PAULO JOSÉ SANCHEZ

Avaliação de desempenho em equinos suplementados com coenzima Q10

Pirassununga
2014

PAULO JOSÉ SANCHEZ

Avaliação de desempenho em equinos suplementados com coenzima Q10

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

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso

Pirassununga
2014

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.3054
FMVZ

Sanchez, Paulo José
Avaliação de desempenho em equinos suplementado com coenzima Q10 / Paulo José
Sanchez. -- 2014.
73 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária
e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2014.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.

Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso.

1. Cavalos. 2. Exercício. 3. Lactato. 4. Sudorese. 4. Ubiquinona. I. Título.

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Comissão de Ética no Uso de Animais

São Paulo, 13 de novembro de 2014

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM EQUINOS SUPLEMENTADOS COM COENZIMA Q10", protocolado sob o CEUA nº 7364290514, utilizando 10 Equídeos (10 machos), sob a responsabilidade de Alexandre Augusto De Oliveira Gobesso, foi aprovado na reunião de 12/11/2014, e está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

We certify that the Research "PERFORMANCE EVALUATION IN EQUINE SUPPLEMENTED WITH COENZYME Q10", protocol number CEUA 7364290514, utilizing 10 Equines (10 males), under the responsibility Alexandre Augusto De Oliveira Gobesso, was approved in the meeting of day 11/12/2014, and agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of the University of São Paulo.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Denise Tabacchi Fantoni
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: SANCHEZ, Paulo José.

Título: **Avaliação de desempenho em equinos suplementado com coenzima Q10**

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

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

*“A vida nos abre muitas portas, mas somos nós
que decidimos em qual queremos entrar.”
(Cesar Alexandre Pequeno da Silva)*

*Dedico essa conquista aos meus pais José e
Neusa, a minha esposa Fabiana e a minha filha
Ana Beatriz que são as razões da minha existência.*

Agradecimento

Agradeço a todos que colaboraram para que esse projeto tenha se tornado realidade.

A Universidade de São Paulo, campus Pirassununga, por ter aberto as portas e possibilitado que eu pudesse adquirir conhecimentos e crescer enquanto pessoa e profissional.

A todos os professores e funcionários do departamento de Nutrição e Produção Animal – VNP que me acolheram e disponibilizaram todos os recursos técnicos e conhecimentos científicos para minha capacitação.

Ao Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso, orientador e grande responsável pelo resultado dessa conquista, uma vez que acreditou e confiou nas nossas possibilidades. Agradeço a amizade, os ensinamentos passados durante essa fase da minha vida.

Ao grande amigo, irmão e companheiro de trabalho e estudo César Alexandre Pequeno da Silva, que não mediu esforços, nem de dia, nem de noite e nem de madrugada para me ajudar nessa caminhada.

Aos pós graduandos, alunos de iniciação científica e estagiários do Laboratório de Pesquisa em Alimentação e Fisiologia do Exercício em Equinos – LabEqui, que eu pude ter a felicidade de conviver, meus sinceros agradecimentos por tudo que fizeram por mim, tenham certeza de que essa é uma conquista do coletivo, e sempre serei grato pela colaboração de todos, inclusive dos responsáveis por tudo isso ter acontecido...os cavalos! Sem eles, nada disso seria possível.

Aos colegas Médicos Veterinários e clientes que muito me ajudaram nas necessidades e atendimentos emergências, pois com muita ética, dedicação e entendimento, me possibilitaram momentos de concentração nos estudos.

Aos amigos e familiares, que compreenderam e muito me incentivaram nessa caminhada, agradeço toda energia, pensamentos positivos, e conselhos passados.

Enfim, você que participou e ajudou de alguma maneira, meus mais sinceros e verdadeiros agradecimentos.

RESUMO

SANCHEZ, P. J. **Avaliação de desempenho em equinos suplementados com coenzima Q10.** [Performance evaluation of equines supplemented with Coenzyme Q10]. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

Com o objetivo de se investigar o efeito da suplementação de coenzima Q10 sobre o desempenho de equinos em treinamento aeróbio, foram utilizados dez equinos do sexo masculino, castrados, da raça Puro Sangue Árabe, com idade de $48 \pm 8,15$ meses e peso $473 \pm 34,75$ kg, divididos em grupo controle (GC) e grupo suplementado (GS). O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Alimentação e Fisiologia do Exercício de Equinos (LABEQUI), pertencente à FMVZ-USP, no Campus Administrativo de Pirassununga, São Paulo, adotando-se o consumo diário individual de 2% do peso corpóreo, com base na matéria seca, sendo 50% de volumoso composto por feno de gramínea e 50% de concentrado comercial. Os animais inseridos no grupo suplementado (GS) receberam individualmente a inclusão diária de 800mg de coenzima Q10 adicionado à dieta de concentrado durante os 90 dias de experimento. Todos os animais foram exercitados cinco vezes por semana, durante sessenta minutos, na velocidade máxima de 15 km/h, em exercitador circular mecânico para cavalos, controlado eletronicamente. Durante o experimento foram realizadas análise hematológica e bioquímica (AST, CK e LDH), mensuração da curva de glicose e de lactato, monitoramento da frequência cardíaca e sudorese dos equinos. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, com dados estatisticamente significantes sendo submetidos à análise de regressão. Através das análises hematológicas, bioquímicas, da curva glicose e de lactato, pode-se observar a higidez e a adaptação dos animais frente ao protocolo de treinamento. O grupo suplementado apresentou efeito de tratamento para a enzima creatinaquinase, e apresentou menor oscilação da frequência cardíaca e da taxa de sudação. Conclui-se que a suplementação de equinos atletas com coenzima Q10 submetidos a exercício aeróbio influenciou no desempenho atlético dos cavalos.

Palavras-chave: Cavalo. Exercício. Lactato. Sudorese. Ubiquinona.

ABSTRACT

SANCHEZ, P. J. **Performance evaluation of equines supplemented with Coenzyme Q10.** [Avaliação de desempenho em equinos suplementados com coenzima Q10]. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

With the goal of investigating the effect of Coenzyme Q10 supplementation on the performance of equines subject to aerobic exercise, ten pure Arabian geldings, aged $48 \pm 8,15$ months and weighing $473 \pm 34,75$ kg were divided into control group (GC) and supplemented group (GS). The experiment was performed at LABEQUI - Equine Nutrition and Exercise Physiology Research Laboratory, which belongs to FMVZ - USP, School of Veterinary Medicine and Animal Science of USP (São Paulo University), which belongs to Campus Pirassununga. Individual intake of food was considered 2% of body weight, of which 50% corresponded to grass hay and 50% to commercial pelleted concentrate. The horses in the supplemented group (GS) received a daily inclusion of 800 mg of coenzyme Q10, added to the concentrated food during the 80 days of the experiment. All animals were exercised five days per week, during sixty minutes, at a top speed of 15 km/h, in a electronically controlled circular mechanical walker. During the experiment, blood tests and biochemical analysis (AST, CK, and LDH) were conducted, as well as measurements of glucose and lactate curves and monitoring of heart frequency and perspiration. The method used was totally casual lineation with measures repeated in time, with statistically significant data being submitted to regression analysis. Animals' healthiness and adaptation to the training protocol could be observed through hematological and biochemical analysis and glycemic and lactate curves. The supplemented group showed a treatment effect for the enzyme creatinekinase, and showed less fluctuation in heart rate and sweating rate.. It was concluded that supplementation with coenzyme Q10 of equine athletes submitted to aerobic exercise had a positive effect on the athletic performance of the horses.

Keywords: Horse. Exercise. Lactate. Perspiration. Ubiquinone.

LISTA DE TABELA

Tabela 1 -	Programa de treinamento dos cavalos.....	37
Tabela 2 -	Valores médios das frequências cardíacas (FC) mensuradas, erro padrão médio (EPM) e valor de <i>p</i> para o controle e o tratamento com CoQ10 aos 60 dias experimentais (D60).....	38
Tabela 3 -	Programa de treinamento dos cavalos suplementados com CoQ10.....	39
Tabela 4 -	Programa de treinamento dos cavalos suplementados com CoQ10.....	41
Tabela 5 -	Concentração plasmática ($\mu\text{mol/L}$) de CoQ10 em equinos.....	42
Tabela 6 -	Análise bromatológica dos nutrientes da dieta (%).....	44
Tabela 7 -	Divisão dos animais em grupo suplementado (GS) e grupo controle (GC).....	45
Tabela 8 -	Programa de treinamento dos cavalos suplementados com CoQ10.....	45
Tabela 9 -	Valores hematológicos observados nas amostras colhidas nos momentos imediatamente antes do exercício em D0, D30, D60 e D90.....	50
Tabela 10 -	Valores médios apresentados pelas variáveis AST (UI/L), CK (UI/L) e LDH (UI/L) ao longo do tempo, e seus respectivos valores de <i>p</i>	52
Tabela 11 -	Concentração média de CK (UI/L) apresentada entre o grupo controle (GC) e grupo suplementado (GS) com coenzima Q10	53
Tabela 12 -	Valores médios da glicemia dos animais no tempo e no momento após exercício para avaliação da curva glicêmica.....	56
Tabela 13 -	Comportamento da concentração de lactato ($\mu\text{mol/L}$) ao longo do tempo.....	57
Tabela 14 -	Valores médios da concentração de lactato ($\mu\text{mol/L}$), após período de exercício nos respectivos tempos.....	58
Tabela 15 -	Valores médios encontrados ao longo do tempo para a frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (BPM) no grupo controle (GC) e grupo suplementado (GS).....	58
Tabela 16	Valores médios para a frequência cardíaca basal (FC basal),	

-	frequência cardíaca máxima (FC máxima) e frequência cardíaca final (FC final) encontrada no grupo controle (GC) e grupo suplementado (GS).....	59
Tabela 17	Variação da temperatura ambiental (TA) e umidade relativa do ar (UR) com suas respectivas médias no D30, D60 e D90 do experimento.....	61
Tabela 18	Taxa de sudção no período que antecede o exercício para o grupo controle (GC) e grupo suplementado (GS) no D30, D60 e D90 do experimento, com resultado expresso em g m ² min.....	61
Tabela 19	Taxa de sudção no período após o exercício para o grupo controle (GC) e grupo suplementado (GS) no D30, D60 e D90 do experimento, com resultado expresso em g m ² min.....	62

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 -	Níveis plasmáticos ($\mu\text{mol/L}$) de CoQ10 em equinos submetidos a exercício leve.....	40
Gráfico 2 -	Concentração média de CK (UI/L) ao longo do tempo para o grupo controle (GC) e grupo suplementado (GS).....	55
Gráfico 3 -	Comportamento da frequência cardíaca (FC) média do grupo controle (GC) e do grupo suplementado (GS) ao longo do tempo....	60
Gráfico 4 -	Comportamento da sudorese (SUD) ao longo do tempo observada nos animais do grupo controle (GC) e do grupo suplementado (GS) no período que antecede o exercício.....	62
Gráfico 5 -	Comportamento da sudorese (SUD) ao longo do tempo observada nos animais do grupo controle (GC) e do grupo suplementado (GS) no período após o exercício.....	63
Figura 1 -	Estrutura da Coenzima Q10	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	19
3	HIPÓTESE	20
4	REVISÃO DE LITERATURA	21
4.1	Fisiologia do exercício	21
4.2	Fibras musculares	25
4.3	Metabolismo energético	27
4.4	Coenzima Q10	32
4.4.1	Fontes e origem	33
4.4.2	Níveis plasmáticos	33
4.4.3	Efeitos no organismo animal	34
5	TESTES PRÉ EXPERIMENTAL	36
5.1	Teste 1	36
5.2	Teste 2	38
6	MATERIAIS E MÉTODOS	43
6.1	Local	43
6.2	Animais	43
6.3	Dietas	44
6.4	Tratamentos	44
6.5	Colheita de amostras sanguíneas	46
6.5.1	Avaliações hematológicas	46
6.5.2	Avaliações sorológicas	46
6.5.3	Curva glicêmica	47
6.5.4	Curva de lactato	47
6.6	Frequência cardíaca	48
6.7	Taxa de sudação	48
6.8	Delineamento e análise estatística	49
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
7.1	Avaliações Hematológicas	50
7.2	Avaliações sorológicas	51
7.3	Curva Glicêmica	55
7.4	Curva de Lactato	57

7.5	Frequência Cardíaca.....	58
7.6	Taxa de Sudação	60
8	CONCLUSÕES	64
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Com o forte crescimento do setor equestre, o mercado da equinocultura vem se tornando cada vez mais exigente e apresentando um alto grau de seletividade por animais geneticamente melhorados que apresentem características morfológicas e fisiológicas condizentes com o desempenho esperado.

O Brasil possui o quinto maior rebanho de equinos do mundo, sendo estimado em 5,4 milhões de cabeças, mantendo-se praticamente constante nos últimos anos. O setor envolve mais de 30 segmentos, distribuídos entre insumos, criação e destinação final e compõe a base do chamado Complexo do Agronegócio Cavalo, responsável pela geração de 3,2 milhões de empregos diretos e indiretos movimentando um valor econômico anual superior a R\$ 7,3 bilhões (SOUZA LIMA, 2006).

Os equinos são herbívoros não ruminantes, monogástricos de hábito alimentar constante, extremamente seletivos e capazes de suprir grande parte da sua demanda nutricional para manutenção através da ingestão de gramíneas (LEWIS, 2000).

Na vida selvagem desenvolveu-se e adaptou-se basicamente a obter alimento por pastejo, desta forma selecionando forragens suculentas com grande quantidade de água, proteínas solúveis, lipídios, açúcares e carboidratos estruturais. Neste sistema natural, períodos curtos de alimentação ocorrem ao longo do dia e da noite, com maior intensidade durante o dia.

