animais avaliados não tenham sofrido perdas suficientes para o desenvolvimento de

desequilíbrios metabólicos que induzissem manifestações clínicas que comprometessem o desempenho atlético, tendo em vista que foram finalistas.

Contudo, pode-se sugerir que os animais estavam adaptados ao tipo de exercício a que foram submetidos e ainda que a suplementação, através do fornecimento de forragem, de soluções eletrolíticas e de água durante o percurso, contribuiu para minimizar tais perdas.

## REFERÊNCIAS

- AGUILERA-TEJERO, E., ESTEPA, J.C., LÓPEZ, I., BAS, S., MAYER-VALOR, R., RODRÍGUEZ, M. Quantitative analysis of acid base balance in show jumpers before and after exercise. **Research in Veterinary Science**, v. 68, p. 103-108, 2000.
- BAYLY, W.M., KLINE, K.A. Hematología y bioquímica. In: BOFFI, F.M. **Fisiología del ejercicio en equinos**. Buenos Aires: Inter-médica. 2006. cap. 10, p. 145-151.
- BAYLY, W.M., GRANT, B.D., BREEZE, R.G., KRAMER, J.W. The effects of maximal exercise on acid-base balance and arterial blood gas tension in thoroughbred horses. In: SNOW, D.H., PERSSON, S.G., ROSE, J.R. **Equine Exercise Physiology** Cambridge: Granta Editions. 1983, p. 400-407.
- BERLIN, D., AROCH, I. Concentrations of ionized and total magnesium and calcium in healthy horses: Effects of age, pregnancy, lactation, pH and sample type. **The Veterinary Journal**, London, v. 181, n. 3, p. 305-311, 2009.
- CARLSON, G.P. Thermoregulation and fluid balance in the exercising horse. In: SNOW, D.H., PERSON, S.G.B., ROSE, R.J. **Equine exercise physiology**. Cambridge: Granta Editions, 1983. p. 275-309.
- CARLSON, G.P. Fluid, electrolyte, and acid-base balance. In: KANEKO, J.J., HARVEY, J.W., BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 4. ed. San Diego: Academic, 1989. Cap. 18, p. 543-572.
- CARLSON, G.P. Fluid, electrolyte, and acid-base balance. In: KANEKO, J.J., HARVEY, J.W., BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5. ed. San Diego: Academic, 1997. p. 485-516.
- CARLSON, G.P., NELSON, T. Exercise – related muscle problems in endurance horses. In: 22 nd ANNUAL CONVENTION OF AMERICAM ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS. **Proceedings**...Dallas, Texas, 1976, p. 223.
- COENEN, M. Exercise and stress: impact on adaptive processes involving water and electrolytes. **Livestock Production Science**, v. 92, p. 131-145, 2005.
- CONSTABLE, P.D. Clinical assessment of acid-base status: comparison of the Henderson-Hasselbalch and strong ion approaches. **Veterinary Clinical Pathology**, v. 29, n. 4, p. 115-128, 2000.
- COSTA, N.S., RIBEIRO, G., DÓRIA, R.G.S., CANOLA, P.A., SILVA, P.C., JORGE, R.L.N., FAGLIARI, J.J. Hemograma e hemogasometria de equinos submetidos à obstrução experimental de jejuno. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 6, p. 1367-1374, 2008.
- DAY, T.K. Blood gas analysis. **The Veterinary Clinics of North American: Small Animal Practice**, v. 32, p. 1031-1048, 2002.



DELDAR, A., FREGIN, F.G., BLOOM, J.C., DAVANIPOUR, Z. Change in selected biochemical constituents of blood collected from horses participating in a 50-mile endurance ride. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v. 43, p. 2239-2243, 1982.

DI BARTOLA, S.P. Interpretation of metabolic acid base disturbances using the routine serum biochemical profile. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, Tisbury, v. 3, p. 189-191, 2001.

DI FILIPPO, P.A., GOMIDE, L.M.W., OROZCO, C.A.G., GIANNOCARO, M.A., MARTINS, C.B., LACERDA-NETO, J.C., SANTANA, A.E. Alterações hemogasométricas e hidroeletrólíticas de cavalos da raça árabe durante prova de enduro de 60 km. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, p. 840-846, 2009.

DURWARD, A., MURDOCH, I. Understanding acid-base balance. **Current Paediatrics**, v. 13, n. 4, p. 513-519, 2003.

DÜSTERDIECK, K.F., SCHOTT II, H.C., EBERHART, S.W., WOODY, K.A., COENEN, M. Electrolyte and glycerol supplementation improve water intake by horses performing a simulated 60 km endurance ride. **Equine Veterinary Journal Supplement**, New Market, v. 30, p. 418-424, 1999.

FAN, L.C.R., LOPES, S.T.A., COSTA, P.R.S., KRAUSE, A., DUTRA, V., CARVALHO, C.B. Anion gap no sangue venoso de equinos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, p. 101-104, 1994.

FERNANDES, W.R., LARSSON, M.H.M.A. Alterações nas concentrações séricas de glicose, sódio, potássio, uréia e creatinina, em equinos submetidos a provas de enduro de 30 km com velocidade controlada. **Ciência Rural**, v. 30, p. 393-398, 2000.

FETTMAN, M.J. Fluid and electrolyte metabolism. In: THRALL, M.A., BAKER, D.C., CAMPBELL, T.W., LASSEN, E.D., DeNICOLA, D.B., REBAR, A., FETTMAN, M.J., WEISER, G. **Veterinary hematology and clinical chemistry**. Philadelphia: Lippincott Williams e Wilkins, p. 329-355, 2004.

FILHO, J.N.P.P., NETO, T.L.B., RODRIGUES, P.H.M., GARCIA, H.P.L. Parâmetros fisiológicos do desempenho de cavalos de alta performance hidratados voluntariamente com água ou solução isotônica contendo carboidrato. **Brazilian Journal of Veterinary Research animal Science**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 122-131, 2007.

FLAMINO, M.J.B.F., RUSH, B.R. Fluid and electrolytes balance in endurance horses. In: Fluids and Electrolytes in Athletic Horses. **The Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 14, p. 147-157, 1998.

FRIED, L.F., PALEVSKY, P.M. Hyponatremia and hypernatremia. **Medical Clinics North American**, v. 81, n. 3, p. 585-609, 1997.

GOKCE, G., CITIL, M., GUNES, V., ATALAN, G. Effect of time delay and storage temperature on blood gas acid-base values of bovine venous blood. **Research in Veterinary Science**, London, v. 76, p. 121-127, 2004.

HESS, T.M., KRONFELD, D.S., WILLIAMS, C.A., WALDRON, J.N., GRAHAM-THIERS, P.M., GREIWE-CRANDELL, K., LOPES, M.A., HARRIS, M.A. Effects of oral potassium supplementation on acide-base status and plasma ion concentrations of horses during endurance exercise. **American Journal of Veterinary Research**, v. 66, p. 466-473, 2005.

HINCHCLIFF, K.W., Fluids and electrolytes in athletic horses. **The Veterinary Clinics of North American: Equine Practice**, Saunders Company, Philadelphia, v. 14, n. 1, p. 225, 1998.

HINTON, M. Long distance horse riding and the dehydration and rhabdomyolysis. **Annual Report / Centre for Tropical Veterinary Medicine**, Edinburgh, v. 17, p. 136-141, 1977.

HINTON, M. The biochemical and clinical of exhaustion in the horse. **Annual Report /Centre for Tropical Veterinary Medicine**, Edinburgh, v. 18, p. 169-172, 1978.

JAIN, N.C. **Schalm's veterinary hematology**. 4. ed. Philadelphia: Lea e Febiger, 1986. 1221p.

JOHNSON, P.J. Electrolyte and acid-base disturbances in the horse. **The Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, Philadelphia, v. 11, n. 3, p. 491-514, 1995.

KINGSTON, J.K., BAYLY, W. Effect of exercise on acid-base status of horses. In Fluids and Electrolytes in Athletic Horses. **The Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, Philadelphia, v. 14, p. 61-73, 1998.

KINGSTON, J.K., GEOR, R.J., McCUTCHEON, L.J. Use of dew point hygrometry, direct sweat collection and measurement of body water losses to determine sweating rates in exercising horses **Equine Veterinary Journal Supplement**, New Market, v. 22, p. 108-113, 1997.

KINGSTON, J.K. Hematologic and serum biochemical responses to exercise and training. In: HINCHCLIFF, K.W.; KANEPS, A.J.; GEOR, R.J. (Ed.) **Equine sports medicine and surgery**. Basic and clinical Sciences of the equine athlete. Saunders Co.,p. 939-948, 2004.

KRONFELD, D.S. Body fluids and exercise: Physiological responses (part I). **Journal of Equine Veterinary Science**, Wildomar, v. 21, n. 7, p. 312-322, 2001.

LACERDA-NETO, J.C., SAMPAIO, R.C.L., FERRAZ, G.C., TEIXEIRA-NETO, A.R., PEREIRA, D.M., TITTO, E.A.L., CARVALHO, M.B., QUEIROZ-NETO, A. Efeitos do resfriamento intermitente e de repositor eletrolítico sobre a osmolalidade e eletrólitos séricos de equinos submetidos a exercício de baixa intensidade. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 98, p. 189-195, 2003.

LEAF, A. The clinical and physiologic significance of the serum sodium concentration. **New England Journal of Medicine**, v. 267, p. 24-30, 1962.

LEKEUX, P., ART, T. The respiratory system: anatomy, physiology, and adaptations to exercise and training. In: HODGSON, D.R.; ROSE, R.J. **The athletic horse**. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1994. cap. 6, p. 81-127.

LUCKE, J.N., HALL, G.M. Biochemical changes in horses during a 50-mile endurance ride. **Vet Rec**, v. 102, n. 16, p. 356-358, 1978.

LUNA, S.P.L. Interpretação de exames laboratoriais. Diagnóstico em cólica eqüina. In: FORUM DE GASTROENTEROLOGIA EQUINA, I., 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba CBCAV, 1994. p. 38-48.

MAGDESIAN, K.G. Monitoring the critically ill equine patient. **The Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 20, n. 1, p. 11-39, 2004.

MANSMANN, R.A., CARLSON, G.P., WHITE, N.A., MILNE, D.N. Synchronous diaphragmatic flutter in the horse. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 165, p. 265-270, 1974.

MARLIN, D.J. et al. Rehydration following exercise: effects of administration of water versus anisotonic oral rehydration solution (ors). **The Veterinary Journal**, v. 156, p. 41-49 1998.

MARTÍNEZ, P., RAMÓN-SCAGLIONE, M.M.C. Cambios sanguíneos y sudorales em equinos sometidos a carreras de resistencia. **Avances en Ciencias Veterinarias**, v. 15, p. 19-30, 2000.

McCONAGHY, F. Thermoregulation. In: HODGSON, D.R; ROSE, R.J. **The Athletic horse: principles and practice of equine sport medicine**. Philadelphia: W.B Saunders, 1994. p. 181-202.

MCKEEVER, K.H. Physiology of body fluids in the equine athlete. In: HINCHCLIFF, K.W.; KANEPS, A.J.; GEOR, R.J. (Ed.) **Equine sports medicine and surgery**. Basic and clinical Sciences of the equine athlete. Saunders Co., p. 853-871, 2004.

McCUTCHEON, L.J., GEOR, R.J., Influence of training-associated thermoregulatory adaptations on sweating rate and sweat composition in Thoroughbred horses. **Journal Sports Science**, London, v. 14, p. 347, 1996.

MELO, U.P. **Enema em equinos saudáveis: avaliação clínica e laboratorial**. 2007. 119 p. Dissertação (Mestrado em Clínica e Cirurgia Veterinária) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

NAVARRO, M., MONREAL, I., SEGURA, D., ARMENGOU, L., AÑOR, S. A comparison of traditional and quantitative analysis of acid-base and electrolyte imbalances in horses with gastrointestinal disorders. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 19, p. 871-877, 2005.

NAPPERT, G., JOHNSON, P. Determination of the acid-base status in 50 horses admitted with colic between December 1998 and May 1999. **Canine Veterinary Journal**, v. 42, p. 703-707, 2001.

OOSTERBAAN, M.M.S.O., WENSING, T., BARNEVELD, A., BREUKINK, H.J. Heart rate, blood biochemistry and performance of horses competing in a 100 km endurance ride. **Vet Rec**, v. 128, n. 8, p.175-179, 1991.

POLZIN, D.J., STEVENS, J.B., OSBORNE, C.A. Clinical application of the anion gap in evaluation of acid-base disorders in dogs. **The Compendium Collection**, Newmarket, v. 4, p. 15-26, 1982.

RIBEIRO, C.R., MARTINS, E.A., RIBAS, J.A., GERMINARO, A. Avaliação de constituintes séricos em eqüinos e muares submetidos à prova de resistência de 76 km, no pantanal do Mato Grosso, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 1081-1086, 2004.

ROBERT, C., GOACHET, A.G., FRAIPONT, A., VOTION, D.M., VAN ERCK, E., LECLERC, J.L. Hydration and electrolyte balance in horses during an endurance season. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 38, p. 98-104, 2010.

ROSE, R.J., ALLEN, J.R., HODGSON, D.R., STEWART, J.H., CHAN, W. Responses to submaximal treadmill exercise and training in the horse: changes in haematology, arterial blood gas and acid base measurements, plasma biochemical values and heart rate. **Vet Rec**, v. 113, n. 26-27, p. 612-618, 1983.

ROSE, J.R., ARNOLD, K.S., CHURCH, S., PARIS, R. Plasma and sweat electrolyte concentrations in the horse during long distance exercise. **Equine Veterinary Journal**, v. 12, n. 1, p. 19-22, 1980.

