MAURÍCIO MIRIAN

**PADRONIZAÇÃO DE TESTE INCREMENTAL DE
ESFORÇO MÁXIMO A CAMPO PARA CAVALOS QUE
PRATIQUEM “HIPISMO CLÁSSICO”**

São Paulo
2008

MAURÍCIO MIRIAN

Padronização de teste incremental de esforço máximo a campo para cavalos que pratiquem “Hipismo Clássico”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Departamento:
Clínica Médica

Área de Concentração:
Clínica Veterinária

Orientador:
Prof. Dr. Wilson Roberto Fernandes

São Paulo
2008

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.2062
FMVZ

Mirian, Maurício

Padronização de teste incremental de esforço máximo a campo para cavalos que pratiquem “hipismo clássico” / Maurício Mirian. – São Paulo : M. Mirian, 2008.

72 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Clínica Médica, 2008.

Programa de Pós-Graduação: Clínica Veterinária.

Área de Concentração: Clínica Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Roberto Fernandes.

1. Equinos. 2. Teste de esforço. 3. Limiar lactato. 4. Exercício.
I. Título.

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Padronização de teste incremental de esforço máximo a campo para cavalos que pratiquem "Hipismo clássico", protocolado sob o nº 1358/2008, utilizando 10 (dez) cavalos, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Wilson Roberto Fernandes, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado na reunião do dia 23 de abril de 2008.

We certify that the Research "Standard test for incremental maximum effort that the field for horses practice "classic equestrian", protocol number 1358/2008, utilizing 10 (ten) horses, under the responsibility Prof. Dr. Wilson Roberto Fernandes, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Bioethic Commission of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of University of São Paulo and was approved in the meeting of day 04/23/08.

São Paulo, 23 de abril de 2008

Prof. Dr. José Luis Bernardino Merusse
Presidente da Comissão de Bioética
FMVZ/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: MIRIAN, Maurício

Título: Padronização de teste incremental de esforço máximo a campo para cavalos que pratiquem “Hipismo Clássico”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

“Haverá um dia em que o homem conhecerá o íntimo do animal, neste dia, um crime contra um animal será considerado um crime contra a humanidade” (Leonardo Da Vinci)

AGRADECIMENTOS

Primeiro queria agradecer a DEUS, NOSSA SENHORA APARECIDA, SÃO JUDAS e SÃO FRANCISCO DE ASSIS, por me guiarem e iluminarem meu caminho nessa vida;

Agradecer também aos meus pais Mauro e Alexandra e irmão Marcio, minha avó Dona Ada, a minha namorada e futura esposa Angela, meu sogro Paulo e minhas sogras Marcia e Cida, meus cunhados Karina e Marcelo por me apoiarem e me incentivarem na conclusão dessa dissertação.

Ao Rui Vincenzi, sem você jamais teria chegado até aqui. Muito obrigado por ter sido meu professor na graduação, ter despertado meu interesse em medicina esportiva e ter me apresentado o Prof. Wilson. Se não fosse aquele projeto doido do espirometro não estaria aqui agora, mas ainda não desisti dele não.

Ao professor Wilson, um excelente profissional e mestre que tive o prazer de conhecer, infelizmente não na graduação, que veio a se tornar para mim além de um grande exemplo, um amigo. Só você para aceitar orientar um maluco sonhador que queria trabalhar com espirometria em cavalos atletas, e que, após ter um projeto todo pronto para avaliar queda de rendimento em cavalos que praticavam provas de tambor, resolveu mudar tudo da água para o vinho após uma aula da pós-graduação na Educação Física.

Não posso me esquecer de agradecer do fundo do meu coração aqueles que me ajudaram e que sem eles seria quase que impossível a conclusão da parte prática desse trabalho. Carolina (Manguaça), Camila (Macumba) e Adriana (Gueixa) sem vocês jamais teria conseguido ter feito a parte prática, me desculpem as marcas de regatas e aventais que ficamos, pois por incrível que pareça não pegamos nenhum dia nublado em

Atibaia. Que calor era aquele? Mas valeu muito.....vários sorvetes, pães de queijo e risadas.

A todos da Hípica Italo-Brasileira, em especial ao George (dono da Hípica), Ricardo Biduti que me cedeu os animais para o experimento, ao Reinaldo e Pimenta dois exímios cavaleiros que sem eles estaria perdido e seria impossível manter os cavalos a 45km/h por 3 minutos durante o teste. No final acabei com uma tremenda duvida, não sei se o teste foi para os cavalos ou para os cavaleiros que saiam mais exaustos que os cavalos... hehehe.... MUITO OBRIGADO mesmo.

A todas as meninas dos laboratórios. A Sabrina e Clara por terem paciência em me ensinar a pipetar e ajudar a resolver os problemas burocráticos para compra de Kits de reagentes, fornecedores, a Malu e Mau por me agüentarem no Laboratório de Hematologia com varias amostras atrapalhando toda a rotina, a Marli no laboratório de Bioquímica mais uma vez atrapalhando a rotina e tendo que fazer você mudar a programação do Lyasi para poder rodar as amostras de CK, LDH e Lactato.

A todos os professores do Hospital que me ensinaram muito nesses dois anos de convivência quase que diária. Luiz, André, Carla, Raquel, Stefano, Denise, Aline, e ao Paulo, não professor, mas um amigo e exemplo a ser seguido por todos, o nosso Medicina Interna Equina ambulante (sabe muito esse cara de clinica e cirurgia) muito obrigado por me ajudarem a sair um veterinário melhor do que quando entrei, mas a muitos anos-luz atrás do que vocês são.

Marquinhos.....como esquecer de você, hein cabeludinho? Muito obrigado por tudo que passamos nesse hospital, as brincadeiras, os churrascos, os cavalos chatos para sondar que encaramos. Se não fosse você o hospital e eu estaríamos perdidos. Henrique (Tio), Cicero, Rosendo, Gerva varias risadas e piadas.

A todos os residentes. Karen, Helena, Sandra, Keila (2007) e Bruna, Paolo, Tiago e Gustavo (2008) foi muito bom conviver com vocês esse tempo todo.

E como se esquecer desse trio do barulho? Paty, Andréia e Colombia. Muitas risadas, churrascos, viagens a Pirassununga, churrascos, mudança do hospital, cervejas na padaria. Foi muito bom conhecer vocês. Nunca conheci um trio que organiza tão rápido um churrasco como vocês..... HEHEHE

A todos os outros pós-graduandos, Joyce, Paulo Frazão (Cazé), Marcos, Ana Guiomar, Rebeca, pelos momentos divertidos e engraçados que passamos juntos no hospital. E a todos os amigos que acabei fazendo nesses dois anos.

A Dr^a Luciana Matos e Dr^a Ana Maria Braga pelos conselhos e ensinamentos durante o estágio e a todos da Unidade Clínica de Reabilitação e Fisiologia do Exercício do Instituto do Coração do Hospital das Clinicas – InCor.

Espero não ter me esquecido de citar o nome de ninguém, mas se esqueci me desculpem. Vocês também foram muito importantes para a realização dessa dissertação.

Do fundo do Coração

MUITO OBRIGADO!!

RESUMO

MIRIAN, M. **Padronização de teste incremental de esforço máximo a campo para cavalos que pratiquem “Hipismo Clássico”** [Standard test for incremental maximum effort at the field for horses practice “Classic Equestrian”]. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008

Tendo em vista o grande número de cavalos praticantes de atividades físicas altamente competitivas, a necessidade de se acompanhar o treinamento e a observação dos efeitos do treinamento no rendimento atlético dos animais, foi proposta a padronização de um teste incremental de esforço máximo a campo para cavalos adaptado do UM-TrackTest proposto para humanos. Para tanto foram utilizados 10 animais da raça Brasileiro de Hipismo, alojados em uma única vila hípica e submetidos ao mesmo manejo nutricional e de treinamento. Foram avaliados parâmetros bioquímicos (CK, LDH, lactato circulante e glicemia circulante) e sanguíneos (número total de hemácias, concentração de hemoglobina circulante e hematócrito) ao final de cada estágio de aceleração onde as velocidades foram mantidas através de um sinal sonoro e marcações na pista de teste equidistantes a 50 metros. A análise estatística dos resultados obtidos das amostras colhidas demonstrou correlação de todas as variáveis analisadas em relação à intensidade do exercício quando comparadas ao repouso exceto a análise de CK e LDH que não mostrou alterações significantes durante todo o teste ($p = 0,5205$ e $p = 0,7913$ respectivamente). O lactato apresentou uma correlação positiva ($p = 0,000$) em relação a FC e esta uma correlação positiva ($p = 0,000$) com relação a intensidade. Número de hemácias circulantes ($p = 0,000$), concentração de hemoglobina circulante ($p = 0,002$) e hematócrito ($p = 0,000$) também tiveram correlação positiva com a intensidade. Com relação à glicemia observou-se uma correlação negativa significativa com a FC ($p = 0,003$ e $r = -0,312$). O teste proposto demonstrou ser uma ferramenta de fácil aplicação e de reprodução a campo, permitiu a observação e constatação do limiar de lactato e permitiu a observação e avaliação das interações e inter-relações dos sistemas orgânicos mais relevantes durante o exercício.

Palavras-chave: Equínos. Teste de esforço. Limiar lactato. Exercício.

ABSTRACT

MIRIAN, M. **Standard test for incremental maximum effort at the field for horses practice “Classic Equestrian”** [Padronização de teste incremental de esforço máximo a campo para cavalos que pratiquem “Hipismo Clássico”]. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008

In a view of the larger number of horses that practice highly competitive physical activities, the need to monitor the training and observation of the effects of training in athletic performance of the animals, it was proposed to develop a standard test for incremental maximum effort at the field for horses adapted to UM-TrackTest proposed for humans. To achieve this purpose, 10 animals of the breed of Brazilian Equestrian, housed in a single town riding and submitted at the same nutritional management and the same training. Biochemical (CK, LDH, lactate and glucose circulating stock) and hematologic parameters (total number of red blood cells, concentration of hemoglobin and hematocrit) were evaluated at the end of each stage of acceleration where the speeds were maintained through a sound and markings in equidistant test track at 50 meters. Statistical analysis of the results of samples taken showed correlation of all variables in relation to the intensity of physical exercise when compared to resting status at the end of exercise, except for review of CK and LDH that showed no significant changes throughout the test ($p = 0.5205$ and $p = 0.7913$ respectively). The lactate showed a positive correlation ($p = 0.0000$) compared to HR and HR showed a positive correlation ($p = 0.0000$) with regard to intensity. Number of circulating red blood cells ($p = 0.0000$), circulating concentration of hemoglobin ($p = 0.0002$) and hematocrit ($p = 0.0000$) also had positive correlation with the intensity. With regard to glycemic there was a significant negative correlation with HR ($p = 0.0003$ and $r = -0.312$). The proposed test proved to be a tool for easy application that can be applied on the field, allows the observation and finding the lactate threshold and allowed the observation and evaluation of the interactions and inter-relationships of organic systems more relevant during exercise.