Já o cavalo doméstico consome uma diversidade de alimentos variando na sua forma física desde forragem, com alto teor de umidade, até cereais com grandes quantidades de amido. No processo de domesticação o tempo de alimentação foi restringido e houve a introdução de concentrados proteicos, forragens conservadas e cereais.

Estudos já realizados sobre nutrição e métodos alimentares baseiam-se em garantir que essas possibilidades supram as necessidades nutricionais variadas dos equinos, sem causar transtornos digestivos e metabólicos (FRAPE, 2007; BRANDI; FURTADO, 2009).

A adaptação da musculatura do aparelho locomotor de cavalos ao treinamento ocorre em forma contínua baseada na intensidade e duração do

exercício (RIVERO et al., 2007). O treinamento de resistência resulta em maior densidade mitocondrial e suprimento capilar, alterações das principais enzimas metabólicas e aumento do consumo máximo de oxigênio, promovendo transição dos tipos de fibras musculares (THAYER et al., 2000).

O treinamento consiste no uso de períodos regulares de exercício visando promover modificações estruturais e funcionais no organismo animal, no intuito de capacitá-lo a competir de forma mais efetiva (EVANS, 2000). As adaptações induzidas pelo treinamento resultam em maior produção de energia pela via aeróbia e maior capacidade de tamponamento muscular, as quais podem ser representadas pelo aumento do limiar aeróbio, pela produção de menores concentrações de lactato sob intensidades de esforço semelhantes, pela determinação de menores concentrações de lactato ao final de testes de esforço e, ainda, pela ampliação do tempo necessário para o surgimento de fadiga (COURoucÉ; CHATARD; AUVINET, 1997; EATON et al., 1999; MUÑOZ et al., 1999; GERARD et al., 2002; McGOWAN et al., 2002; TRILK et al., 2002).

A produção e a utilização apropriada de energia são essenciais para o equino atleta e possuem uma função crítica para o ótimo desempenho (EATON, 1994; HARRIS; HARRIS, 1998). A glicose é uma importante fonte de energia para a atividade muscular, porém, com o aumento da intensidade do exercício, grande parte da energia é gerada através da glicólise anaeróbia, com consequente produção de ácido láctico (EATON, 1994).

Desta maneira, o lactato merece destaque e tem sido o guia de inúmeros programas de treinamento tanto à campo (GOMIDE, 2006) quanto em esteiras rolantes sob condições controladas (FERRAZ, 2003).

Em resposta ao exercício ocorrem alterações hematológicas significativas, como as promovidas pela contração esplênica que libera eritrócitos ali armazenados, aumentando a concentração de hemoglobina circulante para otimizar o transporte de oxigênio para os tecidos (POOLE; ERICKSON, 2004). O aumento do hematócrito de 32% a 46% para 60% a 70% e o consequente aumento da hemoglobina, devido à contração esplênica, é uma adaptação específica dos equinos e dos cães, fornecendo aproximadamente 60% mais sítios de ligação para o oxigênio durante o exercício (PERSSON, 1967).

Enquanto a maior parte do aumento no hematócrito durante esforço de alta intensidade ocorre devido a contração esplênica, as trocas de fluidos induzidas pelo

exercício também desempenham importante papel. A extensão dessas trocas está aparentemente relacionada à duração e intensidade do esforço. Dadas as perdas de fluidos ocorridas durante o esforço prolongado de enduro, é comum que reduções no volume plasmático tenham participação nas alterações do hematócrito neste exercício (KINGSTON, 2004). Associados a elevação no hematócrito notam-se elevações na contagem eritrocitária e na concentração de hemoglobina, levando a aumento na capacidade de transporte de oxigênio, que é um importante fator na capacidade aeróbia do cavalo (EVANS; ROSE, 1988).

É amplamente reconhecido que o músculo esquelético de mamíferos adultos é um tecido heterogêneo composto de vários tipos de fibras, com plasticidade de comportamento, onde a composição estrutural e formação bioquímica podem ser alteradas em resposta à atividade física, envelhecimento, alterações neurológicas e hormonais. Assim, as fibras musculares são altamente versáteis, capazes de responder a alterações de acordo com as exigências funcionais, alterando o seu perfil fenotípico (SERRANO; QUIROZ-ROTHER; RIVERO, 2000).

Diante dessa realidade, várias possibilidades de suplementação estão sendo estudadas e técnicas de treinamento estão sendo inseridas no intuito de melhorar o desempenho desses animais.

Alguns estudos envolvendo a suplementação com Coenzima Q10 (CoQ10), tem demonstrado sua importante atuação em diversas funções bioquímicas, como por exemplo, no transporte de elétrons mitocondriais, desempenhando papel fundamental na respiração celular e na produção de trifosfato de adenosina (ATP), a principal fonte de energia celular, além da participação dessa substância como inibidora da fadiga durante o exercício em humanos (BRAUN et al., 1991; MIZUNO et al., 1997; WESTON et al., 1997; NIELSEN et al., 1999). Também já foi demonstrado efeito protetor contra a redução excessiva de fosfolípidios na membrana mitocondrial durante exercício prolongado (BARBIROLI; IOTTI; LODI, 1998), melhorando a recuperação muscular pós-exercício (KOYAMA et al., 1992) e o desempenho (MIZUNO et al., 2008).

Segundo Bank, Kagan e Madhavi (2011), esta substância é sintetizada endogenamente por um processo de várias etapas, tratando-se de uma molécula altamente lipofílica e praticamente insolúvel em água. A absorção e transporte da CoQ10 parece ser semelhante a outros compostos lipofílicos tais como a vitamina E. Quando administrada por via oral, é convertida para a forma reduzida (ubiquinol)

pelos enterócitos, absorvida pelo intestino delgado, entrando na circulação através do sistema linfático.

A produção e a utilização apropriada de energia são essenciais para o equino atleta e possuem uma função crítica para o ótimo desempenho (EATON, 1994). Para isso, diversos suplementos e alimentos alternativos vêm sendo testados no sentido de melhorar o desempenho dos equinos nas práticas esportivas, sendo a Coenzima Q10 uma dessas possibilidades.

Embora a importância da CoQ10 em seres humanos e em várias outras espécies tenha sido reconhecida (BHAGAVAN; CHOPRA, 2006; COOKE et al., 2008; LITTARRU; TIANO, 2010), apenas alguns trabalhos recentes foram publicados sobre a utilização da CoQ10 em equinos (SINATRA et al., 2013; TOPOLOVEC et al., 2013; SINATRA et al., 2014).

2 OBJETIVOS

Investigar o efeito da suplementação de Coenzima Q10, adicionado na dieta, sobre o desempenho de equinos em treinamento aeróbio, através da análise hematológica e bioquímica (AST, CK e LDH), mensuração da curva de glicose plasmática e de lactato, monitoramento da frequência cardíaca e sudorese dos equinos.

3 HIPÓTESE

A hipótese principal deste projeto é de que a suplementação oral com Coenzima Q10 (CoQ10) em equinos submetidos a exercício aeróbio apresente melhoras fisiológicas e metabólicas significativas, contribuindo para a melhoria no desempenho atlético destes animais.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Fisiologia do exercício

As modalidades equestres podem ser divididas em duas realidades: as que exigem grande potência muscular e as que requerem resistência (PRINCE et al., 2002). Considerando os extremos, de um lado estão corridas disputadas por cavalos da raça Quarto de Milha, com extensões ao redor de 400 metros. Do outro lado encontram-se as provas de enduro, com extensões de até 160 km, costumeiramente vencidas por equinos da raça Puro Sangue Árabe (LACERDA-NETO, 2004).

As necessidades metabólicas destes dois tipos de atletas são marcadamente distintas, visto que as provas de potência exigem rápida produção de energia pela fibra muscular (HINCHCLIFF et al., 2002) e as provas de resistência tem como exigência estrita, além da grande demanda energética, a mobilização de inúmeros sistemas de regulação da homeostasia.

Segundo Bernardi (2013) a fisiologia do exercício em equinos refere-se aos estudos de como um cavalo responde ao exercício, e como essas respostas são modificadas após diferentes intervenções. Estas intervenções incluem treinamento, períodos de descanso e mudanças na dieta. Estudos de fisiologia do exercício frequentemente envolvem medições da temperatura corporal, frequência cardíaca (FC), concentração sanguínea de lactato e consumo de oxigênio no cavalo em exercício. Estas medições ajudam os cientistas a descrever a intensidade de exercício, e são fundamentais para a maioria das medidas de condicionamento físico. Em centros de formação dedicados à preparação e acompanhamento de atletas de elite humanos estas medições são frequentemente usadas para orientar a intensidade do treinamento, e para demonstrar melhorias no condicionamento físico individual (EVANS, 2000).

O exercício físico é uma condição no qual ocorre aumento da demanda energética do organismo visando à manutenção da atividade muscular. A energia derivada dos nutrientes ingeridos na alimentação tem fundamental importância para o fornecimento de energia química, contribuindo com a manutenção do trabalho muscular a partir da geração de adenosina trifosfato (ATP), onde sua produção pode

ocorrer na presença ou na ausência de oxigênio, sendo que, a definição da via metabólica utilizada depende essencialmente da velocidade e da intensidade do gasto energético (WILMORE; COSTILL, 2001; MARLIN; NANKERVIS, 2002; BERGERO; ASSENZA; CAOLA, 2005).

Para Cayado et al. (2006) o exercício físico representa o estímulo estressante mais fisiológico que existe, pois submete o organismo a desafios temporários na sua homeostasia. Quando o esforço físico torna-se sistemático e contínuo, com aumento gradual da intensidade, intercalado a períodos de repouso, é denominado treinamento, sendo que o maior objetivo deste processo é provocar adaptações fisiológicas que aprimorem o desempenho atlético (GRAAF- ROELFSEMA et al., 2007).

Tanto na teoria quanto na prática, os equinos são considerados atletas no reino animal. Apesar da existência de diferentes raças e tipos de cavalos, todos eles são formados a partir da mesma base estrutural e mesmo mecanismo fisiológico, desta forma, tendo potencial para responder favoravelmente ao treinamento. O cavalo de alto nível competitivo apresenta características individuais que favorecem o desempenho quando comparado a outros indivíduos da mesma espécie, tais como a habilidade natural de correr mais rápido ou saltar mais alto, e este fator tem maior peso no sucesso do animal quando comparado ao treinamento oferecido (MARLIN; NANKERVIS, 2002; VOTION et al., 2007).

A habilidade natural é determinada pela genética. Nada há de se fazer em relação aos genes individuais de cada animal, uma vez que o animal já tenha nascido, porém muito pode ser feito com o treinamento. Para se ter um cavalo geneticamente favorável ao desempenho máximo, deve-se procurar cruzamentos entre animais de destaque para determinada modalidade, porém, mesmo estes animais, irão passar do estágio de não adequado para adequado, e este caminho é uma verdadeira metamorfose para o indivíduo em vários aspectos, na forma física, na aparência, no seu movimento e até mesmo na sua forma de viver. Apesar de querermos forçar nossos animais a terem maior desempenho, devemos nos forçar mais ainda em saber se nossos animais se adequam para a tarefa escolhida (MARLIN; NANKERVIS, 2002; LÓPEZ- RIVERO, 2004; FERRAZ et al., 2006).

Independentemente da modalidade esportiva ou da raça, a habilidade atlética é originada por quatro principais fatores: a genética, o ambiente, a saúde e o treinamento, sendo este último, um dos mais importantes na determinação do

sucesso e na melhora do desempenho (HODGSON; ROSE, 1994; THOMASSIAN, 2005).

Não há dúvidas que qualquer treinamento é uma arte, porém associar conhecimento sobre fisiologia dos equinos pode ajudar a lapidar melhor esta arte. Muito do que se conhece atualmente sobre fisiologia do exercício em equinos reflete os avanços na tecnologia e disponibilidade de equipamentos que ocorreu nos últimos 20 a 30 anos. Podemos citar como exemplo as esteiras e os exercitadores mecanizados que permitiram realizar estudos com os animais em situações simuladas de treinamento intensivo, como testes de espirometria, coletas de sangue arterial e venoso, fatos estes que seriam impossíveis de realizar em exercício convencional a campo. Muitos destes avanços tecnológicos podem ser aplicados em programas de treinamentos ou manutenção dos cavalos, gerando bons resultados. Apesar da ciência não poder garantir um campeão, ela pode encurtar muito o caminho nesse sentido (McARDLE; KATCH; KATCH, 1998; MARLIN; NANKERVIS, 2002).

Vale, ainda, ressaltar que exercícios causam mudanças de curto período sem gerar grandes respostas na melhora do condicionamento, já o treinamento reflete de forma positiva no condicionamento de forma longa e gradual influenciando também de forma positiva a performance (MARLIN; NANKERVIS, 2002; BOFFI, 2008).

Para realizar qualquer tipo de atividade física o equino necessita de um aporte de energia e esta energia provém da alimentação, desta forma a escolha correta da dieta do animal favorece a conversão em energia resultando em um melhor condicionamento quando exposto a exercícios. Independentemente do tipo de alimento oferecido, todos os nutrientes capazes de gerar energia para o trabalho são convertidos em um único elemento denominado trifosfato de adenosina (ATP), o que diferencia e norteia a escolha do tipo de alimento é a quantidade de energia que este é capaz de gerar. Este elemento é utilizado na musculatura como fonte principal de energia para que ocorra a contração e relaxamento muscular, desta forma é necessária uma dieta equilibrada e correta para que o organismo possa fornecer quantidades ideais deste elemento para os tecidos musculares (MARLIN; NANKERVIS, 2002; FRAPE, 2007; BOFFI, 2008; BRANDI; FURTADO, 2009).

