



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA
CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA

ANDRESSA MENDES ALVES

**EQUILÍBRIO ÁCIDO BASE DE EQUINOS QUARTO DE MILHA EM
TREINAMENTO DE TRÊS TAMBORES**

São Luís - MA

2017

ANDRESSA MENDES ALVES

**EQUILÍBRIO ÁCIDO BASE DE EQUINOS QUARTO DE MILHA EM
TREINAMENTO DE TRÊS TAMBORES**

Monografia apresentada ao Curso de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Medicina Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Luís Nina Gomes

São Luís - MA

2017

ANDRESSA MENDES ALVES

**EQUILÍBRIO ÁCIDO BASE DE EQUINOS QUARTO DE MILHA EM
TREINAMENTO DE TRÊS TAMBORES**

Monografia de Graduação defendida e aprovada em: ____/____/____ pela
banca examinadora composta pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Daniel Praseres Chaves
Medicina Veterinária – UEMA
Patologia Clínica Animal
1º examinador

Prof. Dr. Ivo Guilherme Ribeiro de Araujo
Zootecnia – UFMA/Campus Chapadinha
2º examinador

Prof. Dr. Cláudio Luís Nina Gomes
Medicina Veterinária – UEMA
Clínica Médica e Terapêutica de Equinos
Orientador

DEDICATÓRIA

À Deus, meu Senhor, primeiramente pelo dom da vida a mim concedido, por sempre ser meu sustento, me conceder conquistas inimagináveis e bênçãos sem medidas a todo momento.

À Nossa Senhora que a todo instante passa a minha frente intercedendo e rogando pela minha vida.

Aos meus pais, James Pereira Alves e Anagáí Cordeiro Mendes Alves, que nunca mediram esforços para realizar meus sonhos, por serem a razão da minha vida, serem meus melhores amigos e por todo amor. Não seria absolutamente nada sem vocês.

Aos meus irmãos James Jr. e Eduardo pela nossa união e amizade fraterna e por deixarem nossa família completa. Dedico ainda à toda minha família que sempre acompanhou de perto meu amor pelos animais desde a infância e minhas conquistas nesses cinco anos na graduação.

Ao Gui, meu namorado, por fazer das minhas escolhas as dele e ser sempre companheiro, por acreditar e confiar sempre que sou capaz de alcançar meus objetivos, me dando forças, incentivo e amor sem reservas.

Igualmente dedico aos meus cães Tob, Lucky e Tihane e aos meus cavalos e amigos fieis Tayson (in memoriam) e Zorrerito, graças a eles eu pude conhecer uma amizade ímpar e um amor gratuito e inigualável, que não precisa nem mesmo de palavras para se manifestar. À eles eu devo a descoberta da minha vocação e por eles dedicarei amor a todos animais que esta profissão trouxe até mim.



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a esta Instituição que me deu a oportunidade de estudo e condições suficientes para que nós tivéssemos um curso superior digno e por tantas outras oportunidades oferecida à nós enquanto estudantes.

Ao meu orientador, professor Cláudio Nina, por confiar a mim a realização desse trabalho e de tantos outros já desenvolvidos. Por transmitir seus conhecimentos humildemente, pela paciência, amizade e por sempre se dispor a me ajudar.

Ao curso de Medicina Veterinária – UEMA que me propiciou tantas descobertas na profissão que sempre quis ter. Agradeço ainda à todos os professores desta casa que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação.

Ao meu amigo Rodrigo Fucuta, companheiro de turma, de iniciação científica e deste trabalho, agradeço por conviver com alguém de coração tão nobre como você. Obrigada por sempre dividir as tarefas de pesquisa comigo, por nunca se recusar a me ajudar e sobretudo por ser essa pessoa positiva e que traz calma.

À UEMA, FAPEMA e CNPq pela concessão de bolsa de Iniciação Científica praticamente durante toda minha graduação.

Às minhas duas amigas, Lygia Galeno e Brenda Fernanda, por estarem comigo desde que entramos na faculdade e sempre podermos contar uma com a outra. Obrigada por todo cuidado que vocês dedicam a mim, por toda ajuda e paciência. Sem dúvidas hoje vocês fazem parte da realização desse sonho e se não fosse por vocês muita coisa teria sido diferente e sem graça. Vocês serão a minha melhor recordação desses cinco anos, manas.

Ao professor Felipe Moraes Jr que se dedicou e dispôs a realizar as análises estatísticas desse trabalho.

Ao Haras 4 Irmãos que cedeu o espaço e seus animais para que esse experimento pudesse ser realizado.

À FAPEMA juntamente com o professor Cláudio Nina e Máisa Sales, de maneira especial, por me conceder a oportunidade de realizar um estágio no exterior que pudesse agregar conhecimentos a mim enquanto desenvolvia este até então projeto de pesquisa. Sou extremamente grata por ser contemplada com essa bolsa que trouxe uma experiência única na minha vida profissional.

Agradeço ainda aos meus colegas de turma pelo convívio diário e por dividirmos vários momentos especiais durante esta graduação.



“Posso todas as coisas em Cristo que me fortalece.”

Filipenses 4:13

RESUMO

Avaliou-se os efeitos do exercício durante treinamento de Três Tambores sobre o equilíbrio ácido base de 10 equinos da raça Quarto de Milha. Foram avaliados as frequências cardíaca e respiratória, temperatura retal, hematócrito, sódio, potássio, cloreto, lactato, hemogasometria (pH, HCO_3^- , EB, pCO_2 , pO_2 , sO_2 e tCO_2) e a diferença de íons fortes (DIF) em três tempos: T1 – antes do exercício; T2 – imediatamente após dois percursos de Três Tambores, intervalados em 10 minutos, precedidos de um aquecimento de dez minutos; T3 – após uma hora (sob descanso) do T2. Do T1 ao T3 os animais permaneceram em jejum hídrico. No momento de repouso (T1) todos os parâmetros físicos e laboratoriais permaneceram dentro dos limites fisiológicos. Imediatamente após o exercício (T2) ocorreu aumento das frequências cardíaca e respiratória, da temperatura retal e diminuição nos valores de pH, HCO_3^- e pCO_2 . Também após o exercício (T2), ocorreu diminuição nos valores do EB e de tCO_2 com relação ao tempo basal (T1), enquanto que a concentração de lactato sanguíneo aumentou acima dos limites fisiológicos, alcançando níveis de hiperlactatemia (>5 mMol/L), ocasionando, conseqüentemente, diminuição da diferença de íons fortes. O sódio e cloreto não variaram significativamente entre os tempos, e o potássio diminuiu no T2, porém todos permaneceram entre limites fisiológicos em todos os tempos avaliados. Somente o pH retornou aos limites fisiológicos no T3, e o lactato, embora tenha reduzido, continuou elevado neste tempo. Portanto, após a realização de dois percursos de Três Tambores, os equinos mantiveram suas concentrações venosas de sódio, cloreto e potássio em limites fisiológicos, mas houve aumento do lactato plasmático, diminuindo a DIF. Concluiu-se que após dois percursos de Três Tambores em condições de treinamento, os equinos apresentaram hiperlactatemia que, conseqüentemente, provocou acidose metabólica e diminuição na DIF. Após uma hora de descanso do segundo percurso, o pH retornou à níveis fisiológicos, com níveis de HCO_3^- e EB quase que totalmente recompostos, e DIF normalizada, porém, com o lactato, embora mais reduzido, ainda permaneceu em concentração elevada.

Palavras-chave: Equinos. Exercício. Hemogasometria. Lactato. Acidose.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effects of exercise during Barrel Racing training on the acidic balance of 10 Quarter Horse equines. Were evaluated cardiac and respiratory rates, rectal temperature, hematocrit, sodium, potassium, lactate, hemogasometry (pH, pCO₂, pO₂, sO₂ and tCO₂) and the difference of strong ions (DIF) in three times, T1 - before exercise; T2 - immediately after two courses of Barrel Racing, intervals in 10 minutes, preceded by a heating of ten minutes; T3 - after one hour (under rest) of T2. From T1 to T3 the animals remained in water fasting. At rest (T1) all physical and laboratory parameters remained within the physiological limits. Immediately after exercise (T2), there was an increase in heart and respiratory rates, rectal temperature and a decrease in pH, HCO₃⁻ and pCO₂ values. Also after exercise (T2), there was a decrease in EB and tCO₂ values in relation to baseline time (T1), whereas blood lactate concentration increased above physiological limits, reaching levels of hyperlactatemia (>5 mMol/L), resulting in decrease in the DIF. Sodium and chloride didn't vary significantly between the times, and potassium decreased in T2, but all remained within physiological limits at all evaluated times. Only the pH returned to physiological limits at T3, and lactate, although reduced, remains high at this time. Therefore, after performing two Barrel Racing courses, horses maintained their sodium, chloride and potassium venous concentrations in physiological limits, but there was an increase in plasma lactate, reducing DIF. It was concluded that after two courses of Barrel Racing under training conditions, the horses presented hyperlactatemia, which, consequently, caused a metabolic acidosis and a decrease in DIF. After an hour of rest of the second course, the pH returned to physiological levels, with levels of HCO₃⁻ and EB almost totally recovered, and normalized DIF, but the lactate still remained in high concentration.