ROSE, R.J., HODGSON, D. R. Clinical exercise testing. In: HODGSON, D. R., ROSE, R.J. – **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**. Philadelphia: W. B. Saunders Company, p. 245-257, 1994.

ROSE B.D., POST, T.W. **Clinical physiology of acid-base and electrolyte disorders**. 5 ed. New York: McGraw-Hill, 2001.

RUBIO, M.D., MUÑOZ, A., SANTISTEBAN, R., CATEJÓN, F.M. Comparative hematological study of two breeds of foals (Andalusian and Arab) subjected to exercise of progressive intensity. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 57, p.311-315, 1995.

SCHOTT II, H.C., McGLADE, K.S., MOLANDER, H.A., LEROUX, A.J., HINES, M.T. Body weight, fluid, electrolyte and hormonal changes in horses competing in 50 and 100 mile endurance rides. **American Journal Veterinary Research**, v. 58, p. 303-309, 1997.

SCHOTT II, H.C., DÜSTERDIECK, K.F., EBERHART, S.W., WOODY, K.A., REFSAL, K.R., COENEN, M. Effects of electrolyte and glycerol supplementation on

recovery from endurance exercise. *Equine Exercise Physiology* 5. **Equine Veterinary Journal Supplement**, Newmarket, v. 30, p. 384-393, 1999.

SCHOTT II, H.C., HINCHCLIFF, K.W. Fluids, electrolytes, and bicarbonate. **The Veterinary Clinics of North America Equine Practice**, Philadelphia, v. 9, n. 3, p. 577- 604, 1993.

SCOTH II, H.C., MARLIN, D.J., GEOR, R.J., HOLBROOKS, T.C., DEATON, C.M., VICENT, T., DACREY, K., SCHROTER, R.C., JOSE-CUNILLERAS, E., CORNELISSE, C.J. Changes in selected physiological and laboratory measurements in elite horses competing in a 160 km endurance ride. **Equine Veterinary Journal Supplement**, Newmarket, v. 36, p. 37-42, 2006.

SEAHORN, J.L., SEAHORN, T.L. Fluid therapy in horses with gastrointestinal disease. **The Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 19, n. 3, p. 665-679, 2003.

SILVA, M.A.G., MARTINS, C.B., GOMIDE, L.M.W., ALBERNAZ, R.M., QUEIROZ-NETO, A. LACERDO-NETO, J.C. Determinação de eletrólitos, gases sanguíneos, osmolalidade, hematócrito, hemoglobina, base titulável e anion gap no sangue venoso de equinos destreinados submetidos a exercício máximo e submáximo em esteira rolante silva. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 5, p. 1021-1027, 2009.

SILVERMAN, S.C.; BIRKS, E.K. Evaluation of the i-STAT hand-held chemical analyser during treadmill and endurance exercise. **Equine Veterinary Journal**, Newmarket, v. 34, p. 551-554, 2002.

SNOW, D.H., KERR, M.G., NIMMO, M.A., ABBOTT, E.M. Alterations in blood, sweat, urine and muscle composition during prolonged exercise in the horse. **Vet Rec**, v. 110, n. 16, p. 377-384, 1982.

SUSKO, I. **Modelo experimental de obstrução do terço médio do jejuno em eqüinos: avaliações clínicas, hematológicas, bioquímicas, hidroeletrólíticas do equilíbrio ácido-básico e anátomo-patológicas**. 1993. 204f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu

TEIXEIRA-NETO, A.R., FERRAZ, G.C., MATAQUEIRO, M.I., LACERDA-NETO, J.C., QUEIROZ-NETO, A. Reposição eletrolítica sobre variáveis fisiológicas de cavalos em provas de enduro de 30 e 60 Km. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1505-1511, 2004.

TEIXEIRA-NETO, A.R. **Variáveis fisiológicas e estresse oxidativo de eqüinos durante campeonato de enduro**. 2006. 84f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Curso de Pós graduação em Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal.

THOMASSIAN, A. **Enfermidade dos cavalos**. 4. ed. São Paulo: Livraria Varela LTDA, 2005. 65 p.

VERBALIS, J.G. Disorders of body water homeostasis. **Best Practice 96 Research Clinical Endocrinology e Metabolism**. vol. 17, n. 4, p. 471–503, 2003.

VIU, J., JOSE-CUNILLERAS, E., ARMENGOU, L., CESARINI, C., TARACÓN, I., RIOS, J., MONREAL, L. Acid-base imbalances during a 120 km endurance race compared by traditional and simplified strong ion difference methods. **Equine Veterinary Journal Supplement**, Newmarket, v. 38, p. 76-82, 2010.

WILLIAMSON, H.M. Normal and abnormal electrolyte levels in the racing horse and their effect on performance. **Journal South African Veterinary Association**, v. 45, n. 4, p. 335-340, 1974.

## CAPÍTULO V

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em face dos achados e do desenvolvimento do presente trabalho, verificou-se que a metodologia de avaliação utilizada neste estudo foi de simples realização, de baixo custo e bem tolerado pelos animais. Portanto, as avaliações eletrocardiográficas e o monitoramento do equilíbrio hidroeletrólítico e ácido base, caracterizaram-se como métodos auxiliares não invasivos na avaliação das modificações adaptativas cardiovasculares e metabólicas de cavalos atletas diante do esforço a que foram submetidos, assim como no monitoramento do condicionamento físico.

Foi possível concluir ainda que o eletrocardiograma, além de diagnosticar distúrbios de condução e arritmias comprometedoras do desempenho, foi capaz de monitorar os estágios da resposta fisiológica do exercício de enduro, bem como de estabelecer as fases da fadiga miocárdica e hipovolemia, indicando as possíveis e determinantes modificações da câmara cardíaca secundária ao treinamento. De outra forma, a avaliação hidroeletrólítica contribuiu para o acompanhamento e estabelecimento das alterações do equilíbrio ácido-base e dos eletrólitos expressos sob a influência do exercício, possibilitando o estabelecimento mensurável da acentuada perda hídrica característica do exercício de enduro. Com isso, pôde-se determinar também a eficácia do treinamento, da nutrição e da suplementação durante o percurso das provas de enduro equestre. Direcionando assim o delineamento e a quantificação das possíveis e prováveis reposições hídricas e eletrólíticas.

Pôde-se sugerir que é de grande valia a utilização destes métodos de avaliação de forma individualizada em cada animal atleta a partir de sua seleção desde o início do treinamento, permitindo o acompanhamento da eficácia e das modificações induzidas pelo exercício de enduro. Pode-se, de acordo com este estudo e com a realização de outros que avaliem a influência das perdas eletrólíticas específicas em relação à função cardiovascular, demonstrar a otimização da utilização do exame eletrocardiográfico em animais de alto desempenho.

## Parâmetros eletrocardiográficos de equinos Puro Sangue Árabe submetidos a exercício prolongado de enduro

### Electrocardiographic parameters of Arabian horses submitted to prolonged exercise of endurance

Cinthia Beatriz da Silva Dumont<sup>\*</sup> Ceci Ribeiro Leite<sup>1</sup> Júlia Miranda de Moraes<sup>II</sup>  
Rosângela de Oliveira Alves<sup>II</sup> Roberta de Ferro Godoy<sup>1</sup> Eduardo Maurício Mendes de Lima<sup>1</sup>

#### RESUMO

Foram estabelecidos os parâmetros eletrocardiográficos de 20 equinos Puro Sangue Árabe em repouso e após exercício prolongado de enduro. A frequência cardíaca média foi de 35,85bpm em repouso, com predominância do ritmo sinusal, e de 53,78bpm, com taquicardia sinusal após o exercício. Como variação fisiológica, observou-se marcapasso migratório, e como não fisiológica, complexo ventricular prematuro. No pós-exercício, ocorreu aumento da amplitude das ondas P, R, S e T, com onda P tendendo a se tornar única em 35% dos animais e bifida positiva em 65%, e a onda T monofásica positiva. Houve redução da duração das ondas, dos intervalos e dos segmentos, e alongamento do QTc; porém, o complexo QRS quase não se alterou. O eixo elétrico, no plano frontal, apresentou desvios à direita e à esquerda em repouso sugestivo de aumento de câmara e hipertrofia secundárias ao treinamento, ao passo que, após o exercício, demonstrou desvio extremo para a direita, indicando alterações eletrolíticas. O escore cardíaco médio foi de 128,45ms, o que caracteriza os animais como atletas, sendo reduzido a 118,60ms após o exercício.

**Palavras-chave:** eletrocardiograma, equino, fisiologia do esforço, enduro.

#### ABSTRACT

Electrocardiographic parameters of 20 Thoroughbred Arabian horses were established at rest and after prolonged endurance exercise. The mean heart rate was 35.85bpm at rest with predominant sinus rhythm, and 53.78bpm with sinus tachycardia after exercise. As physiological variation, wandering pacemaker was observed, and as non physiological, premature ventricular complex was noted. At post-exercise there was an increase of the amplitude of waves

P, R, S and T, with P wave tending to become single in 35% of the animals and bifid positive in 65%, and with monophasic positive T wave. There was a reduction in the duration of the waves, intervals and segments, and elongation of QTc, but the QRS complex hardly changed. The electrical axis in the frontal plane showed deviations to the right and to the left at rest, suggesting chamber enlargement and hypertrophy secondary to training, while after the exercise it showed extreme deviation to the right, indicating electrolyte imbalances. The average heart score was 128.45ms, which features the animals as athletes, being reduced to 118.60ms after exercise.

**Key words:** electrocardiogram, equine, physiology of stress, endurance.

#### INTRODUÇÃO

O cavalo é considerado o principal atleta entre os mamíferos, em função da máxima captação de oxigênio relativo à massa corpórea (YOUNG, 2003). Desenvolveu força e velocidade, permitindo seu emprego no enduro equestre, uma atividade esportiva predominantemente aeróbica de intensidade variável e esforço prolongado (DINIZ, 2006).

O exercício de enduro aumenta a carga de trabalho cardíaco e pode causar lesão miocárdica, agravada por distúrbios metabólicos (YOUNG, 2003) devido à perda de eletrólitos e fluidos (HOLBROOK et al., 2006). Assim, MUÑOZ et al. (1995) sugeriram que a avaliação cardiovascular deveria ser mais utilizada para outros fins além das afecções.

<sup>1</sup>Instituto Central de Ciências (ICC), Universidade de Brasília (UnB), Ala Sul, Campus Darcy Ribeiro, CP 4508, 70760-701, Brasília, DF, Brasil. E-mail: biavet05@gmail.com. \*Autor para correspondência

<sup>II</sup>Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, GO, Brasil.



Nesse contexto, a eletrocardiografia tenta quantificar o treinamento e o desempenho atlético, por meio da determinação do escore cardíaco, além de estimar a massa cardíaca (MUÑOZ et al., 1995; YOUNG, 2003; LIGHTOWLER et al., 2004; ANDRADE et al., 2006; JOSE-CUNILLERAS et al., 2006; DINIZ et al., 2008; DOJANA et al., 2008). Desde que associado a exame cardiovascular criterioso, o eletrocardiograma (ECG) auxilia no diagnóstico de distúrbios de formação e condução do impulso elétrico por meio do coração e na avaliação da evolução de doenças cardíacas (WHITE II & RHODE, 1974). Outra contribuição importante, sugerida por BABUSCI & LÓPEZ (2006), é a possibilidade de detecção de distúrbios eletrolíticos.

STEWART (1981) e ILLERA & ILLERA (1987), em cavalos de corrida e de enduro, respectivamente, verificaram que o ECG foi eficaz na avaliação do desempenho, assim como na monitoração do treinamento. NIELSEN & VIBE-PETERSEN (1980) observaram relação entre a duração do complexo QRS e o desempenho de cavalos nas corridas. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo retratar o comportamento dos parâmetros eletrocardiográficos de equinos da raça Puro Sangue Árabe submetidos a exercício prolongado de enduro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 20 equinos, 12 machos e oito fêmeas, da raça Puro Sangue Árabe (PSA), de seis a 12 anos de idade, com higidez comprovada por meio de exame físico e hemograma completo, submetidos a treinamento para enduro por no mínimo quatro anos, sendo participantes e finalistas de provas de velocidade livre curta B com distância de 90km durante campeonato regional da Federação Hípica de Brasília. As provas ocorreram durante os meses de julho, agosto, outubro e dezembro de 2009, englobando, assim, período seco com umidade relativa do ar de aproximadamente de 43% (abril-setembro) e no período chuvoso com umidade relativa do ar de cerca de 57% (outubro-março), e para os dois períodos a temperatura média foi de 25°C.

Os traçados eletrocardiográficos foram obtidos durante 60 segundos utilizando-se o aparelho C10 TEB, sistema composto por eletrocardiógrafo digital de 12 canais e *software* ECGPC Veterinário versão 2.27. Foram registradas as derivações bipolares I, II e III e unipolares aumentadas aVR, aVF e aVL. A disposição dos eletrodos seguiu o sistema de derivação bipolar ápice-base, conforme PATTESON (1996), sendo fixados à pele por meio de condutores metálicos e umedecidos com álcool.

Foi promovida uma avaliação em repouso (M0) e outra imediatamente após a avaliação veterinária oficial (*vet check*) (MF). A avaliação no M0 ocorreu no próprio haras, em posição ortostática, com os membros paralelos entre si, em piso de cimento, todos com ferradura e sem tranquilização. Foram realizados exames físico, hematológico e mensuração do peso corpóreo por meio de fita de peso. A avaliação no MF seguiu o mesmo protocolo no local de realização da prova, ao término do último anel da competição, dentro de cinco minutos após a inspeção do *vet check*.