As principais fontes de energia no organismo são a glicose, o glicogênio e os ácidos graxos, sendo os dois primeiros, formas de carboidrato e o terceiro gordura. A proteína somente será usada como fonte de energia em caso de extrema

exaustão, privação de alimentos ou doenças. Tanto a glicose como os ácidos graxos estão presentes na circulação sanguínea e desta forma são facilmente aproveitadas pelos músculos. Já o glicogênio, uma grande cadeia de glicoses, não fica livre na circulação sendo a principal forma de reserva de energia, armazenada no tecido muscular e hepático (EATON, 1994; HARRIS; HARRIS, 1998; MARLIN; NANKERVIS, 2002; BOFFI, 2008).

A concentração de ATP encontrada na fibra muscular é suficiente para manter a contração por poucos segundos. A fonte primária para recompor o ATP é a fosfocreatina, que contém uma ligação fosfato de alta energia, tornando-se uma importante fonte de energia durante o funcionamento muscular, utilizada em trabalhos intensos e de baixa duração – de 6 a 8 segundos, sendo denominada a fase da anaerobiose alática (GUYTON, 1997; HARRIS, 2000). A creatina é captada pelo tecido muscular, sendo fosforilada mediante a reação catalisada pela creatinoquinase (CK), em fosfocreatina. Após se esgotarem as reservas de ATP e de fosfocreatina, a fonte de energia seguinte a ser utilizada é a glicose. Nos exercícios de alta intensidade, esta é utilizada em anaerobiose, ou seja, na ausência de oxigênio, gerando somente quatro ATPs para cada mol de glicose usada. Sua energia dura aproximadamente 2 minutos.

Segundo Eaton (1994), o produto final do uso anaeróbico da glicose é a produção de ácido láctico (anaerobiose láctica), sendo esta proporcional a intensidade do exercício. O ácido láctico é produzido pela descarboxilação do piruvato, tendo como catalisador da reação a enzima lactato desidrogenase (LDH). Este ácido láctico formado é rapidamente tamponado em parte pelo bicarbonato extracelular, resultando na produção de lactato (CORREA et al., 2010).

Segundo McGowan (2008), os equinos têm uma grande capacidade de tamponamento em exercícios de alta intensidade, principalmente aqueles condicionados (POOLE; HALESTRAP, 1993). Porém, se a elevada intensidade de exercício for mantida por longo tempo, o organismo não consegue tamponar o ácido láctico produzido, gerando fadiga muscular e queda de performance atlética (GOMIDE et al., 2006).

Principalmente em decorrência do aumento da duração do exercício, há a ativação dos sistemas circulatório e respiratório e a obtenção de energia ocorre principalmente através da oxidação da glicose (glicólise aeróbica) e dos ácidos graxos (precursores dos triglicérides) no músculo esquelético. O aumento da lipólise

e do catabolismo de proteínas corporais no exercício físico ocorre em consequência do equilíbrio energético negativo provocado por ação de catecolaminas e cortisol, semelhante ao provocado pelo jejum alimentar (SALES et al., 2013).

Assim, em exercícios de moderada a alta intensidade, o glicogênio muscular e os depósitos de triglicérides se reduzem. Um exemplo a ser dado de provas de resistência ou exercícios de baixa intensidade e com longa duração é o enduro, onde a obtenção de energia ocorre durante essa prova é através da glicólise aeróbia que gera a produção de piruvato, que por sua vez entra no Ciclo de Krebs e é metabolizado até dióxido de carbono e água, gerando 38 ATPs para cada mol de glicose (KANEKO, 1997).

4.2 Fibras musculares

Segundo Rivero, Talmadge e Edgerton (1996); McArdle, Katch e Katch (2003) e Boffi (2008) os músculos são compostos por dois tipos, principais, de fibras, as fibras do Tipo I e as fibras do Tipo II, sendo esta última subdividida em IIA e IIX.

A classificação dos tipos de fibras musculares está relacionada com as características contráteis, além da capacidade oxidativa, que é a capacidade de usar oxigênio para gerar energia. A velocidade de contração também resulta em diferenciação e classificação das fibras musculares, quanto mais rápida é a contração da fibra mais facilidade de adotar a via anaeróbia diminuindo sua capacidade oxidativa. Quanto mais distante desta realidade melhor a capacidade oxidativa da fibra, resultando em melhora no desempenho aeróbio do animal (McARDLE; KATCH; KATCH, 1998; MARLIN; NANKERVIS, 2002; BOFFI, 2008).

Por meio de técnicas histoquímicas, é possível a diferenciação de três tipos de fibras consideradas “puras” no equino, que são as fibras do tipo I, IIA e IIX. Além dessas, foram demonstradas a ocorrência de dois tipos “híbridos” de fibras. Fibras do tipo C, que correspondem a fibras intermediárias entre I e IIA, e a tipo IIAX-XA, que são fibras intermediárias ou de transição entre IIA e IIX (RIVERO; TALMADGE; EDGERTON, 1996). De acordo com estudos de Serrano e Rivero (2000), a isoforma IIB é expressa em tecido muscular de humanos e ratos, porém não em equinos. Portanto, nos equinos são encontrados cinco tipos de fibras: I, C, IIA, IIAX-XA e a IIX. As fibras híbridas estão num estágio intermediário de um processo de transição,

sendo que, as fibras híbridas C e IIA-XA estão presentes em tecido muscular que apresentam processo de interconversão (SERRANO; RIVERO, 2000).

A fibras do tipo I são definidas como fibras de reação lenta para contração e relaxamento. Apresentam diâmetro reduzido em relação a todas outras fibras, e uma vez que o diâmetro da fibra está relacionado com a capacidade de força, estas fibras são mais fracas em relação as demais. Apesar disto elas são capazes de trabalhar por longos períodos, de forma aeróbia, sem entrar em fadiga sendo, desta forma, a principal responsável pela manutenção da postura. Por possuírem uma grande quantidade de mitocôndrias, são as fibras que apresentam maior eficiência metabólica oxidativa, e as que apresentam menor eficiência metabólica glicolítica, ou seja, menor atividade anaeróbia (MARLIN; NANKERVIS, 2002; FERRAZ, 2003; BOFFI, 2008).

Em geral, as fibras do tipo I têm a maior capacidade oxidativa e estoques lipídicos, com menor capacidade glicolítica e estoques de glicogênio. Em contraste, as fibras do tipo IIX têm menor capacidade oxidativa e quantidade de lipídios e maior capacidade glicolítica e estoque de glicogênio. Fibras do tipo IIA são intermediárias nessas funções (RIVERO et al., 1999; QUIROZ-ROTHER; RIVERO, 2001).

As fibras do tipo II, também conhecidas por fibras de explosão, são mais potentes que as do tipo I, porém bem menos resistentes à fadiga. As fibras do tipo IIA são conhecidas como fibras aeróbias/anaeróbias, sendo mais rápidas e com maior diâmetro em relação as do tipo I, mais lentas e de menor diâmetro que as do tipo IIX, estas conhecidas como fibras de explosão verdadeiras (MARLIN; NANKERVIS, 2002; FERRAZ, 2003; BOFFI, 2008).

Possíveis lesões no tecido musculoesquelético são diagnosticadas através de um exame clínico detalhado associado com as determinações conjuntas da atividade sanguínea da creatinaquinase (CK), aspartato aminotransferase (AST) e lactato desidrogenase (LDH). Um aumento dos níveis séricos destas enzimas pode ocorrer devido a variação da permeabilidade da membrana muscular, observada em consequência do exercício físico (THOMASSIAN, 2001), e também pode ocorrer devido à ruptura parcial ou completa das células ou perda de função da membrana. Em ambas as situações há a passagem dessas enzimas para o plasma. Assim, existe a dificuldade em saber se há lesão ou simplesmente ocorreu um aumento transitório da permeabilidade na membrana, o que reforça a importância da

associação dos achados laboratoriais com o exame clínico e com valores de referência para a espécie.

Segundo Boffi (2008) e Etchichury (2008), a CK é a enzima sérica mais utilizada nos casos de avaliação e acompanhamento de doenças musculares em animais domésticos. No equino, a CK possui quatro isoenzimas, a CK-MM presente no músculo esquelético e cardíaco, a CK-BB presente no cérebro, a CK-MB encontrada somente no coração. Também, a CK-Mt, que é uma enzima mitocondrial responsável por 15% da atividade da CK cardíaca.

A AST possui a função de catalisar a transaminação de L-aspartato e alfacetoglutarato em oxalacetato e glutamato, sendo encontrada em quase todos os tecidos, tais como músculo cardíaco, fígado e eritrócito. Logo, sua atividade sérica não é específica para nenhum tecido, mas o músculo e o fígado podem ser considerados as principais fontes (EVANS, 2000; SERRANO; RIVERO, 2000).

Assim, a AST também pode ser utilizada como ferramenta diagnóstica em lesões musculares em animais, desde que em associação com a determinação dos níveis séricos de CK (HARRIS, 2000; GOMIDE, 2006; FERRAZ et al., 2010).

A LDH é a enzima responsável por catalisar a reação reversível de L-lactato para piruvato em todos os tecidos, estando presente em grande quantidade na musculatura esquelética. O aumento da atividade sérica desta enzima não é específico para lesão muscular (ETCHICHURY, 2004; LÓPEZ-RIVERO, 2004; FUNARI, 2011). Portanto, é necessário utilizar outras enzimas, como a CK, para complementar o diagnóstico de lesão muscular ou até mesmo observar variação existente em consequência do exercício físico dado ao aumento da permeabilidade citoplasmática (RIVERO et al., 2007).

4.3 Metabolismo energético

Independente da modalidade esportiva realizada pelo cavalo, o treinamento visa adaptações da fibra muscular que lhe possibilitem rápida produção de energia e maior força de contração, enquanto no treinamento de resistência se destaca a importância do desenvolvimento de mecanismos eficientes de regulação do meio interno (SCHOTT II et al., 1997). Neste caso, estão associadas a grande produção

de calor e perdas significativas de água e eletrólitos por meio da sudorese, no intuito de dissipar o ganho calórico (NAYLOR et al., 1993). Em ambos os casos devem ocorrer aumento da resistência das estruturas musculoesqueléticas, especialmente articulações, tendões e ligamentos, cuja má adaptação impede a plena realização de atividade física seja de potência ou resistência (HODGSON; ROSE, 1994). Em comparação com todas as complexas funções metabólicas que ocorrem no organismo, os aumentos na atividade física impõem incontestavelmente a maior demanda de energia (McARDLE; KATCH; KATCH, 1998).

Independentemente do tipo de alimento ou dieta do cavalo, todos os nutrientes capazes de liberar energia para o trabalho são convertidos em ATP, a energia necessária para o funcionamento normal dos tecidos no repouso e exercício. A contração muscular somente pode ser obtida com ATP, no entanto devido às pequenas quantidades de ATP no tecido muscular e sua rápida utilização durante o exercício, o músculo deve constantemente regenerar ATP pela fosforilação do ADP para dar continuidade ao trabalho, assegurando constante liberação de energia. Há diversas rotas bioquímicas para a fosforilação do ADP que são selecionadas de acordo com o nível do exercício (MARLIN; NANKERVIS, 2002).

As fontes para obtenção de ATP são a glicose, glicogênio, fosfocreatina, aminoácidos e ácidos graxos livres. A energia fornecida dessa equação é utilizada para manutenção da temperatura corpórea, e também no metabolismo de células nervosas e musculares, na distribuição de sódio e potássio pelo corpo e, na contração e relaxamento das células nos músculos em atividade. Sem um fornecimento adequado de energia, os filamentos musculares não podem ser energizados, as células não podem relaxar rapidamente, e o cálcio não pode ser "bombeado" para o seu local de armazenamento (retículo sarcoplasmático) no interior das células do músculo esquelético (EVANS, 2000). A produção de ATP é muito mais eficiente na presença do que na ausência de oxigênio. O metabolismo anaeróbico da glicose, apesar de ser menos eficiente que o aeróbico, representa um mecanismo rápido e importante na geração de energia (GOLLNICK; BAYLY; HODGSON, 1986).

O sistema endócrino coordena a mobilização e utilização dos carboidratos e ácidos graxos livres. A necessidade de rápido fornecimento de substratos metabólicos para servirem de combustível para realização do exercício e prevenir fadigas é facilitado por disparos na atividade do sistema nervoso simpático

aumentando a liberação de catecolaminas pela adrenal. O grau dessas respostas varia de acordo com a intensidade e duração do exercício.

Imediatamente após o início do exercício, as reservas de oxigênio na hemoglobina e mioglobina, e também os estoques de ATP e creatina fosfato (CP) são utilizados. Se houver oxigênio disponível o suficiente, ele reoxidará a maior parte do NADH₂ produzido e, a produção de energia continua principalmente através das vias aeróbias, porém se a demanda energética aumenta, haverá um declínio na fração ATP/ADP, fornecendo um estímulo contínuo para a via anaeróbia glicolítica, com um consequente aumento no NADH₂, piruvato e lactato (FERRAZ et al., 2006).

Quando há fornecimento suficiente de oxigênio às células nos níveis leve e moderado do metabolismo energético, os íons H⁺ dos substratos são oxidados dentro das mitocôndrias para formar água quando se unem com o oxigênio. Em um sentido bioquímico o hidrogênio é oxidado aproximadamente na mesma velocidade com que se torna disponível. Esta condição relativamente estável é denominada glicólise aeróbia (McARDLE; KATCH; KATCH, 1998; MARLIN; NANKERVIS, 2002).