Keywords: Equine. Exercise. Hemogasometry. Lactate. Acidose.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Diagrama oficial de Três Tambores..... | 15 |
| Figura 2 – Coleta e processamento das amostras para as análises hemogasométricas..... | 23 |

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Valores médios e desvios padrões da FC (frequência cardíaca, em batimentos por minuto), FR (frequência respiratória, em movimentos por minuto), TR (temperatura real, em graus Celsius) e Ht (hematócrito, em %) em equinos Quarto de Milha durante treinamento de Três Tambores.....25
- Tabela 2** - Valores médios e desvios padrões do pH (potencial hidrogeniônico, em mMol/L), HCO_3^- (concentração de bicarbonato, em mMol/L), EB (excesso de base), e pCO_2 (pressão parcial de dióxido de carbono, em mmHg) em equinos Quarto de Milha durante treinamento de Três Tambores.....26
- Tabela 3** - Valores médios e desvios padrões de tCO_2 (pressão parcial de dióxido de carbono, em mmHg), pO_2 (pressão parcial de oxigênio, em mmHg), sO_2 (saturação de oxihemoglobina, em %), e lactato (mMol/L) no sangue venoso de equinos sob treinamento de Três Tambores.....27
- Tabela 4** - Valores médios e desvios padrões de sódio (mMol/L), cloreto (mMol/L), potássio (mMol/L), lactato (mMol/L) e diferença de íons fortes – DIF, mMol/L) em equinos Quarto de Milha durante treinamento de três tambores.....30

LISTA DE SIGLAS E ABREVEATURAS

ABQM - Associação Brasileira de Quarto de Milha
ANOVA - Analysis of Variance
Atot – Concentração de ácidos fracos não voláteis
ATP - Adenosina trifosfato
bpm - Batimentos por minuto
Ca⁺⁺ - Íons de cálcio
CG4+ - Cartucho de hemogasometria modelo CG4+
Cl⁻ - Íons cloreto
DIF - Diferença de íons fortes
EB - Excesso de base
EDTA - Ácido etilenodiamino tetra-acético
et al - Colaboradores
FC - Frequência cardíaca
FR - Frequência respiratória
H⁺ - Íons de hidrogênio
HCO₃⁻ - Bicarbonato
Ht - Hematócrito
K⁺ - Íons potássio
Kg – Quilograma
Lac – Lactato
mmol/L – Milimol por litro
Mg⁺⁺ - Íons magnésio
mL – Mililitros
mpm – Movimentos por minuto
Na⁺ - Íons de sódio
O₂ – Gás oxigênio
P - Probabilidade
pCO₂ - Pressão parcial do dióxido de carbono
pH – Potencial hidrogeniônico
pO₂ - Pressão parcial de oxigênio
sO₂ - Saturação de oxihemoglobina
tCO₂ - Concentração total do dióxido de carbono
TR – Temperatura retal
T1 – Tempo de avaliação inicial
T2 – Tempo de avaliação imediatamente após treinamento
T3 – Tempo de avaliação após uma hora de descanso
> - Maior
< - Menor
% - Porcentagem
+ - Mais
± - Mais ou menos
°C - Graus Celsius

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 15 |
| 2.1 Prova de Três Tambores..... | 15 |
| 2.2 Fisiologia do Exercício..... | 16 |
| 2.3 Equilíbrio ácido base..... | 17 |
| 2.4 Metabolismo energético e lactato | 18 |
| 2.5 Íons fortes | 19 |
| 3 OBJETIVOS | 21 |
| 3.1 Objetivo Geral..... | 21 |
| 3.2 Objetivos Específicos..... | 21 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS..... | 22 |
| 4.1 Local e animais experimentados..... | 22 |
| 4.2 Avaliação dos parâmetros vitais | 22 |
| 4.3 Análises Bioquímicas..... | 22 |
| 4.4 Análises Hemogasométricas..... | 23 |
| 4.5 Tempos das avaliações físicas e coleta das amostras..... | 24 |
| 4.6 Análise Estatística..... | 24 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 25 |
| 6 CONCLUSÕES..... | 32 |
| REFERÊNCIAS..... | 33 |

1 INTRODUÇÃO

Os equinos da raça Quarto de Milha são mundialmente conhecidos por sua velocidade, versatilidade, docilidade e agilidade nos esportes equestres, o que fez com que a raça ganhasse destaque nas provas de corrida, três tambores, rédeas, vaquejada e nas demais provas com gado. Atualmente, é a raça de predileção para a prática dos Três Tambores no Brasil e no exterior devido sua habilidade em contornar os tambores em alta velocidade (ABQM, 2017).

Essa modalidade consiste em realizar um percurso formado por três tambores dispostos de forma triangular na pista de competição, onde o conjunto cavalo/cavaleiro inicia o percurso por um dos lados, contornando o primeiro tambor, seguindo então para o segundo e terceiro tambores, retornando ao ponto de partida onde o cronômetro é parado vencendo aquele que obtiver menor tempo. É uma das competições de velocidade mais emocionante entre todas as provas cronometradas do cavalo Quarto de Milha, atraindo cada vez mais novos adeptos e estando entre as modalidades equestres mais praticadas no mundo (ABQM, 2017).

Segundo Prince *et al.* (2002), os exercícios realizados por equinos atletas podem ser de longa duração e baixa intensidade, a exemplo tem-se as provas de enduro e resistência, e de alta intensidade e curta duração, que exigem grande potência muscular e predomínio do metabolismo muscular anaeróbico, como a prova de Três Tambores.

Os equinos da raça Quarto de Milha apresentam maior proporção de fibras do tipo IIX, que são fibras de contração rápida, baixa capacidade oxidativa, alta capacidade glicolítica, e eficientes na rápida produção de energia que é necessária para suprir a demanda da intensa contração muscular em exercício de alta intensidade (LINDINGER, 2004).

Nesses exercícios de alta intensidade e curta duração o metabolismo muscular anaeróbico predomina em relação ao aeróbico, pois o consumo de energia pelos músculos esqueléticos excede a capacidade de produção de ATP pela via aeróbica. Então, grande parte da energia passa a ser gerada através da glicólise anaeróbica. Neste processo, ocorre produção de ácido lático que é rapidamente dissociado em íons hidrogênio e lactato (SILVA *et al.*, 2013). A concentração de íons de hidrogênio nos líquidos corporais é expressa pelo pH e sua regulação ocorre através do controle do equilíbrio ácido base.

O emprego de testes utilizados na avaliação da fisiologia do exercício nos equinos fornece importantes resultados sobre a capacidade física e desempenho atlético

desses animais. Estudos sobre a fisiologia de equinos atletas nas condições climáticas em que são criados e treinados são essenciais para a melhor compreensão da adaptação dos animais aos protocolos de treinamento ou competições equestres. Desta forma, é possível obter conhecimentos que possam ser aplicados objetivando a melhora na performance atlética do equino em uma modalidade específica (CASTRO, 2011).

A hemogasometria é o método mais adequado e eficaz para a detecção das alterações do equilíbrio ácido base dos fluidos corporais, a qual se refere à análise dos gases sanguíneos (pO_2 e pCO_2), assim como do HCO_3^- e do pH (DAY, 2002). Nos últimos dez anos, estudos avaliando os efeitos dos íons fortes, em especial o sódio, potássio e cloreto, e os íons fracos no sangue também têm sido utilizados para verificar a influência dos mesmos neste equilíbrio.

Desordens do equilíbrio ácido base e eletrolítico também têm sido descritas em equinos associadas ao exercício de curtíssima duração e alta intensidade, porém ainda é escasso na literatura estudos que demonstrem as alterações metabólicas e/ou respiratórias em cavalos de provas rurais e westerns, como a de Três Tambores. A análise de gases e eletrólitos tem sido realizada apenas em ambientes controlados, utilizando a esteira, e poucos são os estudos que utilizam métodos de avaliação destas funções a campo (SILVA *et al.*, 2009).