Nos diferentes momentos, foram determinados a frequência cardíaca e o ritmo e também foram realizadas análise morfológica de todo o traçado e análise sistemática, com derivação bipolar II, em velocidade de 25mm s<sup>-1</sup> e sensibilidade de 1mV=1cm, sendo calculados a duração da onda P, do intervalo PR e do complexo QRS e o intervalo QT. Também foram realizados o nivelamento do segmento ST e valor do QTc, conforme proposto por SEVESTRE (1982), e a amplitude das ondas P, R, S e T positivas, negativas e bifásicas.

O eixo elétrico médio no plano frontal foi calculado avaliando-se o comportamento do complexo QRS na derivações bipolar I e unipolares aumentada aVF por meio da intersecção de suas amplitudes, da mesma forma que WHITE II & RHODE (1974) e FERNANDES et al. (2004). O escore cardíaco foi determinado de acordo com o sugerido por STELL & STEWART (1974), STEWART (1981), PICCIONE et al. (2003), ANDRADE et al. (2006), BOFFI (2006) e DINIZ (2006), calculando-se a média aritmética do complexo QRS, incluindo as três derivações bipolares I, II e III, .

Para avaliação dos dados, aplicou-se teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov e a partir de então estes foram submetidos à análise por meio do teste "T" pareado, com nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados da avaliação física e hematológica, foram observados os seguintes valores, em repouso e após o exercício, respectivamente: frequência cardíaca (FC), 35,85±7,05bpm e 53,78±10,35bpm; temperatura retal, 34,8±8,5°C e 37,99±0,7°C; peso, 382,50±24,72kg e 373,55±25,85kg; hematócrito, 37,3±3,25% e 45,6±6,9%; proteína plasmática total, 7,24±0,4g dL<sup>-1</sup> e 7,5±0,6g dL<sup>-1</sup>; plaquetas, 164.347,83±53.047,67mm<sup>-3</sup> e 204.800±45448,90mm<sup>-3</sup>; e leucócitos 8.521,74±1.592,41mm<sup>-3</sup> e 15.026,67±2.224,05mm<sup>-3</sup>.

A perda de peso corpóreo foi de 2,4%, com diferença estatística entre M0 e MF, estando próximo

ao valor encontrado por SCHOTT et al. (1997) em cavalos que haviam realizado provas de 80 e 160km de distância, com perdas de 3 ou 4% e de DÜSTERDIECK et al. (1999), simulando provas de 60km em esteira, também com perdas de 3%. Contudo, essas perdas indicariam um processo de desidratação, visto que, para KINGSTON et al. (1997), a mensuração da perda de peso corporal seria uma forma confiável de se estimar a perda de fluidos por meio do suor em equinos submetidos a exercícios prolongados.

A FC, em M0, esteve dentro da faixa de normalidade de 22 a 45bpm (Tabela 1), conforme FREGIN (1982), para equinos adultos em repouso, corroborando FERNANDES (1994), que encontrou média de 39,3bpm em cavalos da raça Árabe de enduro, 49bpm em Mangalargas e 51bpm em animais mestiços. De outra forma, DINIZ (2006) mencionou média de 51bpm em cavalos de salto. Neste estudo, observou-se menor FC, sugerindo que tal característica ocorreu em função da adaptação cardíaca e vascular em decorrência do treinamento.

Houve predomínio de ritmo sinusal em 90% dos animais (Figura 1A) em M0, coincidindo com FERNANDES et al. (2004) e DINIZ et al. (2008), o que corroborou PATTESON (1996), que o considerou como ritmo fisiológico. De outra forma, um dos animais (5%) apresentou bradicardia sinusal (Figura 1B), caracterizada como fisiológica em virtude da elevação da atividade parassimpática em repouso (PATTESON,

1996) e considerada transitória na maioria dos equinos monitorados por holter, conforme RAEKALLIO (1992).

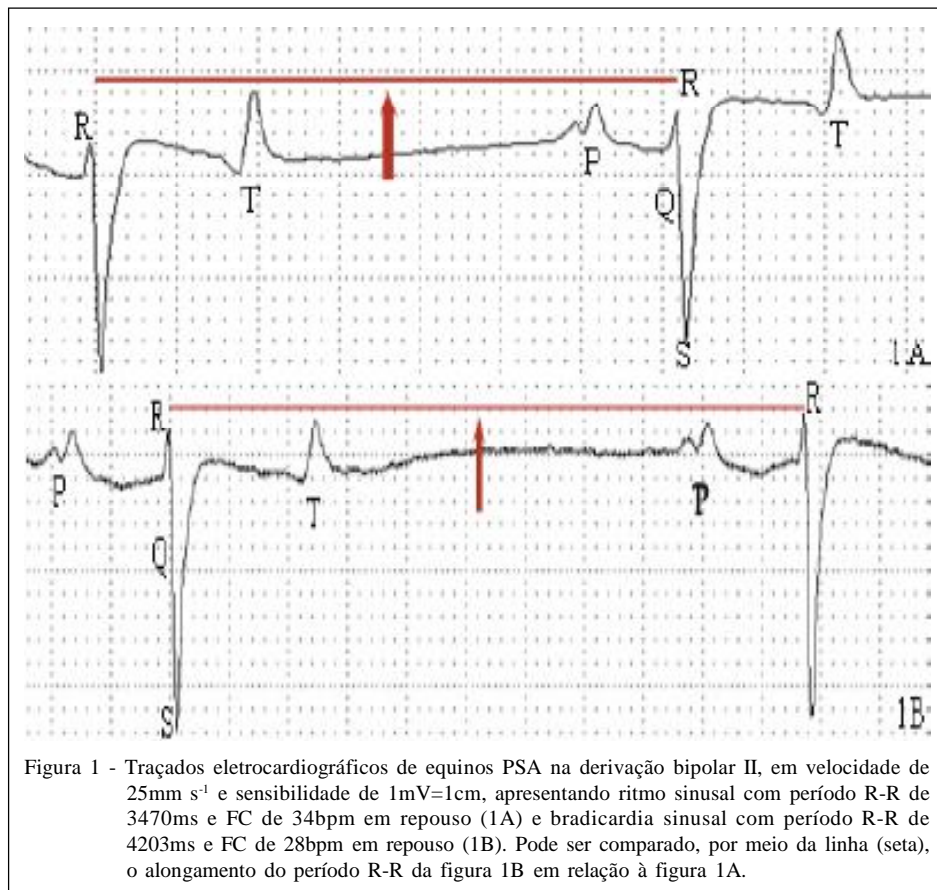
Em repouso, um animal apresentou uma extrassístole isolada, ou seja, complexo ventricular prematuro (CVP), bem como a presença de marcapasso migratório (Figura 2). O marcapasso migratório foi tido como benigno e fisiológico em função do estímulo parassimpático (McGUIRK & MUIR, 1985). Para MARTIN et al. (2000), o CVP foi uma das causas de queda de desempenho, juntamente com complexo atrial prematuro (CAP), taquicardia ventricular e obstrução mecânica das vias aéreas, sugerindo que esse achado justificaria o monitoramento desse animal por meio de holter, mesmo verificando que este não teve queda de desempenho, pois o CVP poderia indicar lesão miocárdica, mesmo sem sinais clínicos de doença cardiovascular pré-existente (MITTEN, 1996).

No MF, 80% dos animais apresentaram taquicardia sinusal (Figura 3), pois estavam em fase inicial de retorno aos valores de FC de repouso, sendo considerada normal quando associada à dor, à excitação ou ao exercício (FREGIN, 1982; PATTESON, 1996). Em 20% dos animais, o ritmo sinusal foi semelhante ao verificado em repouso, sugerindo que estes apresentavam bom condicionamento físico. Entretanto, houve a manutenção do marcapasso migratório e do CVP no mesmo animal que apresentou tais características em repouso, coincidindo assim em parte com o proposto JOSÉ-CUNILLERAS et al. (2006) e

Tabela 1 - Valores das médias e desvios-padrão dos parâmetros obtidos por meio de exame eletrocardiográfico de equinos PSA em repouso e no pós-exercício físico prolongado de enduro.

Parâmetros	Repouso	Pós-exercício
PESO (kg)	382,50 ± 24,42 <sup>a</sup>	373,55 ± 25,85 <sup>b</sup>
FC (bpm)	35,85 ± 7,05 <sup>a</sup>	53,78 ± 10,35 <sup>a</sup>
Duração de P (ms)	140,85 ± 16,29 <sup>a</sup>	139,50 ± 23,71 <sup>a</sup>
Duração de PR (ms)	302,40 ± 41,95 <sup>a</sup>	262,90 ± 46,92 <sup>b</sup>
Duração de QRS (ms)	138,50 ± 8,51 <sup>a</sup>	141,55 ± 6,60 <sup>a</sup>
Duração de QT (ms)	500,50 ± 35,63 <sup>a</sup>	480,15 ± 28,30 <sup>b</sup>
Duração de QTc (ms)	388,40 ± 23,71 <sup>a</sup>	453,20 ± 30,85 <sup>b</sup>
Amplitude de P1 + (mV)	0,132 ± 0,052 <sup>a</sup>	0,12 ± 0,10 <sup>a</sup>
Amplitude de P2 + (mV)	0,313 ± 0,111 <sup>a</sup>	0,30 ± 0,27 <sup>a</sup>
Amplitude R + (mV)	0,35 ± 0,19 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,24 <sup>a</sup>
Amplitude de S – (mV)	2,41 ± 0,42 <sup>a</sup>	3,22 ± 0,54 <sup>b</sup>
Amplitude de ST + (mV)	0,09 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,15 ± 0,15 <sup>a</sup>
Amplitude de T U + (mV)	0,43 ± 0,67 <sup>a</sup>	0,92 ± 1,14 <sup>a</sup>
Amplitude de T1 – (mV)	0,29 ± 0,27 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,29 <sup>a</sup>
Amplitude de T2 + (mV)	0,34 ± 0,27 <sup>a</sup>	0,32 ± 0,37 <sup>b</sup>
Escore cardíaco (ms)	128,45 ± 11,75 <sup>a</sup>	118,60 ± 14,55 <sup>a</sup>
Eixo elétrico (°)	-76,36 ± 42,15 <sup>a</sup>	-93 ± 30,63 <sup>a</sup>

FC=frequência cardíaca, bpm=batimentos por minuto; ms=milissegundo; mV=milivolt; °=grau. Letras diferentes na mesma linha expressam diferenças estatisticamente significantes entre os momentos.



YONEZAWA et al. (2009), quando observaram a predominância de despolarização prematura durante a recuperação e nos primeiros trinta minutos após os animais terem sido submetidos a exercício em esteira, sem comprometimento de performance, corroborando SENTA et al. (1970), que o consideraram benigno após a atividade física, pois este seria induzido por reajuste do sistema nervoso autônomo. A duração e amplitude de ondas, intervalos e complexos (Tabela 1) estiveram em conformidade com os modelos de PATTESON (1996)

nos dois momentos. Esses achados foram semelhantes às citações de FREGIN (1982) em cavalos de corrida.

A onda P em M0 foi 91% bífida monofásica positiva (+ +); 4,5% bífida bifásica (- +) (Figura 4) e 4,5% única positiva (+). O componente P1 foi positivo em 95,3% e negativo em 4,7%, ao passo que P2 foi positivo em 100% dos animais. Esses comportamentos foram considerados fisiológicos em função da mudança do foco da atividade do marcapasso no átrio direito, conforme AYALA et al. (1998). Nos animais

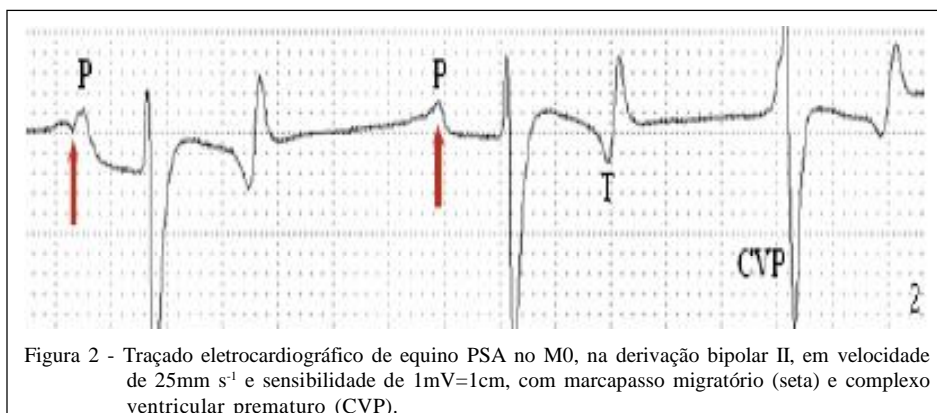




Figura 3 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de  $25\text{mm s}^{-1}$  e sensibilidade de  $1\text{mV}=1\text{cm}$ , apresentando taquicardia sinusal pós-exercício, com intervalo R-R de  $1597\text{ms}$  e FC de  $75\text{bpm}$ , observando-se aumento da amplitude das ondas P e S.

investigados, a onda P no MF foi 65% bífida (+ +) e 35% única (+), com aumento significativo de sua amplitude (Figura 3), corroborando PICCIONE et al. (2003) e DOJANA et al. (2008) em avaliações de animais atletas. De outra forma, DOJANA et al. (2008) observaram uma onda P anormal em 10% de cavalos sem treinamento e em 5% de cavalos após cinco meses de treinamento, sendo bifásica e negativa, sugerindo uma instabilidade neurovegetativa, semelhantemente ao encontrado por LANDOLSI et al. (1997), ao observarem diminuição no desempenho atlético de alguns cavalos treinados. Esses arranjos mostraram-se como respostas fisiológicas em virtude do esforço a que foram submetidos, sobretudo isso não interferiu no desempenho atlético do animal.