Key-words: Equine. Effort test. Limiar lactato. Exercise.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os três estágios da fosforilação Oxidativa (Powers & Howley, 2000).....	29
Figura 2 - Reações de degradação da creatinina fosfato e da glicose sem a presença de oxigênio (Powers & Howley, 2000).....	30
Figura 3 - Reações de gliconeogênese a partir do lactato e alanina (Marzzoco e Torres, 2007).....	31
Figura 4 - Alterações da concentração sanguínea de ácido láctico durante exercício progressivo. O súbito aumento do lactato é conhecido como limiar de lactato (Powers & Howley, 2000).....	33
Figura 5 - Marcação na pista para o teste UM-Track Test (Léger e Boucher, 1980).....	36
Figura 6 - Marcação na pista para o teste UM-Track Test modificado para cavalos.....	40
Figura 7 - Colocação do cateter para acesso venoso durante o teste.....	41
Figura 8 - Colocação do Polar®.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Distribuição dos momentos de coleta de sangue através de venopunção e dos parâmetros avaliados em cada momento – São Paulo – 2008.....	41
Tabela 2- Valores individuais da frequência cardíaca (bpm) obtida nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008.....	44
Tabela 3- Valores individuais de lactato (mmol/l) obtido nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008.....	46
Tabela 4- Valores individuais de hemácias (10^6) circulantes obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008.....	47
Tabela 5- Valores individuais da concentração de hemoglobina (g/dl) circulantes obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008.....	49
Tabela 6- Valores individuais da obtidos da porcentagem de hematócrito (%) obtido nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008.....	50
Tabela 7- Valores individuais da concentração da glicemia (mg/dl) circulante obtida nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008.....	52
Tabela 8- Valores individuais da concentração da CK (U/l) circulante obtidas nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008.....	54

Tabela 9- Valores individuais da concentração de LDH (U/l) circulante obtidas nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008.....	55
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1- Distribuição das médias e medianas dos valores da frequência cardíaca (bpm) obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo.....45
- Gráfico 2- Distribuição das médias e medianas dos valores de lactato (mmol/l) obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo.....46
- Gráfico 3- Distribuição das médias e medianas dos valores das hemácias (10^6) obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo.....48
- Gráfico 4- Distribuição das médias e medianas dos valores da concentração de hemoglobina (g/dl) circulante obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo.....49
- Gráfico 5- Distribuição das médias e medianas dos valores da porcentagem do hematócrito (%) obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo.....51
- Gráfico 6- Distribuição das médias e medianas da concentração da glicemia (mg/dl) circulante obtidas nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo.....52
- Gráfico 7- Distribuição das médias e medianas da concentração de CK (U/l) circulante obtidas nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo.....53

Gráfico 8- Distribuição das médias e medianas da concentração de LDH (U/l) circulante obtidas nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo.....	55
--	----

LISTA DE ANEXO

ANEXO A – Ficha individual de anotação dos dados dos animais submetidos a teste incremental de esforço máximo a campo.....	72
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%Hb	Porcentagem de Hemoglobina
Ac	Antes de Cristo
ADP	Adenosina Difosfato
ATP	Adenosina trifosfato
ATP~CP	Sistema fosfagênico
BH	Brasileiro de Hipismo
Bpm	Batimentos por minuto
CD	Compact Disc
CK	Creatinina Fosfoquinase
DC	Débito cardíaco
DI	Decilitros
DNA	Ácido Desoxiribo Nucleico
FC	Frequência cardíaca
FCmáx	Frequência cardíaca máxima
G	Gauge
G	Gramas
H ⁺	Hidrogênio molecular
H ₂ O	Água
Hto	Hematócrito
Hto%	Hematócrito
Kcal	Quilo Calorias
Kg	Quilograma
L	Litros
L/P	Lactato/Piruvato
LDH	Lactato desidrogenase
M	Metros
MET	Equivalente Metabólico igual a 0,0175 kcal/Kg ⁻¹ /min ⁻¹
Mg	Miligramas
Min	Minutos

MI	Mililitros
Mmol	Milimol
Bpm	Batimentos por Minuto
pH	Concentração de íons hidrogênio de uma solução
Pi	Fosforo inorgânico
PSI	Puro Sangue Ingles
PV	Peso vivo
Redox	Oxidação-Redução
TPC	Tempo de Preenchimento Capilar
U	Unidades
UI	Unidades internacionais
V200	Velocidade do teste que o animal atinge 200 batimentos cardíacos por minuto
VHCM	Hemoglobina corpuscular médio
VLa4	Velocidade em que o animal atinge 4,0 mmol/L de lactato
VO _{2max}	Consumo Máximo de Oxigênio

LISTA DE SIMBOLOS

R\$	Reais
%	Porcentagem
+	Adição
®	Marca Registrada
$\leq$	Menor ou Igual
=	Igual
X	Multiplicação
$\pm$	Mais ou menos
/	Por

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	22
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	24
2.1 Treinamento.....	24
2.2 Efeitos do Treinamento.....	26
2.3 Fontes de Energia.....	27
2.4 Limiar de lactato.....	32
2.5 Testes de esforço.....	34
3 OBJETIVOS.....	37
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
4.1 Animais.....	38
4.2 Critérios de Seleção.....	38
4.3 Metodologia.....	39
4.4 Análise estatística.....	43
5 Resultados.....	44
5.1 Frequência Cardíaca.....	44

5.2 Lactato.....	45
5.3 Hemácias.....	47
5.4 Hemoglobina.....	48
5.5 Hematócrito.....	50
5.6 Glicose.....	51
5.7 Creatinina Fosfoquinase (CK).....	53
5.8 Lactato desidrogenase (LDH).....	54
6 DISCUSSÃO.....	57
7 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIA.....	65
ANEXO.....	72

1 INTRODUÇÃO

Poucos animais possuem um registro tão antigo e completo como os cavalos, o que nos possibilita ter o conhecimento dos efeitos causados pelas constantes mudanças do meio ambiente na batalha do animal pela sobrevivência e das adaptações que foram necessárias durante o processo de sua evolução.

Os primeiros registros de cavalos primitivos datam de cinquenta milhões de anos atrás com a descoberta de fósseis do *Eohippus*, uma pequena criatura semelhante a uma lebre, que possuía quatro dedos nas patas dianteiras e três em cada uma das patas traseiras. Passados vinte milhões de anos estes evoluíram e deram origem ao *Mesohippus*, maiores e mais musculosos e que possuíam três dedos e patas mais longas. Com o passar de milhões de anos os *Mesohippus* também evoluíram originando os *Merychippus*, no qual a diferença era que apenas o dedo do meio, bem maior agora, tocava o solo quando este corria e que também evoluiu originando o *Pliohippus* o primeiro cavalo de um só dedo com habilidade de desenvolver maior velocidade em descampados e pradarias para a fuga sendo que este originou o *Equus*, o cavalo moderno.

Esses cavalos selvagens povoavam a Ásia e a Europa e viviam em bandos, onde duas raças se destacavam: os cavalos selvagens da Mongólia ou Poljakoff (*Equus caballus przewalskii*), que originou os pôneis da Mongólia, e os Tarpan (*Equus caballus gomelini*) que originaram os cavalos Árabes e os Puros-sangues.

A história relata que as primeiras tentativas de domesticar os cavalos datam de 3.000 a 2.000 aC, quando os povos do vale do rio Nilo domesticaram o Asno Selvagem Africano para ser utilizado no transporte de fardos. No mesmo período os Sumerianos domesticaram o Asno Asiático para puxar carruagens, e as tribos nômades domesticaram o cavalo selvagem Mongol para montaria e transporte de cargas. Mas sendo os Mongóis exímios cavaleiros, logo aprenderam a tirar proveito das habilidades dos cavalos, principalmente nas batalhas.

Essa relação Homem - Cavalo sempre foi um importante instrumento para conquistas de territórios e na manutenção da soberania de todos os povos espalhados pelo mundo, além de serem utilizados para o transporte de suprimentos, mensagens e de tropas.

A inclusão dos cavalos no esporte se remete aos tempos antigos, desde os Jogos Olímpicos disputados na Grécia antiga, mas sua estréia nos jogos olímpicos modernos ocorreu em 1900 nos jogos olímpicos de Paris, na França, com as provas de salto. Hoje são disputadas diversas modalidades atléticas com a utilização dos cavalos, seja nas modalidades olímpicas como salto, adestramento, CCE (Concurso Completo de Equitação), pentatlo moderno, como nas competições não olímpicas como corridas de trote, enduro, pólo, provas regionais (Freio de Ouro, Laço Comprido, Paleteada, Vaquejada), Provas Western (Tambor, Baliza, Rédeas, Laço), Turfe, Volteio, entre outras tantas que existem.

Tendo em vista que o Brasil possuía o terceiro maior rebanho mundial de eqüinos com aproximadamente 5.787.250 eqüinos (dados de 2004), totalizando uma movimentação financeira da ordem de R\$ 7,3 bilhões e gerando 3,2 milhões de empregos diretos e indiretos e que a prática esportiva vem crescendo significativamente nos últimos anos (BARROS et al., 2006), necessita-se cada vez mais de um cavalo de alto desempenho e com seus sistemas músculo-esquelético, respiratório e cardiovascular íntegros, funcionando como verdadeiras engrenagens acopladas a fim de fornecer todo aporte para realização das atividades físicas.

Por esse motivo tem-se a necessidade de compreender os eventos mais relevantes sobre a fisiologia animal durante o exercício, para que se possa tirar o maior proveito dos potenciais genético e de treinamento individual (MARQUES, 2002). O esporte competitivo de alto rendimento e o aumento da carga de exercício desencadeiam injúrias decorrentes dos treinamentos, similares às que ocorrem em atletas humanos, acarretando perda de desempenho a qual pode ser minimizada com treinamentos individualizados e específicos para cada tipo de atividade física ou limitações individuais de cada animal.

Durante a prática de atividades físicas, diversos sistemas orgânicos complexos e interdependentes interagem entre si e o entendimento dessa interação e interdependência são de extrema importância para a avaliação do potencial atlético de cada animal, bem como para o estudo da perda ou queda de rendimento dos cavalos e para a prescrição de treinos específicos para correção e/ou melhora de limitações individuais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Treinamento

Segundo o dicionário Michaelis, treino significa: **1** Ato ou efeito de treinar. **2** Exercício ou conjunto de exercícios praticados por um atleta ou conjunto de atletas como preparo físico ou com o fim de apurar suas habilidades.

O objetivo principal do treinamento atlético é melhorar o desempenho aumentando o débito energético durante um determinado movimento. Para isso é importante compreender as vias metabólicas para a obtenção de energia durante o exercício (POWERS; HOWLEY, 2000) as quais serão discutidas posteriormente.

O exercício repetitivo provoca inúmeras alterações celulares e teciduais no organismo como um todo. Porém, a alteração mais importante do treinamento ocorre pelo aumento da produção de proteínas, tanto estruturais como funcionais. Acredita-se que esse aumento seja decorrente do acúmulo de metabólitos e de produtos residuais que aumentariam a transcrição do DNA específico para as proteínas, incluindo o aumento das enzimas que controlam a produção destes metabólitos. Isso faz com que ocorra um aumento aos níveis máximos de produção e eliminação desses metabólitos, ou seja, um aumento funcional dos tecidos com aumento dos órgãos (HINCHCLIFF; GOER, 2007).

O treinamento possui três princípios básicos:

Sobrecarga: um sistema ou tecido deve ser exercitado a um nível além do que ele está acostumado. Isso faz com que ocorra uma adaptação gradual a essa sobrecarga. As principais variáveis que são capazes de produzir essas alterações incluem a intensidade, a duração e a frequência do exercício (POWERS; HOWLEY, 2000).

Especificidade: o efeito da atividade exercida é específica para as fibras musculares envolvidas na atividade. Esse efeito está diretamente ligado ao tipo e às adaptações que ocorrem em consequência do treinamento. Por exemplo, um treinamento de endurance provoca adaptações relacionadas à quantidade de capilares e de

mitocôndrias na musculatura aumentando a capacidade do músculo em produzir energia aerobicamente; já com um treinamento de resistência intenso o resultado é o aumento da concentração de proteínas contráteis podendo levar até a diminuição da densidade de capilares e mitocôndrias nesse músculo (POWERS; HOWLEY, 2000).