Na ilha de São Luís, Maranhão, a prática de Três Tambores tornou-se uma das provas equestres mais comuns, contando com conjuntos cavalo/cavaleiros de bom nível, e equinos da raça Quarto de Milha com performances significativas nesta modalidade equestre (SGP, 2017). Entretanto, os efeitos do exercício sobre o equilíbrio ácido base nesses animais ainda não foram pesquisados.

Sendo assim, há necessidade de estudos que avaliem estes efeitos tanto em treinamento quanto em competição, bem como durante o exercício e após o mesmo, preocupando-se com a resposta do animal ao esforço e a recomposição dos parâmetros fisiológicos após a realização dos percursos de três tambores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Prova de Três Tambores

A prova consiste na realização de um percurso onde três tambores são distribuídos na forma triangular em uma pista de areia, com distância de 27,5 metros entre os tambores que compõe a base do triângulo isósceles e 32 metros entre o tambor que compõe o ápice do triângulo dos outros dois tambores. A linha entre o 1º e o 2º tambor deve estar a uma distância de 18,3 metros da linha de partida e chegada, onde é posicionado o par de fotocélulas. Cada tambor deve estar pelo menos a 4 metros de distância das cercas, conforme a Figura 1 (ABQM, 2014).

O cronômetro inicia a contagem quando o conjunto cavalo/cavaleiro cruza a linha do par de fotocélulas em direção ao primeiro tambor, seguindo aos demais tambores e retornando até à linha de partida. O percurso pode iniciar pelo tambor à direita como à esquerda, ficando a critério e preferência do competidor (ABQM, 2014).

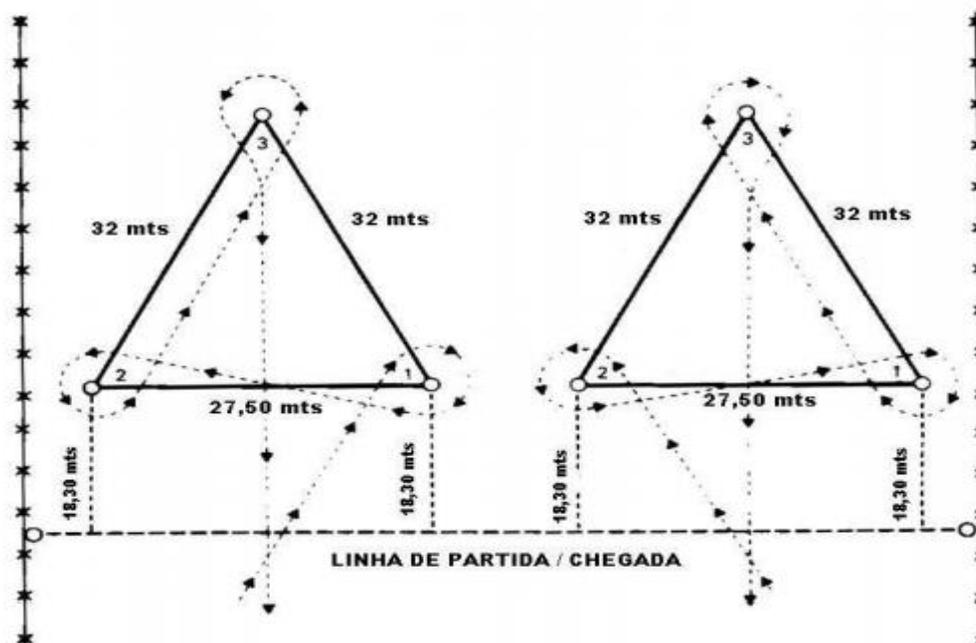


FIGURA 1 – Diagrama oficial de Três Tambores. (ABQM, 2015)

O conjunto vencedor é aquele que realizar o percurso completo em menor tempo, que varia em média de 16 a 20 segundos nas provas oficiais da ABQM, a depender da categoria e da experiência do cavaleiro. Neste ano, o recorde nacional foi quebrado em março por um conjunto brasileiro durante uma prova oficial no estado do Paraná que alcançou o tempo de 16.507 segundos (SEM ANAL TRÊS TAMBORES, 2017).

Pelas características desta modalidade como a rápida aceleração e desaceleração além da mudança brusca de direção, a raça mais utilizada para esta modalidade é a Quarto de Milha, por sua notável capacidade de empreender altas velocidades em curtas distâncias quando comparado às outras raças (STRICKLIN, 1997).

Por ser caracterizada pela curta duração e alta intensidade, a prova de Três Tambores exige uma alta demanda de energia num curto período de tempo, havendo assim a predominância do metabolismo anaeróbico durante a prática e treinamento dessa modalidade (EATON, 1994).

2.2 Fisiologia do Exercício

Os atletas da espécie equina sofrem alterações físicas, neurológicas, metabólicas, cardiovasculares, endócrinas e psíquicas que estão relacionadas com o tipo de exercício físico praticado, podendo ser máximo de curta duração ou submáximo prolongado (EVANS, 2000).

Considerando-se a individualidade inerente aos diferentes organismos, cada atleta responde ao exercício de maneira particular, onde cada uma dessas respostas pode ser avaliada por diversas variáveis fisiológicas, como a frequência cardíaca, limiar de lactato, hematologia e respostas endócrinas.

O exercício físico submete o organismo a grandes alterações nos parâmetros destas variáveis sendo considerado um grande fator estressante fisiológico. As elevações no valor de hematócrito, por exemplo, que podem estar relacionadas com hemoconcentração proveniente de processos fisiopatogênicos podem, por outro lado, ocorrer durante a prática do exercício físico (FERRAZ *et al.*, 2009).

O esforço físico altera transitoriamente a homeostasia de equinos devido à ação primária da liberação das catecolaminas no início da atividade física, promovendo alterações como aumento da frequência cardíaca e força de contração do miocárdio que induzem incremento do débito cardíaco (MCKEEVER, 2011).

As catecolaminas que irão desencadear também a contração esplênica com liberação de hemácias para a circulação sanguínea e conseqüentemente melhor perfusão tecidual, principalmente para o sistema nervoso central e musculatura esquelética (INOUE *et al.*, 2005). A perda de fluidos devido à sudorese é a segunda causa de hemoconcentração.

Contudo, em condições normais, ao término da atividade física o organismo possui a capacidade de se recuperar para reestabelecer a homeostase e estas variáveis

retornam aos seus valores fisiológicos, sem que esta variação represente nenhuma alteração patológica (EVANS, 2000).

2.3 Equilíbrio ácido base

Há alguns anos o estudo descritivo das possíveis alterações do equilíbrio ácido-base é foco de pesquisas no campo da Medicina dentro da fisiologia do exercício em equinos (DI FILLIPO *et al.*, 2009).

Grande parte da energia utilizada durante a realização do exercício intenso de curta duração é gerada através da glicólise anaeróbia que possui como subproduto o ácido láctico que em meio líquido, intra ou extracelular, se dissocia rapidamente em lactato e íons de hidrogênio (MARLIN & NANKERVIS, 2002).

A concentração dos íons de hidrogênio nos líquidos corporais é expressa pelo pH e sua regulação ocorre através do controle do equilíbrio ácido base. Quando a concentração desses íons se eleva no sangue, ocorre diminuição do pH e consequente acidemia (GUYTON & HALL 2002).

Segundo Viu *et al.* (2010), a aplicação da equação de Henderson-Hasselbach, relacionada à dissociação do ácido carbônico, demonstra a ocorrência da acidose metabólica a partir do aumento da concentração de H^+ no sangue, diminuição das concentrações de HCO_3^- e possivelmente aumento na pCO_2 .

A associação entre o sistema tampão bicarbonato/ácido carbônico e o mecanismo ventilatório apresentam alta capacidade de regulação das alterações no pH sanguíneo após exercício de curta duração e alta intensidade. A ligação entre HCO_3^- e H^+ formam ácido carbônico, que se dissocia em CO_2 e H_2O . No exercício de alta intensidade e curta duração, há aumento de CO_2 , como na frequência respiratória e ventilação pulmonar, conseqüentemente, aumenta a perfusão das artérias pulmonares com subseqüente passagem de CO_2 para os alvéolos, então este pode ser eliminado por meio da respiração (LACERDA-NETO, 2004).

A principal forma de eliminação do excesso de H^+ é por meio da excreção renal. Os rins são responsáveis por controlar a concentração de íons H^+ do líquido extracelular por três mecanismos: secreção de íons H^+ , reabsorção dos íons HCO_3^- filtrados e produção de novos íons HCO_3^- (GUYTON & HALL, 2002).