Houve redução com diferença estatística da duração do intervalo PR no MF em comparação com o M0, resultante da elevação da atividade simpática ligada ao aumento da FC necessária para a manutenção da volemia, corroborando ROSE et al. (1979) e PICCIONE et al. (2003).

O complexo QRS se comportou de duas formas distintas na derivação bipolar II: a primeira em 60% dos traçados na forma RS, e a segunda em 40%, para QRS, diferindo dos achados de DINIZ (2006), mas semelhante aos de FERNANDES et al. (2004), devido à utilização da derivação bipolar ápice-base, que foi a mesma utilizada por este segundo pesquisador. O aumento da amplitude de S (Figura 3) em MF (Tabela 1) sugeriu hipertrofia cardíaca transitória induzida pelo exercício (WHITE II & RHODE, 1974; HOLMES & REZAKHANI, 1975), o que foi considerado por PICCIONE et al. (2003) e DOJANA et al. (2008) como adaptação positiva ao nível de treinamento. Não foi observado, em nenhuma das duas avaliações, desnivelamento do segmento ST significativo acima de  $0,3\text{mV}$ , coincidindo com FERNANDES et al. (2004).

Modificações espontâneas no seu traçado e diferentes conformações podem ser aceitas como fisiológicas para as ondas T (PATTESON, 1996; SHEARD, 1998), porém o conhecimento de sua morfologia padrão foi importante na identificação de

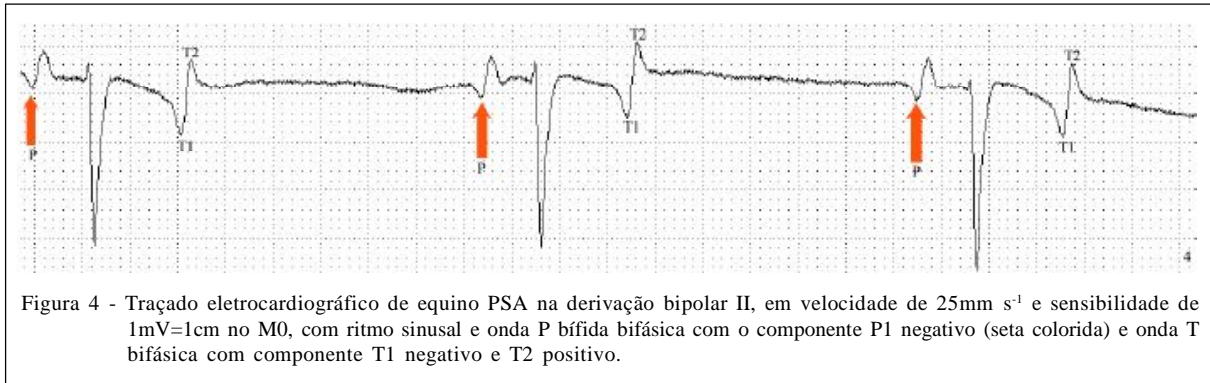


Figura 4 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de 25mm s<sup>-1</sup> e sensibilidade de 1mV=1cm no M0, com ritmo sinusal e onda P bifida bifásica com o componente P1 negativo (seta colorida) e onda T bifásica com componente T1 negativo e T2 positivo.

hipóxia ou infarto do miocárdio. Entretanto, neste estudo, o aumento discreto da onda T no MF (Tabela 1) foi tido como fisiológico, segundo HOLMES & REZAKHANI (1975), PICCIONE, et al. (2003) e DOJANA et al. (2008) em resposta ao exercício, devido à redução do aporte sanguíneo pelas coronárias durante a diástole em frequências cardíacas elevadas. Em M0, essa onda foi bifásica (- +) (Figura 4), em 68% dos animais, e monofásica positiva (+), em 32%, e em MF foi monofásica positiva (+) em 55% e bifásica (- +) em 45%. Contudo, alterações da onda T e o aumento da sua amplitude foram considerados por SHEARD (1998), PICCIONE, et al. (2003) e DOJANA et al. (2008) como resposta fisiológica ao treinamento físico.

Embora BABUSCI & LÓPEZ (2006) considerarem o QTc como impreciso para avaliação de desempenho e efeitos do treinamento, neste estudo, esse índice apresentou diferença estatística entre M0 e MF. Em acordo, SEVESTRE (1982) encontrou valor médio de 390ms em repouso, com aumento significativo e permanente desse índice em casos de fadiga miocárdica ou miocardite, sendo diretamente proporcional ao estado de fadiga do animal, podendo atingir 550ms em casos de fadiga excessiva e permanecendo entre 450ms e 500ms em fadiga leve. Assim, sugere-se que os animais estudados estariam em fadiga leve e retornando aos índices verificados em repouso.

Para DINIZ (2006), o eixo elétrico expressou a condição cardíaca relacionada ao tipo de treinamento e à modalidade a que os animais eram submetidos. Durante M0 e MF, esse eixo foi negativo, diferindo do encontrado por FERNANDES et al. (2004) e AYALA et al. (1998), que observaram predominância de positividade no eixo. Entretanto, em M0, o desvio do eixo para a esquerda (55%) poderia sugerir hipertrofia do ventrículo esquerdo, assim como o desvio para a direita, hipertrofia do ventrículo direito (45%), sendo ambos condizentes com treinamento, denominada por WHITE II & RHODE (1974) de “hipertrofia cardíaca

atletica”, porém somente o exame ecocardiográfico seria capaz de comprovar esse achado, coincidindo assim com LIGHTOWLER et al. (2004) e DOJANÁ et al. (2008). BABUSCI & LÓPEZ (2006) afirmaram que o exercício submáximo de longa duração não só promoveu hipertrofia, mas também determinou o aumento das câmaras. Em MF, foi observada rotação do eixo elétrico com desvio extremo para a direita, sugerindo aumento da câmara cardíaca e dos distúrbios eletrolíticos, tal como encontrada por WHITE II & RHODE (1974).

O escore cardíaco médio no M0 foi de 128,45±11,75ms, estando dentro da faixa de 120 a 136ms, de acordo STEEL & STEWART (1974) e ANDRADE et al. (2006), que correlacionaram o escore com o desempenho e condicionamento do animal, indicando boa capacidade e potencial atlético. ROSE et al. (1979) observaram que, em provas de 100 km, os animais mais rápidos apresentavam escore maior que os menos rápidos. Neste estudo, apesar de não haver diferença estatística, o escore diminuiu a 118,60±14,55ms após o exercício, o que pode ter ocorrido em função do grau de desidratação decorrente do exercício, pois, mesmo não havendo citações na literatura consultada sobre essa correlação, a redução do escore foi diretamente proporcional ao aumento do hematócrito, que se elevou de 37 para 46%.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que o exame eletrocardiográfico mostrou-se de simples realização, de baixo custo e bem tolerado pelos animais, caracterizando-se como método auxiliar não invasivo na avaliação das modificações adaptativas do coração diante do esforço a que esses animais foram submetidos, assim como na monitoração do condicionamento físico. Foi observado que o ECG de repouso retratou características particulares de animais atletas com atividade predominantemente aeróbia e no pós-exercício demonstrou quadro sugestivo de desidratação decorrente do esforço.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.F.C. et al. Relação entre escore cardíaco e o condicionamento físico de equinos da raça Mangalarga. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.13, n.2, p.125-130, 2006.
- AYALA, I. et al. Modifications of the form and amplitude of the electrocardiographic QRS complex during growth in Spanish-bred horses. **Zentralblatt für Veterinärmedizin, Reihe**, v.45, p.309-317, 1998.
- BABUSCI, M; LÓPEZ, E.F. Sistema cardiovascular. In BOFFI, F.M. **Fisiologia del ejercicio en equinos**. Buenos Aires: Inter-Médica, 2006. Cap.4, p.61-85.
- BOFFI, F.M. **Fisiologia del ejercicio en equinos**. Buenos Aires: Inter-Médica, 2006. 302p.
- DINIZ, M.P. **Perfil eletrocardiográfico de equinos de salto criados em São Paulo**. 2006. 135f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Curso de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- DINIZ, M.P. et al. Estudo eletrocardiográfico de equinos da raça Mangalarga Marchador. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.3, p.536-542, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=10.1590/S0102-09352008000300003&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=10.1590/S0102-09352008000300003&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 25 nov. 2009. doi: 10.1590/S0102-09352008000300003.
- DOJANA, N. et al. Electrocardiographic parameters of the sport horse. **Lucrari sintiintifice Zootehnie si Biotehnologii**, v.41, n.1, p.397-401, 2008.
- DUSTERDIECK, K.F. et al. Electrolyte and glycerol supplementation improve water intake by horses performing a simulated 60km endurance ride. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v.30, p.418-424, 1999.
- FERNANDES, W.R. **Alterações dos parâmetros do eletrocardiograma e da crise sanguínea em equinos das raças Árabe e Mangalarga, bem como de Mestiços, submetidos à prova de enduro**. 1994. 21f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Curso de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- FERNANDES, W.R. et al. 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. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=10.1590/S0102-09352004000200002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=10.1590/S0102-09352004000200002&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 13 set. 2009. doi: 10.1590/S0102-09352004000200002.
- FREGIN, G.F. The equine electrocardiogram with standardized body and limb positions. **Cornell Veterinary**, v.72, n.3, p.304-324, 1982.
- HOLBROOK, T.C. et al. Endurance exercise is associated with increased plasma cardiac troponin I in horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v.36, p.27-31, 2006.
- HOLMES, J.R.; REZAKHANI, A. Observations on the T wave of the equine electrocardiogram. **Equine Veterinary Journal**, v.1, n.2, p.55-62, 1975.
- ILLERA, J.C.; ILLERA, M. Electrocardiography and heart score of horses competing in an endurance ride. **Australian Veterinary Journal**, v.64, p.88-89, 1987.
- JOSE-CUNILLERAS, L.E. et al. Cardiac arrhythmias during and after treadmill exercise in poorly performing Thoroughbred racehorses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v.36, p.163-170, 2006.
- KINGSTON, J.K. et al. Use of dew point hygrometry, direct sweat collection and measurement of body water losses to determine sweating rates in exercising horses. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v.22, p.108-113, 1997.
- LANDOLSI, F. et al. Paramètres électrocardiographiques de chevaux du syndrome épistaxis induit par l'effort. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v.148, n.12, p.969-974, 1997.
- LIGHTOWLER et al. Echocardiography and electrocardiography as means to evaluate potential performance in horses. **Journal Veterinary Science**, v.5, n.3, p.259-262, 2004.
- MARTIN, B.B. et al. 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.M.; MUIR, W.W. Diagnosis and treatment of cardiac arrhythmias. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.1, p.353-370, 1985.
- MITTEN, L.A. Cardiovascular causes of exercise intolerance. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.12, p.473-494, 1996.
- MUÑOZ, A. et al. Electrocardiographic alterations in Andalusian horses associated with training. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.15, n.2, p.72-79, 1995.
- NIELSEN, K.; VIBE-PETERSEN, G. Relationship between QRS-duration (heart score) and racing performance in totters. **Equine Veterinary Journal**, v.12, n.2, p.81-84, 1980.
- PATTESON, M.W. **Equine cardiology**. Oxford: Blackwell Science, 1996. 254p.
- PICCIONE et al. Electrocardiographic changes induced by physical exercise in the jumper horse. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.4, p.397-404, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=10.1590/S0102-09352003000400003&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=10.1590/S0102-09352003000400003&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 15 de agosto de 2009. doi: 10.1590/S0102-09352003000400003.
- RAEKALLIO, M. Long term ECG recording with holter monitoring in clinically healthy horses. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v.33, p.71-75, 1992.
- ROSE, R.J. et al. Electrocardiography, heart score and haematology of horses competing in an endurance ride. **Australian Veterinary Journal**, v.55, p.247-250, 1979.
- SCHOTT II, H.C. et al. Body weight, fluid, electrolyte and hormonal changes in horses competing in 50 and 100 mile endurance rides. **American Journal Veterinary Research**, v.58, p.303-309, 1997.



SENTA, T. et al. Effects of exercise on certain electrocardiographic parameters and cardiac arrhythmias in the horse. A radiotelemetric study. **Cornell Veterinarian**, v.60, p.552-569, 1970.

SEVESTRE, J. A eletrocardiografia no cavalo. **A Hora Veterinária**, n.10, p.28-36, 1982.

SHEARD, P.W.P. Enfermedades del aparato cardiovascular. In: COLAHAN, P.T. **Medicina y cirugía equina**. 4.ed. Buenos Aires: Inter-Médica, 1998. v.1, cap.5, p.151-307.

STEEL, J.D.; STEWART, G.A. Electrocardiography of the horse and potencial performance ability. **Journal of the South African Veterinary Association**, v.45, n.4, p.263-268, 1974.

STEWART, G.A. The heart score theory in the racehorse. **Australian Veterinary Journal**, v.57, p.422-28, 1981.

WHITE II, N.A.; RHODE, E.A. Correlation of electrocardiographic findings to clinical disease in the horse. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.164, p.46-56, 1974.

YONEZAWA, L.A. et al. Exame eletrocardiográfico em equinos da raça puro sangue árabe submetidos ao exercício em esteira de alta velocidade e à suplementação com vitamina E. **Archives of Veterinary Science**, v.14, n.3, p.134-142, 2009.

YOUNG, L.E. Equine athletes, the equine athlete's heart and racing success. Physiological Society Symposium – The Athlete's Heart. Newmarket. **Experimental Physiology**, v.88, n.5, p.659-663, 2003.