No exercício extenuante, quando as demandas energéticas ultrapassam tanto o suprimento de oxigênio quanto a taxa de utilização, a cadeia respiratória não consegue processar todo o hidrogênio que, em excesso, se combina com o piruvato para formar ácido láctico cuja reação reversível é catalisada pela enzima desidrogenase láctica (EATON, 1994; LÓPEZ- RIVERO, 2004).

O acúmulo de lactato, e não apenas sua produção, determina o início do metabolismo energético anaeróbio. Durante o repouso e exercício moderado algum lactato é formado, entretanto é oxidado e, portanto não se acumula, pois seu ritmo de remoção é igual ao seu ritmo de produção. Depois que o lactato é formado no músculo, se difunde rapidamente para o espaço intersticial e o sangue para ser tamponado e removido do local do metabolismo energético (McARDLE; KATCH; KATCH, 1998).

A contração muscular requer energia para ocorrer e depende do suprimento de moléculas de ATP (adenosina trifosfato), que ao converter-se em ADP+Pi libera energia. Grande parte da energia liberada se perde sob a forma de calor. Parte é usada durante a contração muscular, gerando aporte energético suficiente para os filamentos de actina deslizarem sobre os de miosina e para o bombeamento retrógrado de cálcio para o retículo sarcoplasmático (LÓPEZ- RIVERO, 2004).

Para manterem-se em exercício, os equinos precisam que o conteúdo de ATP seja constantemente repostado com taxas satisfatórias. Independentemente do tipo do exercício, alta ou baixa intensidade, curta ou longa duração, todas as vias de produção de ATP são ativadas e o que determina qual será predominante é a intensidade e duração do mesmo (EATON, 1994). Quando a demanda energética é reduzida, no caso de exercícios de baixa intensidade, o metabolismo aeróbio é capaz de suprir as necessidades de ATP.

O metabolismo aeróbio é o processo pelo qual lipídios, carboidratos e aminoácidos são oxidados culminando com a produção de ATP, água e gás carbônico. A energia despendida para a realização de atividades físicas de alta intensidade em equinos é descrita por Eaton et al. (1995) como sendo 50 vezes maior do que em repouso. Esse aumento da demanda energética devido ao exercício físico de alta intensidade é fornecido através da combinação de via aeróbica e anaeróbica.

A glicose é armazenada no organismo animal sob a forma de glicogênio muscular e hepático, e este último é degradado em glicose ainda no fígado, sendo a glicose então transportada pelo sangue até as células musculares. O glicogênio é uma fonte de energia limitante para a contração muscular. Tanto para exercícios de alta, baixa e moderada intensidade, a capacidade de maximizar a reposição de glicogênio muscular após o exercício é um fator importante para melhorar o desempenho em cavalos competindo em dias sucessivos ou em várias ocasiões durante o mesmo dia. No entanto, a resíntese completa de glicogênio muscular requer 48 a 72 h após o exercício (LACOMBE; HINCHCLIFF; TAYLOR, 2003).

O exercício extenuante provoca uma substancial depleção do glicogênio muscular. Exercícios de baixa intensidade promovem esgotamento das reservas glicogênicas mais pronunciadas nas fibras musculares de contração lenta e fibras musculares de contração rápida com metabolismo oxidativo predominante (PAGAN et al., 2002).

Em exercícios de alta intensidade, a depleção de glicogênio é maior nas fibras musculares glicolíticas (ESSEN-GUSTAVSSON et al., 1984). Com o exercício prolongado de baixa intensidade, a absorção de ácidos graxos livres pelo músculo aumenta substancialmente, tornando-se gradualmente a principal fonte de energia (ESSEN-GUSTAVSSON et al., 1984; EVANS, 2000).

Pagan et al. (2002) avaliando equinos Árabes alimentados com dietas com adição de óleo de milho observaram vantagens para exercício de longa duração, por diminuir a utilização de carboidratos como fonte energética, usando assim, os ácidos graxos livres e retardando o aparecimento de fadiga muscular.

A capacidade do equino em transformar energia de forma aeróbia é primariamente limitada pela capacidade de oxigenação das células musculares. Os fatores limitantes potenciais são: capacidade cardiorrespiratória, concentração de hemoglobina, concentração de enzimas musculares, dentre outras (LÓPEZ-RIVERO, 2004).

No metabolismo anaeróbio é possível gerar ATP na ausência de oxigênio. Nessa via metabólica o piruvato produzido a partir da glicose é convertido em lactato no citoplasma celular pela enzima lactato desidrogenase (LDH). A glicólise anaeróbica é eficiente em relação à cinética, porém é considerada ineficiente na síntese de ATP a partir de uma molécula de glicose. No metabolismo aeróbio, o piruvato é transportado para a mitocôndria, onde sofre descarboxilação oxidativa para formar acetil-coenzima A. As fibras que contêm uma grande quantidade de mitocôndrias têm maior capacidade oxidativa em relação às fibras que possuem menor quantidade dessa organela (TRILK, 2002; VOTION et al., 2007).

No momento em que o exercício intenso inicia-se, o suprimento de oxigênio para as células musculares não consegue alcançar níveis suficientes para manter o metabolismo aeróbio, levando de 30 a 45 segundos até que o oxigênio alcance tais níveis. Durante esse intervalo ocorre o consumo da fosfocreatina presente na célula e basicamente, o metabolismo anaeróbio, com aumento da frequência cardíaca e respiratória, aumento na capacidade de transporte de gases pela hemoglobina, mobilização das reservas esplênicas de eritrócitos e desvio de fluxo sanguíneo para as células musculares. Parte do lactato difunde-se do músculo para o fígado, via corrente sanguínea, sendo transformado em glicogênio hepático nesse órgão (McARDLE; KATCH; KATCH, 1998; RIVERO, 2007).

A contribuição de cada via metabólica para a produção de ATP, sendo aeróbica ou anaeróbica, bem como a fonte de energia, depende do tipo, intensidade e duração do exercício. Treinamento e nutrição também são determinantes da via utilizada para a produção de ATP (VOTION et al., 2007).

O sucesso do equino atleta está intimamente ligado à relação entre as capacidades oxidativa e glicolítica do indivíduo. Sendo assim, o estudo da fisiologia

muscular durante o exercício torna-se necessário para o melhor treinamento dos atletas, passando obrigatoriamente pela compreensão dos mecanismos de transformação de energia no músculo, incluindo as duas vias citadas (MUÑOZ et al., 1999).

4.4 Coenzima Q10

Em 1926, Fredrick Crane e sua equipe, descobriram a presença da coenzima Q10 na mitocôndria do coração de bovinos. Neste mesmo ano, a coenzima foi isolada na Universidade de Winsconsin e, somente em 1958, sua síntese e estrutura química foram completamente conhecidas. Este composto é uma quinona lipossolúvel (2,3 dimetoxi-5 metil-6-decaprenil benzoquinona), semelhante a uma vitamina, lipossolúvel, que na sua forma pura apresenta-se como pó cristalino (BHAGAVAN; CHOPRA, 2007).

Figura 1 - Estrutura da Coenzima Q10

Fonte: Prakash et al. (2010).

É conhecida como único lipídeo endogenamente sintetizado, sendo biossintetizada por todas as células, tornando-se assim o maior constituinte da membrana mitocondrial interna, membrana do complexo de Golgi e membrana dos lisossomos (LEHNINGER; NELSON; COX, 1995).

Segundo Bank, Kagan e Madhavi (2011), esta substância trata-se de uma molécula altamente lipofílica e praticamente insolúvel em água. A absorção e transporte da CoQ10 parece ser semelhante a outros compostos lipofílicos tais como

a vitamina E. Quando administrada por via oral, é convertida para a forma reduzida (ubiquinol) pelos enterócitos, absorvida pelo intestino delgado, entrando na circulação através do sistema linfático.

4.4.1 Fontes e origem

A coenzima Q10 pode ser obtida pela via exógena por meio da ingestão de alimentos e por via endógena, através do ciclo do mevalonato. Os alimentos citados contendo a coenzima Q10 são brotos de soja, amêndoas, nozes, vegetais verdes como espinafres e brócolis, carnes, aves domésticas e em alguns peixes, como sardinhas. No entanto, em humanos, a dose da coenzima obtida por via exógena (cerca de 2-5 mg/dia) não é suficiente para suprir as necessidades do organismo, já que apenas 10% é absorvida (KUMAR et al., 2009), devido ao seu elevado peso molecular e sua baixa solubilidade em água (PEPE et al., 2007).

No organismo de humanos e animais é encontrada na forma reduzida (ubiquinol 10 – CoQH₂), que ocorre predominantemente no coração, rins e fígado, e na forma oxidada (ubiquinona – CoQ10), que é abundante em cérebro e intestino (PRAKASH; SUNITHA; HANS, 2010).

4.4.2 Níveis plasmáticos

Em humanos, os níveis de CoQ10 diminuem cerca de 30 a 60% nos órgãos durante o envelhecimento, principalmente em doenças como cardiomiopatias, hipertireoidismo e também em indivíduos que fazem exercício físico, especialmente quando atividade intensa. O tamanho e arranjo estrutural das mitocôndrias também influenciam nos níveis de CoQ10 (BETINGER; TEKLE; DALLNER, 2010). Em estudo pioneiro realizado, Topolovec et al. (2013) observaram concentração plasmática variando de 0,380 – 2,090 mg/L em 31 equinos não treinados e sem suplementação.

Em seguida, Sinatra et al. (2013) suplementaram diariamente equinos com 800mg de coenzima Q10 e observaram um aumento de 2,7 vezes na concentração sérica nos cavalos após 60 dias de suplementação.

A administração dietética deste composto é vista como forma de aumentar a sua concentração plasmática, apesar de haver uma fraca captação do organismo. Em suplementações orais é necessário o monitoramento, fundamental para avaliar este composto, bem como acompanhar a sua dose durante o tratamento. A determinação dos níveis pode ser feita no soro ou no plasma utilizando técnicas como HPLC (Cromatografia líquida de alta eficiência), que é uma técnica usada para fins qualitativos e quantitativos (PRAKASH; SUNITHA; HANS, 2010).

4.4.3 Efeitos no organismo animal

Dentre os benefícios da CoQ10 no organismo, principalmente no que diz respeito aos efeitos cardiovasculares, pode-se citar seu papel bioenergético, na capacidade de antagonizar a oxidação da lipoproteína de baixa densidade no plasma e no seu efeito sob a melhoria da função endotelial (BELARDINELLI et al., 2006).

Estas coenzimas melhoram o potencial energético, favorecendo a transferência de elétrons na cadeia respiratória oxidativa de mitocôndrias, com função de produção de adenosina trifosfato (ATP), além de aumentar esses níveis de ATP por prevenção da perda do pool de adenina-nucleotídeo das células cardíacas (SINGH; DEVARAJ; JIALAL, 2007).

Em seu potencial antioxidante, possui capacidade de proteção de fosfolipídios e proteínas da membrana mitocondrial contra a peroxidação lipídica, resguardando o DNA contra danos oxidativo (NIKLOWITZ et al., 2007). Atua influenciando a estabilidade, fluidez e permeabilidade das membranas, estimulando o crescimento celular e inibindo a apoptose. Quando as membranas celulares são oxidadas, o ubiquinol é o primeiro a ser consumido (COOKE et al., 2008).

Dallner e Sindelar (2001) e Littarru e Tiano (2010) concluíram que a administração de suplementos de ubiquinona possui efeitos benéficos no tratamento de doenças do coração, degeneração muscular e outras doenças degenerativas.

Em equinos de corrida, as concentrações plasmáticas de CoQ10 são consideradas menores do que aquelas encontradas em humanos ou em outras espécies como suínos, cães, coelhos e ratos. Esse fato pode ser atribuído em parte devido à dieta dos cavalos que é baseada em forragens (MILES et al., 2004; KON et al., 2007).

Segundo Lamprecht e Williams (2012), o exercício intensivo parece induzir o aumento da geração de espécies reativas de oxigênio (ROS) e radicais livres in vivo em várias espécies, incluindo cavalos. Como no caso de outras espécies, nos equinos a produção excessiva de radicais livres pode sobrecarregar os sistemas antioxidantes endógenos, conduzindo ao stress oxidativo.

Sinatra et al. (2014) demonstrou a importância da suplementação com CoQ10, em diferentes protocolos de treinamento de equinos, para manter o bom estado físico e as defesas antioxidantes em cavalos submetidos a treinamento intenso, já que momentos repetidos de exercícios de alta intensidade podem levar ao estresse oxidativo grave, resultando na depleção dos estoques endógenos de CoQ10 que, por sua vez, pode ser prejudicial para a saúde e desempenho físico dos cavalos.

5 TESTES PRÉ EXPERIMENTAL

Com o objetivo de obter maiores informações sobre os efeitos cardíacos e determinação dos níveis plasmáticos de Coenzima Q10 em equinos, foram realizados experimentos no Laboratório de Pesquisa em Alimentação e Fisiologia do Exercício em Equinos - LabEqui, pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, situado no Campus Administrativo de Pirassununga, Estado de São Paulo.

O primeiro avaliou o efeito da suplementação de Coenzima Q10 sobre a frequência cardíaca de equinos submetidos a exercício aeróbio e o segundo objetivou-se a determinação de níveis plasmáticos de Coenzima Q10 em equinos submetidos a exercício aeróbio.

5.1 Teste 1

Título: Efeito da suplementação com coenzima Q10 na frequência cardíaca de cavalos submetidos a exercício aeróbio.