Reversibilidade: significa que todas as adaptações obtidas através do treinamento com sobrecarga e específicos podem ser perdidas (POWERS; HOWLEY, 2000).

Em estudo realizado por Tyler et al. (1996), 30 cavalos PSI foram submetidos a três séries de treinamentos de intensidade variadas, com aumento da carga gradativa em cada série atingindo, na 31ª semana de treinamento, *overtrainig* ou super-treinamento. O *overtrainig* foi determinado através da diminuição do tempo total de exercícios realizados em esteira num protocolo escalonado, ou seja, os animais apresentavam fadiga em um menor espaço de tempo quando comparados com os testes anteriores realizados durante as trinta e uma semanas. Após a detecção do *overtrainig* os cavalos foram deixados confinados em baias por 12 semanas. Os autores observaram durante as três séries de treinamento um aumento significativo no VO_{2max} de todos os cavalos (15%, 20% e 29% nas respectivas séries) o que demonstra os efeitos da sobrecarga e da especificidade do treinamento nos cavalos submetidos ao estudo.

Já ao final das 12 semanas de confinamento nas baias, esses mesmos 30 cavalos apresentaram uma diminuição de 8% no VO_{2max} , porém permaneceram cerca de 15% acima do VO_{2max} mensurado no início do estudo. Isto demonstra a reversibilidade do treinamento, mas apenas de uma pequena fração do condicionamento ganho pelo treinamento prévio, demonstrando que não é tão prejudicial deixar um atleta em repouso por algumas semanas para se recuperar de algumas lesões ou praticar treinamentos com intervalos maiores para “descansar” a musculatura trabalhada (TYLER et al., 1996).

2.2 Efeitos do Treinamento

O treinamento físico intensivo e prolongado induz a adaptações cardiovasculares que incluem alterações funcionais e anatômicas, que acabam por permitirem ao coração do atleta desempenhos físicos excepcionais (BEVEGARD et al., 1963; SALTIN; ASTRAN, 1967).

São vários os efeitos cardiovasculares do treinamento físico vigoroso, praticado durante longos períodos, observados experimentalmente e em atletas competitivos, altamente treinados (SCHEUR et al., 1974; RASKOFF et al., 1976; BLOMQVIST; SALTIN, 1983). Verifica-se maior eficiência mecânica da musculatura esquelética, aumento da capilarização no fascículo muscular, atividades enzimáticas, aumento da capacidade funcional pulmonar e melhor relação ventilação/perfusão. Essas alterações cardiovasculares resultam de complexa interação de mecanismos centrais e periféricos, operando em níveis estruturais, eletrofisiológicos, bioquímicos, metabólicos e neurogênicos (MARON, 2001). Elas dependem também da intensidade e duração do treinamento, do tipo de atividade atlética e de fatores genéticos.

A hipertrofia ventricular esquerda é também uma adaptação a este treinamento físico, tanto em humanos quanto em cavalos, e se desenvolve como processo compensatório ou adaptativo a um estímulo hemodinâmico, representado pela sobrecarga de pressão e/ou volume. A teoria, que melhor explica os padrões de hipertrofia considera que a resposta ventricular se processa no sentido de manter o estresse parietal ventricular relativamente constante e o volume sistólico adequado (EVANS, 1994; EVANS, 1999; POOLE E ERICKON, 2004; GHORAYEB et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006).

A resposta cardiovascular depende, entre outros fatores, do tipo de exercício executado: estático ou dinâmico. Nos exercícios dinâmicos, ocorre aumento do débito cardíaco por aumento da frequência cardíaca e do volume sistólico. A frequência cardíaca aumenta linearmente com o consumo de oxigênio durante o exercício e diminui, no repouso, após um período de treinamento devido a um controle autonômico. O volume de ejeção sistólico aumenta em resposta à descarga adrenérgica que ocorre durante o exercício, além de uma redistribuição de fluxo sanguíneo levando a uma

maior irrigação da musculatura esquelética em detrimento de outras regiões, devido ao aumento sistêmico de catecolaminas circulantes durante o exercício (NETO et al., 1999).

O coração de um cavalo de corrida PSI (Puro Sangue Inglês) pesa em média de 4 a 5 kg, ou seja 1% do peso vivo (PV) do animal. Em cavalos treinados ele pode chegar a 1,1% PV, enquanto em cavalos destreinados pode ser de 0.9% PV sugerindo que o treinamento produza uma hipertrofia no músculo cardíaco. Entretanto, não foram achadas diferenças em relação à massa cardíaca em cavalos treinados por 2 meses ou 19 meses sugerindo que a hipertrofia seja uma resposta do músculo cardíaco muito rápida ao treinamento (EVANS, 1994, 1999).

Essas adaptações que são denominadas de “Coração de Atleta” estão principalmente relacionadas à frequência cardíaca em repouso (OLIVEIRA et al., 2006). Em cavalos, novas evidências sugerem a ocorrência da “síndrome do coração de atleta” como a mudança da frequência cardíaca pós-exercício como sendo uma parte normal do processo de adaptação, mas muitas vezes confundido com alterações cardíacas que limitam o rendimento desses animais (EVANS, 1999).

A bradicardia durante exercício submáximo é resultante da ação do tônus parassimpático e aumento do retorno venoso (EVANS, 1999).

2.3 Fontes de Energia

Bioquimicamente o músculo pode ser considerado como uma grande usina transformadora de energia devido à sua capacidade de transformar energia potencial (química ou metabólica) em energia cinética (mecânica). Essa energia é proveniente das moléculas de adenosina trifosfato (ATP) as quais podem ser geradas pela própria célula, através da degradação do glicogênio acumulado no músculo, da glicólise ou da fosforilação oxidativa (cadeia respiratória) com a presença de mioglobina (carreadora de Oxigênio muscular). O músculo pode produzir os ATPs necessários a partir da via anaeróbica resultando na produção de ácido láctico.

A forma de obtenção dos ATPs pode variar de acordo com o tipo de trabalho que a fibra muscular vai exercer. Fibras de contração rápida irão obter energia muito mais pela via anaeróbica do que pela via aeróbica; já as fibras de contração lenta, irão obter a energia muito mais pela via aeróbica do que pela via anaeróbica (GUYTON E HALL, 1998; FERREIRA, 1998; RIVERO; SERRANO, 1998) Durante o exercício os principais nutrientes que fornecem a energia para a manutenção da atividade física são as gorduras, carboidratos e proteínas (POWERS; HOWLEY, 2000).

Os carboidratos são compostos por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, e fornecem ao organismo uma fonte de energia rapidamente disponível, fornecendo cerca de 4 Kcal de energia por grama consumida. Eles estão presentes em três formas: monossacarídeos - açúcares simples, representados principalmente pela glicose; dissacarídeos - formados a partir da combinação de dois monossacarídeos; os polissacarídeos - carboidratos complexos com três ou mais monossacarídeos; o principal representante dessa categoria é o glicogênio, um polissacarídeo armazenado nos tecidos como fonte de reserva energética (POWERS; HOWLEY, 2000).

As gorduras são constituídas pelos mesmos elementos que constituem os carboidratos, porém a relação entre carbono e oxigênio nas gorduras é muito maior quando comparada com a dos carboidratos. Elas estão armazenadas na forma de gordura corporal e são biodisponibilizadas durante exercícios prolongados. As gorduras fornecem grande quantidade de energia por unidade de peso, ou seja, um grama de gordura fornece 9 Kcal de energia. Além disso, elas podem ser classificadas em quatro grupos gerais: ácidos graxos; triglicerídeos (forma de armazenamento); fosfolipídios e esteróides (POWERS; HOWLEY, 2000).

As proteínas são constituídas de aminoácidos ligados através de ligações químicas denominadas de ligações peptídicas, e são substratos para a formação de compostos de alta energia. Um grama de proteína fornece 4 Kcal.

Nas células musculares essas fontes de energia são convertidas em ATP que nada mais é do que um fosfato de alta energia acumulado nas fibras musculares, porém esse acúmulo é limitado e o fornecimento deve ser constante para a realização de atividades físicas. As células musculares podem produzir o ATP através de qualquer uma ou pela combinação de três vias metabólicas, a saber:

1- **Fosforilação Oxidativa** : formação do ATP através da degradação da glicose ou do glicogênio no interior das mitocôndrias através da interação de duas vias

metabólicas - o ciclo de Krebs e a cadeia de transporte de elétrons. Ao final de todo o processo demonstrado na **figura 1**, essa via fornece 38 ATPs na degradação da glicose e 39 ATPs na degradação do glicogênio.

Figura 1- fonte: (POWERS; HOWLEY, 2000) Os três estágios da fosforilação oxidativa

2- **Via Anaeróbica:** degradação da creatinina fosfato e da glicose sem a presença de oxigênio. É a segunda via em velocidade de produção de ATP. Ocorre no sarcoplasma da célula muscular e é catalizada pela enzima lactato desidrogenase (LDH) resultando na formação de ácido láctico e na recuperação do NAD. Ao final das reações demonstradas na **figura 2** essa via fornece 4 ATPs

Figura 2- Fonte: (Powers e Howley, 2000) Reações de degradação da creatinina fosfato e da glicose sem a presença de oxigênio

À medida que ocorre um aumento na intensidade do exercício físico existe um acréscimo na demanda de oxigênio corporal que pode exceder a capacidade do sistema cardiorrespiratório de ofertar oxigênio para o metabolismo aeróbio. Nestas condições ocorre a glicólise até a etapa de formação do piruvato e este, na ausência de oxigênio capta os elétrons da glicólise formando ácido láctico (lactato). Por esse motivo a concentração de lactato pode ser utilizada para determinar o nível de utilização desta via metabólica para obtenção de energia nas fibras musculares, onde ocorre um aumento da concentração da LDH em resposta a um exercício intenso (EATON, 1994).

3- **Gliconeogênese**: é a síntese de glicose a partir de compostos que não são carboidratos - aminoácidos, lactato e glicerol. Esta via é responsável pela manutenção da oferta de glicose circulante, uma vez que a reserva hepática de glicogênio é limitada e insuficiente para manter os níveis glicêmicos normais após 8 horas de jejum. A transformação de lactato em glicose se inicia com a sua conversão em piruvato por ação da lactato desidrogenase. Além disso, o piruvato é consumido no sentido oposto ao da glicólise, como demonstrado na figura 3. Para que essa reação ocorra, há o consumo de 6 ATPs para a formação de uma molécula de glicose como demonstrada na reação: $2 \text{ lactato} + 6 \text{ ATP} + 6 \text{ H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Glicose} + 6 \text{ ADP} + 6 \text{ Pi} + 4\text{H}^+$ (MARZZOCO; TORRES, 2007).

Figura 3- Fonte: (Marzzoco e Torres, 2007) Reações de gliconeogênese a partir do lactato e alanina

Além das três vias metabólicas citadas anteriormente, a musculatura esquelética ainda possui uma reserva própria de energia capaz de desencadear o início do exercício denominado de **Creatina Fosfato**. Essa reserva é a forma mais simples e rápida para a produção de ATP envolvendo a doação de um grupo fosfato e de sua ligação energética para um ADP resultando na formação de ATP. Essa reação é catalizada pela enzima creatina quinase. Essa reação é denominada de sistema ATP~CP ou “sistema fosfagênico” e fornece energia suficiente para o início do exercício ou para a manutenção de exercícios de curta duração e alta intensidade (exercícios com menos de 5 segundos de duração) (POWERS; HOWLEY, 2000).