**Parâmetros eletrocardiográficos de equinos desclassificados por exaustão em competições de enduro**

[*Electrocardiographic parameters of horses disqualified from exhaustion in endurance competitions*]

C.B.S. Dumont<sup>1</sup>, J.M. Moraes<sup>2</sup>, C.R. Leite<sup>1</sup>, R.O. Alves<sup>2</sup>, M. Moreira<sup>3</sup>,  
A.R.C. Moscardini<sup>4</sup>, R.F. Godoy<sup>1</sup>, E.M.M. Lima<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Brasília – Brasília DF

<sup>2</sup>Universidade Federal de Goiás – Goiânia GO

<sup>3</sup>1º Regimento de Cavalaria de Guarda – Brasília, DF

<sup>4</sup>Regimento de Polícia Montada PM-DF – Brasília, DF

**RESUMO**

Foram examinados, por meio de eletrocardiografia, 14 equinos Puro Sangue Árabe, 12 machos e duas fêmeas, desclassificados por exaustão em provas de enduro entre 60 e 160km. Foi observado predomínio de taquicardia sinusal, seguido de arritmia sinusal e complexo atrial prematuro com a frequência cardíaca variando de 48 a 78bpm e 93 a 111bpm, respectivamente. Ocorreu aumento da amplitude das ondas P, R, S e T e redução nas suas durações, bem como redução nos intervalos e segmentos, porém o complexo QRS quase não se alterou. O alongamento observado do QTc indicou fadiga miocárdica moderada em resposta ao exercício, e o supradesnível ST foi indicativo de hipovolemia. O eixo elétrico no plano frontal apresentou desvio à direita, aumento de câmara e hipertrofia secundários ao treinamento.

Palavras-chave: equino, eletrocardiograma, enduro, fadiga

**ABSTRACT**

*By using electrocardiographic examination, 14 Purebred Arabian horses, 12 males and two females, disqualified due to exhaustion in endurance races from 60 and 160km were evaluated. Predominance of sinus tachycardia, followed by sinus arrhythmia and atrial premature complex, with the heart rate ranging from 48 to 78bpm, and 93 to 111bpm, respectively, were observed. There was increase in the amplitude of waves P, R, S, and T, and decrease in their durations, as well as reduction in the intervals and segments; nevertheless, the QRS complex was not almost altered. The QTc lengthening pointed to a moderate myocardial fatigue in response to exercise, and the elevation of ST was indicative of hypovolemia. The electrical axis in frontal plane presented deviation to the right, chamber increase, and hypertrophy secondary to training.*

*Keywords: equine, electrocardiography, endurance, fatigue*

**INTRODUÇÃO**

Não existem métodos fáceis para avaliar o desempenho atlético de um cavalo. Dentre os possíveis, destacam-se os que envolvem a esfera da fisiologia do exercício (Hinchclif e Geor, 2004; Boffi, 2006), o manejo nutricional específico, a atividade realizada pelo animal (Peter, 2003), a avaliação do estresse oxidativo

(Gondim et al., 2009), a fisiologia respiratória (Petsche et al., 1995) e os dados relativos às propriedades musculoesqueléticas (Serrano et al., 2000). Da mesma forma, avaliam-se os eletrólitos, a glicose e a bioquímica sanguínea (Fernandes e Larsson, 2000) e ainda a condição cardíaca (Fazio et al., 2003; Fernandes et al., 2004). Desse modo, pode-se estabelecer um programa de treinamento adequado que resulte

Recebido em 5 de abril de 2010

Aceito em

\*Autor para correspondência (*corresponding author*)

E-mail: limaemm@umb.br



na expressão máxima do potencial atlético do indivíduo (Boffi, 2006).

Wickler e Foss (2004) e Boffi (2006) definiram como exaustão a síndrome metabólica resultante dos efeitos deletérios decorrentes da desidratação, de distúrbios eletrolíticos, da hipertermia e da depleção dos substratos energéticos (metabolismo oxidativo). Animais afetados podem apresentar depressão, fraqueza, tropeços à deambulação, claudicação, anorexia, olhar vidrado sem expressão e mucosas secas e congestas (Wickler e Foss, 2004; Boffi, 2006).

Para Muriel (2006), o sistema cardiovascular de equinos atletas desempenha importante papel na manutenção da volemia, ao promover aporte sanguíneo extra e manutenção da frequência cardíaca durante o exercício. Isto sugere que a avaliação deste sob efeito de exercício específico permite não só estimar a influência de anomalias cardíacas mas também os efeitos deletérios do esforço realizado frente à função cardíaca (Evans, 1994).

Babusci e López (2006) comentaram que em cavalos desidratados e com transtornos eletrolíticos graves, ocorreram alterações no potencial da membrana e que estes apresentaram taquicardia ventricular, com influência direta no desempenho atlético. Sugeriram, ainda, que o exame eletrocardiográfico após o exercício poderia melhor avaliar a função cardíaca, detectando arritmias que não seriam encontradas em repouso, assim como o aumento de câmaras, hipertrofias e dilatações. Heidbuchel et al. (2003) verificaram que esportes de resistência estariam relacionados à ocorrência e progressão de arritmias ventriculares, sendo estas consideradas como benignas ou não, portanto avaliar o risco de evolução e a origem do evento arritmico seria de grande importância.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo verificar o comportamento da função cardíaca de equinos Puro Sangue Árabe desclassificados por exaustão, em provas de enduro de longa duração, por meio da avaliação dos parâmetros eletrocardiográficos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram examinados 14 equinos desclassificados por exaustão, sendo 12 machos e duas fêmeas,

participantes de campeonato regional da Federação Hípica de Brasília no Distrito Federal, quando percorreram de 60 a 160km, caracterizando exercício de baixa intensidade e longa duração, com velocidade média de 20km/h. Os desclassificados por exaustão foram aqueles acometidos por distúrbios metabólicos com comprometimento de suas funções vitais (Wickler e Foss, 2004), ressaltando-se que os animais claudicantes não foram avaliados. O estudo foi submetido e obedeceu às normas do Comitê de Ética no Uso Animal da Universidade de Brasília sob protocolo nº 88-2009.

Os traçados eletrocardiográficos foram obtidos durante 60 segundos utilizando-se o aparelho C10 TEB, sistema composto por eletrocardiógrafo digital de 12 canais e *software* ECGPC Veterinário versão 2,27 compatível com ambiente Windows, em velocidade de registro dos traçados de 25mm/s com ajuste da sensibilidade do aparelho para 1mV = 1cm. Foram registradas as derivações bipolares I, II, III e unipolares amplificadas, aVR, aVF, aVL. A avaliação ocorreu imediatamente após a desclassificação do animal pela equipe veterinária oficial da competição.

Os cavalos foram avaliados no momento da desclassificação, isto é, após inspeção veterinária oficial (vetcheck), quando os animais foram contidos fisicamente em posição ortostática, com os membros paralelos entre si, todos com ferradura, sem qualquer tranquilização, e antes da realização de qualquer tipo de tratamento. Foi aferida ainda a temperatura retal (TR) e a mensuração do peso corpóreo por meio de fita de peso, além da coleta de amostras de sangue venoso para avaliação hematológica e hemogasométrica.

A disposição dos eletrodos seguiu o sistema de derivação bipolar ápice-base, descrito por Dumont et al. (2010). Tais eletrodos estavam presos à pele por meio de condutores metálicos (clipe tipo jacaré) e embebidos com álcool. Os dados foram gravados em ambiente Windows mediante o uso do *software* empregado.

Os parâmetros eletrocardiográficos foram avaliados por meio de análise sistemática, compreendendo a medida em milivolts das amplitudes das ondas e segmentos, e em milissegundos, a duração das ondas, dos

intervalos e complexos, bem como foi promovida a análise morfológica das ondas no traçado.

O eixo elétrico médio no plano frontal foi calculado diante do comportamento do complexo QRS na derivação bipolar I e unipolar aumentada aVF em relação à polaridade, determinando-se o menor QRS entre as duas unipolares aumentadas, aVR e AvL, como descrito por White II e Rhode (1974) e Fernandes et al. (2004). O escore cardíaco foi quantificado por meio da média aritmética do complexo QRS, incluindo as três derivações bipolares, I, II e III.

Os resultados do peso, da frequência cardíaca, da amplitude e duração dos complexos, do QTc, do desnivelamento ST, do eixo elétrico e escore cardíaco foram analisados por comparação de médias entre machos e fêmeas, utilizando-se o teste exato de Fischer, e o programa estatístico SigmaStat, considerando-se  $P < 0,05$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises hematológica e hemogasométrica indicaram desidratação e desequilíbrio eletrolítico, com valores elevados de hematócrito e proteína plasmática,  $52 \pm 6\%$  e  $8,9 \pm 0,7 \text{g/dL}$ , respectivamente. A hemogasometria revelou, ainda, valores dos íons cloro,  $94 \pm 4,6 \text{mmol/L}$  e cálcio ionizado,  $1,36 \pm 0,20 \text{mmol/L}$  próximos aos limites inferiores, confirmando, assim, os resultados obtidos por Wickler e Foss (2004). Estes animais desenvolveram exaustão em função do metabolismo oxidativo decorrente da degradação aeróbia de carboidratos e ácidos graxos livres segundo Boffi (2006).

Em relação ao ritmo cardíaco, houve predomínio de taquicardia sinusal (Fig. 1) em 12 animais (85,8%), resultado já observado por Dumont et al. (2010) no pós-exercício de equinos PSA, finalistas de provas de enduro, considerada por esses autores como resposta fisiológica. Em um equino (7,1%), verificou-se arritmia sinusal (Fig. 2) com a frequência cardíaca (FC) variando de 48 a 78bpm. Conforme Dumont et al. (2010), esse é um achado frequente durante a fase de recuperação pós-exercício e está associada à alteração no tônus vagal.

Em outro animal, foi observada a ocorrência de complexo atrial prematuro (CAP), com variação de FC entre 93 e 111bpm (Fig. 3), caracterizando, desta forma, um complexo supraventricular prematuro (CSVP). Resultado semelhante ocorreu no estudo de Buhl et al. (2010), que o consideraram fisiológico na fase de recuperação. Entretanto, Bowen (2010) mencionou que as contrações atriais prematuras estavam associadas ao baixo desempenho atlético em função de alterações eletrolíticas, nos fluidos corpóreos e no *status* ácido-base, além de hipoxemia, isquemia, endotoxemia ou doenças cardíacas pré-existentes. Kiryu et al. (1999), em cavalos de corrida, observaram que 30% dos animais com baixo desempenho apresentaram arritmias cardíacas, porém sem manifestações clínicas, ao passo que outros 10% apresentaram clínica significativa, com mais de duas despolarizações prematuras durante o exercício máximo. Para o animal deste estudo, seria indicado uma avaliação eletrocardiográfica de repouso e durante o exercício, visto que, apesar de o CSVP ter sido observado na fase de recuperação – o que poderia ser fisiológico – ocorreram mais de 20 despolarizações prematuras, em 60 segundos de avaliação.

A onda P mostrou-se positiva em todos os traçados, sendo positiva única (+) em 72% dos achados e positiva bífida (+ +) em 28%. A onda P tendeu a tornar-se única, sobrepondo-se à onda T (Fig. 3), semelhante ao observado por Dumont et al. (2010), e foi considerada por Fázio et al. (2003) como um achado fisiológico durante o exercício ou no pós-imediato.

Foi observada redução na duração da onda P, do intervalo PR e do intervalo QT, alongamento discreto do QTc e permanência da duração do complexo QRS (Tab. 1) em comparação aos valores de Evans (1994) e Fernandes et al. (2004), para equinos adultos em repouso. Estes resultados confirmaram os já apresentados por Evans (1994) e Dumont et al. (2010), ao sugerirem que o exercício promovia alterações mínimas no complexo QRS e redução na duração da onda P e nos intervalos PR e QT. Estes valores foram semelhantes aos obtidos por Fázio et al. (2003), durante o treinamento e após a corrida.



Figura 1. Traçado eletrocardiográfico de equino Puro Sangue Árabe na derivação bipolar II, em velocidade de 25mm/s apresentando taquicardia sinusal no pós-exercício imediato, com intervalo R-R de 1.725ms e FC de 81bpm.



Figura 2. Traçado eletrocardiográfico de equino Puro Sangue Árabe na derivação bipolar II, em velocidade de 25mm/s apresentando arritmia sinusal no pós-exercício imediato. Pode-se observar a diferença na duração dos intervalos RR acima de 10%.



Figura 3. Traçado eletrocardiográfico de equino Puro Sangue Árabe na derivação bipolar II, em velocidade de 25mm/s apresentando complexo atrial prematuro com variação de FC entre 93 e 111bpm no pós-exercício imediato.