Segundo Houpt (2006) a taxa de secreção do íon H^+ pelas células tubulares renais é determinada pelo pH intracelular que, se modifica, à medida que o pH sanguíneo ou a pressão parcial de dióxido de carbono se alteram.

2.4 Metabolismo energético e lactato

A energia primeiramente utilizada em qualquer atividade física está armazenada nos estoques intramusculares de ATP e creatina fosfato. O metabolismo do músculo esquelético produz adenosina trifosfato (ATP) como fonte imediata de energia (LEHNINGER *et al.*, 2000).

A via responsável pela produção de energia aeróbia é a via oxidativa, também chamada de ciclo de Krebs, que tem como principais substratos a glicose, o glicogênio muscular e hepático, lipídios e em menor importância os aminoácidos. A via oxidativa ocorre na presença do oxigênio, notadamente na mitocôndria e gera como produto, ATP e CO₂ (NELSON & COX, 2009).

Em exercícios prolongados, como o enduro, essa é a principal via de produção energética (BERGERO *et al.*, 2005). Com a continuidade do exercício e cessados estes estoques de energia, o combustível passa a ser fornecido por outras áreas do corpo, como o fígado. Então, os estoques de ATP são restabelecidos pela via glicolítica anaeróbia (SILVA, 2005).

Em linhas gerais, assume-se que durante os esforços de curta duração e com alta intensidade, a molécula de adenosina trifosfato (ATP) é ressintetizada, predominantemente, pela degradação da fosfocreatina e do glicogênio muscular, com subsequente formação de lactato (MEDBO & TABATA, 1993).

Muñoz *et al.* (2010) ressaltaram que as vias da creatina fosfato e glicolítica são mecanismos importantes para geração de energia muscular durante o exercício em equinos, principalmente em esforços que necessitam de velocidade e potência como a prova de Três Tambores e a corrida de Puro Sangue Inglês. Entretanto, Evans (2000), destaca que a via metabólica para produção de ATP que predominará em determinado momento depende, em parte, do condicionamento físico e da intensidade e duração do esforço físico e das condições ambientais onde este é realizado. Ambas podem estar presentes, porém uma predominando.

Eaton (1994) relatou que em níveis relativamente menores de condicionamento ou à medida que a velocidade do exercício aumenta, uma maior quantidade de lactato é produzida, pois uma maior proporção de energia é suprida pela glicólise anaeróbia. Esta via é responsável por produzir quantidade significativa de íons H⁺ (ROBERGS *et al.*, 2004).

A produção do lactato também esteve relacionada à liberação dos íons H⁺ e à diminuição do pH intramuscular de forma progressiva com o aumento da duração do

exercício intenso. Esse processo metabólico é denominado de acidose láctica (BERTUZZI *et al.*, 2009).

2.5 Íons fortes

Durante muito tempo a análise do equilíbrio ácido base ficou concentrada na avaliação do dióxido de carbono ($p\text{CO}_2$) e do bicarbonato (HCO_3^-), fundamentados na equação de Henderson-Hasselbalch (HASSELBALCH, 1916) na qual a regulação dos íons H^+ dependia apenas destas variáveis. Na avaliação hemogasométrica, o pH e a concentração de bicarbonato HCO_3^- são variáveis dependentes de três outras variáveis independentes que afetam diretamente o balanço ácido base: concentração de dióxido de carbono ($p\text{CO}_2$), diferença de íons fortes (DIF) e concentração de ácidos fracos não voláteis (Atot) (GUNNERSON & KELLUM, 2003). Assim, o pH e a concentração de HCO_3^- só alteram se uma destas três variáveis for alterada.

Além destas variáveis, resultados hemogasométricos e bioquímicos somam ao exame dos gases sanguíneos informações dos valores da pressão de oxigênio ($p\text{O}_2$), a saturação de oxigênio ($s\text{O}_2$), o dióxido total de carbono ($t\text{CO}_2$), excesso de base (EB) (GOMES, 1997), dos eletrólitos Na^+ , K^+ e Cl^- , da concentração de proteínas totais e ânions comumente não mensurados, mais conhecidos com ânions gap (BONIATTI, 2006).

Estes parâmetros permitem diagnosticar quadros de acidose ou alcalose e classificar estas em não respiratória (metabólica), respiratória, e mista (MORAIS & DIBARTOLA, 1993). O pH fisiológico das espécies domésticas é de 7.35 e 7.45, inclusive dos equinos (CONSTABLE, 2003; SCHOTT, 2006).

Pela análise hemogasométrica, acidose ou alcalose são basicamente diagnosticadas conforme os valores do pH expresso em função do componente metabólico (HCO_3^-) e do respiratório ($p\text{CO}_2$), que se encontrarão alterados em relação aos valores normais. Se o metabólico é o distúrbio primário, o respiratório altera secundariamente para compensar aquele, e vice-versa. Se ambos são primários o distúrbio é denominado misto ou combinado (DIBARTOLA, 2006).

Quando a carga elétrica de um íon é positiva, eles são denominados de cátions, por exemplos: sódio (Na^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{++}) e magnésio (Mg^{++}); e se negativa, de ânions, como o cloreto (Cl^-). Cátions ou ânions que contêm átomos de hidrogênio (H^+) com capacidade de liberar estes em solução possuem propriedade

acidificante, enquanto que os com capacidade para aceitar H^+ possuem propriedade alcalinizante (HINCHCLIFF *et al.*, 2002).

Um íon é classificado como forte quando possui a propriedade de dissociar-se totalmente ou parcialmente em uma solução aquosa, como exemplo, a maioria dos íons inorgânicos como os cátions Na^+ , K^+ , e o ânion Cl^- , ou íons orgânicos como o lactato. Os íons fortes agem como ácidos quando na ausência de uma base, acidificando uma solução, ou como uma base na ausência de um ácido, alcalinizando-a. Eles determinam a concentração de H^+ e de $H_2CO_3^-$ porque afetam o estado associado da água influenciando as concentrações de H^+ e de OH^- (LINDINGER, 2004).

A diferença gerada da soma das concentrações de ânions e cátions em um compartimento gera uma diferença denominada de Diferença de Íons Fortes (DIF) (CONSTABLE, 1997). Pelo valor da DIF pode ser diagnosticada acidificação ou alcalinização provocada por alterações na relação das concentrações dos íons fortes, inclusive para identificar distúrbios mistos ou combinados (MORAIS & DIBARTOLA, 1993).

Tanto no plasma como no líquido intersticial a DIF pode ser calculada utilizando valores mensurados de íons na forma livre, através da seguinte fórmula:

$$DIF (mEq L^{-1}) = ([Na^+] + [K^+] + [Mg^{++}] + [Ca^{++}]) - ([Cl^-] + [lactato^-] + [sulfato^-]),$$

mas como as cargas dos cátions e ânions divalentes praticamente se equivalem, podem ser dispensados, ficando somente:

$$DIF (mEq L^{-1}) = ([Na^+] + [K^+]) - ([Cl^-] + [lactato^-]).$$

O lactato também poderá ser dispensado no cálculo, mas deve ser mantido neste quando se busca avaliar a recuperação de desequilíbrio ácido base, e principalmente na avaliação de exercício físico (LINDINGER, 2004), pois esse metabólito pode acumular-se na fibra muscular em quantidades aumentadas durante o mecanismo de anaerobiose em exercícios intensos (BOFFI, 2007).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Avaliar o equilíbrio ácido base em equinos da raça Quarto de Milha ao final de duas passadas de Três Tambores e após uma hora de descanso.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar avaliação clínica-laboratorial, mensurando parâmetros fisiológicos, bioquímicos e hematócrito dos equinos antes e após percursos de Três Tambores;

- Mensurar os íons fortes para verificar a relação cátion-aniônica através da diferença de íons fortes (DIF).

- Através das análises e interpretação dos parâmetros clínico-laboratoriais, e da DIF, classificar a alteração no equilíbrio ácido base em função do exercício de Três Tambores, e após descanso por uma hora para verificar a possível recomposição do equilíbrio ácido base.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local e animais experimentados

O experimento foi realizado no Haras 4 Irmãos, município de Raposa, Maranhão. Foram utilizados dez equinos (*Equus caballus*) da raça Quarto de Milha, com idades entre cinco e oito anos, peso corporal entre 360 e 490 Kg, saudáveis e adaptados aos treinamentos e competindo nas provas equestre de Três Tambores.