2.4 Limiar de lactato

O ácido láctico é um ácido predominantemente produzido durante o exercício, com pH de aproximadamente 3,9 sendo totalmente dissociado para o pH das células musculares que é de aproximadamente 7,0 (WASSERMAN et al., 2005). O acúmulo da concentração sanguínea do ácido láctico ocorre em resposta ao exercício, e é geralmente considerado como indicador de trabalho ou grau de condicionamento físico refletindo o grau de utilização da via metabólica anaeróbica para geração de energia durante o exercício. (POWERS; HOWLEY, 2000; WASSERMAN et al., 2005).

O acúmulo de lactato no sangue depende do equilíbrio entre produção de lactato pelo músculo em atividade e a sua remoção pelo fígado e/ou pelos rins. À medida que a intensidade do exercício aumenta, a concentração do lactato pode aumentar, em função do acelerado metabolismo das fibras musculares ou pela redução da taxa de remoção pelo fígado e rins (POWERS; HOWLEY, 2000).

O limiar de lactato é o ponto após o qual ocorre uma elevação sistemática e contínua da concentração de lactato sérico com a perda da linearidade quando se traça uma reta entre os pontos da taxa de trabalho, como demonstrado na figura 4 (POWERS; HOWLEY, 2000 e WASSERMAN et al., 2005).

Figura 4 – Fonte: (POWERS; HOWLEY, 2000) Alterações da concentração sanguínea de ácido láctico durante exercício progressivo. O súbito aumento do lactato é conhecido como limiar de lactato.

A velocidade de subida da concentração de lactato circulante é determinada pela intensidade do exercício. Um exercício moderado pode não determinar aumento ou um aumento muito lento na curva do lactato. Já um exercício de alta intensidade é definido quando ocorre aumento sustentado, mas constante no lactato circulante. Um trabalho muito intenso é caracterizado quando o lactato continua a aumentar para níveis maiores que 5 mmol/L acarretando em fadiga (WASSERMAN et al., 2005).

Além da intensidade do exercício, outros fatores têm potencial para produzir um aumento na produção do lactato durante o exercício. O lactato pode se acumular no músculo e no sangue durante o exercício se a taxa de glicólise for muito mais rápida que a taxa de utilização do piruvato no ciclo mitocondrial do ácido tricarboxílico. Alterações no estado Redox (Oxidação-Redução) caracterizada pela relação Lactato/Piruvato (L/P) indica que o aumento do lactato durante o exercício não é simplesmente em decorrência da glicólise aumentada, mas sim pela mudança no equilíbrio entre o lactato e o piruvato (WASSERMAN et al., 2005).

Outro mecanismo proposto para a elevação da concentração do lactato é o recrutamento seqüencial de diferentes tipos de fibras musculares na dependência do tipo de esforço que se esteja realizando. No início de um teste progressivo é provável que as fibras lentas sejam as primeiras a serem exigidas e à medida que a intensidade aumenta,

a quantidade de força muscular desenvolvida é suprida pelo recrutamento de fibras de contração mais rápidas acarretando no aumento da produção de ácido láctico e conseqüente aumento do limiar de lactato (POWERS; HOWLEY, 2000). Um estudo de Ivy *et al.*, (1980) propõe que haveria um aumento na taxa de contração das fibras musculares do tipo IIb em exercícios acima do limiar de lactato, porém nunca foi demonstrado que essas fibras são ativadas no limiar de lactato.

Uma última hipótese para a formação do limiar de lactato pode estar relacionada à diminuição da taxa de remoção do ácido láctico do sangue durante o exercício prolongado. Em qualquer momento durante o exercício, alguns grupos musculares estão produzindo ácido láctico e liberando-o no sangue, enquanto o fígado, o próprio músculo esquelético e o coração o estão removendo. Portanto um aumento da concentração sanguínea de ácido láctico pode ser em decorrência de um aumento na sua produção ou na diminuição da sua remoção (POWERS; HOWLEY, 2000 e WASSERMAN *et al.*, 2005).

2.5 Testes de esforço

Provas de esforço em cavalos atletas podem ser realizadas tanto em esteiras rolantes como a campo, com vantagens e desvantagens nos dois métodos. A avaliação realizada a campo apresenta a vantagem de se praticar provas com velocidades, andamentos, superfícies e ambiente similar ao ambiente de competição. Entretanto na avaliação a campo, o esforço sofre influência do jockey ou ginete, assim, as vantagens podem se tornar dificuldades quando se tenta padronizar um teste na prática (EVANS, 2004).

Já os testes realizados em esteira de alta velocidade possibilitam a avaliação da saúde e das condições físicas dos cavalos, além de permitir o controle das condições ambientais, a possibilidade de repetição das velocidades estabelecidas no protocolo e da duração de cada estágio. O teste na esteira possibilita também ao pesquisador uma facilidade de acesso ao cavalo para que se façam coletas de sangue durante o exercício. Contudo, para se realizar o teste na esteira de velocidade tem-se a necessidade de se adaptar o animal à esteira. (EVANS, 2004).

Existem alguns estudos, em seres humanos, comparando treinamento aeróbico em esteira, com treinamento de corrida ao ar livre, com o objetivo de verificar se há diferenças nas respostas hemodinâmicas em função do ambiente. Crouter S. et al., (2001) estudaram um grupo de 15 voluntários universitários corredores de cross-country e que praticavam exercícios regularmente, isto é, cerca de 5 vezes por semana. Parâmetros respiratórios, frequência cardíaca e consumo de oxigênio foram avaliados através de espirometria e radiotelemetria, além de dois tipos de testes: 1) corrida em esteira até a fadiga e 2) corrida em pista coberta de 200 m onde foram instruídos para cumprir a distância de uma milha (1609 m), no menor tempo possível. As repostas fisiológicas encontradas foram semelhantes nos dois grupos, com exceção da dosagem de ácido láctico que foi maior no teste em pista de corrida.

Em outro estudo, Ceci e Hassmen (1991), avaliaram o esforço subjetivo percebido pelos indivíduos ao praticarem o mesmo tipo de exercício, em duas condições distintas. Doze indivíduos foram avaliados em duas condições de treinamento: ao ar livre e em esteira. Uma escala de avaliação da percepção do exercício para análise do esforço subjetivo foi utilizada com 15 níveis de intensidade, onde 1 é exercício muito fácil e 15, exercício muito exaustivo. Os mesmos indivíduos treinaram em ambas as condições e foram controlados para que treinassem na mesma intensidade de exercício físico. Os índices 11,13 e 15 dessa escala foram relacionados com a velocidade, a frequência cardíaca e dosagem sanguínea de lactato obtidos durante a corrida em esteira e em ambiente aberto, em dois momentos, com intervalo de 30 dias. Os valores dos parâmetros fisiológicos mostraram-se superiores nos indivíduos que correram ao ar livre quando comparados aos que treinaram em esteira, porém, quando comparados nos dois momentos do teste eles ficaram praticamente iguais para todos os índices de esforço. Isso indica um maior esforço físico, porém de uma maneira mais agradável para a realização do exercício no grupo que treinou ao ar livre.

Os mesmos resultados foram observados em cavalos de trote quando foram analisados FC e lactato em testes na esteira e a campo. Foram observados valores inferiores nos cavalos avaliados em esteira. Quando avaliados através do V200 (velocidade do teste que o animal atinge 200 batimentos cardíacos por minuto) e VLa4 (velocidade em que o animal atinge 4,0 mmol/L de lactato circulante na corrente sanguínea) estes foram menores na esteira, sendo necessário o aumento de aproximadamente 10% da velocidade da esteira e 1-2% de inclinação para se atingir os valores obtidos na avaliação a campo (GOTTLIEB-VEDI; LINDHOLM, 1997).

Um dos testes mais utilizados para se avaliar exercícios e treinamento para atletas humanos é o teste de 12 minutos preconizado por Cooper em 1968. Contudo, este teste depende de motivações subjetivas para se alcançar a capacidade anaeróbica. Como alternativa a esse protocolo de teste Léger e Boucher (1980) prepuseram o UM-Track Test (Université Montréal Track Test) - um teste de multi-estágios de corrida baseado no custo energético de uma corrida horizontal.

Esse teste consiste num percurso de 200m em uma pista coberta e com curvas inclinadas, onde são colocados marcadores a cada 25m do percurso e a velocidade é determinada por sinal sonoro emitido em frequência específica utilizando-se um gravador. Esse sinal controla a velocidade que o atleta deve manter para percorrer a distância marcada. A velocidade é acelerada 1 Met a cada 2 minutos. O avaliado é instruído a completar o máximo de estágios possíveis (LÉGER; BOUCHER, 1980). A figura 5 demonstra as marcações na pista para o UM-Track Test.

Figura 5 - Fonte: (LÉGER; BOUCHER, 1980) Marcação na pista para o teste UM-Track Test

3 OBJETIVOS

Devido à dificuldade de uso corriqueiro de esteira rolante, do número diminuto de locais que a possuem e a necessidade de se acompanhar e individualizar o treinamento dos cavalos, este estudo tem por objetivo propor uma ferramenta de avaliação simples e de fácil execução sendo esta um teste progressivo de esforço máximo realizado a campo.

Tem por objetivo também poder compreender a interação e inter-relação dos sistemas orgânicos durante a prática de atividades físicas, assim como a relação entre intensidade do exercício, frequência cardíaca e limiar de lactato.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Animais:

Foram avaliados 10 equinos praticantes de Hipismo Clássico, da raça Brasileiro de Hipismo (BH), machos e fêmeas, adultos, que participam de provas de salto de até 1,20 metros, alojados em único Centro Hípico localizado em Atibaia - município distante cerca de 70 quilômetros da cidade de São Paulo - com altitude média de 803m, temperatura média de 18° C, umidade relativa do ar em média de 74% e índice pluviométrico anual de 1.350 mm. Todos os animais estavam submetidos ao mesmo manejo de treinamento de cinco vezes por semana durante 40 minutos e mesmo manejo alimentar.

4.2 Critérios de Seleção:

Todos os animais passaram por exame clínico detalhado visando avaliar as condições de higiene dos mesmos. A avaliação dos animais seguiu o protocolo padrão pré-estabelecido, conforme descrito:

- ✓ Avaliação física – consistiu na aferição das frequências cardíaca, respiratória e movimentação cecal através de auscultação cardíaca, pulmonar e movimentação da válvula ileocecal, mensuração da temperatura retal, pesquisa do reflexo da tosse, inspeção das mucosas e tempo de preenchimento capilar (TPC) e exame de claudicação.

- ✓ Exames complementares – hemograma, avaliação bioquímica (CK, LDH, Lactato sérico, Glicemia) e eletrocardiograma em repouso.

Os animais que apresentassem qualquer alteração do padrão pré-estabelecido de normalidade dos exames clínicos e complementares (Speirs, 1999) foram excluídos do experimento.

4.3 Metodologia:

Utilizou-se um teste de esforço progressivo máximo a campo com incremento de velocidade a cada 3 minutos e 20 segundos semelhante ao teste UM-Track Test proposto por Léger e Boucher, (1980) (teste incremental de esforço máximo para humanos), mas adaptado para cavalos. Esse incremento de velocidade seguiu o seguinte protocolo: início a 150 m/min (passo) e incremento de 50 m/min a cada 3 minutos nos primeiros quatro estágios até ser atingida a velocidade de 300 m/min (canter ou galope curto); a partir daí, o incremento da velocidade foi de 100 m/min até o 7º estágio atingindo a velocidade de 600 m/min (galope); e um ultimo estágio, com incremento de 150 m/min para atingir uma velocidade final de 750 m/min levando o animal ao esforço máximo. Nos 20 segundos finais de cada estágio o animal era submetido a uma parada total.