Para a realização desse trabalho, foram utilizados dez equinos machos, castrados, da raça Puro Sangue Árabe, com idade aproximada de $4,4 \pm 0,5$ anos e peso corporal de $421 \pm 34,95$ kg. O período experimental teve duração de 60 dias. Os animais foram divididos em dois grupos: controle (GC) sem suplementação e grupo suplementado (GS), o qual recebeu aplicações de CoQ10 na dosagem de 0,07 mg/kg do peso corporal, via intramuscular, nos dias 0 e 30.

O consumo individual adotado foi o de 2% do peso corporal em matéria seca, sendo 50% concentrado e 50% volumoso, divididos em duas refeições diárias. As dietas foram compostas por feno de gramínea *Cynodon dactylon* cv. Tifton-85 e concentrado comercial. A água e o sal mineral foram fornecidos *ad libitum*, seguindo as recomendações estabelecidas no *Nutrient Requirements of Horses* - NRC (2007) para equinos nesta categoria nutricional.

Todos os animais foram exercitados cinco vezes por semana, durante sessenta minutos, em exercitador circular mecânico para cavalos (Equiboard®), controlado eletronicamente, segundo a programação apresentada na tabela 1.

Tabela 1 - Programa de treinamento dos cavalos

Treinamento	Duração (min.)	Velocidade (km/h)
Aquecimento ¹	10	7
Trabalho ¹	15	10
Trabalho ¹	5	12
Trabalho ²	5	12
Trabalho ²	15	10
Desaceleração ²	10	7

¹Sentido horário; ²Sentido anti-horário.

Foram realizadas mensurações quinzenais (D0, D15, D30, D45 e D60) da frequência cardíaca de todos os animais, utilizando frequencímetros digitais (Garmin Forerunner305©), com adaptadores para equinos (V-Max©). Para a frequência cardíaca (FC) basal, os animais permaneceram 10 minutos em repouso, sem manipulação humana. Em seguida, os cavalos foram colocados no exercitador, sendo iniciado o trabalho programado. Após o término do mesmo, os equinos permaneceram 20 minutos em repouso com os frequencímetros.

As variáveis estudadas foram FC basal (10 minutos antes do exercício), FC pico (a máxima FC atingida durante o exercício), FC final (imediatamente após o fim do exercício) FC de recuperação com 10 (FC+10) e 20 minutos (FC+20) após o fim do exercício. Os dados foram extraídos dos frequencímetros por meio de gráficos gerados pelo *software* “Garmin Training Center”.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente analisados estatisticamente de acordo com a distribuição dos dados.

Foi adotado o procedimento dos modelos mistos (PROC MIXED) do programa computacional SAS (*Statistical Analysis System*).

Como resultado, foi observado efeito significativo da suplementação com CoQ10 na FC de pico ($p=0,0222$) e a FC final ($p=0,0978$) cujos valores foram os menores obtidos. Os dados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios das frequências cardíacas (FC) mensuradas, erro padrão da média (EPM) e valor de p para o controle e o tratamento com CoQ10 aos 60 dias experimentais (D60)

Tratamento	FC basal	FC de pico	FC final	FC+10	FC+20
Controle	49,40	203,00	64,75	60,80	46,00
Q10	41,80	128,60	50,25	43,00	42,20
EPM	0,33	0,36	0,37	0,33	0,33
p-valor	0,1438	0,0222*	0,0978*	0,1971	0,5943

FC+10 = 10 minutos após o final do exercício; FC+20 = 20 minutos após o final do exercício; * $p<0,10$.

Nas condições em que foi realizado este estudo, pode-se concluir que a suplementação com coenzima Q10 reduziu a frequência cardíaca final e de pico durante o exercício aeróbio em equinos.

5.2 Teste 2

Título: Determinação de níveis plasmáticos de coenzima Q10 em equinos submetidos a exercício aeróbio.

Em um experimento piloto realizado nas dependências do Laboratório de Pesquisa em Alimentação e Fisiologia do Exercício em Equinos (LabEqui) no campus administrativo de Pirassununga, para avaliar a concentração plasmática da Coenzima Q10 (CoQ10) de acordo com o aumento de doses fornecidas de CoQ10, foram suplementados dez equinos machos, castrados, da raça Puro Sangue Árabe, com idade média de $48 \pm 8,15$ meses e peso médio de $473 \pm 34,75$ com os tratamentos 0 (controle), 10, 20, 30 e 40 ml de um produto à base de Coenzima Q10 (6%) cujo veículo foi a vitamina A. Os animais foram suplementados durante trinta dias e submetidos a treinamento físico.

Os animais receberam 3,5 kg de ração concentrada por dia sendo divididos em duas refeições (à 7h00min; 2 kg e às 16h00min; 1,5 kg). O concentrado foi fornecido em comedouros individuais, em sistema tipo “lanchonete”, e o feno de *Cynodon dactylon* cv. Tifton 85 foi distribuído em manjedoura alocado nos piquetes. A água e o sal mineral foram fornecidos *ad libitum*.

Todos os animais foram exercitados três vezes por semana, durante sessenta minutos, nas velocidades de 7, 10 e 12 km/h, em exercitador circular mecânico para cavalos (Equiboard®), controlado eletronicamente. O protocolo de exercício foi dividido de acordo com os tempos e velocidades apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Programa de treinamento dos cavalos suplementados com CoQ10

Treinamento	Duração (min.)	Velocidade (km/h)
Aquecimento ¹	10	7
Trabalho ¹	15	10
Trabalho ¹	5	12
Trabalho ²	5	12
Trabalho ²	15	10
Desaceleração ²	10	7

¹Sentido horário; ²Sentido anti-horário.

Foram colhidas amostras sanguíneas de todos os animais no dia zero (D0) e trinta (D30) após o início da suplementação, por meio de punção da veia jugular utilizando agulhas 25 x 0,8 mm e tubos em sistema a vácuo (BDVacutainer®), separando o plasma por centrifugação e enviando ao laboratório para dosagem de níveis plasmáticos de CoQ10 pelo método High-performance liquid chromatography (HPLC).

Foi utilizado um delineamento em blocos ao acaso com 2 repetições avaliando-se medidas repetidas no tempo. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e analisados por programa estatístico, comparando-se as médias pelo teste t-Student com nível de significância de 5%.

Nas condições em que esse trabalho foi desenvolvido, pode-se observar que, à medida que houve suplementação com CoQ10, houve aumento linear (Gráfico 1) nos níveis plasmáticos da enzima, sugerindo que esses níveis aumentam de acordo com o aumento na suplementação. Entretanto, não foi possível observar qual dose

seria o limite de absorção pelo organismo dos animais. Para tanto, mais trabalhos devem ser realizados para a determinação da dose máxima absorvida e que não interfira no desempenho dos equinos.

Gráfico 1 - Níveis plasmáticos ($\mu\text{mol/L}$) de CoQ10 em equinos submetidos a exercício leve

Trabalhando com dois níveis de suplementação (1,9 e 3,4 g de CoQ10) e três regimes de treinamento (controle, baixa e alta intensidade) em cavalos, Sinatra et al. (2014) demonstrou a importância da suplementação com CoQ10 para manter o bom estado físico e as defesas antioxidantes em cavalos submetidos a treinamento intenso, já que momentos repetidos de exercícios de alta intensidade podem levar ao estresse oxidativo grave, resultando na depleção dos estoques endógenos de CoQ10 que podendo ser prejudiciais para a saúde e desempenho físico.

Durante o período experimental em que os cavalos foram suplementados, foram observadas alterações em alguns animais tais como, diminuição na ingestão do concentrado, áreas de alopecias no corpo, pelos opacos, apatia e claudicação leve, podendo estar relacionado com a composição do produto utilizado.

Em um segundo experimento, os mesmos animais foram utilizados, entretanto, foram divididos em dois grupos de tratamento: controle (0 ml) e suplementados (10 ml) junto ao concentrado, divididos em duas doses de 5ml ao dia durante 90 dias. A suplementação consistiu de um produto a base de Coenzima Q10 (8%) e o veículo utilizado foi a vitamina E.

O arraçoamento foi individualizado, sendo seu fornecimento dividido em duas refeições diárias. O concentrado foi fornecido em comedouros individuais, em sistema tipo “lanchonete”, e o feno de *Cynodon dactylon* cv. Tifton 85 foi distribuído em manjedoura alocado nos piquetes. A água e o sal mineral foram fornecidos *ad libitum*.

Todos os animais foram exercitados cinco vezes por semana, durante sessenta minutos, nas velocidades de 8, 12 e 15 km/h, em exercitador circular mecânico para cavalos (Equiboard®), controlado eletronicamente. O protocolo de exercício foi dividido de acordo com os tempos e velocidades apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Programa de treinamento dos cavalos suplementados com CoQ10

Treinamento	Duração (min.)	Velocidade (km/h)
Aquecimento ¹	10	8
Trabalho ¹	15	12
Trabalho ¹	5	15
Trabalho ²	5	15
Trabalho ²	15	12
Desaceleração ²	10	8

¹Sentido horário; ²Sentido anti-horário.

Foram colhidas amostras sanguíneas 60 dias após o início da suplementação (D60) de todos os animais através de punção da veia jugular utilizando agulhas 25 x 0,8 mm e tubos em sistema a vácuo (BDVacutainer®), separado o plasma por centrifugação e enviado ao laboratório para dosagem de níveis plasmáticos de Q10 pelo método High-performance liquid chromatography (HPLC).

Foi utilizado um delineamento em blocos ao acaso com 5 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e analisados por programa estatístico, comparando-se as médias pelo teste t-Student com nível de significância de 5%.

Os dados de concentração plasmática de CoQ10 nos dois tratamentos estão apresentados na tabela 5. Não foram observadas diferenças estatísticas entre o grupo controle e o grupo suplementado, obtendo-se média de 0,222 µmol/L.

Tabela 5 - Concentração plasmática ($\mu\text{mol/L}$) de CoQ10 em equinos

	Média
0 mL	$0,218 \pm 0,03$
10 mL	$0,226 \pm 0,03$
Média Geral	$0,222 \pm 0,06$
p-valor	0,8531

Os valores encontrados nesses experimentos, sugerem que novas pesquisas avaliando-se os benefícios da suplementação com CoQ10 ao desempenho de animais atletas devam ser realizadas.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os procedimentos utilizados neste estudo foram submetidos à avaliação do comitê de ética em experimentação animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, estando registrado sob o protocolo CEUA nº 7364290514.

6.1 Local

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Alimentação e Fisiologia do Exercício em Equinos - LabEqui, pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, situado no Campus Administrativo de Pirassununga, Estado de São Paulo.

6.2 Animais

Foram utilizados dez equinos do sexo masculino, castrados, da raça Puro Sangue Árabe, com idade de $48 \pm 8,15$ meses e peso $473 \pm 34,75$ kg, divididos em dois grupos: controle (GC) e suplementado (GS). Ambos os grupos foram previamente imunizados contra o tétano, influenza e encefalomielite, e submetidos a tratamento contra endoparasitas e ectoparasitas.

Todos os animais são de patrimônio da FMVZ/USP e participam periodicamente dos experimentos realizados no Laboratório de Pesquisa em Alimentação e Fisiologia do Exercício em Equinos – LabEqui. Para tanto, quando não estão incluídos em alguma atividade de pesquisa, seguem protocolo de condicionamento constante, sendo submetidos a exercício aeróbico de baixa intensidade, realizado duas vezes por semana, a fim de manter uma melhor padronização da condição atlética dos animais, evitando lesões e transtornos de origem metabólica.

6.3 Dietas

Foi adotado o consumo diário individual de 2% do peso corporal, em matéria seca, sendo 50% concentrado e 50% volumoso, divididos em duas refeições diárias.

O concentrado foi fornecido em comedouros individuais, em sistema tipo “lanchonete”, e o feno distribuído em manjedouras no piquete. As dietas foram compostas por feno de gramínea *Cynodon dactylon* cultivar Tifton 85, concentrado comercial, sal mineral e água *ad libitum*, seguindo as recomendações estabelecidas no *Nutrient Requirements of Horses* - NRC (2007) para equinos nesta categoria nutricional. As análises bromatológica da dieta estão expressas na tabela 6.

Tabela 6 – Análise bromatológica dos nutrientes da dieta (%)

Nutrientes (%)	Concentrado	Feno
Matéria seca (MS)	89,48	92,62
Proteína bruta (PB)	20,03	9,16
Fibra solúvel em detergente neutro (FDN)	25,65	76,14
Fibra solúvel em detergente ácido (FDA)	11,15	41,29
Matéria mineral (MM)	9,16	6,26
Extrato etéreo (EE)	3,81	1,94
Cálcio (Ca)	1,41	0,36
Fósforo (P)	0,74	0,22
Amido	84,31	10,33

6.4 Tratamentos

Os animais foram divididos em dois grupos de cinco animais, sendo um grupo controle (GC) e um grupo suplementado (GS), conforme demonstrado na tabela 7.

Tabela 7 – Divisão dos animais em grupo suplementado (GS) e grupo controle (GC)

Grupo Suplementado	Grupo Controle
Shawan	Jaffar
Ramsey	Jazz
Brittan	Taleeze
Maximus	Darius
Malcon	Lespoir

Os animais inseridos no grupo suplementado (GS) receberam individualmente a inclusão diária de 800mg de Coenzima Q10 adicionado à dieta de concentrado durante os 90 dias de experimento.

Essa suplementação foi oferecida dividindo-se o volume total diário de 10ml em duas porções, sendo uma parte oferecida no período da manhã (7:00h) e a outra no período da tarde (16:00h).

Para manutenção das características farmacológicas do produto que apresentava concentração de 8%, foi utilizado a vitamina E como veículo, sendo os animais do grupo controle (GC) suplementado somente com essa parte do produto.