4.2 Avaliação dos parâmetros vitais

Os parâmetros físicos foram avaliados segundo Speirs (1999):

- Temperatura retal – obteve-se pela observação da medida escalar expressa em graus Celsius (°C) no medidor de leitura de termômetro digital após manutenção deste durante ± 1 minuto no reto do animal;
- Frequência cardíaca – aferiram-se os batimentos cardíacos por minuto (bpm) por ausculta das vibrações sonoras da bulha cardíaca no foco mitral (na região dos 4° e 5° espaços intercostais esquerdos) através de um estetoscópio;
- Frequência respiratória – conferiram-se os movimentos respiratórios por minuto (mpm) por ausculta dos pulmões na área entre o 6° e 17° espaços intercostais das regiões dorso-mediais torácicas esquerda e direita através do estetoscópio e por observação dos movimentos do abdome durante 1 minuto.
- Peso – aferiu-se através da fita para pesagem de equinos, em quilogramas.

4.3 Análises Bioquímicas

Foram colhidas amostras de sangue, após antissepsia, por venopunção jugular, acondicionadas em frascos Vacutainer com EDTA (frasco siliconizado a vácuo – 4,0 mL – Vacuette) para avaliação do hematócrito, com fluoreto de sódio (frasco siliconizado a vácuo – 4,0 mL – Vacuette) para obtenção de plasma, e em frascos Vacutainer siliconizados sem anticoagulante para obtenção do soro (frasco siliconizado a vácuo – 9,0 mL – Vacuette).

As alíquotas de soro e plasma foram mantidas congeladas a -20°C até o momento das análises laboratoriais, no Laboratório de Análises Clínicas da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. No soro, foram mensurados o sódio e o potássio por fotometria de chama (Fotômetro de chama B462 - Micronal, São Paulo, Brazil). Por multi-analisador bioquímico (HumanStar 300; Human GmbH, Wesbaden, DEU) foram determinados no plasma o lactato (Lac), e no soro, o cloreto (Cl).

4.4 Análises Hemogasométricas

Para a avaliação hemogasométrica, amostras de sangue foram colhidas anaerobicamente após antissepsia da cútis por venopunção jugular com agulha 30x7, em seringas plásticas descartáveis de 3mL, previamente heparinizadas (Figura 2).

Após a coleta, pequena quantidade de sangue de cada animal foi imediatamente colocada individualmente em um cartucho modelo CG4+ (cartucho para hemogasometria – Abaxiz Brasil) no aparelho hemogasômetro (I-STAT – Abaxis Brasil) para obtenção dos seguintes parâmetros hemogasométricos:

- pH do sangue venoso – pH
- Pressão parcial de oxigênio do sangue venoso – pO_2
- Pressão parcial do dióxido de carbono do sangue venoso – pCO_2
- Concentração de bicarbonato no plasma do sangue venoso – HCO_3^-
- Concentração total do dióxido de carbono do sangue venoso – tCO_2
- Excesso de base titulável do sangue venoso – EB
- Saturação de oxihemoglobina do sangue venoso – sO_2



FIGURA 2 – Coleta e processamento das amostras para as análises hemogasométricas. (Registro de Pesquisa, 2016)

4.5 Tempos das avaliações físicas e coleta das amostras

Os tempos (T) das avaliações físicas e coletas das alíquotas de sangue foram:

T1 – repouso, antes do início da atividade física;

T2 – imediatamente após um aquecimento ao trote com duração de dez minutos e realização de dois percursos de Três Tambores intervalados com descanso de dez minutos ao passo e a sombra;

T3 - após uma hora de descanso, contidos ao cabresto na sombra.

Os animais ficaram em jejum hídrico-alimentar do T1 ao T3.

4.6 Análise Estatística

Na análise estatística, o delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com três tratamentos (T1, T2, T3) em dez repetições (número de animais). Os dados para as variáveis estudadas foram submetidos ao teste de normalidade. Os dados normais e os normalizados, mediante transformações matemáticas (logarítmico e arco seno), foram submetidos à ANOVA e ao Teste de Tukey na probabilidade de 5%. As análises foram executadas através do programa *Statistical Analysis System* (SAS Institute Inc. 2015).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A FC aumentou no T2 em relação ao T1 ($P < 0,05$) (tabela 1). O aumento da FC está associado ao aumento da intensidade do exercício, que resulta em débito cardíaco aumentado para satisfazer as demandas aumentadas de oxigênio por parte dos músculos e facilitar a redistribuição de sangue para tecidos que participam da termólise (ALONSO et al., 2013).

Após uma hora de descanso (T3), a FC reduziu em relação ao T2 ($P < 0,05$), mas ainda permaneceu aumentada em relação ao T1 ($P < 0,05$) (tabela 1). Embora bem adaptados ao exercício em Três Tambores, os equinos estudados poderiam apresentar melhor média neste parâmetro, pois uma rápida diminuição a níveis basais é esperada após uma hora de exercício de corrida de alta intensidade e curta duração (BELLO, 2012).

Tabela 1. Valores médios e desvios padrões da FC (frequência cardíaca, em batimentos por minuto), FR (frequência respiratória, em movimentos por minuto), TR (temperatura real, em graus Celsius) e Ht (hematócrito, em %) em equinos Quarto de Milha durante treinamento de Três Tambores

| Tempos de Avaliação | PARÂMETROS FISIOLÓGICOS | | | |
|---------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | FC (28-40 bpm) | FR (8-16 mpm) | TR (37,5-38,5°C) | Ht (32-52%) |
| T1 | 37,60±3,37 ^C | 19,20±2,53 ^C | 37,21±0,39 ^B | 33,60±2,88 ^C |
| T2 | 106,40±12,54 ^A | 65,40±9,43 ^A | 39,49±0,71 ^A | 48,70±5,50 ^A |
| T3 | 50,00±8,89 ^B | 36,40±8,93 ^B | 38,86±0,80 ^A | 41,60±4,79 ^B |

*Limites de referência para equinos em repouso. Tempos (T): T1 (antes do início do treinamento); T2 (imediatamente após dez minutos de aquecimento seguidos por dois percursos de três tambores intervalados em 10 minutos); T3 (uma hora de descanso após T2, com restrição de água). Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam valores diferentes entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A FR aumentou no T2 em relação ao T1 (tabela 1). A frequência respiratória alcançou níveis muito acima do repouso depois dos percursos em função do exercício, pois é função primordial do sistema respiratório realizar trocas gasosas de O_2 e CO_2 , que nos equinos é bem qualificada e reflete bem a grande capacidade de aerobiose entre período de repouso e exercício nessa espécie animal (ERICKSON & POOLE, 2006).

Após uma hora de descanso (T3), a FR reduziu em relação ao T2 ($P < 0,05$), mas ainda permaneceu aumentada em relação ao T1 ($P < 0,05$) (tabela 1), demonstrando que ainda não havia equilíbrio na ventilação/oxigenação completo no grupo de equinos

estudados até uma hora do repouso pós-exercício. Segundo Prates (2007), quando o exercício termina a FR diminui devido à parada das forças locomotoras que guiam a respiração, mas os equinos tendem a realizar movimentos respiratórios, inclusive profundos, até que o débito de oxigênio volte a ser equilibrado.

A TR aumentou no T2 ($P < 0,05$) em função do calor gerado pelo aumento do metabolismo no exercício, e ainda permaneceu aumentada no T3 em relação ao tempo basal ou T1 (tabela 1). Isto demonstra uma relativa melhora na temperatura corpórea no T3, demonstrando que não houve um superaquecimento corporal ao exercício (BELLO, 2012).

O Ht aumentou no T2 em relação ao T1 (tabela 1). Após uma hora de descanso (T3), o Ht reduziu em relação ao T2 ($P < 0,05$), mas ainda permaneceu aumentado em relação ao T1 ($P < 0,05$) (tabela 1). É importante ressaltar que o hematócrito deve ser avaliado em conjunto à proteína plasmática total e creatinina para diagnóstico de desidratação nos equinos (THOMASSIAN, 2005), podendo um ou mais destes aumentar devido à perda hídrica pela sudorese durante exercícios intensificados. Portanto, apesar desses valores não terem ultrapassado os limites fisiológicos, o aumento no T2 adveio possivelmente da perda hídrica pela sudorese, com respectiva melhora após o descanso (T3), quando o organismo redistribui líquidos para o espaço extracelular, diluindo as concentrações celulares e de solutos (BOFFI, 2007).