Para a realização de tal protocolo foram realizadas quatro marcações na pista de trabalho, com cones ou balizas eqüidistantes a 50m formando a figura geométrica de um quadrado, conforme figura 6. Um marcador sonoro foi utilizado para determinar o momento exato que o conjunto cavalo e cavaleiro deveriam passar nas marcas, nas velocidades estabelecidas, segundo o protocolo pré-estabelecido.

Para a confecção dessa marcação sonora foi utilizado um programa de computador que permitisse a introdução do sinal numa escala de tempo. O tempo em segundos, gasto para percorrer a distancia determinada, foi calculado através da formula $V = d \times T$ (V = velocidade; d = distância; T = tempo), e o sinal sonoro foi introduzido na escala de tempo previamente determinada para as velocidades escolhidas nesse protocolo. Após a confecção da escala de tempo foi produzido um CD (Compact Disc) que pode ser executado em qualquer aparelho de som portátil, permitindo a sua mobilidade para dentro da pista de teste.

Figura 6 - Marcação na pista para o teste UM-Track
Test modificado para cavalos

O esforço máximo foi considerado no momento em que o animal avaliado não conseguia mais manter a velocidade determinada pelo sinal sonoro, independente de estímulos, atrasando-se em 3 marcações consecutivas .

A colheita de sangue venoso foi realizada através de cateterização da veia jugular com cateter 16G x 2 e plug de vedação. O cateter foi fixado na pele com fio de Nylon 2,0 e posteriormente colado com cola de secagem rápida e heparinizado (Figura 7), possibilitando a coleta de sangue venoso para análise sanguínea dos seguintes parâmetros: CK, LDH, lactato sérico, hemoglobina circulante, além de hematócrito (Hto), hemoglobina corpuscular média (VHCM) e glicemia. Devido à relutância dos proprietários, não foi possível realizar tricotomia para a colocação do cateter.

Todas as colheitas foram realizadas com agulha própria para vaccutaner® descartável, e as amostras foram acondicionadas em tubos siliconizados e heparinizados para hemograma; tubos siliconizados com gel para retração do coagulo para as determinações bioquímicas; e tubos siliconizados com fluoreto de sódio para determinação da glicemia e do lactato.

As amostras foram processadas no Laboratório de Bioquímica e Hematologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, utilizando-se os seguintes métodos:

A - Para a determinação de CK foi utilizado teste de UV otimizado de acordo com as recomendações da Sociedade Germânica de Química Clínica (1977), com a utilização de kit comercial da BioSys CK-Nac FS produzido pela DiaSys Diagnostic Sysrems GM & Co. - Reino Unido.

B - Para determinação de LDH foi utilizado método de espectofotometria contínua de acordo com a Sociedade Espanhola de Química Clínica (1989), com a utilização do Kit Comercial BioSystems (cód. 11580 e 11581) produzidos pela Biosystems S.A. – Espanha.

C - Para a determinação da Glicemia Circulante foi utilizado o método de fotometria enzimática proposto por Barham e Trinder (1972) através do kit comercial Glucose God-FS* produzido pela Diasys Diagnostic Systems GmbH – Alemanha.

D - Para a determinação do Lactato circulante foi utilizado o método de UV enzimático proposto por Westgard; Lahmeyer e Birnbaum (1972) com a utilização de kit comercial Lactato Kovalent (ART 1100075K), produzido pela Kovalent do Brasil Ltda.

As amostras de sangue total utilizadas para determinação do número de hemácias circulantes, concentração sérica de hemoglobina e hematócrito foram processadas no contador automático Vet ABC utilizando-se kit específico para o equipamento denominado de ABC-Pack LMGE, ambos produzidos pela ABX diagnostic – França.

Durante todo o protocolo de teste os animais foram monitorados através de monitor cardíaco da marca Polar®, o que permitia a constante aferição da frequência cardíaca atingida em cada estágio, posicionado conforme demonstra a figura 8.

Figura 8: Colocação do Polar®

Os dados obtidos de cada cavalo foram anotados em fichas individuais (anexo A) e, posteriormente, os valores foram anotados em tabelas para melhor visualização dos resultados e confecções dos gráficos.

4.4 Análise estatística

As seguintes medidas de tendência central foram calculadas: média, desvio padrão, amplitude de variação, mediana e coeficiente de variação para as variáveis numéricas.

Os cálculos foram realizados através do programa estatístico Minitab¹ e foi utilizado teste ANOVA de uma via com nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$), com intervalo de confiança de 95% de Tukey para as amostras repetidas, teste de correlação entre as variáveis analisadas e teste Mann-Whitney para as amostras com distribuição não paramétricas.

¹ © 2007 Minitab Inc; versão Minitab® 15.1.1.0.

5 RESULTADOS

5.1 Frequência Cardíaca

Os resultados para a frequência cardíaca obtidos no protocolo estão demonstrados no gráfico 1 e na tabela 2 com os valores individuais. Houve diferença significativa estatisticamente quanto ao incremento de velocidade e intensidade do exercício em relação ao repouso em todos os momentos, exceto em M2 (letra a no gráfico). Houve também diferenças significativas entre vários momentos quando comparados entre si.

Tabela 2 - Valores individuais da frequência cardíaca (bpm) obtida nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008

	M1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	M2
1	40	100	120	127	113	128	172	189		42
2	37	99	115	115	132	150	166	182	240	40
3	39	76	143	216	193					33
4	33	63	146	164	97	116	135	221		27
5	30	81	87	98	115	132	130	144	179	40
6	36	90	104	166	184	200	176	200		44
7	40	81	77	107	99	80	129	206	240	40
8	44	51	89	92	109	119	114	138		40
9	28	169	164	180	186	187	197	205	226	44
10	20	113	152	125	160	188	223	223		36
Média	34,70	92,30	119,70	139,00	138,80	144,44	160,22	189,78	221,25	38,60
Desvio padrão	7,10	32,50	30,45	40,54	38,23	40,09	36,01	30,65	28,93	5,27

Gráfico 1 - Distribuição das médias e medianas dos valores da frequência cardíaca (bpm) obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo (letras diferentes indicam diferença estatística)

5.2 Lactato

Os resultados para o lactato obtidos no protocolo estão demonstrados no gráfico 2 e na tabela 3 com os valores individuais. Houve diferença significativa estatisticamente quanto ao incremento de velocidade e intensidade do exercício em relação ao repouso (letra a no gráfico). Houve também diferenças significativas entre vários momentos quando comparados entre si.

Tabela 3 - Valores individuais de lactato (mmol/l) obtido nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008

	M1	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	M2
1	0,69	1,03	0,80	0,92	0,98	1,26	1,76	4,00		0,78
2	1,42	1,78	0,99	1,48	2,06	1,67	3,98	6,77	10,51	0,74
3	0,66	0,33	0,30	0,40	0,64	1,10	2,18	4,45		0,52
4	0,60	0,36	0,56	0,29	0,35	0,66	1,49	4,52		0,80
5	0,83	0,38	0,42	0,33	0,90	1,77	2,79	3,82	9,80	0,81
6	0,42	0,46	0,42	0,38	0,71	1,41	2,88	4,69		0,93
7	0,42	0,30	0,44	0,33	0,48	0,90	3,02	7,60	7,46	0,64
8	0,74	0,52	0,73	0,72	0,74	0,84	1,15	3,79		0,59
9	0,55	1,20	1,72	1,86	1,64	3,12	4,39	5,12	6,52	0,35
10	0,93	1,19	1,49	1,10	1,33	1,98	3,52	4,98		1,08
Média	0,73	0,76	0,79	0,78	0,98	1,47	2,72	4,97	8,57	0,73
Desvio padrão	0,29	0,51	0,48	0,55	0,54	0,72	1,07	1,27	1,89	0,21

Gráfico 2 - Distribuição das médias e medianas dos valores de lactato (mmol/l) obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo (letras diferentes indicam diferença estatística)

5.3 Hemácias

Os resultados para a contagem de hemácias obtidos no protocolo estão demonstrados no gráfico 3 e na tabela 4 com os valores individuais. Houve diferença significativa estatisticamente quanto ao incremento de velocidade e intensidade do exercício em relação ao repouso. Houve também diferenças significativas entre vários momentos quando comparados entre si.

Tabela 4 - Valores individuais de hemácias ($\times 10^6$) circulantes obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008

	M1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	M2
1,00	7,53	9,64	9,34	9,78	9,85	10,11	10,42	11,93		7,93
2,00	8,86	10,80	10,89	11,15	11,68	10,71	11,76	13,54	12,70	9,70
3,00	7,71	8,97	8,85	9,18	9,34	9,75	10,17	10,15		8,04
4,00	7,98	8,27	9,14	9,32	9,50	10,12	10,65	11,03		8,31
5,00	9,73	8,84	8,20	8,39	8,90	9,93	9,67	10,19	10,54	7,43
6,00	7,55	8,50	8,03	8,51	9,25	9,91	10,43	10,78		8,18
7,00	7,94	7,64	8,52	8,80	9,34	9,86	10,32	10,84	10,51	8,68
8,00	7,24	8,17	8,47	8,48	9,08	9,40	9,75	10,34		7,66
9,00	7,15	8,28	9,22	9,27	10,02	11,23	11,37	11,59	11,73	6,96
10,00	7,94	9,93	9,62	10,33	11,01	11,21	11,09	11,70		8,93
Média	7,96	8,90	9,03	9,32	9,80	10,22	10,56	11,21	11,37	8,18
Desvio padrão	0,78	0,96	0,83	0,89	0,89	0,62	0,67	1,03	1,05	0,78

Gráfico 3 - Distribuição das médias e medianas dos valores das hemácias ($\times 10^6$) obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo (letras diferentes indicam diferença estatística)

5.4 Hemoglobina

Os resultados para a concentração de hemoglobina circulante obtidos no protocolo estão demonstrados no gráfico 4 e na tabela 5 com os valores individuais. Houve diferença significativa estatisticamente quanto ao incremento de velocidade e intensidade do exercício em relação ao repouso em todos os momentos. Houve também diferenças significativas entre vários momentos quando comparados entre si.

Tabela 5 - Valores individuais da concentração de hemoglobina (g/dl) circulantes obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008

	M1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	M2
1	12,3	15,7	15,4	16	16,1	16	16,7	17,9		12,2
2	12,6	15,7	15,7	16,3	15	13,3	15,8	16,8	17,4	14
3	13	14,5	14,3	15,2	15,9	16,5	16,9	17,4		13,2
4	11,8	12,3	13,6	14	14,1	15,6	16,5	17		12,6
5	15,6	13,7	12,6	13,1	14,1	15,8	14,6	15,8	16,3	11,1
6	11,7	13,1	12,5	13,3	14,4	15,4	16,2	16,5		12,5
7	11,6	11,1	12,1	12,5	13,4	14,1	14,8	15,5	14,9	12,3
8	10,8	12,3	13	13	13,9	14,7	15,2	16,1		12
9	12,4	14,8	16,3	16,8	18,2	18,2	19,8	20,7	20,3	12,0
10	11,6	14,7	14,3	15,7	16,6	16,9	16,6	16,9		13,3
Média	12,3	13,8	14,0	14,6	15,2	15,7	16,3	17,1	17,2	12,5
Desvio padrão	1,3	1,6	1,5	1,6	1,5	1,4	1,5	1,5	2,3	0,8

Gráfico 4 - Distribuição das médias e medianas dos valores da concentração de hemoglobina (g/dl) circulante obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo (letras diferentes indicam diferença estatística)

5.5 Hematócrito

Os resultados para a porcentagem de hematócrito obtidos no protocolo estão demonstrados no gráfico 5 e na tabela 6 com os valores individuais. Houve diferença significativa estatisticamente quanto ao incremento de velocidade e intensidade do exercício em relação ao repouso em todos os momentos exceto em M2 (letra a no gráfico). Houve também diferenças significativas entre vários momentos quando comparados entre si.