Tabela 1. Médias e erros-padrão das variáveis obtidas por meio de exame eletrocardiográfico de equinos Puro Sangue Árabe desclassificados em competições de enduro com longa duração

Variável	Macho	Fêmea
	Média±EPM	Média±EPM
peso (kg)	393,17±9,38*	417,50±27,50*
FC(bpm)	70,92±4,02	73,50±7,50
P(ms)	129,00±7,81	136,50±3,50
PR(ms)	224,75±7,67	233,00±10,00
QRS(ms)	137,50±3,45	136,50±3,50
QT(ms)	446,58±10,37	448,00±5,00
QTc(ms)	474,83±5,86	495,00±20,00
PU (+)(mV)	0,38±0,09	0,72±0,22
R (+)(mV)	0,40±0,10	0,10±0,02
S (-)(mV)	3,70±0,17	2,23±0,55
ST (+)(mV)	0,31±0,04	0,33±0,01
TU (+)(mV)	1,34±0,39	1,84±0,98
Escore cardíaco	114,25±3,89	111,00±5,00
Eixo elétrico (-)	105,00±7,83	60,00±0,00

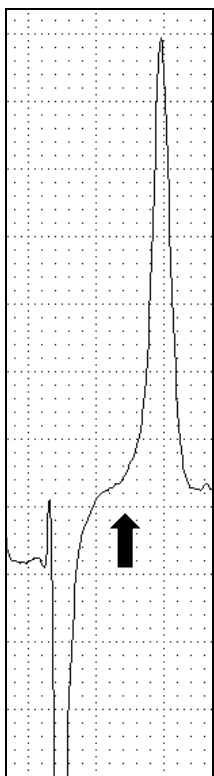
FC(bpm): frequência cardíaca, em batimentos por minuto; P(ms): duração da onda P, em milissegundos; PR(ms): duração do intervalo PR, em milissegundos; QRS(ms): duração do complexo QRS, em milissegundos; QT: duração do intervalo QT, em milissegundos; QTc: valor do índice QTc, intervalo QT corrigido pela FC, em milissegundos; R + (mv): amplitude da onda R positiva, em milivoltz; S - (mv): amplitude da onda S negativa, em milissegundos; ST + (mv): supradesnivelamento do segmento ST, em milivoltz; TU + (mv): amplitude da onda T única positiva, em milivoltz. \*Na mesma linha, expressa diferença estatística entre sexos, pelo teste exato de Fisher.

Quanto à morfologia, o complexo QRS comportou-se de duas formas distintas na derivação bipolar II. Em 50% dos traçados observou-se a forma RS, e nos outros 50%, a forma QRS, semelhante aos achados de Fernandes et al. (2004) e Dumont et al. (2010). O aumento da amplitude de S esteve relacionada com hipertrofia ventricular direita induzida pelo exercício, aspecto já descrito por Dumont et al. (2010).

Os cavalos em exaustão apresentaram aumento discreto no índice de Bazget (QTc) (Tab. 1), indicando fadiga miocárdica moderada em resposta ao exercício realizado. Este índice, como sugerido por Sevestre (1982), está relacionado diretamente como estado de fadiga e pode atingir 550,0ms em casos de fadiga excessiva. A volta ao equilíbrio, com valor médio de 390,0ms, ocorreu no instante em que o animal se recuperava. Babusci e López (2006)

consideraram impreciso esse índice e, sobretudo neste estudo, foi um meio auxiliar e de relevância na avaliação do desempenho do coração, em resposta ao esforço realizado.

Em seis animais (43%) foi observado desnível do segmento ST acima de 0,3mv (Fig. 4). Essa variável, conforme sugerido por White II e Rhode (1974), poderia ser indicativo de choque, endotoxemia e dor abdominal, bem como de distúrbios eletrolíticos. De outra forma, em cavalos de enduro, a desidratação promoveria choque hipovolêmico, reduzindo substancialmente o volume e o tempo de diástole, assim como o suprimento sanguíneo e o fornecimento de oxigênio ao miocárdio, conforme verificou Muriel (2006). Tendo em vista que, ao instante da desclassificação, os animais já se encontravam com valores elevados de hematócrito e proteína plasmática,  $52\pm 6\%$  e  $8,9\pm 0,7\text{g/dL}$ , respectivamente, em função das perdas de fluidos, foi possível sugerir que a ocorrência de hipovolemia e desidratação justificariam o supradesnível do segmento ST.



O eixo elétrico expressou a condição cardíaca relacionada ao tipo de treinamento e à atividade a que os animais foram submetidos. O eixo apresentou desvio para a esquerda em cinco (36%) animais, o que poderia indicar hipertrofia do ventrículo esquerdo; já o desvio para a direita, em nove (64%) animais, caracterizou a ocorrência de hipertrofia do ventrículo direito, ambos condizentes, portanto, com treinamento, conforme White II e Rhode (1974), que denominaram este como hipertrofia cardíaca atlética. O desvio do eixo elétrico também esteve relacionado ao aumento de câmaras, como sugerido por Babusci e López (2006), em resposta adaptativa ao exercício submáximo de longa duração, assim como em resposta aos distúrbios eletrolíticos tais como os encontrados por White II e Rhode (1974) após competições de enduro de 50 a 100km, e essa rotação está associada à redução da concentração sérica de potássio, cloro e cálcio. De outra forma, esse eixo foi negativo em 14 animais, diferindo dos informes de Fernandes et al. (2004).

Em relação ao tratamento estatístico a que os parâmetros eletrocardiográficos foram submetidos, observou-se que não houve diferença significativa entre machos e fêmeas. Esse fato pode ter sido influenciado pelo pequeno número de fêmeas avaliadas ou, ainda, pela condição atlética similar entre os indivíduos dos dois gêneros.

### CONCLUSÃO

Nos equinos desclassificados por exaustão, após terem participado de prova de enduro, foi possível a obtenção de traçados eletrocardiográficos de boa qualidade, verificando-se baixa incidência de artefatos e arritmias. O exame retratou, ainda, respostas adaptativas do coração frente aos efeitos do exercício de enduro, que foram expressas pelo alongamento do QTc – indicativo de fadiga miocárdica moderada em resposta ao exercício – pelo supradesnível ST, em resposta à hipovolemia em função da desidratação induzida pela atividades – e pelo desvio à direita por parte do eixo elétrico no plano frontal – representando alterações eletrolíticas, aumento de câmara e hipertrofia secundárias ao treinamento.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A.F.C.; MICHIMA, L.E.S.; YONEZAWA, L.A. et al. Relação entre escore cardíaco e o condicionamento físico de equinos da raça Mangalarga. *Rev. Bras. Cienc. Vet.*, v.13, p.125-130, 2006.
- BABUSCI, M.; LÓPEZ, E.F. Sistema cardiovascular. In: BOFFI, F.M. (Ed). *Fisiologia del ejercicio en equinos*. Buenos Aires: Inter-Médica, 2006. p.61-85.
- BOFFI, F.M. Princípios de entrenamiento. In: BOFFI, F.M. (Ed). *Fisiologia del ejercicio en equinos*. Buenos Aires: Inter-Médica, 2006. p.223-240.
- BOWEN, I.M. Ambulatory electrocardiography and heart rate. In: MARR, C.M.; BOWEN, I.M. (Eds). *Cardiology of the horse*. London : Saunders, 2010. p.127-137.
- BUHL, R.; MELDGAARD, C.; BARBESGAARD, L. Cardiac arrhythmias in clinical healthy showjumping horses. *Eq. Vet. J.*, v.38, suppl., p.196-201, 2010.
- CARNEIRO, E.F. *O eletrocardiograma 10 anos depois*. Rio de Janeiro: Enéas Ferreira Carneiro, 1997. 623p.
- DUMONT, C.B.S.; LEITE, C.R.; MORAES, J.M. et al. Parâmetros eletrocardiográficos de equinos Puro Sangue Árabe submetidos a exercício prolongado de enduro. *Cienc. Rural*, v.40, p.1966-1973, 2010.
- EVANS, D.L. The cardiovascular system: anatomy, physiology, and adaptations to exercise and training. In: ROSE, R.J.; HODGSON, D.R. (Eds). *The Athletic horse*. Philadelphia: Saunders, 1994. p.129-144.
- FÁZIO, F.; FERRANTELLI, V.; PICCIONE, G. et al. Variations in some electrocardiographic parameters in the trotter during racing and training. *Vet. Res.* v.27, suppl.1, p.229-232, 2003.
- FERNANDES, W.R.; LARSSON, M.H.M.A. Alterações nas concentrações séricas de glicose, sódio, potássio, uréia e creatinina, em equinos submetidos a provas de enduro de 30km com velocidade controlada. *Cienc. Rural*, v.30, p.393-398, 2000.

- FERNANDES, W.R.; LARSSON, M.H.M.A.; ALVES, A.L.G. et al. Características eletrocardiográficas em equinos clinicamente normais da raça Puro Sangue Inglês. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.56, p.143-149, 2004.
- GONDIM, F.J.; ZOPPI, C.C.; DOS REIS, L. et al. Possible relationship between performance and oxidative stress in endurance horses. *J. Equine Vet. Sci.* v.29, p.206-212, 2009.
- HEIDBUCHEL, H.; HOOGSTEEN, J.; FAGARD, R. et al. High of right ventricular involvement in endurance athletes with ventricular arrhythmias. *Eur. Heart J.*, v.24, p.1473-1480, 2003.
- HINCHCLIF, K.W.; GEOR, R.J. Integrative physiology of exercise. In: HINCHCLIFF, K.W.; KANEPS, A.K.; GEOR, R.J. (Eds). *Equine sports and medicine-basic and clinical sciences of the equine athlete*. London: Saunders, 2004. p.3-9.
- HOLMES, J.R.; REZAKHANI, A. Observations on the T wave of the equine electrocardiogram. *Equine Vet. J.*, v.1, p.55-62, 1975.
- ILLERA, J.C.; ILLERA, M. Electrocardiography and heart score of horses competing in an endurance ride. *Aust. Vet. J.*, v.64, p.88-89, 1987.
- KIRYU, K.; MACHIDA, N.; KASHIDA, Y., et al. Pathologic and electrocardiographic findings in sudden cardiac death in racehorses. *J. Vet. Med. Sci.*, v.61, p.921-928, 1999.
- MURIEL, M.G. Transtornos hidroeletrolíticos. Patologias que afetam el rendimiento desportivo. In: BOFFI, F.M. (Ed). *Fisiologia del ejercicio en equinos*. Buenos Aires: Inter-Médica, 2006. p.282-286.
- PETER, E.M. Nutricional aspects in ultra-endurance exercise. *Curr. Opinion Clin. Nutr. Metab. Care*, v.6, p.427-434, 2003.
- PETSCHKE, V.M.; DERKSEN, F.J.; BERNIE, C.E. et al. Effect of head position on upper airway function in exercising horses. *Equine Vet. J.*, v.18, suppl., p.18-22, 1995.
- SEVESTRE, J. A eletrocardiografia no cavalo. *Hora Vet.*, n.10, p.28-36, 1982.
- SERRANO, A.L.; QUIROZ-ROTHER, E.; RIVERO, J.L. Early and long-term changes of equine skeletal muscle in response to endurance training and detraining. *Eur. J. Physiol.*, v.441, p.263-274, 2000.
- TRACHSEL, D.S.; BITSCHNAU, N.; WALDERN, M.A. Observer agreement for detection of cardiac arrhythmias on telemetric ECG recordings obtained at rest, during and after exercise in Warmblood horses. *Equine Vet. J.*, v.38, suppl., p.208-215, 2010.
- WHITE II, N.A.; RHODE, E.A. Correlation of electrocardiographic findings to clinical disease in the horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, v.164, p.46-56, 1974.
- WICKLER, S.J.; FOSS, M.A. Veterinary aspects of endurance riding. In: HINCHCLIFF, K.W.; KANEPS, A.K.; GEOR, R.J. (Eds). *Equine sports and medicine-basic and clinical sciences of the equine athlete*. London: Saunders, 2004. p.1105-1117.

## ANEXO II – RESUMOS PUBLICADOS EM EVENTOS

ANEXO II.1 – Resumo aceito na XI Conferência Anual da ABRAVEQ (Junho/2010)

### PARÂMETROS ELETROCARDIOGRÁFICOS DE EQUINOS PURO SANGUE ÁRABE SUBMETIDOS A EXERCÍCIO PROLONGADO DE ENDURO

Cinthia Beatriz da Silva Dumont<sup>I</sup>, Ceci Ribeiro Leite<sup>I</sup>, Júlia de Miranda Moraes<sup>II</sup>, Rosângela de Oliveira Alves<sup>II</sup>, Meryone Moreira<sup>III</sup>, Augusto Ricardo Coelho Moscardini<sup>IV</sup> Roberta de Ferro Godoy<sup>I</sup>, Eduardo Maurício Mendes de Lima<sup>I</sup>, Antônio Raphael Teixeira Neto<sup>I</sup>

**INTRODUÇÃO:** O exercício prolongado de enduro aumenta a carga de trabalho cardíaco e pode causar lesão miocárdica, agravadas por distúrbios metabólicos, devido à perda de eletrólitos e fluídos. Assim, sugere-se que a avaliação cardiovascular deve ser mais utilizada, não somente no tocante às afecções, visto que a eletrocardiografia tem sido utilizada na tentativa de quantificar o treinamento e o desempenho atlético, além de estimar a massa cardíaca. **OBJETIVOS:** Retratar o comportamento dos parâmetros eletrocardiográficos de equinos puro sangue árabe submetidos a exercício prolongado de enduro. **METODOLOGIA:** Foram utilizados 20 equinos, clinicamente hígidos, 12 machos e 8 fêmeas, da raça Puro Sangue Árabe, com 6 a 12 anos de idade, submetidos a treinamento para enduro e participantes de campeonato regional da Federação Hípica de Brasília. Os traçados eletrocardiográficos foram obtidos durante 60 segundos utilizando-se o aparelho C10 TEB, registrando-se derivações bipolares I, II, III e unipolares amplificadas (aVR, aVF, aVL) em velocidade de 25mm/s. Realizou-se uma avaliação em repouso e outra imediatamente após o exercício prolongado de enduro com disposição dos eletrodos seguindo o sistema de derivação bipolar ápice-base, fixados à pele por meio de condutores metálicos e molhados com álcool. Nos diferentes momentos determinou-se a análise morfológica e sistemática utilizando-se a derivação II. Como tratamento estatístico aplicou-se o teste “t” pareado, para M0 e MF, com nível de significância de 1%. **RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Nos equinos estudados a frequência cardíaca média foi de 35,85 bpm em repouso com predominância do ritmo sinusal e taquicardia sinusal após o exercício, ocorrendo nos dois instantes, marcapasso migratório como variação fisiológica e complexo ventricular prematuro, como alteração não fisiológica. No pós exercício, ocorreu aumento da amplitude das ondas P, R, S e T, com onda P tendendo a se tornar única e a onda T monofásica positiva. Verificou-se redução da duração das ondas, intervalos e segmentos, porém o complexo QRS quase não se alterou. Houve ainda, alongamento do QTc no pós exercício, caracterizando neste instante fadiga miocárdica leve. O eixo elétrico no plano frontal diferiu do observado em outras raças, com desvio à esquerda e à direita em repouso indicativo de aumento de câmara por hipertrofia secundária ao treinamento e após o exercício verificou-se rotação com desvio extremo para a direita indicando possíveis alterações eletrolíticas. O escore cardíaco médio foi de 128,45 caracterizando estes como atletas. Este escore diminuiu até 118,60 após o exercício, provavelmente devido à desidratação. **CONCLUSÃO:** A avaliação eletrocardiográfica retratou de forma bastante elucidativa as adaptações cardiovasculares tanto ao tipo de treinamento realizado, assim como, às condições hemodinâmicas a que os animais se encontravam após o exercício prolongado de enduro.