Tabela 2. Valores médios e desvios padrões do pH (potencial hidrogeniônico, em mMol/L), HCO_3^- (concentração de bicarbonato, em mMol/L), EB (excesso de base), e pCO_2 (pressão parcial de dióxido de carbono, em mmHg) em equinos Quarto de Milha durante treinamento de Três Tambores

| Tempos de Avaliação | PARÂMETROS HEMOGASOMÉTRICOS | | | |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | pH | HCO_3^- | pCO_2 | EB |
| Valores de referência* | (7,35-45mMol/L) | (24 - 32 mMol/L) | (33-44 mmHg) | (-2 - +2) |
| T1 | 7,39±0,02 ^A | 27,43±1,80 ^A | 45,62±2,04 ^A | 2,50±2,17 ^A |
| T2 | 7,06±0,10 ^B | 9,40±1,97 ^B | 32,22±4,53 ^C | -20,60±3,13 ^B |
| T3 | 7,37±0,03 ^A | 22,72±2,61 ^A | 38,76±3,43 ^B | -2,60±2,88 ^A |

*Limites de referência para equinos em repouso. Tempos (T): T1 (antes do início do treinamento); T2 (imediatamente após dez minutos de aquecimento seguidos por dois percursos de três tambores intervalados em 10 minutos); T3 (uma hora de descanso após T2, com restrição de água (T3)). Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam valores diferentes entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Valores médios e desvios padrões de tCO₂ (pressão parcial de dióxido de carbono, em mmHg), pO₂ (pressão parcial de oxigênio, em mmHg), sO₂ (saturação de oxihemoglobina, em %), e lactato (mMol/L) no sangue venoso de equinos sob treinamento de Três Tambores

| Tempos de Avaliação | PARÂMETROS HEMOGASOMÉTRICOS E LACTATO | | | |
|---------------------|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | tCO ₂ (21-30 mMol/L) | pO ₂ (20-38 mmHg) | sO ₂ (26 – 74%) | Lactato (0,12-1,5 mMol/L) |
| T1 | 28,80±1,81 ^A | 32,6±3,7 ^A | 61,1±6,4 ^A | 0,82±0,12 ^C |
| T2 | 10,40±1,96 ^B | 48,2±5,3 ^A | 66,8±7,6 ^A | 21,09±4,87 ^A |
| T3 | 23,80±2,70 ^A | 35,5±3,1 ^A | 66,3±5,5 ^A | 6,26±1,87 ^B |

*Limites de referência para equinos em repouso. Tempos (T): T1 (antes do início do treinamento); T2 (imediatamente após dez minutos de aquecimento seguidos por dois percursos de três tambores intervalados em 10 minutos); T3 (uma hora de descanso após T2, com restrição de água (T3)). Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam valores diferentes entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Conforme os resultados expressos nas Tabelas 2 e 3, todos os valores obtidos no momento de repouso (T1) para os parâmetros hemogasométricos e de lactato estavam entre limites fisiológicos para equinos em repouso citados por Kaneko et al. (2008), demonstrando que não havia alteração hemogasométrica e nem de lactato nos animais antes do exercício físico ser iniciado.

Imediatamente após o exercício (T2) ocorreu diminuição nos valores de pH, HCO₃⁻ e pCO₂ (Tabela 3) diferenciando-os dos valores mensurados no tempo basal antes do exercício (T1) ($P < 0,05$).

Devido ao esforço realizado pelos equinos atletas durante o exercício considerado de alta intensidade e curta duração como a prova de Três Tambores, a principal via de fornecimento de energia se dá através da glicólise anaeróbia que gera o ácido láctico que se dissocia rapidamente em lactato e prótons hidrogênio (H⁺). Quando a concentração de íons de hidrogênio (H⁺) aumenta no sangue, ocorre diminuição do pH, sendo necessário consumo de bicarbonato para o tamponamento desses prótons, o que causa redução do HCO₃⁻, e a diminuição da pCO₂ devido a maior eliminação de gás carbônico pela hiperventilação na tentativa de diminuir a concentração de dióxido de carbono. A redução do pH, do HCO₃⁻ e do pCO₂ sinaliza acidose metabólica (MARLIN & NANKERVIS, 2002).

Sistemas tampões são necessários para neutralizar o excesso de H⁺ na tentativa de evitar que ocorra acidose láctica no organismo, instalada quando a concentração de lactato no sangue ultrapassar 5 mMol/L (BOTTEON, 2012).

Após o exercício (T2) ocorreu diminuição no EB quando comparado ao tempo basal ou T1 ($P < 0,05$). Quando um ácido é gerado ou aumentado, o aumento da concentração de H^+ estimula o centro respiratório, aumentando a ventilação alveolar, e, conseqüentemente, a pCO_2 cai (como ocorrido no T2) (tabela 2). Os íons H^+ reagem com HCO_3^- e a concentração de ambos diminui em uma proporção de aproximadamente 1:1. Sendo o bicarbonato a principal base do organismo como tamponante de H^+ , sua diminuição também reflete na diminuição das bases, o que pode incidir no índice do EB, reduzindo-o (CARLOTTI, 2012)

No momento de avaliação após o exercício (T2), a concentração de tCO_2 diminuiu ($P < 0,05$) em relação ao T1, e retornou aos limites fisiológicos no momento T3 (tabela 3). Isto ocorreu devido grande parte da concentração de CO_2 no sangue compor o HCO_3^- , e como este teve sua concentração diminuída, a tCO_2 também reduziu, conseqüentemente (MORAIS & DIBARTOLA, 1993).

A concentração de lactato sanguíneo aumentou no T2 ($P < 0,05$) (tabela 3) alcançando limites de hiperlactatemia: > 5 mMol/L (BOTTEON, 2012). A glicólise anaeróbia é uma via de produção rápida de ATP originado pela quebra parcial de glicose e, ou de glicogênio muscular. O produto final desse metabolismo glicolítico é o lactato, gerado do processo de ionização do ácido láctico, no qual também há liberação de prótons H^+ (BERTUZZI *et al.*, 2008).

O lactato reduziu consideravelmente no T3 em relação ao T2 ($P < 0,05$), mas não o suficiente para sair de níveis de hiperlactatemia, permanecendo superior quando comparado ao T1 ($P < 0,05$) e com valor superior ao limite fisiológico, o que demonstra que uma hora em descanso pós-exercício não foi suficiente para que este parâmetro retornasse aos níveis fisiológicos (Tabela 3).

Santos (2006) descreveu que exercícios de moderada intensidade aumenta o lactato sanguíneo de níveis normais (1,11 a 1,78 L^{-1} , segundo Kaneko *et al.*, 1997) para moderados de 2,5 a 4 mMol/L, ou para níveis altos acima de 4 mMol/L. Os valores médios do lactato nos momentos T2 e T3 estavam acima de 4 mMol/L, sinalizando hiperlactatemia. O aumento acentuado na concentração sanguínea de lactato observado após o percurso de Três Tambores confirma que há esforço de alta intensidade e predomínio do metabolismo anaeróbio em equinos nesta modalidade (HODGSON & ROSE, 1994).

A redução no valor de lactato no T3, embora sem retornar à normalidade, pode estar relacionada ao bom condicionamento dos animais à esta atividade, visto que em

equinos condicionados há melhor redução da concentração de lactato no pós-exercício que em equinos não condicionados (HODGSON & ROSE, 1994). Ferraz *et al.* (2009) relataram a tendência de redução dos níveis de lactato após exercício, devido à gliconeogênese que ocorre em função da remoção de lactato muscular e sanguíneo.

Após o exercício (T2), não ocorreu aumento significativo ($P>0,05$) na concentração de pO_2 nem no sO_2 (Tabela 3). Aumento nestes parâmetros pode advir com a hiperventilação ocasionada pelo exercício, porém esses parâmetros são mais bem avaliados na hemogasometria arterial, no qual seus índices como componentes respiratórios do equilíbrio ácido base melhor favorecem para avaliação de acidose ou alcalose de origem respiratória (KANEKO *et al.*, 2008).

Verificou-se que após uma hora de descanso do fim do segundo percurso (T3), as concentrações de bicarbonato (HCO_3^-), excesso de base (EB) e lactato ainda não haviam retornado aos limites fisiológicos, contudo a diferença entre o T3 e o T1 é significativa apenas para o lactato ($P<0,05$), uma vez que não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre o T3 e o T1 para o HCO_3^- e o EB (Tabela 1)

Desta forma, após o descanso de uma hora (T3), observou-se que o pH mensurado esteve dentro dos limites fisiológicos, porém o HCO_3^- e o excesso de base (EB) (Tabela 2) ainda permaneciam um pouco abaixo dos limites de referência, entretanto já melhor restaurados em comparação aos níveis verificados no T2. Por outro lado, o lactato ainda se encontrava em valores hiperlactatêmico no T3, embora também já melhor recomposto.