Tabela 6 - Valores individuais da obtidos da porcentagem de hematócrito (%) obtido nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008

	M1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	M2
1	40,7	52,9	51,7	53,7	54,3	56	57,6	66,7		43,4
2	40	47	45	48	49	51	52	52	50	48
3	40	43	45	46	48	52	52	53		41
4	41	43	47,8	48,8	50	54	56,6	58,8		43,3
5	33	45,3	42	43,1	45,5	51,4	49,9	52,9	54,5	38
6	40,7	46,3	43,9	46,6	50,6	54,5	57,4	59,5		44,3
7	38,9	37,3	42,2	43,6	46,5	49,3	51,7	54,8	52,7	43,3
8	36,5	41	42,8	42,9	46,1	47,5	49,6	52,6		38,5
9	40,3	43,0	48,0	48,0	50,0	53,0	59,0	68,0	70,0	37,0
10	35	42	42	47	50	48	51	52		40
Média	38,6	44,1	45,0	46,8	49,0	51,7	53,7	57,0	56,8	41,7
Desvio padrão	2,8	4,2	3,2	3,2	2,6	2,8	3,6	6,1	9,0	3,4

Gráfico 5 - Distribuição das médias e medianas dos valores da porcentagem do hematócrito (%) obtidos nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo (letras diferentes indicam diferença estatística)

5.6 Glicose

Os resultados para a concentração da glicemia circulante obtidos no protocolo estão demonstrados no gráfico 6 e na tabela 7 com os valores individuais. Houve diferenças significativas entre vários momentos quando comparados entre si.

Tabela 7 - Valores individuais da concentração da glicemia (mg/dl) circulante obtida nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008

	M1	FE1	FE2	FE3	FE4	FE5	FE6	FE7	FE8	M2
1	132	81	96	102	95	77	76	81		112
2	92	80	73	56	53	59	83	87	76	69
3	78	84	83	85	76	64	86	93		77
4	83	87	72	67	62	49	50	63		92
5	107	88	72	81	77	83	79	87	93	93
6	94	88	85	84	77	83	84	93		116
7	106	82	76	68	56	47	45	57	70	99
8	77	82	80	68	61	66	55	65		97
9	57	67	77	72	68	80	83	79	85	77
10	92	83	87	45	54	66	76	69		102
Média	91,80	82,20	80,10	72,80	67,90	67,40	71,70	77,40	81,00	93,40
desvio padrão	20,42	6,07	7,75	16,09	13,35	13,24	15,51	13,06	10,10	15,31

Gráfico 6 - Distribuição das médias e medianas da concentração da glicemia (mg/dl) circulante obtidas nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo (letras diferentes indicam diferença estatística)

5.7 Creatinina Fosfoquinase (CK)

Os resultados para a concentração da CK circulante obtidos no protocolo estão demonstrados no gráfico 7 e na tabela 8 com os valores individuais. Não houve diferença significativa estatisticamente nos momentos M2 com relação ao momento M1.

Gráfico 7 - Distribuição das médias e medianas da concentração de CK (U/l) circulante obtidas nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo

Tabela 8 - Valores individuais da concentração da CK (U/l) circulante obtidas nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008

	M1	M2
1	52,19	67,54
2	158,69	122,32
3	98,42	96,23
4	71,9	81,52
5	124,42	119,69
6	56,88	63,04
7	71,75	84,07
8	117,34	78,86
9	82,58	122,73
10	81,19	365,98
Média	91,54	120,20
Desvio padrão	33,36	89,16

5.8 Lactato desidrogenase (LDH)

Os resultados para a concentração de LDH circulante obtidos no protocolo estão demonstrados no gráfico 8 e tabela 9. Não houve diferença significativa estatisticamente nos momentos M2 com relação ao momento M1.

Gráfico 8 - Distribuição das médias e medianas da concentração de LDH (U/l) circulante obtidas nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo

Tabela 9 - Valores individuais da concentração de LDH (U/l) circulante obtidas nas diferentes intensidades de esforço nos estágios do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo – São Paulo – 2008

	M1	M2
1	273,1	299,7
2	298,44	196,61
3	315,6	271,8
4	235,3	294,6
5	793,3	498,6
6	294,1	332,7
7	364,5	421,2
8	662,3	460,2
9	179,9	171,42
10	192,02	337,8
Média	360,86	328,46
Desvio padrão	203,58	106,58

Também foram realizadas análises de correlação entre as variáveis estudadas, observando-se correlação significativa ($p \leq 0,05$) quanto à análise da intensidade de exercício com todas as variáveis, exceto com a glicose ($p = 0,734$).

6 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo com relação à frequência cardíaca (FC) estão demonstrados no gráfico 1 e tabela 2. Observou-se correlação positiva e significativa quando comparados com a intensidade do exercício realizado ($P = 0,005$), demonstrando que com o aumento da intensidade do exercício, a frequência cardíaca tende a subir até atingir um pico de frequência máxima.

Essa elevação da FC está diretamente ligada à manutenção do débito cardíaco (DC) durante a prática de atividades físicas, com o objetivo de manter a oxigenação e a nutrição da musculatura envolvida com o movimento, uma vez que $DC = FC \times \text{Volume sistólico}$ (GUYTON, 1992; POWERS; HOWLEY, 2000; WASSERMAN et. al., 2005; EVANS, 2007).

A frequência cardíaca máxima atingida pode ser relacionada também com a intensidade ou velocidade máxima atingida durante o exercício, e essa relação pode ser adotada como índice para avaliação de condicionamento físico. Em estudo realizado por Gramkow e Evans (2006) foi correlacionada a velocidade máxima da FC com a retrospectiva de desempenho em corrida. Os cavalos que atingiram FC_{máx} em maiores velocidades ganharam mais dinheiro, mostrando-se melhor condicionados que os outros.

Uma modificação desta análise é a determinação da velocidade em que o animal atinge os 200 bpm (V200), como proposto por Kobayashi et. al., (1999) demonstrando o grau de condicionamento dos animais. Entretanto esse índice pode sofrer influência do tipo de piso onde está sendo realizado o teste e do peso do cavaleiro que está montando.

No presente estudo a influência do tipo de piso e do cavaleiro também poderia ter ocorrido, portanto para minimizar essas intercorrências, todos os animais foram testados na mesma pista, com o mesmo cavaleiro e mesma sela. Apenas dois animais foram avaliados com outro cavaleiro devido a problemas pessoais do primeiro cavaleiro com o haras em que ele trabalhava, mas não foi observada diferença estatística com esses dois animais em relação ao grupo.

Uma rápida ascensão da frequência cardíaca foi observada em todos os animais no início do teste, o que poderia demonstrar certa dificuldade dos animais para se manterem em velocidades mais baixas (150, 200 e 250 m/min respectivamente, passo, trote e trote elevado), estabilizando-se com o início do Cânter (300 m/min) e

aumentando novamente com o incremento da intensidade do exercício. Uma possível explicação para essa elevação inicial da frequência cardíaca seria a rápida retirada da influência parassimpática no coração elevando a frequência cardíaca no início do exercício (POOLE; ERICKSON, 2007)

Concordando com Gramkow e Evans (2006), no presente estudo os animais melhores condicionados apresentaram sua FC_{máx} em velocidades maiores que os outros no grupo, como pode ser observado na tabela 1. Os animais 2, 5, 7 e 9 apresentaram sua FC_{máx} no oitavo estágio do teste (F8), enquanto os demais apresentavam no sétimo estágio (F7). Esses momentos também compreendiam o momento de fadiga dos animais determinando a interrupção do teste.

Com relação à determinação do V200 proposto por Kobayashi et. al., (1999), podemos afirmar que o presente protocolo também se presta para essa finalidade, uma vez que quase todos os animais atingiram FC superiores aos 200 bpm no momento próximo ao de se interromper o teste por fadiga.

Os valores obtidos com relação à concentração do lactato sanguíneo, demonstraram significância estatística com a FC ($P = 0,000$) e com a intensidade do exercício ($P = 0,000$) vindo a corroborar com a literatura que afirma que quanto maior a intensidade do esforço, maior a produção de lactato (GUHL; LINDNER; WITTKE, 1996; DAHL; COTREL; LELEU, 2006).

Entretanto, ao se analisar os valores de lactato observa-se diferença estatística apenas em intensidades mais elevadas (F6 a F8), o que nos permite a identificação e a determinação estatística do limiar de lactato descrito por Powers e Howley (2000) e Wasserman et. al., (2005), sendo considerado neste caso, no momento F5 onde foi obtido o valor de $1,47 \pm 0,72$ mmol/L. A partir desse ponto houve o início de acúmulo do lactato circulante vindo a atingir seu valor máximo no momento de exaustão e fadiga (F7 e F8) dos animais, quando o protocolo foi interrompido.

Na literatura se encontra evidências e teorias para o início do acúmulo do lactato na circulação, e uma das possíveis causas do acúmulo de lactato na circulação é o recrutamento seqüencial de tipos de fibras musculares dependendo do tipo de esforço que se esteja realizando. Eto et. al., (2006) demonstrou em um estudo com 13 cavalos da raça PSI que o recrutamento das fibras musculares é determinado pela intensidade e duração do exercício, e não pela velocidade de corrida que esses animais atingem. Isso foi possível avaliando esses animais em velocidades e intensidades de esforço diferentes (90% do VO_{2max} com 0% e 10% de inclinação da esteira por 4 minutos e a 60% do

VO_{2max} com 0% e 10% de inclinação da esteira por 12 minutos) e realizando biópsias musculares ao final de cada intensidade.

Outra hipótese para o acúmulo de lactato é uma maior depleção do glicogênio muscular, levando a um acúmulo de lactato e conseqüente aumento da via metabólica anaeróbica. Lacombe et. al., (1999) confirmam que exercícios extenuantes resultam numa maior depleção do glicogênio muscular e acúmulo de lactato na circulação, porém isso pode ser diminuído com o passar do treinamento físico desses animais.

Riveiro et. al., (2006) demonstraram que a prática de exercícios com intensidade moderada (valores de lactato entre 2,5 e 4,0mmol/L) é melhor para o ganho de resistência muscular, e atividades com intensidades mais altas (acima de 4,0 mmol/L de lactato) estão relacionadas com o ganho de massa muscular, ou seja, hipertrofia muscular. Embasado nesses estudos recentes pode-se afirmar que o presente protocolo também é útil para a determinação das faixas de treinamento para cavalos atletas, necessitando apenas adequar o tipo de atividade e o ganho de massa muscular que se quer obter de acordo com a fase do treinamento de cada animal.