**Palavras-chave:** eletrocardiograma, equino, fisiologia do esforço, enduro.

---

<sup>I</sup> Universidade de Brasília –ICC Ala Sul Campus Darcy Ribeiro CP 4508 CEP 70760-701 Brasília DF.  
Email: [biavet05@gmail.com](mailto:biavet05@gmail.com) autor para correspondência

<sup>II</sup> Universidade Federal de Goiás

<sup>III</sup> 1º RCG - Regimento de Cavalaria de Guarda



# PARÂMETROS ELETROCARDIOGRÁFICOS DE EQUINOS DESCLASSIFICADOS POR EXAUSTÃO EM COMPETIÇÕES DE ENDURO

Cynthia Beatriz da Silva Dumont<sup>I</sup>, Júlia Miranda Moraes<sup>II</sup>, Ceci Ribeiro Leite<sup>I</sup>, Meryone Moreira<sup>III</sup>, Rosângela de Oliveira Alves<sup>II</sup>, Augusto Ricardo Coelho Moscardini<sup>IV</sup>, Roberta de Ferro Godoy<sup>I</sup>, Eduardo Maurício Mendes de Lima<sup>I</sup>, Antônio Raphael Teixeira Neto<sup>I</sup>

**INTRODUÇÃO:** O sistema cardiovascular de equinos atletas desempenha importância notável na manutenção da volemia, promovendo aporte sanguíneo extra e manutenção da frequência cardíaca durante o exercício, sugerindo assim, que sua avaliação sob efeito de exercício específico permite não só observar a influência de anomalias cardíacas, bem como os efeitos deletérios do esforço realizado frente à função cardíaca. **OBJETIVOS:** Avaliar os parâmetros eletrocardiográficos de equinos puro sangue árabe desclassificados, por exaustão, em provas de enduro de longa duração. **METODOLOGIA:** Foram examinados por meio de exame eletrocardiográfico 14 equinos Puro Sangue Árabe, 12 machos e 2 fêmeas, desclassificados por exaustão, em provas de enduro de 60 a 160 Km, realizadas durante campeonato regional da Federação Hípica de Brasília no Distrito Federal. Os animais foram avaliados eletrocardiograficamente imediatamente após a sua desclassificação, pela equipe veterinária oficial. Para tanto esses equinos tiveram eletrodos presos à pele por meio de condutores metálicos dispostos no sistema de derivação bipolar ápice-base. Os traçados eletrocardiográficos foram obtidos durante 60 segundos utilizando-se o aparelho C10 TEB, registrando-se derivações bipolares I, II, III e unipolares amplificadas (aVR, aVF, aVL) em velocidade de 25mm/s. Os parâmetros eletrocardiográficos foram analisados sistematicamente e morfológicamente. Os resultados foram analisados por comparando-se machos e fêmeas através do teste de Tukey, utilizando-se o programa estatístico SigmaStat 3.5, considerando-se  $P < 0,05$ . **RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Foi observado predomínio de taquicardia sinusal, seguido de arritmia sinusal, com a frequência cardíaca variando de 48 a 78 bpm. Ocorreu aumento da amplitude das ondas P, R, S e T e redução nas suas durações, bem como, redução nos intervalos e segmentos, porém o complexo QRS quase não alterou. O alongamento do QTc observado indicou fadiga miocárdica moderada em resposta ao exercício e o supradesnível ST foi indicativo de hipovolemia. O eixo elétrico no plano frontal apresentou desvio à direita, aumento de câmara e hipertrofia secundárias ao treinamento, além de indicativo de alterações hidroeletrólíticas. **CONCLUSÃO:** Foi possível concluir que a avaliação eletrocardiográfica foi bastante particular para esses animais, em virtude de se tratarem de equinos submetidos a esforço prolongado. Os parâmetros demonstraram alterações nas amplitudes das ondas, redução nos intervalos e segmentos. Especificamente esses parâmetros revelaram fadiga miocárdica moderada, hipovolemia, hipertrofia do ventrículo esquerdo e alterações hidroeletrólíticas. **PALAVRAS-CHAVE:** eletrocardiograma, enduro, equino, fadiga.

---

<sup>I</sup> Universidade de Brasília –ICC Ala Sul Campus Darcy Ribeiro CP 4508 CEP 70760-701 Brasília DF.  
Email: [biavet05@gmail.com](mailto:biavet05@gmail.com) autor para correspondência

<sup>II</sup> Universidade Federal de Goiás

<sup>III</sup> 1º RCG - Regimento de Cavalaria de Guarda

<sup>IV</sup> Regimento de Polícia Montada PM-DF

ANEXO II.3 – Resumo aceito no SIMCAV (Abril/2011)

**AVALIAÇÃO DA OSMOLARIDADE, DO ÂNION GAP, DO POTENCIAL  
HIDROGENIÔNICO E DOS ÍONS PLASMÁTICOS MENSURÁVEIS DE EQUINOS PURO  
SANGUE ÁRABE FINALISTAS EM PROVAS DE ENDURO DE 90 KM**

**Evaluation of osmolality, anion gap, pH and measurable plasma ions of Purebred Arabian  
horses finalists in an endurance race of 90 km**

Cynthia Beatriz da Silva Dumont<sup>I</sup>, Júlia de Miranda Moraes<sup>II</sup>, Ceci Ribeiro Leite<sup>I</sup>, Camila Alfaro de Oliveira Bello<sup>I</sup>, Meryone Moreira<sup>III</sup>, Augusto Ricardo Coelho Moscardini<sup>IV</sup>, Antônio Raphael Teixeira Neto<sup>I</sup>, Eduardo Maurício Mendes de Lima<sup>I</sup>

<sup>I</sup> Universidade de Brasília, <sup>II</sup> Universidade Federal de Goiás, <sup>III</sup> 1º RCG - Regimento de Cavalaria de Guarda, <sup>IV</sup> Regimento de Polícia Montada PM-DF. biavet05@gmail.com

**RESUMO**

Foi avaliado o comportamento da osmolalidade, do ânion gap, do Ph e dos íons plasmáticos mensuráveis de 14 equinos, 9 machos e 5 fêmeas, Puro Sangue Árabe finalistas em provas de enduro de 90 km. Para tanto, foram colhidas em dois momentos (repouso e após o exercício prolongado) amostras de sangue venoso para a mensuração das variáveis de interesse. Diante dos achados, pode-se verificar, a partir do repouso, aumento com diferença estatística dos valores do Hct, das PPT e do AG, sugerindo perda de fluidos e discreto grau de desidratação. O pH e o íon H<sup>+</sup> quase não se alteraram, indicando ausência de distúrbios metabólicos. Reduções com diferenças significativas foram observadas para os íons Cl<sup>-</sup>, HCO<sup>3-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, assim como do EB. Pôde-se observar que os parâmetros avaliados permaneceram dentro dos valores de referência descritos na literatura consultada, somente com elevação discreta do Hct e do AG acima desses valores, sobretudo sem manifestações clínicas.

**Palavras-chave:** equino, fisiologia do exercício, enduro, equilíbrio hidroeletrólítico.

**ABSTRACT**

We evaluated the behavior of osmolality, anion gap, pH and measurable plasma ions of 14 Purebred Arabian horses, 09 males and 05 females, finalists in an endurance race of 90 km. In order to achieve this goal, we performed sampling of venous blood samples at two times, at rest and after prolonged exercise, in order to measure the interest variables. The results allowed observing that from the rest, an increase with significant difference in the values of Hct, PPT and AG, suggesting loss of fluids and slight dehydration. The pH and the H<sup>+</sup> ion almost had no changes, indicating absence of metabolic disorders. Reductions, with significant difference, were verified for the ions Cl<sup>-</sup>, HCO<sup>3-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, as well as BE. The examined parameters remained within the reference values described in the literature, only with slight increase of Hct and AG above these values, but without clinical manifestations.

**Keywords:** equine, exercise physiology, endurance, hydroelectrolytic balance.

## ANEXO III – TABELAS e FIGURAS

### ANEXO III.1 - Tabelas

Tabela 1 - Valores das médias e desvios-padrão dos parâmetros obtidos por meio de exame eletrocardiográfico de equinos PSA em repouso e no pós-exercício físico prolongado de enduro.

PARÂMETROS	Repouso	Pós-exercício
	Média ± DPM	Média ± DPM
Peso (kg)	382,50 ± 24,42 <sup>a</sup>	373,55 ± 25,85 <sup>b</sup>
FC (bpm)	35,85 ± 7,05 <sup>a</sup>	53,78 ± 10,35 <sup>a</sup>
Duração de P (ms)	140,85 ± 16,29 <sup>a</sup>	139,50 ± 23,71 <sup>a</sup>
Duração de PR (ms)	302,40 ± 41,95 <sup>a</sup>	262,90 ± 46,92 <sup>b</sup>
Duração de QRS (ms)	138,50 ± 8,51 <sup>a</sup>	141,55 ± 6,60 <sup>a</sup>
Duração de QT (ms)	500,50 ± 35,63 <sup>a</sup>	480,15 ± 28,30 <sup>b</sup>
Duração de QTc (ms)	388,40 ± 23,71 <sup>a</sup>	453,20 ± 30,85 <sup>b</sup>
Amplitude de P1 + (mV)	0,132 ± 0,052 <sup>a</sup>	0,12 ± 0,10 <sup>a</sup>
Amplitude de P2 + (mV)	0,313 ± 0,111 <sup>a</sup>	0,30 ± 0,27 <sup>a</sup>
Amplitude R + (mV)	0,35 ± 0,19 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,24 <sup>a</sup>
Amplitude de S – (mV)	2,41 ± 0,42 <sup>a</sup>	3,22 ± 0,54 <sup>b</sup>
Amplitude de ST + (mV)	0,09 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,15 ± 0,15 <sup>a</sup>
Amplitude de T U + (mV)	0,43 ± 0,67 <sup>a</sup>	0,92 ± 1,14 <sup>a</sup>
Amplitude de T1 – (mV)	0,29 ± 0,27 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,29 <sup>a</sup>
Amplitude de T2 + (mV)	0,34 ± 0,27 <sup>a</sup>	0,32 ± 0,37 <sup>b</sup>
Escore cardíaco (ms)	128,45 ± 11,75 <sup>a</sup>	118,60 ± 14,55 <sup>a</sup>
Eixo elétrico (°)	-76,36 ± 42,15 <sup>a</sup>	-93 ± 30,63 <sup>a</sup>

FC=frequência cardíaca, bpm=batimentos por minuto; ms=milissegundo; mV=milivolt; °=grau. Letras diferentes na mesma linha expressam diferenças estatisticamente significante entre os momentos.

Tabela 2 - Valores das médias e erros-padrão dos parâmetros obtidos por meio de exame eletrocardiográfico de equinos PSA desclassificados em competições de enduro com longa duração

PARÂMETROS	Macho	Fêmea
	Média ± EPM	Média ± EPM
Peso (kg)	393,17±9,38	417,50±27,50
FC (bpm)	70,92±4,02	73,50±7,50
P (ms)	129,00±7,81	136,50±3,50
PR (ms)	224,75±7,67	233,00±10,00
QRS (ms)	137,50±3,45	136,50±3,50
QT (ms)	446,58±10,37	448,00±5,00
QTc (ms)	474,83±5,86	495,00±20,00
PU (+) (mV)	0,38±0,09	0,72±0,22
R (+) (mV)	0,40±0,10	0,10±0,02
S (-) (mV)	3,70±0,17	2,23±0,55
ST (+) (mV)	0,31±0,04	0,33±0,01
TU (+) (mV)	1,34±0,39	1,84±0,98
SCORE CARDÍACO	114,25±3,89	111,00±5,00
EIXO ELÉTRICO (-)	105,00±7,83	60,00±0,00

FC(bpm)=frequência cardíaca, em batimentos por minuto; P(ms)=duração da onda P, em milissegundos; PR(ms)=duração do intervalo PR, em milissegundos; QRS(ms)=duração do complexo QRS, em milissegundos; QT=duração do intervalo QT, em milissegundos; QTc= valor do índice QTc, intervalo QT corrigido pela FC, em milissegundos; R + (mv)= amplitude da onda R positiva, em milivoltz; S - (mv)= amplitude da onda S negativa, em milissegundos; ST + (mv)= supradesnivelamento do segmento ST, em milivoltz; TU + (mv)= amplitude da onda T única positiva, em milivoltz. \* na mesma linha expressa diferença estatisticamente significativa entre sexos, pelo teste exato de Fisher.

Tabela 3 - Valores das médias e desvios-padrão dos parâmetros obtidos por meio de exame hematológico e avaliação hidroeletrólítica de equinos PSA em repouso e no pós-exercício físico prolongado de enduro.