Esse fato demonstra que o intervalo de descanso por uma hora ainda não foi suficiente para que os equinos atletas se recuperassem por completo dos efeitos causado pela acidose metabólica com aumento de lactato (acidose láctica) advinda pelo esforço no exercício realizado.

Não ocorreu alteração na concentração sérica do Na^+ (sódio) entre os momentos estudados ($P>0,05$) (Tabela 4). Esses resultados diferem dos obtidos Gêiser *et al.* (1994) que avaliando equinos em exercício de curta duração e alta intensidade, encontraram valores elevados de sódio no pós-exercício, possivelmente devido ao desvio do sódio para o compartimento extracelular. Por outro lado, corrobora com Aguilera-Tejero *et al.* (2000), Martínez *et al.* (2000), e Lacerda-Neto *et al.* (2003), que relataram que as concentrações plasmáticas de sódio se mantêm similares em equinos durante o exercício físico de máxima ou de submáxima intensidade.

Tabela 4. Valores médios e desvios padrões de sódio (mMol/L), cloreto (mMol/L), potássio (mMol/L), lactato (mMol/L) e diferença de íons fortes – DIF, mMol/L) em equinos Quarto de Milha durante treinamento de três tambores

| Tempos de Avaliação | PARÂMETROS BIOQUÍMICOS | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| | Sódio (132 – 152 mmol/L) | Cloreto (99-109 mMol/L) | Potássio (2,4-4,7 mMol/L) | DIF (37-43 mMol/L) |
| T1 | 136,40±2,86 ^A | 98,90±3,75 ^A | 3,78±0,21 ^A | 40,46±2,88 ^A |
| T2 | 137,30±3,06 ^A | 97,40±3,24 ^A | 3,52±0,21 ^B | 22,33±3,05 ^B |
| T3 | 135,80±2,49 ^A | 95,20±3,08 ^A | 3,45±0,26 ^B | 37,82±3,12 ^A |

*Limites de referência para equinos em repouso; DIF = (Na+K) – (Cl + Lac); Tempos (T): T1 (antes do início do treinamento); T2 (imediatamente após dez minutos de aquecimento seguidos por dois percursos de três tambores intervalados em 10 minutos); T3 (uma hora de descanso após T2). Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam valores diferentes entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey.

É possível que a variação não significativa da concentração do sódio nos tempos estudados tenha ocorrido devido à pouca perda deste soluto pelo suor, fato que também havia sido verificado em equinos Quarto de Milha submetidos em avaliação na fase inicial de prova de laço em dupla, que assim como a prova de três tambores, é caracterizada como de exercício de alta intensidade e curta duração (COELHO *et al.*, 2011).

Não ocorreu variação na concentração de Cl⁻ (cloreto) entre nenhum dos tempos estudados (P>0,05) (tabela 4). Isto possivelmente ocorreu devido à correlação de equilíbrio catiônico entre o sódio e o cloreto. A concentração de cloreto tende a regular-se secundariamente ao grau de concentração do sódio e do bicarbonato (MURIEL, 2007).

Outra hipótese que pode ter tido efeito causal sobre a não alteração do cloreto, é que a eliminação destes pelo suor possa ter sido pouca, já que o delineamento experimental abordou somente dois percursos iniciais no treino e por isso não submeteu os animais a um maior tempo de esforço físico, pois valores séricos de cloreto podem diminuir significativamente devido às perdas destes no suor após exercícios mais intensos, como em treino de marcha (DONNER, 2013) e enduro, gerando redução deste eletrólito abaixo da concentração de repouso (BOFFI, 2007).

A concentração de potássio diminuiu no T2 e ainda mais no T3 em relação ao T1 (P<0,05) (tabela 4). Gêiser *et al.* (1994) e Carlson (1997) também observaram apenas pequenas alterações na concentração sérica deste eletrólito em equinos sob exercício de intensidade máxima. Isto ocorre em virtude de, ao cessar o exercício, o potássio ser

transportado de forma sumamente rápida para o interior da célula muscular, pela ação da bomba de Na^+/K^+ , gerando redução destes eletrólitos abaixo da concentração de repouso (BOFFI, 2007). Porém, como em todos os tempos de avaliação o potássio permaneceu entre limites fisiológicos, a diferença estatística encontrada não configura relevância clínica.

A DIF diminuiu no T2 em relação ao T1 ($p < 0,05$) e foi recomposta no T3 para limites normais (Tabela 4). Os valores de referência da DIF no plasma de equinos, tanto arterial quanto venoso estão entre 37 e 43 mMol/L. Valores abaixo aos de referência acusam que há acidose por diminuição na concentração de cátions fortes ou por aumento da concentração de ânions fortes. Valores acima ao de referência acusam alcalose por aumento na concentração de cátions fortes ou por diminuição da concentração de ânions fortes (HINCHCLIFF *et al.*, 2002). Considerando que a DIF calculada está em função dos íons fortes e apenas no lactato houve variação significativa, a DIF variou concomitantemente à variação deste ânion.

6 CONCLUSÕES

Após dois percursos de Três Tambores, equinos da raça Quarto de Milha adaptados a este tipo de prova equestre apresentaram acidose metabólica e hiperlactatemia, caracterizando assim uma acidose láctica. Após uma hora de descanso do segundo percurso, o pH no sangue havia recomposto, enquanto as concentrações de bicarbonato, excesso de base e lactato, não retornaram aos limites fisiológicos, demonstrando que o intervalo de uma hora não é suficiente para recompor totalmente os alterações provenientes de uma acidose láctica exercional.

REFERÊNCIAS

ABQM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAVALO QUARTO DE MILHA. **Quarto de Milha: o cavalo da família brasileira**. Cartilha ABQM. Disponível em: <http://www.abqm.com.br/documentos/institucional/abqm_cartilha.pdf>. Acesso em: 9 de maio de 2017.

ABQM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAVALO QUARTO DE MILHA. **Regulamento geral de concursos e competições da raça Quarto de Milha**. Abril 2015. Disponível em:<http://www.abqm.com.br/documentos/esportes/abqm_regulamentodecompeticoesaabqm-abr-2015.pdf>. Acesso em: 19 de maio de 2017.>. Acesso em: 19 de maio de 2017.

ABQM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAVALO QUARTO DE MILHA. **Regulamento geral de concursos e competições da raça Quarto de Milha**. Junho 2016. Disponível em:<<http://www.abqm.com.br/app/webroot/documentos/1.3-regulamentodecompeticoesdaabqm-junho2016.pdf>>. Acesso em: 19 de maio de 2017.

AGUILERA-TEJERO, E. et al. Quantitative analysis of acid-base balance in show jumpers before and after exercise. **Veterinary Science**, London, v.68, p. 103-108, 2000.

ALONSO, J. M. et al. O treinamento nos valores do V200, FC pico e distância percorrida de cavalos de raça Árabe e Crioula. **Ciência Rural**, v.43, p.722-728, 2013.

BELLO, C.A.O. **Avaliação da função cardíaca de equinos submetidos a exercício de polo**. Dissertação (Mestrado em Saúde Animal). Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

BERGERO, D.; ASSENZA, A.; CAOLA, G. Contribution to our knowledge of the physiology and metabolism of endurance horses. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.92, n.2, p.167-176, 2005.

BERTUZZI, R.C.M. et. al. Déficit máximo acumulado de oxigênio: uma breve revisão histórica e metodológica. **Revista da Educação Física**, v.19, p.131-144, 2008.

BERTUZZI, R.C.M. et al. Metabolismo do lactato: uma revisão sobre a bioenergética e a fadiga muscular. **Revista Brasileira Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.11, n.2, p.226-234, 2009.

BOFFI, F.M. **Fisiologia del Ejercicio em Equinos**, Buenos Aires: Intermédica, p.302, 2007.

BONIATTI, M.M.; CARDOSO, P. R. C.; MORAES, R. B. Distúrbios ácido-básicos em pacientes críticos – método de Stewart. **Scientia Medica**, v.16, p68-72, 2006.

BOTTEON, P.T.L. Lactato na Medicina Veterinária - Atualização conceitual. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 34, n.4, p.283-287, 2012.

CARLOTTI, A.P.C.P. Abordagem clínica dos distúrbios do equilíbrio ácido-base. In: Simpósio de Medicina: Emergências pediátricas. Ribeirão Preto, v.45, n.2, p.244-262, 2012.