Todos os animais foram exercitados cinco vezes por semana, durante sessenta minutos, na velocidade máxima de 15 km/h, em exercitador circular mecânico para cavalos (Equiboard®), controlado eletronicamente. O programa de treinamento foi realizado conforme tabela 8.

Tabela 8 - Programa de treinamento dos cavalos suplementados com CoQ10

Treinamento	Duração (min.)	Velocidade (km/h)
Aquecimento ¹	10	8
Trabalho ¹	15	12
Trabalho ¹	5	15
Trabalho ²	5	15
Trabalho ²	15	12
Desaceleração ²	10	8

¹Sentido horário; ²Sentido anti-horário.

6.5 Colheita de amostras sanguíneas

Foram colhidas amostras sanguíneas nos dias 0, 30, 60 e 90 (D0, D30, D60 e D90) de todos os animais através de punção da veia jugular utilizando agulhas 25 x 0,8 mm e tubos em sistema a vácuo (B-D Vacutainer[®]), com anticoagulante e sem anticoagulante, para realização de exame hematológico e sorológico, respectivamente.

6.5.1 Avaliações hematológicas

As avaliações e análises laboratoriais hematológicas, proveniente de amostras sanguíneas colhidas em tubos contendo EDTA como anticoagulante, evidenciaram as características eritrocitária e leucocitária das amostras colhidas imediatamente antes do início do protocolo de exercício realizado no experimento.

As amostras foram devidamente homogeneizadas manualmente imediatamente após a colheita e posteriormente com o auxílio do equipamento homogeneizador de soluções modelo AP22 (Fabricação: Phoenix) e as análises realizadas em sequência, utilizando-se o Analisador Hematológico BC – 2800Vet (Fabricante: Mindray).

6.5.2 Avaliações sorológicas

As avaliações e análises laboratoriais sorológicas, proveniente de amostras sanguíneas colhidas em tubos sem a presença de anticoagulante, evidenciaram as concentrações de creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH) e aspartato aminotransferase (AST) das amostras colhidas imediatamente antes do início do protocolo de exercício realizado no experimento.

As amostras passaram por processo de centrifugação a 4000RPM por um período de 5 minutos para a separação do soro, sendo acondicionado em microtubos de 2ml e levados ao congelamento a -20°C para posterior análise.

As análises foram realizadas pelo Laboratório Clínico Veterinário da Unidade Didático Clínico Hospitalar – Departamento de Medicina Veterinária (ZMV) - FZEA/USP Pirassununga utilizando o equipamento Mindray BS120 e kits comerciais: Labtest, Brasil (LDH – Lactato desidrogenase Ref. 86-2/30; CK – Creatina quinase total Ref. 117-2/30; AST – aspartato aminotransferase Ref. 109-4/30; Calibra H Ref. 80; Qualitrol 1H Ref 71) através da metodologia: LDH (UV- Método Piruvato-Lactato); CK (UV - IFCC); AST (cinética- UV - IFCC).

6.5.3 Curva glicêmica

Para a realização da mensuração da curva glicêmica, foram colhidas amostras sanguíneas por meio de punções seriadas da veia jugular dos equinos utilizando-se material estéril e descartável composto por seringa de 3ml e agulha 25x7 (marca: B-D), após antissepsia do local.

Os tempos (T) de colheitas e análises se iniciaram imediatamente após o término do exercício (T0), com 2 minutos (T2), 4 minutos (T4), 6 minutos (T6), 9 minutos (T9), 12 minutos (T12) e 15 minutos (T15), finalizando a avaliação.

Para mensuração da glicemia das amostras, em todos os tempos, foi utilizado equipamento portátil de avaliação glicêmica *Accu-Chek® Active* (Fabricante: Roche Diagnostics GmbH, Alemanha) com os resultados expressos em mg/dl.

6.5.4 Curva de lactato

Para a realização da mensuração da curva de lactato, foi colhida amostras sanguíneas por meio de punções seriadas da veia jugular dos equinos utilizando-se material estéril e descartável composto por seringa de 3ml e agulha 25x7 (marca: B-D), após antissepsia do local.

Os tempos (T) de colheitas e análises se iniciaram imediatamente após o término do exercício (T0), com 2 minutos (T2), 4 minutos (T4), 6 minutos (T6), 9 minutos (T9), 12 minutos (T12) e 15 minutos (T15), finalizando a avaliação.

Para mensuração da concentração de lactato das amostras, em todos os tempos, foi utilizado lactímetro portátil comercialmente denominado *Accutrend® Plus* (Fabricante: Roche Diagnostics GmbH, Alemanha) com os resultados expressos em mmol/L.

6.6 Frequência cardíaca

Com a finalidade de mensurar a frequência cardíaca (FC), foram utilizados frequencímetros digitais (*Garmin Forerunner 305®*), com adaptadores para uso em equinos (*V-Max®*). O frequencímetro oferece opções de localização via satélite através de GPS, com mensuração da frequência cardíaca e da velocidade, gerando gráficos que permitem monitorar a FC média e máxima alcançada durante o exercício. As avaliações foram realizadas nos tempos D0, D30, D60 e D90.

Para obtenção da frequência cardíaca basal, os animais permaneceram 10 minutos em repouso, sem manipulação humana. Em seguida, foram colocados no exercitador, sendo iniciado o trabalho programado. Após o término do mesmo, os animais permaneceram 20 minutos em repouso com o frequencímetro, simulando o tempo de recuperação da frequência cardíaca em provas de enduro equestre.

6.7 Taxa de sudação

Para calcular a taxa de sudação (SUD) dos equinos, foi empregada a metodologia proposta por Schleger e Turner (1965), onde após tricotomia prévia da superfície corpórea, discos de folha de papel filtro, previamente preparados, medindo 0,53 cm de diâmetro, em número de 3 (três), foram fixados com auxílio de fita adesiva.

Para a obtenção da taxa de sudação, calculou-se a média dos tempos (t) de viragem da cor azul violáceo para rosa claro afim de alimentar a seguinte fórmula:

$$\text{TAXA DE SUDAÇÃO} = (22 \times 60) \div 2,06 \times t$$

Onde entende-se que 22 é a quantidade em gramas de água necessária para fazer virar a cor de 1m² do papel filtro; 60 o número de segundos por minuto; 2,06 a área de pele abrangida por um disco; e t o tempo médio de viragem em segundos. O resultado é expresso em g m⁻² min⁻¹.

6.8 Delineamento e análise estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e posteriormente analisados estatisticamente de acordo com a distribuição dos dados. Quando os efeitos se apresentaram significativos, os dados foram submetidos à análise de regressão.

Todas as análises foram realizadas com auxílio do Programa *Statistical Analysis System*, versão 9.2 (SAS, 2004), por meio do procedimento PROC MIXED, utilizando-se a opção para medidas repetidas.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Avaliações Hematológicas

Os resultados apresentados na tabela 9, fazem referência a média dos valores hematológicos encontrados a partir das amostras colhidas no D0, D30, D60 e D90 e evidencia a higidez dos animais em todos os tempos de análise, cujo os mesmos foram realizados colhendo as amostras sanguíneas imediatamente antes do início do trabalho programado.

Tabela 9 - Valores hematológicos observados nas amostras colhidas nos momentos imediatamente antes do exercício em D0, D30, D60 e D90

Variável	Amostras (n)	Mínimo	Máximo
Leucócitos	40	5.7	14.1
Hemácias	40	6.38	9.21
Hematócrito	40	29.5	45.4
Volume Corpuscular Médio	40	43.0	51.1
Hemoglobina Corpuscular Média	40	13.6	16.9

Alterações hematológicas podem se apresentar significativas devido à resposta fisiológica ao exercício. Essas alterações são importantes, pois denotam uma adaptação do organismo a exigência imposta, sendo mais acentuada em situações onde a intensidade e duração do exercício parece ser mais elevada, bem como quando a exigência metabólica excede os mecanismos fisiológicos de equilíbrio (POOLE; ERICKSON, 2004).

Segundo Persson (1967) o aumento do hematócrito de 32% a 46% para 60% a 70% e o consequente aumento da hemoglobina, que ocorre devido à contração esplênica, trata-se de uma adaptação específica dos equinos e dos cães, possibilitando mais sítios de ligação para o oxigênio durante o exercício.

Etchichury (2004) analisando animais em treinamento de enduro equestre (60 km) suplementados com vitamina E e Selênio, onde a principal via de produção energética é a aeróbia, não observou alterações para alguns dos níveis hematológico, somente observou uma diferença significativa para os valores de volume corpuscular médio (VCM) e hemoglobina corpuscular média (HCM) nos animais suplementados, creditando esse achado a tendência de adaptação ao exercício.

Nas condições em que esse experimento foi realizado, foi possível observar através dos resultados laboratoriais das análises hematológicas que os animais se mantiveram hígidos durante todo o período experimental e devido a intensidade do programa de treinamento ser baixa os cavalos trabalharam em aerobiose, não havendo necessidade de alteração fisiológica hemodinâmica devido ao esforço ou a qualquer outra variável externa, concordando com os dados referendados na literatura.

7.2 Avaliações sorológicas

Os resultados referentes às avaliações sorológicas das enzimas AST, CK e LDH estão evidenciadas na tabela 10. A tabela 11 e o gráfico 2, apresenta e ilustra a diferença significativa ($p < 0,05$) encontrada para a CK.

Nos moldes em que o experimento foi realizado e diante dos resultados laboratoriais obtidos, foi possível observar diferença significativa para a variável tempo ($p < 0,05$) para as enzimas AST, CK e LDH.

Embora tenham se mostrado significativas, as concentrações sorológicas das enzimas observadas se mantiveram dentro do padrão sorológico normal para a espécie, conforme relatado por diversos autores consultados (KANEKO; HARVEY; BRUSS, 1997; THOMASSIAN et al., 2007; CORREA et al., 2010; SALES et al., 2013).

Tabela 10 – Valores médios apresentados pelas variáveis AST (UI/L), CK (UI/L) e LDH (UI/L) ao longo do tempo e seus respectivos valores de p

Variável	Tempo (dias)				Valor de p		
	0	30	60	90	Tratamento	Tempo	Interação
AST	252,60 ^B ± 4,81	267,40 ^A ± 4,69	277,10 ^A ± 8,49	284,40 ^A ± 12,10	0,4673	0,0019	0,2408
CK	128,50 ^B ± 6,4475	159,40 ^A ± 12,95	265,70 ^{AB} ± 63,37	200,70 ^A ± 26,34	0,0246	0,0004	0,0873
LDH	576,70 ^C ± 28,12	687,40 ^A ± 27,84	601,20 ^{BC} ± 22,35	634,00 ^{AB} ± 26,78	0,0730	0,0017	0,4434

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem entre si.

Outros autores apontam que valores de referência descritos para equinos variam consideravelmente. De acordo com Harris (2000), os valores de AST oscilam de 58 a $161 \pm 16,2$ UI/L, em animais sem treinamento, e 48 a $456 \pm 75,4$ UI/L, para animais em treinamento, já para Robinson (2003) a referência varia 141 a 330 UI/L. No entanto, Gomide et al. (2006) citam a pequena possibilidade de existência de interferência relacionada a idade, sexo, gestação, repouso ou exercício, com valores da AST entre 179 e 210 UI/L.

As concentrações para AST encontradas nos animais participantes desse experimento, estão de acordo com os valores publicados por Kaneko, Harvey e Bruss (1997) quando avaliaram animais da raça Puro Sangue Inglês (PSI) em repouso, onde os valores observados foram $296,0 \pm 70,0$ UI/L e $206,2 \pm 107,5$ UI/L, respectivamente.

Thomassian et al. (2007) e Sales et al. (2013) analisando animais da raça Puro Sangue Árabe (PSA) em repouso chegaram, respectivamente, a valores de $267 \pm 59,5$ UI/L e $313,91 \pm 67,48$ UI/L para concentração de AST, corroborando com os achados desse experimento.

Com relação as concentrações para LDH os valores encontrados nesse experimento discordam dos valores publicados por Sales et al. (2013), onde os valores em repouso reportados são $403,01 \pm 109,41$ UI/L para equinos PSA.

Thomassian et al. (2007) utilizando equinos PSA em exercício progressivo em esteira, analisaram as amostras sorológicas seriadas, iniciando a colheita após 30 minutos do término do exercício, obtendo valores de $470,5 \pm 165,8$ UI/L para LDH. Esses valores se aproximam dos encontrados nesse experimento.

Os valores encontrados para a concentração de CK nas amostras, apresentaram significância estatística ($p < 0,05$) ao longo do tempo e entre os animais que receberam suplementação (GS) e aqueles do grupo controle (GC), conforme demonstrado na tabela 6.

Tabela 11 – Concentração média de CK (UI/L) apresentada entre o grupo controle (GC) e grupo suplementado (GS) com coenzima Q10

Variável	Tratamento		EPM	Valor de p		
	GC	GS		Tratamento	Tempo	Interação
CK	223,75 ^A	153,40 ^B	18,01	0,0246	0,0004	0,0873

Médias seguidas por letras maiúsculas na linha são diferentes entre si.

Valores distintos são citados para equinos em repouso, apresentando valores de CK variando conforme a atividade física, idade e sexo, indicando $12,9 \pm 5,2$ UI/L dando referência para a espécie. Robinson (2003) foi mais específico ao descrever valores de acordo com o tipo de trabalho e raça, citando o intervalo de referência de 2-147 UI/L para equinos da raça Puro Sangue Inglês e 18-217 UI/L para equinos ao trote. No entanto, Pritchard et al. (2009) registraram valores superiores, entre 123-358 UI/L, não distinguindo raça.