PARÂMETROS	Repouso	Pós-exercício
	Média ± DPM	Média ± DPM
Peso (Kg)	382,50 ± 24,42*	373,55 ± 25,85*
HcT (%)	37,9±2,5*	45,9±7,0*
PPT (g/dL)	7,06±0,25*	7,60±0,54*
PH	7407,9±23,1	7411,2±31,2
Cl- (mmol/L)	100,11± 2,84*	97,46±3,81*
H+ (mmol/L)	39,14±2,11	38,88±2,89
HCO3- (mmol/L)	29,27±1,56*	26,87±2,47*
AG (mmol/L)	11,9±3,4*	16,39±2,078*
EB (mEq/L)	3,8±1,6*	1,91±2,59*
Osm (mOsm/L)	273,36±4,23	273,86±5,26
Na+ (mmol/L)	137,02± 2,27	137,30±2,8
K+ (mmol/L)	4,34±0,33*	3,43±0,30*
Ca++ (mmol/L)	1675,93±114,94*	1532,92±121,73*

HcT= hematócrito, PPT= proteína plasmática total, Cl-= íon cloro, HCO3-= íon bicarbonato, AG= ânion gap, EB=excesso de bases, Osm= osmolalidade, Na+= íon sódio, K+= íon potássio, Ca++=cálcio ionizado.

A presença do asterisco \* na mesma linha expressa diferença estatisticamente significante entre os momentos.

## ANEXO III.2 – Figuras



Figura 1 - Traçados eletrocardiográficos de equinos PSA na derivação bipolar II, em velocidade de  $25\text{mm s}^{-1}$  e sensibilidade de  $1\text{mV}=1\text{cm}$ , apresentando ritmo sinusal com período R-R de 3470ms e FC de 34bpm em repouso (1A) e bradicardia sinusal com período R-R de 4203ms e FC de 28bpm em repouso (1B). Pode-se comparar por meio da linha (seta) o alongamento do período R-R da figura 1B em relação à figura 1A.

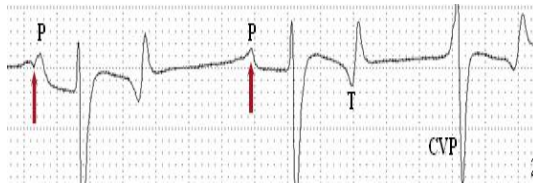


Figura 2 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA no M0 na derivação bipolar II, em velocidade de  $25\text{mm s}^{-1}$  e sensibilidade de  $1\text{mV}=1\text{cm}$ , com marcapasso migratório (seta) e complexo ventricular prematuro (CVP).



Figura 3 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de  $25\text{mm s}^{-1}$  e sensibilidade de  $1\text{Mv}=1\text{cm}$ , apresentando taquicardia sinusal pós-exercício, com intervalo R-R de  $1597\text{ms}$  e FC de  $75\text{bpm}$ , observando-se aumento da amplitude das ondas P e S.





Figura 4 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de  $25\text{mm s}^{-1}$  e sensibilidade de  $1\text{mV}=1\text{cm}$  no M0, com ritmo sinusal e onda P bífida bifásica com o componente P1 negativo (seta colorida) e onda T bifásica com componente T1 negativo e T2 positivo.



Figura 5 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de 25 mm/s apresentando taquicardia sinusal no pós-exercício imediato, com intervalo R-R de 1.725 ms e FC de 81 bpm.



Figura 6 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de 25 mm/s apresentando arritmia sinusal no pós-exercício imediato, pode-se observar a diferença na duração dos intervalos RR acima de 10%.



Figura 7 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA na derivação bipolar II, em velocidade de 25 mm/s apresentando complexo atrial prematuro com variação de FC entre 93 e 111 bpm no pós-exercício imediato.

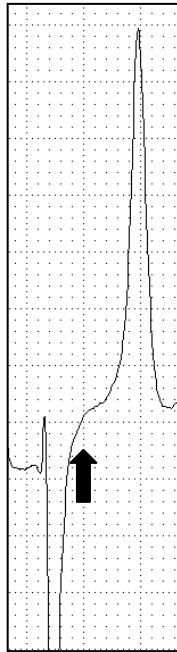


Figura 8 - Traçado eletrocardiográfico de equino PSA demonstrando segmento ST horizontalizado, com supradesnível acima de 0,3 mV.

ANEXO IV – Fórmulas

ANEXO IV.1 – Cálculo do Escore Cardíaco

$$\text{ESCORE CARDÍACO} = \frac{\text{QRS (ms) DI} + \text{QRS (ms) DII} + \text{QRS (ms) DIII}}{3}$$

ANEXO IV.2 – Cálculo do QTc (índice de *Bazett*):

**Rate-correction formula (Bazett's):**

$$QTc \text{ (msec)} = \frac{QT \text{ (msec)}}{\sqrt{RR \text{ (sec)}}}$$

VALOR FISIOLÓGICO MÉDIO BASAL= 390ms

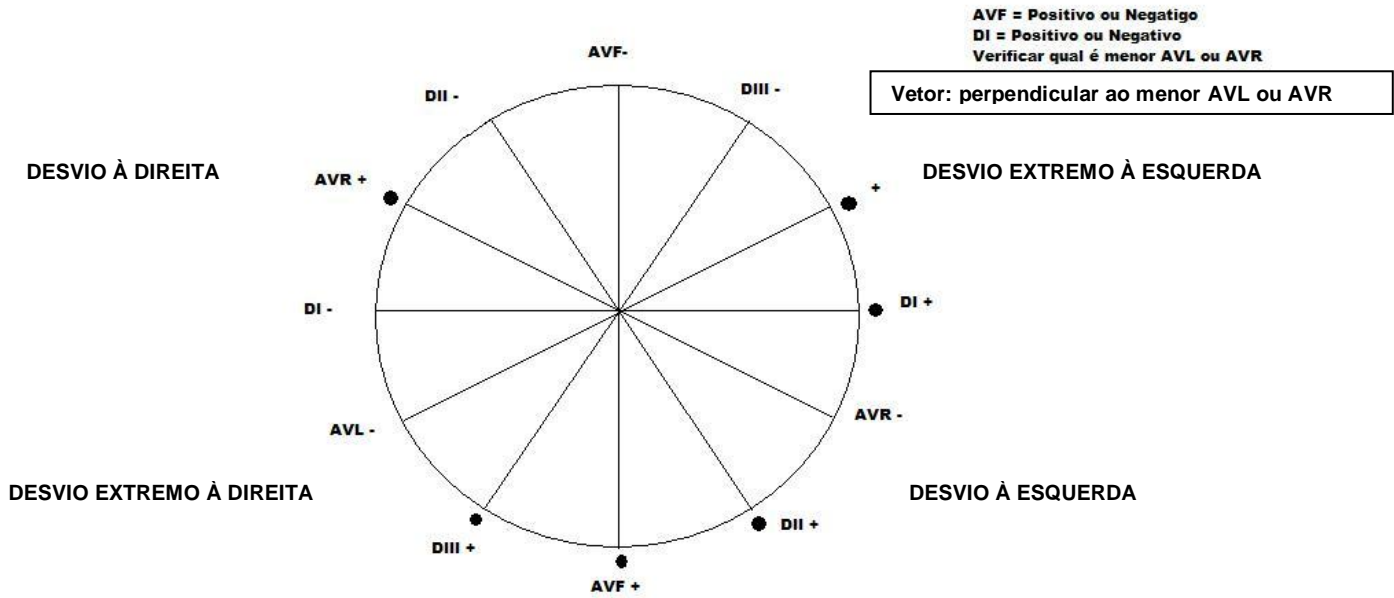
FADIGA MIOCÁRDICA LEVE= ≤ 450ms

FADIGA MIOCÁRDICA MODERADA= 450ms-500ms

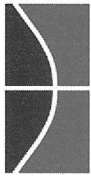
FADIGA MIOCÁRDICA ALTA= > 500ms

**(SEVESTRE, 1982)**

# ANEXO IV.1 – Cálculo do Eixo Cardíaco no plano frontal







**Universidade de Brasília**

Instituto de Ciências Biológicas  
Comitê de Ética no Uso Animal

Brasília, 28 de junho de 2010

### **DECLARAÇÃO**

Declaramos que o projeto intitulado “**AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO CARDIOVASCULAR E HEMOGASOMÉTRICA DE EQUINOS PURO SANGUE ÁRABE SUBMETIDOS A EXERCÍCIO DE ENDURO DE LONGA DURAÇÃO**”, UnBDOC nº 111.913/2009, sob responsabilidade do Prof. Dr. Eduardo Maurício Mendes de Lima, foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso Animal (CEUA) do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.

Prof. Antonio Sebben  
Coordenador do CEUA





**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB**

**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV**

**GRUPO DE ESTUDO EM MEDICINA EQUINA**

**HOSPITAL VETERINÁRIO DE GRANDES ANIMAIS**

### **SOLICITAÇÃO**

Solicitamos ao Sr. \_\_\_\_\_, a gentileza em autorizar a monitoração e manipulação de seus animais, Puro Sangue Árabe, participantes de provas de enduro para estudo experimental realizado pelo Grupo de Estudos de Medicina Equina do Hospital Veterinário de Grandes Animais da Faculdade de Veterinária da UnB. Esse estudo será realizado durante as competições do Campeonato de Enduro Equestre na região do Distrito Federal de 2009, assim como algumas provas em 2010.

O estudo experimental tem como objetivo principal, avaliar a função cardiovascular e metabólica dos animais em resposta ao exercício prolongado e extenuante a que são submetidos, tendo em vista que tais variáveis indicam o nível de condicionamento físico do animal, pois um bom preparo físico é fundamental para a prática do enduro. Portanto, estudos realizados sob a influência de fatores ambientais característicos do clima tropical no Brasil são importantes, tanto para os pesquisadores, como para treinadores, cavaleiros e proprietários, que investem tempo, recursos e dedicação. Estes terão acesso a dados obtidos em um laboratório em tempo real, ou seja, a própria prova, visto que a maioria das citações a que se tem acesso é por meio da literatura estrangeira elaborada a partir de estudos realizados em climas temperados.

O estudo será realizado por meio da colheita de sangue venoso para realização de exames laboratoriais e avaliação eletrocardiográfica. As colheitas serão realizadas em duas fases, a primeira no próprio haras, na semana que antecede a prova, com data e horário combinado previamente com o responsável pelo animal e a equipe veterinária, de forma a interferir o mínimo no manejo do local, considerando-se este o momento basal. A segunda ao término do último anel, ou seja, ao final da competição logo após a inspeção veterinária oficial da prova (“vetcheck”).

O resultado dos exames laboratoriais será disponibilizado na forma impressa somente ao proprietário do animal ou pessoa por ele autorizada em até sete dias de sua realização.

Agradecemos o apoio e compreensão.

CINTHIA BEATRIZ DA SILVA DUMONT

Mestranda do Programa em Saúde Animal da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UnB

PROF. DR. EDUARDO MAURÍCIO MENDES LIMA

Orientador Professor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UnB

DE ACORDO, BRASÍLIA \_\_ DE \_\_\_\_\_ DE 2009 \_\_\_\_\_.

PROPRIETÁRIO



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**GRUPO EM MEDICINA EQUINA**  
**HOSPITAL VETERINÁRIO DE GRANDES ANIMAIS**

**SOLICITAÇÃO**

Solicitamos ao Chefe da Comissão Veterinária Dr. Meryonne Moreira, a gentileza em autorizar a monitoração e manipulação dos animais, Puro Sangue Árabe, participantes de provas de enduro para estudo experimental realizado pelo Grupo de Estudos de Medicina Equina do Hospital Veterinário de Grandes Animais da Faculdade de Veterinária da UnB, durante as provas sob autorização prévia dos proprietários. Esse estudo será realizado durante as competições do Campeonato de Enduro Equestre na região do Distrito Federal de 2009, assim como algumas provas em 2010.

O estudo experimental tem como objetivo principal, avaliar a função cardiovascular e metabólica dos animais em resposta ao exercício prolongado e extenuante a que são submetidos, tendo em vista que tais variáveis indicam o nível de condicionamento físico do animal, pois um bom preparo físico é fundamental para a prática do enduro. Portanto, estudos realizados sob a influência de fatores ambientais característicos do clima tropical no Brasil são importantes, tanto para os pesquisadores, como para treinadores, cavaleiros e proprietários, que investem tempo, recursos e dedicação. Estes terão acesso a dados obtidos em um laboratório em tempo real, ou seja, a própria prova, visto que a maioria das citações a que se tem acesso é por meio da literatura estrangeira elaborada a partir de estudos realizados em climas temperados.

O estudo será realizado por meio da colheita de sangue venoso para realização de exames laboratoriais e avaliação eletrocardiográfica. As colheitas serão realizadas em duas fases, a primeira no próprio haras, na semana que antecede a prova, com data e horário combinado previamente com o responsável pelo animal e a equipe veterinária, de forma a interferir o mínimo no manejo do local, considerando-se este o momento basal. A segunda ao término do último anel, ou seja, ao final da competição logo após a inspeção veterinária oficial da prova ("vetcheck").

O resultado dos exames laboratoriais será disponibilizado na forma impressa somente ao proprietário do animal ou pessoa por ele autorizada em até sete dias de sua realização.

Agradecemos o apoio e compreensão.

CINTHIA BEATRIZ DA SILVA DUMONT  
Mestranda em Saúde Animal

PROF. DR. EDUARDO MAURÍCIO MENDES LIMA  
Orientador

DE ACORDO, BRASÍLIA \_\_ DE \_\_\_\_\_ DE 2009 \_\_\_\_\_.

Meryonne Moreira