CARLSON, G.P. Fluid, electrolyte, and acid-base balance. In: KANEKO, J. J.; HAENEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Eds.). **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5ed. San Diego : Academic Press, p. 485-516, 1997.

CASTRO, T.F. **Indicadores de performance esportivo em equinos**. Seminário (Mestrado em Ciências Veterinária). Programa de Pós-Graduação Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2011.

COELHO, C.S. et al. Influência do exercício físico sobre sódio e potássio séricos em equinos da raça Quarto de Milha e mestiços submetidos à prova de laço em dupla. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.18, n.1, p.32-35, 2011.

CONSTABLE, P.D. A simplified strong ion model for acid-base equilibrium: application to horse plasma. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.83, p.297-311, 1997.

CONSTABLE, P.D. Fluid and electrolytes therapy in ruminants. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Philadelphia, v.19, n.3, p.557-597, 2003.

DAY, T.K. Blood gas analysis. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, Philadelphia, v.32, n.5, p.1031-1048, 2002.

DIBARTOLA, S.P. **Fluid, Electrolyte and Acid-Base Disorders in Small Animal Practice**. 4th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, p.720, 2006.

DI FILIPPO, P.A. et al. Alterações hemogasométricas e eletrolíticas de cavalos da raça árabe durante prova de enduro de 60 km. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.10, n.3, p.840-846, 2009.

DONNER, A.C. **Efeitos da ingestão *ad libitum* de repositor hidroeletrólítico e energético em equinos submetidos ao treinamento de marcha**. Dissertação de Mestrado em Medicina Veterinária, Departamento de Veterinária, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.

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

ERICKSON, H. H.; POOLE, D. C. **Fisiologia do exercício**. In: REECE, W.O. Dukes - fisiologia dos animais domésticos. 12 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 336-347, 2006.

EVANS, D.L. **Training and fitness in athletic horses**. Sydney: Rural Industries Research & Development Corporation, p.64, 2000.

FERRAZ, G.C. et al. Alterações hematológicas e cardíacas em cavalos Árabes submetidos ao teste de esforço crescente em esteira rolante. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.46, n.6, p.431-437, 2009.

GÊISER, D.R. et al. Electrolyte and acid-base changes in combined training horses after the cross-country event. **Equine Practice**, v.16, n.7, p.20-25, 1994.

GOMES, O.M. **Interpretação clínicas das alterações ácido-básicas e distúrbio da oxigenação**. Belo Horizonte, 1997.

GUNNERSON, K.J.; KELLUM, J.A. Acid-base and electrolyte analysis in critically ill patients: are we ready for the new millennium? **Curr Opin Crit Care**. v.9, p.468-73, 2003.

GUYTON A.C.; HALL J.E. Regulação do Equilíbrio ácido-básico; Doença Renal; Micção, p.328-343. In: Guyton A.C. & Hall J.E (Eds), **Tratado de fisiologia médica**. 10a ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2002.

HASSELBALCH, K.A. Die Berechnung der Wasserstoffzahl des blutes auf der freien und gebundenen Kohlensäure desselben, und die Sauerstoffbindung des Blutes als Funktion der Wasserstoffzahl. **Biochemische Zeitschrift**, Berlin, v.78,p.112–144, 1916.

HINCHCLIFF, K.W.; KANEPS, A.J.; GEOR, R.J. **Equine Exercise Physiology**. Philadelphia: Elsevier Limited, 2002.

HODGSON, D.G.; ROSE, R.J. **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**, Philadelphia: Saunders, 1994.

HOUP, T.R. Equilíbrio ácido-básico. In: SWENSON, M.J.; REECE, W.O.O. **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. 12ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, Cap.9, p.147-160, 2006.

INOUE, Y. et al. Effect of exercise on iron metabolism in horses. **Biological Trace Element Research**, Totowa, v.107, n.1, p.33-42, 2005.

KANEKO J.J. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. Academic Press, San Diego. P.932, 1997.

KANEKO, J.J., HARVEY, J.W., BRUSS, M.L. (Eds.). **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. San Diego: ACADEMIC PRESS, 932p, 2008.

LACERDA-NETO, J. C. **Respostas orgânicas durante o exercício físico**. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE EQUINOS, 1., 2004, Campinas. Anais. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. p. 45-62. 2004.

LACERDA NETO, J. C. et al. Efeitos do resfriamento intermitente e de repositores eletrolítico sobre a osmolalidade e eletrólitos séricos de equinos submetidos a exercício de baixa intensidade. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v.98, p.189-195, 2003.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, p.552 – 557, 2000.

LINDINGER, M.I. Acid-base physiology during exercise and in response to training, p.872-897. In: Hinchcliff K.W., Kaneps A.J. & Geor R.J. (Eds), **Equine sports medicine and surgery**. Saunders, Philadelphia, 2004.

MARLIN, D.; NARKERVIS, K. J. **Equine exercise physiology**. Wiley-Blackwell, p.304, 2002.

MARTÍNEZ, P. et al. Cambios sanguíneos y sudorales em equinos sometidos a carreras de resistência. **Avances em Ciencias Veterinarias**, Santiago De Chile, v.15, p.19-30, 2000.

MCKEEVER, K.H. Endocrine alterations in the equine athlete: na update. **Veterinary Clinics of North America. Equine Practice**, Philadelphia, v.27, n.1, p.197-218, 2011.

MEDBO J.I.; TABATA, I. Anaerobic energy release in working muscle during 30s to 3 min of exhausting bicycling. **Journal of Application Physiology**, v.75, n.4, p.1654-1660, 1993.

MORAIS, H.S.A.; DiBARTOLA, S.P. Mixed acid-base disorders. Part I: Clinical approach. **Compendium Continued Education**, v.15, p.1619-1626, 1993.

MUÑOZ, A. et al. Dehydration, electrolyte imbalances and renin-angiotensin-aldosteronevasopressin axis in successful and unsuccessful endurance horses. **Equine Veterinary Journal**, Newmarket, v.42, n.38, p.83-90, 2010.

MURIEL, M.G. **Patologias que afetam o rendimento**. In: **Fisiologia Del Ejercicio En Equinos**, BOFFI, F.M. Inter-Médica, Buenos Aires, 2007.

NELSON, D.L.; COX, M.M. In: **Lehninger princípios de bioquímica**. São Paulo: Omega, p.708-731, 2009.

PRATES, R.C. **Parâmetros fisiológicos de éguas mangalarga marchador em provas de marcha e alimentadas com dietas suplementadas com cromo**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2007.

PRINCE, A. et al. Comparison of the metabolic responses of trained Arabians and Thoroughbreds during high and low intensity exercise. **Equine Veterinary Journal**, v.34, p.95-99, 2002.

ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal Physiology and Regulation Integral Comp Physiology**, Bethesda, v.287, n.3, p.R502-16, sept., 2004.

SANTOS, V. P. **Variações hematobioquímicas em equinos de salto submetidos a diferentes a tipos de protocolos de exercício**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal do Rio grande do Sul, 2006.

SCHOTT, H.C. et al. Changes in selected physiological and laboratory measurements in elite horses competing in a 160 km endurance ride. **Equine Veterinary Journal**, Newmarket, v.36, p.37-42, 2006.

SEMANAL TRÊS TAMBORES. Disponível em: <http://www.semanaltrestambores.com.br/custom/406/uploads/publicacoes/28_03_201.pdf>. Acesso em: 29 de maio de 2017.

SILVA, L.Q.P. **Fisiologia do exercício no cavalo atleta**. Monografia. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2005.

SILVA, M.A.G. et al. 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. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.61, p.1021-1027, 2009.

SILVA, M.A.G. et al. Equilíbrio ácido-base em equinos da raça Quarto de Milha participantes da Prova dos Três Tambores. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**. v.35, n.2, p.188-192, 2013.

SISTEMA SGP DE GERENCIAMENTO DE PROVAS © 2015. Disponível em: <<http://www.sgpsistema.com/?page=mainres&type=2015>>. Acesso em: 9 maio 2017.

SPEIRS, V. C. **Exame Clínico de equinos**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

STRICKLIN, J.B. Barrel racing. **AAEP Proceedings**, v.43, p.37-39, 1997.

THOMASSIAN, A. **Enfermidades do cavalo**. 4 ed. São Paulo: Varela, p.573, 2005.

VIU, J. et al. Acid-base imbalances during a 120 km endurance race compared by traditional and simplified strong ion difference methods. **Equine Veterinary Journal**, Newmarket, v. 38, p. 76-82, 2010.