Alguns cavalos podem apresentar alta concentração sorológica de CK devido essas enzimas serem removidas mais lentamente da circulação e que com o passar do tempo, devido a resposta fisiológica adaptativa, os níveis tendem a se manter dentro dos limites fisiológicos secundário ao condicionamento do organismo frente ao estímulo imposto (FERRAZ, 2003; BOFFI, 2008).

Sales et al. (2013) quantificaram e retrataram características bioquímicas de equinos PSA finalistas em prova de enduro equestre de 90 km, onde os valores para CK por eles encontrados nos cavalos em repouso foi de $179,98 \pm 57,01$ UI/L.

Funari (2011) avaliando animais PSA suplementados com Dimetilglicina (DMG) em treinamento para enduro obteve valores de 415,07 UI/L para CK, coletando amostras quinzenais dos cavalos em repouso.

Analisando cavalos da raça PSI em repouso, Balarin et al. (2005) observaram níveis sorológicos de $185,37 \pm 39,70$ para CK em machos sem ritmo de exercício e de $255,62 \pm 157,94$ para machos em atividade intensa de treinamento.

Correa et al. (2010) apresentaram resultados de CK de 176,8 UI/L e 269,6 UI/L encontrados no soro de cavalos mestiços em trabalho de fazenda, respectivamente, em repouso e após o trabalho.

O gráfico 1 ilustra o comportamento da concentração de CK ao longo do tempo encontrada nos grupos participantes desse experimento.

Gráfico 2 – Concentração média da CK (UI/L) ao longo do tempo para o grupo controle (GC) e grupo suplementado (GS)

Os resultados obtidos nesse experimento evidenciam que ambos os grupos tiveram níveis sorológicos de CK dentro dos limites de referência fisiológica reportados por outros autores (BALARIN et al., 2005; CORREA et al., 2010; SALES et al., 2013), porém o grupo suplementado (GS) apresentou menores concentrações da enzima ao longo de todo o período experimental, quando comparado com o grupo controle (GC), o que sugere uma melhor adaptação fisiológica frente ao estímulo imposto pelo programa de treinamento.

7.3 Curva Glicêmica

Para a mensuração da curva glicêmica, foram realizadas colheitas de amostras sanguíneas seriadas no momento imediatamente após o término do exercício (0) e com 2, 4, 6, 9, 12 e 15 minutos. Os valores encontrados apresentam

significância ($p < 0,05$) para a variável tempo e para os momentos no D0 e D30, conforme demonstrados na tabela 12.

Tabela 12 – Valores médios da glicemia dos animais no tempo e no momento após exercício para avaliação da curva glicêmica

GLICOSE (mg/dl)					
Minutos	Dias				Valor de p
	0	30	60	90	
0	84,0 ^{ABc}	89,5 ^{Cab}	92,3 ^{Aa}	86,5 ^{Abc}	0,0014
2	86,1 ^{Ab}	89,0 ^{Cb}	94,5 ^{Aa}	88,9 ^{Ab}	0,0019
4	85,8 ^{Ab}	95 ^{ABa}	95,1 ^{Aa}	88,7 ^{Ab}	<.0001
6	86,2 ^{Ab}	89,9 ^{Cab}	91,0 ^{Aa}	86,1 ^{Ab}	0,0492
9	85,5 ^{Ab}	92,3 ^{BCa}	91,0 ^{Aa}	85,4 ^{Ab}	0,0013
12	79,7 ^{Bd}	97,1 ^{Aa}	90,8 ^{Ab}	85,0 ^{Ac}	<.0001
15	83,3 ^{ABc}	95,2 ^{ABa}	90,5 ^{Ab}	83,8 ^{Ac}	<.0001
Valor de p	0,0378	0,0004	0,1808	0,1831	

Médias seguidas por letras diferentes minúsculas na linha ou maiúsculas na coluna diferem entre si.

Os resultados obtidos nesse experimento demonstram que todos os valores glicêmicos encontram-se dentro dos limites fisiológicos para a espécie equina que varia de 75mg/dl à 115mg/dl (MEYER; COLES; RICH, 1995).

Ferraz et al. (2010) avaliando os efeitos do exercício aeróbio frente a concentração de cortisol e glicemia nos equinos submetidos a exercício em esteira, puderam observar o aumento dos índices, concluindo que a variação encontrada seria uma resposta adaptativa do metabolismo.

Segundo Balarin et al. (2005), acompanhando as respostas fisiológicas ao exercício de intensidade moderada em cavalos da raça PSI observaram glicemia de $112,6 \pm 11,8$ mg/dl nos machos após o exercício.

Bernardi (2013) avaliando condicionamento físico de equinos da raça PSA submetidos a treinamento para enduro equestre observaram que a glicemia, no início do exercício, sofreu decréscimo, porém ao longo do exercício os valores retornaram aos observados no tempo basal, sendo esse expresso em $95,14 \pm 12,5$ mg/dl.

7.4 Curva de Lactato

Para a mensuração da curva de lactato, foram realizadas colheitas de amostras sanguíneas seriadas no momento imediatamente após o término do exercício (0) e com 2, 4, 6, 9, 12 e 15 minutos. Os valores encontrados apresentam significância ($p < 0,05$) para a variável tempo, conforme demonstrados na tabela 13.

Tabela 13 – Comportamento da concentração de lactato (mmol/L) ao longo do tempo

Variável	Dias				Valor de p	
	0	30	60	90	Tempo	Interação
Lactato	1,18 ^B ± 0,075	0,99 ^C ± 0,075	1,78 ^A ± 0,074	1,82 ^A ± 0,074	< 0,0001	0,2032

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem entre si.

Os animais quando submetidos a um programa de treinamento aeróbio apresentam baixas concentrações de lactato em resposta ao exercício ou apresentam uma adaptação ao treinamento mais eficiente (ROSE; HODGSON, 1994; EATON et al., 1999; TRILK, 2002; RIVERO, 2007).

As mesmas características metabólicas reportadas por Ferraz et al. (2010), quando trabalharam com equinos submetidos a exercício de baixa intensidade, foi encontrada nesse experimento, pois os cavalos inseridos em ambos os grupos, em todos os momentos, apresentaram concentração de lactato abaixo de 4mmol/L, denominado limiar de lactato, demonstrando a realização de um esforço físico exclusivamente aeróbio (EATON et al., 1999; D'ANGELIS et al., 2005; RIVERO et al., 2007), conforme pode ser observado na tabela 14.

Tabela 14 – Valores médios da concentração de lactato (mmol/L), após período de exercício, nos respectivos tempos

Tempo (minuto)	Lactato	EPM
0	1,18 ^{CD}	0,0903
2	1,13 ^D	0,0903
4	1,40 ^{BC}	0,0903
6	1,54 ^{AB}	0,0903
9	1,67 ^A	0,0914
12	1,54 ^{AB}	0,0924
15	1,67 ^A	0,0903
Tratamento	p=0,6957	
Tempo	p<0,0001	
Interação	p=0,9483	

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si.

Segundo Eaton (1994) e Rivero (2007), quanto maior a intensidade do exercício, maior é a quantidade produzida de lactato e H⁺, o que não aconteceu nesse experimento devido à baixa intensidade instituída do programa de treinamento. Portanto, a produção e a utilização apropriada de energia são essenciais para o equino atleta, representando papel importante no desempenho máximo desses animais.

7.5 Frequência Cardíaca

Os resultados obtidos com a avaliação da frequência cardíaca de ambos os grupos no período experimental estão apresentados na tabela 15.

Tabela 15 – Valores médios encontrados ao longo do tempo para a frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (BPM) no grupo controle (GC) e grupo suplementado (GS)

Tratamento	Tempo				EPM	Valor de p
	0	30	60	90		
GC	70,8 AB a	95,5 AB a	109,2 A a	64,8 B a	14,69	0,1447
GS	84,8 A a	71,8 A a	60 A b	88,6 A a	14,69	0,5132
Valor de p	0,507	0,2931	0,0266	0,2636		

Médias seguidas por letras diferentes minúsculas na coluna ou maiúsculas na linha diferem entre si.

Os resultados apresentados nas tabelas 10 demonstram significância ($p < 0,05$) observado entre os grupos para o D60, onde os valores médios de frequência cardíaca (FC) para o GS foi menor que o apresentado pelo GC.

Essa observação denota uma melhor capacidade cardiocirculatória dos animais suplementados com coenzima Q10, uma vez que foram capazes de realizar a atividade física imposta utilizando-se de uma menor frequência cardíaca.

Na tabela 16, quando comparou-se a FC basal, FC máxima e FC final entre os grupos, não foi observado diferença estatística.

Tabela 16 – Valores médios para a frequência cardíaca basal (FC basal), frequência cardíaca máxima (FC máxima) e frequência cardíaca final (FC final) encontrada no grupo controle (GC) e grupo suplementado (GS)

Variável	Tratamento		Valor de p		
	GC	GS	Tratamento	Tempo	Interação
FC basal	40,69 $\pm$ 0,86	40,82 $\pm$ 0,83	0,9167	0,3465	0,9856
FC máxima	156 $\pm$ 8,67	160,4 $\pm$ 8,41	0,7802	0,2986	0,2150
FC final	85,08 $\pm$ 7,57	76,3 $\pm$ 7,34	0,4295	0,9310	0,0739

Os valores obtidos nesse experimento, com relação à FC basal, corroboram com os achados em equinos da raça Mangalarga Marchador (MM) na fase de início de treinamento, em repouso, quando foi observado valores médios de 41 $\pm$ 6,83 batimentos por minuto (BPM) e nos Puro Sangue Árabe (GONZAGA, 2013).

Em detrimento da velocidade imposta aos cavalos durante o protocolo de treinamento instituído por esse experimento, a frequência cardíaca (FC) observada apresentou variação proporcional frente à velocidade ao longo do exercício, ou seja, quanto maior foi a velocidade imposta, maior a FC apresentada pelos animais. Essa mesma característica foi observada por Pinto (2010) e Gonzaga (2013) trabalhando com cavalos em condição controlada, utilizando exercitador.

O gráfico 3 ilustra o comportamento da FC média observada durante o período experimental, onde pode-se constatar uma oscilação mais acentuada manifestada pelo GC em comparação ao GS.

Gráfico 3 – Comportamento da frequência cardíaca (FC) média do grupo controle (GC) e do grupo suplementado (GS) ao longo do tempo

Pode-se observar que mesmo não havendo diferença para as variáveis analisadas, o comportamento da curva para a FC dos animais suplementados com coenzima Q10 se mostra com menor oscilação, o que se traduz em uma melhor capacidade fisiológica frente ao programa de treinamento proposto.

7.6 Taxa de Sudação

A sudorese tem importante papel na termorregulação, pois possibilita a eliminação do calor fisiológico produzido endogenamente, através da contração muscular e outros processos metabólicos, pelo organismo do cavalo atleta devido ao nível de intensidade da atividade desenvolvida e realidade do condicionamento físico.

A quantidade de suor produzido está intimamente relacionada ao nível da atividade e esforço físico realizado pelo animal. A eliminação eficiente desse calor

através do suor, denominada sudorese, por sua vez, é dependente de características meteorológicas, principalmente relacionada à temperatura ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UA) (FLAMINO; RUSH, 1998; GEOR; McCUTCHEON, 1998; TITTO et al., 1998; ETCHICHURY, 2008).

Conforme pode ser observado na tabela 17, as informações reportam a realidade meteorológica vivenciada pelos animais nos respectivos dias das análises.

Tabela 17 – Variação da temperatura ambiente (TA) e umidade relativa do ar (UR) com suas respectivas médias no D30, D60 e D90 do experimento

	D30		D60		D90	
	TA	UR	TA	UR	TA	UR
Máxima	27,7	55	29,5	41	34,6	29
Mínima	23,6	43	26,5	32	28,3	4
Média	25,1	49,17	28,55	35,17	33,02	21,33

Os resultados obtidos com a avaliação da sudorese no D30, D60 e D90 de ambos os grupos no período que antecede o exercício estão apresentados na tabela 18 e gráfico 4.

Tabela 18 – Taxa de sudação no período que antecede o exercício para o grupo controle (GC) e grupo suplementado (GS) no D30, D60 e D90 do experimento, com resultado expresso em $\text{g m}^{-2} \text{min}^{-1}$

Sudorese antes do exercício					
Tratamento	D30	D60	D90	EPM	Valor de p
GC	23,60A	11,05B	14,69AB	3,16	0,0348
GS	21,84A	5,60B	11,43B	3,16	0,0074

Médias seguidas por letras diferentes maiúsculas na linha diferem entre si.

Gráfico 4 – Comportamento da sudorese (SUD) ao longo do tempo observada nos animais do grupo controle (GC) e do grupo suplementado (GS) no período que antecede o exercício

Os resultados obtidos com a avaliação da sudorese no D30, D60 e D90 de ambos os grupos no período após o exercício estão apresentados na tabela 19 e gráfico 5.

Tabela 19 – Taxa de sudação no período após o exercício para o grupo controle (GC) e grupo suplementado (GS) no D30, D60 e D90 do experimento, com resultado expresso em $\text{g m}^{-2} \text{min}^{-1}$.

Sudorese após o exercício					
Tratamento	D30	D60	D90	EPM	Valor de p
GC	45,57A	8,86B	20,99B	4,66	0,0001
GS	55,45A	6,21B	14,08B	4,66	<0,0001

Médias seguidas por letras diferentes maiúsculas na linha diferem entre si.