Entretanto, no trabalho de Riveiro et. al., (2007), foi realizada a determinação do lactato através de lactímetro portátil (Accutrend®) e foi demonstrado por Mirian et. al., (2008) que os valores do lactato, quando analisados pelo Accutrend®, estão superestimados em até 30% até o limiar de lactato quando comparado com a determinação da concentração sérica do lactato através da metodologia de UV enzimático utilizado em laboratório. Portanto não se pode precisar exatamente no trabalho do Riveiro et. al., (2007) as faixas exatas da concentração do lactato sanguíneo para o ganho de massa muscular, uma vez que o limiar de lactato no protocolo proposto nessa dissertação foi atingido com $1,47 \pm 0,72$ mmol/L de lactato.

No presente estudo, apenas quatro animais atingiram o oitavo estágio (F8), vindo a apresentar valores mais elevados de lactato ($8,57 \pm 1,89$) e FC ($221,25 \pm 28,93$ bpm). Esses achados podem estar relacionados com um melhor condicionamento físico, aptidão genética e/ou tempo de prática da atividade desses quatro animais (animais 2, 5, 7 e 9). O restante dos animais apresentou fadiga e conseqüente interrupção do protocolo ao atingirem o sétimo estágio (F7) apresentando valores de FC ($189,76 \pm 30,65$ bpm) e de lactato ($4,97 \pm 1,27$ mmol/L). Isso pode indicar menor condicionamento físico, aptidão genética e/ou tempo de prática da atividade desses outros animais.

O protocolo proposto demonstrou ser de fácil aplicação e reprodutividade, apresentado valores individuais bem semelhantes para todos os animais avaliados.

Outro ponto positivo do presente protocolo foi a ausência de injúrias musculares nos animais submetidos ao teste, uma vez que esse é um tipo de exercício diferente do que os animais estavam acostumados a praticar, sendo o protocolo proposto um exercício de alta intensidade, sem mudança na direção, e de pouco impacto nas articulações interfalangeanas e metacarpofalangeana (principais articulações acometidas durante o salto).

Isso pode ser verificado analisando os valores de CK e LDH obtidos no repouso (M1) e após 3 horas do final do teste (M2), cujos valores iniciais ($91,54 \pm 33,36$ u/L de CK e $360,86 \pm 203,58$ u/L de LDH) não apresentaram diferença estatisticamente significativa em relação aos valores obtidos após o exercício ($120,20 \pm 89,16$ u/L de CK e $328,46 \pm 106,58$ u/L de LDH) com $P = 0,5205$ para CK e $P = 0,7913$ para LDH.

Esses dados são semelhantes aos encontrados por Rueca et. al., (1999) que acompanharam 50 animais em um programa de treinamento de 100 dias, e ao final do programa esses animais foram avaliados em teste de esforço em esteira até a exaustão. Não foi observada diferença estatisticamente significativa com relação às concentrações de CK e LDH no repouso, após 2 minutos do final do teste e 24 horas após a avaliação de pós esforço.

O presente protocolo nos permitiu também a avaliação da capacidade de transporte de glicose e oxigênio durante o exercício, através da mensuração do número de hemácias circulantes, da porcentagem da concentração de hemoglobina circulante (%Hb) e do hematócrito (Hto%), demonstradas nos gráficos 3,4 e 5 e tabelas 4,5 e 6 respectivamente.

Analisando separadamente cada uma dessas variáveis, observou-se uma correlação positiva e com diferença estatisticamente significativa entre a intensidade do exercício e o número de hemácias circulantes ($P = 0,000$); a intensidade do exercício e concentração de hemoglobina circulante ($P = 0,002$); e da intensidade do exercício com hematócrito ($P = 0,000$). Essa correlação pode ser explicada pelo aumento gradativo da intensidade do exercício levando a um maior recrutamento das fibras musculares durante o exercício. Isso acarreta no aumento da demanda energética na musculatura levando à contração esplênica e conseqüente liberação na circulação de um maior número de hemácias. Com isso, também aumenta a concentração de hemoglobina circulante e o hematócrito para a manutenção da atividade que está sendo realizada (ETO et. al., 2006).

O aumento gradativo da intensidade do exercício levou também ao aumento gradativo do número de hemácias circulantes, concentração de hemoglobina circulante e hematócrito no presente estudo. Esse acréscimo das variáveis hemodinâmicas durante o exercício também foram observadas por Funkquist, Nyman e Persson (2000) que avaliaram 21 cavalos de trote separados em dois grupos: o primeiro grupo apresentava hipervolemia (12 animais) e um segundo grupo de animais normovolêmicos (9 animais). Ambos foram submetidos a teste de esforço progressivo em esteira de velocidade, e foi observado um aumento gradativo na concentração de hemoglobina circulante e no número de hemácias circulantes conforme o aumento da intensidade da esteira. Não foi observada diferença significativa ao final da avaliação dos dois grupos, uma vez que a contração esplênica ocorreu de forma semelhante em ambos os grupos.

Wickler e Anderson (2000) também observaram o aumento significativo do número de hemácias circulantes, concentração de hemoglobina circulante e do hematócrito quando avaliaram seis cavalos submetidos a treinamento em altitude (3,800 m). Esse mesmo estudo não pôde correlacionar esse aumento significativo dos parâmetros hematológicos com o treinamento dos animais em altitude, uma vez que animais treinados em altitudes mais baixas também apresentaram aumento significativo no final do exercício.

Essas alterações com relação às variáveis hemodinâmicas são explicadas pela contração esplênica que ocorre com os cavalos durante o exercício podendo levar a um aumento de até 50% no número de hemácias circulantes (PERSSON², 1968 apud WICKLER; ANDERSON, 2000)

Estatisticamente houve diferença significativa durante o exercício a partir do quinto estágio de incremento da velocidade (F5) quanto ao número de hemácias circulantes e hematócrito; e no sexto estágio (F6) quanto à concentração de hemoglobina circulante quando comparamos com o início do exercício (F1). Correlacionando esse achado com a determinação do lactato circulante tem-se uma correlação positiva e significativa ($P = 0,000$) para todas variáveis (hemácias, hematócrito e concentração de hemoglobina circulante). Portanto existe uma correlação da intensidade do exercício, demonstrado pelo lactato e FC, com a demanda de glicose e oxigênio para a manutenção da atividade. Essa correlação mostra-se estatisticamente

² Persson, S.G.B. Blood volume, state of training and working capacity of race horses. *Equine Vet J*, v. 1 p.52–62, 1968.

significante nas intensidades acima do limiar de lactato, demonstrando uma demanda de glicose e de oxigênio maior para atividades mais intensas.

Quando analisado os valores obtidos no presente estudo da concentração da glicose circulante nos diferentes estágios de esforço, observou-se uma diminuição estatisticamente significativa da concentração de glicose no quarto e quinto estágios do protocolo (F4 e F5 respectivamente), como demonstrado no gráfico 6. Entretanto na análise de correlação, observou-se uma correlação negativa, mas não estatisticamente significativa com relação à intensidade do exercício ($P = 0,734$), e uma correlação negativa mas estatisticamente significativa com a frequência cardíaca ($P = 0,003$).

O presente estudo não nos permite esclarecer a causa dessa queda da glicemia circulante no quarto e quinto estágios do protocolo, e o seu retorno aos níveis iniciais ao final do exercício, como pode ser observado no gráfico 6.

Treiber et. al., (2006), avaliaram a dinâmica da glicose e insulina em cavalos árabes submetidos à atividade física com intensidade de 60% do limiar de lactato. Após 20 minutos de aquecimento foi administrado 600mg de glicose/Kg e realizada a curva do consumo dessa glicose nos primeiros 19 minutos após a administração. No 20º minuto foram administrados 0,01UI insulina/Kg e monitorado até 150º minutos após a administração da glicose. Observou-se nesse estudo que existe um ajuste dinâmico entre a insulina e a glicemia durante o exercício, provavelmente pela demanda energética da musculatura esquelética em contração. O exercício provoca o aumento da glicose plasmática, mas sem correlação com mediadores de insulina; e somando-se a esse fato, o exercício diminui a secreção de insulina que poderia induzir a mobilização de ácidos graxos como fonte de energia.

Sabe-se também que a modulação do substrato energético ocorre não só pela ação da insulina, mas também através da ação do cortisol, que favorece a gliconeogênese e a mobilização dos ácidos graxos; do glucagon, que possui ação oposta a da insulina e mantém a concentração da glicose circulante durante o exercício; e da adrenalina, que controla a atividade simpática (NAGATA et. al., 1999; McKEEVER; GORDON, 2007).

Baragli et. al., (2006) avaliaram a influência do treinamento na concentração plasmática de adrenalina e noradrenalina, e concluíram que a concentração de adrenalina e noradrenalina aumentam junto com o aumento da intensidade do exercício. Porém, com o treinamento, a elevação da concentração sérica da adrenalina e

noradrenalina sofre queda significativa quando comparamos com os animais destreinados.

Mottini, Leleu e Cotrel (2006) estudando cavalos de trote franceses concluíram que estes animais, quando montados e praticando atividade física de intensidade sub-máxima ou máxima de trote, possuem uma demanda energética maior refletindo em uma diminuição do V4 e V200 quando comparado no trabalho com o “sulky” (puxando a charrete).

No protocolo proposto nessa dissertação, a atividade física realizada com intensidade máxima de trote e galope curto (300 e 400 m/min) resultou em menores valores de glicemia circulante dos animais, concordando com Mottini, Leleu e Cotrel (2006). A partir desse momento a glicemia voltou a subir concordando com o estudo de Treiber et. al., (2006). É possível também que haja liberação de adrenalina e um predomínio do sistema simpático no início do galope, porém a metodologia empregada na realização desse estudo não nos permitiu a compreensão dos mecanismos envolvidos nessa resposta.

7 CONCLUSÃO

Com o presente estudo podemos concluir que:

1. O protocolo proposto demonstrou ser de fácil aplicação e reprodução a campo sendo uma ferramenta prática para o acompanhamento e avaliação dos efeitos do treinamento.
2. Demonstrou também ser eficaz para a observação e avaliação das interações e inter-relações dos sistemas orgânicos mais relevantes durante o exercício.
3. Permitiu a determinação do limiar de lactato de uma forma fácil e segura, possibilitando a aplicação dessa metodologia para determinação de faixas de treinamento específicos para cada etapa do treinamento quando associadas à frequência cardíaca.

REFERÊNCIA

BARAGLI, P.; DUCCI, M.; GATTA, D.; GAZZANO, A.; SICHIERI, C. Influence of training on plasma adrenaline and noradrenaline kinetics in untrained Standardbreds. **Equine Vet. J.** v.- n.36, p.258-61, 2006. Supplement.

BARBAM, D.; TRINDER, P. An improved color reagent for the determination of blood glucose by the oxidase system. **Analyst** n. 92, p. 142-145, 1972

BARROS, G. S. C.; LIMA, R. A. S.; SHIROTA, R.; XAVIER, J. **Estudo do complexo do Agronegócio Cavalos** Brasília: CNA; MAPA, 2006. 68 p Coletânea Estudos Gleba nº 40, Centro de estudos avançados em economia aplicada da ESALQ, Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil.

BEVEGARD, S.; HOLMGREN, A.; JOHNSON, B. Circulatory studies in well-trained athletes at rest and during exercise, with special reference to stroke volume and influence of body position. **Acta Physiol Scand**, v.57, p. 26-38. 1963

BLOMQUIST, G.; SALTIN, B. Cardiovascular adaptations to physical training. **Annu Rev Physical**, v. 45, p. 169-189. 1983

CECI, R.; HASSMÉN, P. Self-monitored exercise at three different RPE intensities in treadmill vs. field running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 23, n. 6, p.732-738, 1991

CROUTER, S.; FOSTER, C.; ESTEN, P.; BRICE, G.; PORCARI, J. P. Comparison of incremental treadmill exercise and free range running. **Med Sci Sports Exerc.** v.33 n.4, p.644-7 2001

DAHL, S.; COTREL, C.; LELEU, C. Optimal active recovery intensity in standardbreds after submaximal work. **Equine Vet. J.**, n. 36, p. 102-105, 2006. Supplement.

EATON, M. D. Energetics and performance In: HODGSON, D. R., ROSE, R. J. **The Athletic Horse – Principles and Practice of Equine Sports Medicine**, Philadelphia, W.B. Saunders Company, 1994. p. 49-61.

ETO, D.; YAMANO, S.; HIRAGA, A.; MIYATA, H. Recruitment pattern of muscle fibre type during flat and sloped treadmill running in thoroughbred horses. **Equine Vet. J.**, n. 36, p. 349-353, 2006. Supplement.

EVANS, D. L. Cardiac response to exercise and training In: Marc, C. **Cardiology of the horse**. Philadelphia: WB Sounder, 1999. p. 32-43.

EVANS, D. L. The Cardiovascular system: anatomy, physiology and adaptations to exercise and training In: HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. **The Athletic horse – principles and practice of equine sports medicine**, Philadelphia, W.B. Saunders Company, 1994. p. 129-142.

EVANS, D. L. Physiology of equine performance and associated test of function, Review Article. **Equine Veterinary Journal**, v. 39, n 4, p. 373-383, 2007.

EVANS, D. L. Pruebas de ejercicio a campo In HINCHCLIFF, K. W.; KANEPS, A. J.; RAYMOND, J. G. **Medicina y cirugía en los equinos de deporte: ciencias básicas y clínicas de los equinos de deporte**, Buenos Aires, Inter-Médica Editorial, 2007 p. 22-37.

FERREIRA, C. P. **Bioquímica Básica**, 2. ed. São Paulo: Launa Livraria e Editora, 1998.

FUNKQUIST, P.; NYMAN, G.; PERSSON S, G. B. Haemodynamic response to exercise in Standardbred trotters with red cell ypervolaemia. **Equine Veterinary Journal**, v. 5, n. 32, p. 426-431. 2000.

GHORAYEB, N; BATLOUNI, M.; PINTO, I. M. F.; DIOGUARDI, G. S. Hipertrofia ventricular esquerda do atleta. Resposta adaptativa fisiológica do coração. **Arq. Bras. Cardiol**, n.3. v.85, p. 191-197. 2005.

GOTTLIEB-VEDI, M.; LINDHOLM, A. Comparison of standardbred trotters exercising on a treadmill and race track with identical draught resistances. **Vet Rec.** v. 140, p. 525-528, 1997.

GRAMKOW, H. L.; EVANS, D. L. Correlation of race earnings with velocity at maximal heart rate during a field exercise test in thoroughbred racehorses. **Equine Vet. J.**, n. 36, p. 118-122, 2006. Supplement.

GUHL, A.; LINDNER, A.; VON WITTKE, P. Use of the relationship between blood lactate and running speed to determine the exercise intensity of horses. **The Veterinary Record**, v.3, p. 108- 110, 1996.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**, 9. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanbara-Kogan, 1998.

HINCHICLIFF, K. W.; GEOR, R. J. Fisiología integral del ejercicio In: HINCHCLIFF, K. W.; KANEPS, A. J.; RAYMOND, J. G. **Medicina y cirugía en los equinos de deporte: ciencias básicas y clínicas de los equinos de deporte**. Buenos Aires: Inter-Médica Editorial, p. 3-9. 2007.

IVY, J. L.; WITHERS, R. T.; VAN HANDEL, P. J.; ELGER, D. H.; COSTILL, D. L. Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. **J Appl Physiol.** v. 48, p. 523-527, 1980.

KOBAYASHI, M.; KURIBARA, K.; AMADA, A. Application of V200 values for evaluation of training effects in the Young thoroughbred under Field conditions. **Equine Vet. J.**, n. 30, p. 159-162, 1999. Supplement

LACOMBE, V.; HINCHCLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; LAUDERDALE, M. A. Exercise that induces substantial muscle glycogen depletion impairs subsequent anaerobic capacity. **Equine Vet. J.**, n. 30, p. 293-297, 1999. Supplement.

LÉGER, L.; BOUCHER, R. An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montréal track test. **Canadian Journal of Applied Sports Scienci**, v.5 p. 77-84, 1980.

MARON, B. J. Sudden cardiac death due to hypertrophic cardiomyopathy in young athletes. In: THOMPSON, P.D., (Ed.) **Exercise and sports cardiology**. New York: McGraw-Hill, 2001. p. 189-210.

MARQUES, M. S. **Influência do Exercício Físico sobre Níveis de Lactato Plasmático e Cortisol Sérico em Cavalos de Corrida**. 2002, 67 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo) São Paulo.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica Básica** 3º ed., Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan S.A., 2007. p. 169-173.

McKEEVER, K. H.; GORDON, M. B. Alteraciones endocrinas en el equino de deporte In: HINCHCLIFF, K. W.; KANEPS, A. J.; RAYMOND, J. G. **Medicina y cirugía en los equinos de deporte: ciencias básicas y clínicas de los equinos de deporte**. Buenos Aires: Inter-Médica Editorial, 2007, p. 925-951.

MIRIAN, M.; BONOMO, C. C. M.; SALOMÃO, C. R.; CAROLI, A. M. C.; MICHIMA, L. E. S.; FERNANDES, W. R. Determinação do lactato – comparação entre fotometria de reflexão (Accutrend®) e UV enzimático. In: **9º conferência anual da ABRAVEQ e 4º congresso Internacional de Medicina Veterinária FEI/CBH – São Paulo [anais...] – 2008**.

MOTTINI, V.; LELEU, C.; COTREL, C. Harnessed vs. mounted standardbreds on the track: changes in gait and physiological variables, **Equine Vet. J.**, n.36, p.468-472. 2006. Supplement.

NAGATA, S.; TAKEDA, F.; KUROSAWA, M.; MIMA, K.; HIRAGA, A.; KAI, M.; TAYA, K. Plasma adrenocorticotropin, cortisol and catecholamines response to various exercises. **Equine Vet. J.**, n. 30, p. 570-574, 1999 Supplement.

NETO, T. L. B.; CÉSAR, M. C.; TEBEXRENI, A. S. Fisiologia do Exercício. In: GHORAYEB, N.; NETO, T. L. B. **O Exercício - Preparação fisiológica - avaliação médica - aspectos especiais e preventivos**. São Paulo: Editora Atheneu; 1999. p. 3-13.

OLIVEIRA, E. M.; ALVES, G. B.; BRUM, P. C.; KRIEGER, J. E. Aspectos Moleculares da Hipertrofia dos Músculos Cardíaco e Esquelético após o Treino Físico In: NEGRÃO, C. E.; BARRETO, A. C. P. **Cardiologia do Exercício: Do Atleta ao Cardiopata**, 2º ed., São Paulo: Ed. Manole, 2006

POOL, D. C.; ERICKON, H. H. Heart and Vessels: Corazón y Vasos: Función Durante el Ejercicio y Respuesta al Entrenamiento In: HINCHCLIFF, K. W.; KANEPS, A. J.; RAYMOND, J. G. **Medicina y cirugía en los equinos de deporte: ciencias básicas y clínicas de los equinos de deporte**. Buenos Aires: Inter-Médica Editorial,, 2007 p. 819 – 850

POOL, D. C.; ERICKON, H. H. Heart and Vessels: Function during Exercise and Response to Training In: HINCHCLIFF, K. W.; KANEPS, A. J.; RAYMOND, J. G. **Equine Sports Medicine and Surgery**. Ed. Saunders, 2004. p. 711-723.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. Metabolismo do Exercício. In: POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício: Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho**, São Paulo: Manole (Ed.), 2000, p. 45-62.

RASKOFF, W. J.; GOLDMAN, S.; COHN, K. The athletic heart: prevalence and physiological significance of left ventricular enlargement in distance runners. **Journal of the American Medical Association**. v.236, p.158-62, 1976

RECOMMENDATIONS OF GERMANI SOCIETY FOR CLINICAL CHEMISTRY; Standardization of methods for the estimation of enzyme activities in biological fluids:

Standard method for the determination of Creatine Kinase activity. **J. Clin. Chem. Clin Biochem.** n. 15, p. 255-260, 1977.

RIVEIRO, J. L. L.; SERRANO, A. Composición Fibrilar del Músculo Gluteus Medius em Equinos com Distinto Historial em Carreras de Resistência, **Arquivos Médicos Veterinários**, v.30, Nº 1, 1998.

RIVERO, J. L. L.; RUZ, A.; MARTÍ-KORFF, S.; ESTEPA, J. C.; TEJERO, E. A.; WERKMAN, J.; SOBOTTA, M.; LINDNER, A. Effects of intensity and duration of exercise on muscular responses to training of thoroughbred racehorses **Appl Physiol** n.102, p. 1871–1882, 2007.

RUECA, F.; CONTI, M. B.; PORCIELLO, F.; SPATERNA, A.; ANTOGNONI, M. T.; MANGILI, V.; FRUGANTI, G.; AVELLINI, G. Relationship between running speed, isoenzymes of serum creatine kinase and lactate dehydrogenase and left ventricular function in stallions. **Equine Vet. J.**, n. 30, p. 163-165, 1999 Supplement.

SALTIN, B.; ASTRAN, P. O. Maximal oxygen uptake in athletes. **J Appl Physiol**; v.23, p. 353-358, 1967.

SCHEUR, J.; PEHPARGKUL, S.; BHAN, A. Experimental observations on the effects of physical training upon intrinsic physiology and biochemistry. **Am J Cardiol**; v.33, p. 744-751, 1974.

SOCIEDADE ESPANHOLA DE QUÍMICA CLÍNICA: Comision de Enzimas. **Quim. Clin.** v. 8, p. 57-61, 1989.

TREIBER, K. H.; HESS, T. M.; KRONFELD, D. S.; BOSTON, R. C.; GEOR, R. J.; FRIERE, M.; SILVA, A. M.; HARRIS, P. A. Glucose dynamics during exercise: dietary energy sources affect minimal model parameters in trained Arabian geldings during endurance exercise, **Equine Vet. J.**, n.36, p. 631 - 636, 2006 Supplement.

TYLER, C. M.; GOLLAND, L. C.; EVANS, D. L.; HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. Changes in maximum oxygen uptake during prolonged training, overtraining, and detraining in horses. *J Appl Physiol*. v. 81, p.2244-49, 1996.

WASSERMAN, K.; HANSEY, J. E.; SUE, D. Y.; CASABURI, R.; WHIPP, B. J. Fisiologia do Exercício. In: WASSERMAN, K.; HANSEY, J. E.; SUE, D. Y.; CASABURI, R.; WHIPP, B. J **Prova de Esforço: Princípios e Interpretação**, Rio de Janeiro: Revinter, 2005, p.10-61.

WESTGARD, J. O.; LAHMEYER, B. L.; BIRNBAUM, M. L. Use of the Du pont “Automatic Clinical Analyzer” in direct determinations of Lactic Acid in plasma stabilized with sodium fluoride. *Clin Chem* n.18, p. 1334-1338, 1972.

WICKLER, S. J.; ANDERSON, T. P. Hematological changes and athletic performance in horses in response to high altitude (3,800 m) *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol*, n. 279, p.1176–1181, 2000.