Gráfico 5 – Comportamento da sudorese (SUD) ao longo do tempo observada nos animais do grupo controle (GC) e do grupo suplementado (GS) no período após o exercício

Os dados obtidos no período que antecede o exercício, bem como aqueles observados no período após o exercício, não apresentaram efeitos com relação ao tratamento com coenzima Q10. Pode-se observar diferença ($p < 0,05$) para ambos os grupos (GS e GC) ao longo do tempo, com o GS apresentando os menores valores, o que pode ser resultante de uma melhor adaptação dos indivíduos ao protocolo de treinamento imposto aos animais.

8 CONCLUSÕES

Nas condições em que esse experimento foi realizado, pode-se observar que a suplementação com coenzima Q10 não alterou os parâmetros hematológico e bioquímicos dos cavalos, bem como a curva de glicose e de lactato após o exercício, mantendo-se dentro dos padrões fisiológicos referenciados para a espécie.

Foi observado efeito de tratamento para a enzima creatinaquinase, que apresentou redução na concentração sérica para o grupo suplementado.

Com relação a frequência cardíaca e a taxa de sudação o grupo suplementado mostrou melhor adaptação ao protocolo de treinamento utilizado.

Diante dos dados obtidos, pode-se concluir que a suplementação de equinos atletas com coenzima Q10, submetidos a exercício aeróbio, influenciou no desempenho atlético dos cavalos.

REFERÊNCIAS

- BALARIN, M. R. S.; LOPES, R. S.; KOHAYAGAWA, A.; LAPOSY, C. B.; FONTEQUE, J. H. Avaliação da glicemia e da atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatinoquinase, gama-glutamilttransferase e lactato desidrogenase em equinos puro sangue inglês (PSI) submetidos a exercícios de diferentes intensidades. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 211-218, 2005.
- BANK, G.; KAGAN, D.; MADHAVI, D. Coenzyme Q10: clinical Update and Bioavailability. **Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine**, v. 16, p. 129-137, 2011.
- BARBIROLI, B.; IOTTI, S.; LODI R. Aspects of human bioenergetics as studied in vivo by magnetic resonance spectroscopy. **Biochimie**, v. 80, p. 847-53, 1998.
- BELARDINELLI, R.; MUC, A. J. A.; LACALAPRICE, F.; SOLENGHI, M.; SEDDAIU, G.; PRINCIPI, F.; TIANO, L.; LITTARRU, G. P. Coenzyme Q10 and exercise training in chronic heart failure. **European Heart Journal**, v. 27, p. 2675-2681, 2006.
- BERGERO, D.; ASSENZA, A.; CAOLA, G. Contribution to our knowledge of the physiology and metabolismo of endurance horses. **Livestock Production Cience**, Amsterdam, v. 92, p. 167-176, 2005.
- BERNARDI, N. S. **Treinamento de cavalo de endure FEI: abordagem fisiológica**. 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado em Clínica Médica Veterinária) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.
- BETINGER, M.; TEKLE, M.; DALLNER, G. Coenzyme Q10 – Byosynthesis and functions. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 396, p. 74-79, 2010.
- BHAGAVAN, H. N.; CHOPRA, R. K. Plasma coenzyme Q10 response to oral ingestion of coenzyme Q10 formulation. **Mhitocondrion**, v. 7, p. 72-88, 2007.
- BHAGAVAN, H. N.; CHOPRA, R. K. Coenzyme Q10: absorption, tissue uptake, metabolism and pharmacokinetics. **Free Radicals Research**, v. 40, p. 445-53, 2006.
- BOFFI, F. M. Entrenamiento y adaptación muscular. sustratos y vías metabólicas para la producción de energía. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 197-201, 2008. Suplemento Especial.
- BRANDI, R. A.; FURTADO, C. E. Importância nutricional e metabólica da fibra na dieta de equinos. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 38, p. 246-258, 2009.
- BRAUN, B.; CLARKSON, P. M.; FREEDSON, P. S.; KOHL, R. L. Effects of coenzyme Q10supplementation on exercise performance, VO₂max, and lipid peroxidation intrained cyclists. **International Journal of Sport Nutrition**, v. 1, p. 353-365, 1991.

CAYADO, P.; MUÑOZ-ESCASSI, B.; DOMINQUEZ, C.; MANLEY, W.; OLABARRI, B.; SÁNCHEZ, M.; CASTEJON, F.; MARAÑON, G.; VARA, E. Hormone response to training and competition in athletic horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 36, p. 274-278, 2006.

COUROUCÉ, A.; CHATARD, J. C.; AUVINET, B. Estimation of performance potential of Standardbred trotters from blood lactate concentrations measured in field conditions. **Equine Veterinary Journal**, v. 29, p. 365-369, 1997.

COOKE, M.; IOSIA, M.; BUFORD, T.; SHELMADINE, B.; HUDSON, G.; KERKSICK, C.; RASMUSSEN, C.; GREENWOOD, M.; LEUTHOLTZ, B.; WILLOUGHBY, D.; KREIDER, R. Effects of acute and 14-day coenzyme Q10 supplementation on exercise performance in both trained and untrained individuals. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 5, n. 1, p. 1-14, 2008.

CORREA, K. S.; MATTOSO, C. R. S.; SILVA, C. F. G. K. T.; LAGOS, M. S.; TAKAHIRA, R. K.; LOPES, R. S. Enzimas musculares e eletrólitos em equinos submetidos a esforço físico prolongado, suplementados com acetato de tocoferol e selênio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 17, p. 85-93, 2010.

DALLNER, G.; SINDELAR, P. J. Regulation of ubiquinone metabolism. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 29, n. 3, p. 285-294, 2000.

D'ANGELIS, F. H. F.; FERRAZ, G. C.; BOLELI, I. C.; LACERDA-NETO, J. C.; QUEIROZ-NETO, A. Aerobic training, but not creatine supplementation, alters the gluteus medius muscle. **Journal American Science**, v. 83, p. 579-585, 2005.

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. 49-62.

EATON, M. D.; EVANS, D. L.; HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. Effects of treadmill incline and speed on metabolic rate during exercise in Thoroughbred horses. **Journal of Applied Physiology**, v. 79, p. 951-957, 1995.

EATON, M. D.; HODGSON, D.R.; EVANS, D. L.; ROSE, R. J. Effects of low- and moderate-intensity training on metabolic responses to exercise in Thoroughbreds. **Equine Veterinary Journal**, v. 30, p. 521-527, 1999.

ESSEN-GUSTAVSSON, B.; KARLSTROM, K.; LINDHOLM, A. Fibre types, enzyme activities and substrate utilisation in skeletal muscles of horses competing in endurance rides. **Equine Veterinary Journal**, v. 16, p. 197-202, 1984.

ETCHICHURY, M. **Efeitos da suplementação parenteral com Selênio e vitamina E nos valores hemático e séricos de cavalos de enduro**. 2004. 85 f. Dissertação (Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária, Faculdade de São Paulo, Pirassununga, 2004.

ETCHICHURY, M. **Termorregulação em cavalos submetidos a diferentes métodos de resfriamento pós-exercício**. 2008. 103 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

EVANS, D. L. **Training and fitness in athletic horses**. Sydney: Rural Industries Research and Development Corporation, 2000. p. 1-64.

EVANS, D. L.; ROSE, R. J. Determination and repeatability of maximum oxygen uptake and other cardiorespiratory measurements in the exercising horse. **Equine Veterinary Journal**, v. 20, p. 94-98, 1988.

FERRAZ, G. C. **Avaliação da suplementação crônica com creatina sobre o desempenho atlético de equinos**. 2003. 65 f. Dissertação (Mestrado em Clínica Médica Veterinária) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

FERRAZ, G. C.; TEIXEIRA NETO, A. R.; D'ANGELIS, F. H. F.; LACERDA NETO, J. C.; QUEIROZ NETO, A. Long-term creatine supplementation improves the aerobic capacity of horses. **Ciência Rural**, v. 36, p. 514-519, 2006.

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

FUNARI, S. **Avaliação da suplementação com Dimetilglicina sobre o desempenho atlético de cavalos de enduro**. 2011, 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

FLAMINO, M. J. B. F.; RUSH, R. B. Fluid and eletrolyte balance in endurance horses. **The Veterinary Clinics North American: equine practice**, v. 14, p. 147-157, 1998.

FRAPE, D. **Nutrição e alimentação de equinos**. 3. ed. São Paulo: Rocca, 2007.

GEOR, R. J.; McCUTCHEON, L. J. Thermoregulatory adaptations associated with training and heat acclimatization in fluids and eletrolytes in athetic horse. **The Veterinary Clinics North American: equine practice**, v. 14, p. 97-120, 1998.

GOLLNICK, P. D.; BAYLY, W. M.; HOGDSON, D. R. Exercise intensity, training, diet and lactate concentration in muscle and blood. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 18, p. 334-30, 1986.

GOMIDE, L. M. W. **Desenvolvimento de um programa de treinamento para equinos de enduro com base na curva velocidade-lactato**. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

GOMIDE, L. M. W.; MARTINS, C. B.; OROZCO, C. A. G.; SAMPAIO, R. C. L.; BELLI, T.; BALDISSERA, V.; NETO, J. C. L. Concentrações sanguíneas de lactate em equinos durante a prova de fundo do concurso completo de equitação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 509-513, 2006.

GONZAGA, I. V. F. **Avaliação da resposta à suplementação com gama-orizanol em equinos submetidos a exercício aeróbio**. 2013. 86 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.

GERARD, M. P.; HODGSON, D. R.; LAMBERTH, R. R.; RAY, S. P.; ROSE, R. J. Effects of somatotropin and training on indices of exercise capacity in Standardbreds. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, p. 496-501, 2002.

GRAAF-ROELFSEMA, E.; KEIZER, H. A.; VAN BREDA, E.; WIJNBERG, I. D.; VAN DER KOLK, J. H. Hormonal responses to acute exercise, training and overtraining: a review with emphasis on the horse. **Veterinary Quartely**, v. 29, p. 82–101, 2007.

GUYTON, A. C. Contração do músculo esquelético. In: ____ **Tratado de fisiologia médica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. p. 67-77.

HARRIS, P. A.; HARRIS, R. C. Nutritional ergogenic aids in the horse – uses and abuses. In: CONFERENCE ON EQUINE SPORTS MEDICINE AND SCIENCE, 1998, Cordoba, Espanha, **Anais...** The Netherlands: Wageningen Pers, 1998. p. 203-218. 1998.

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

HINCHCLIFF, K. W.; LAUDERDALE, M. A.; DUTSON, J.; GEOR, R. J.; LACOMBE, V. A.; TAYLOR, L. E. High intensity exercise conditioning increases accumulated oxygen deficit of horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, n. 1, p. 9-16, 2002.

HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. **The athletic horse**: principles and practice of equine sports medicine. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1994. p. 245-258.

KANEKO, J. J. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5. ed. California: Academic Press, 1997.

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

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

KON, M.; KIMURA, F.; AKIMOTO, T.; TANABE, K.; MURASE, Y.; IKEMUNE, S.; KONO, I. Effect of Coenzyme Q10 supplementation on exercise-induced muscular injury of rats. **Exercise Immunology Review**, v. 13, p. 76–88, 2007

KOYAMA, T.; KEATISUWAN, W.; KINJO, M.; SAITO H. Suppressive effect of coenzyme Q10 on phospholipase A2 activation in cardiac cells after prolonged swimming. **Life Science**, v. 51, p. 1113-1118, 1992.

KUMAR, A.; KAUR, H.; DEVI, P.; MOHAN, V. Role of coenzyme Q10 (CoQ10) in cardiac disease, hypertension and Meniere-like syndrome. **Pharmacology & Therapeutics**, v. 124, p. 259-268, 2009.

LACERDA-NETO, J. C. Respostas orgânicas durante o exercício físico. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE EQUINOS, 1., 2004, Campinas. **Anais...** [S.l.]:Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2004. p.45-60.

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

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. C.; COX, M. M.; **Princípios de bioquímica**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 1995. p. 264.

LEWIS, D. L. **Nutrição para os equinos: alimentação e cuidados**. São Paulo: Roca, 2000. p. 18–24.

LITTARRU, G. P.; TIANO, L. Clinical aspects of coenzyme Q10: an update. **Nutrition**, v. 26, p. 250-254, 2010.

LÓPEZ-RIVERO, J. L. Muscle physiology: responses to exercise and training. In: HINCHCLIFF, K. L.; KANEPS, A. J.; GEOR, R. J. **Equine sport medicine and surgery**. Edinburgh: Saunders Elsevier Ltd, 2004. p. 45-76.

MARLIN, D.; NANKERVIS, K. **Equine exercise physiology**. Oxford: Ackwel Publishing, 2002. 304 p.

McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício - Energia, nutrição e desempenho humano**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 1998.

McGOWAN, C. M.; GOLLAND, L. C.; EVANS, D. L.; HODGSON, D. L.; ROSE, R. J. Effects of prolonged training, overtraining and detraining on skeletal muscle metabolites and enzymes. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, p. 257-263, 2002. Supplement.

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

MEYER, D.J.; COLES, E.H.; RICH, L.J. **Medicina de laboratório veterinária: interpretação e diagnóstico**. São Paulo: Roca, 1995.

MILES, M. V.; HORN, P. S.; TANG, P. H.; MORRISON, J. A.; MILES, L.; DEGRAUW, T.; PESCE, A. J. Age-related changes in plasma coenzyme Q10 concentrations and redox state in apparently healthy children and adults. **Clinica Chimica Acta**, v. 347, p. 139–144, 2004.

MIZUNO, M.; QUISTORFF, B.; THEORELL, H.; THEORELL, M.; CHANCE, B. Effects of oral supplementation of coenzyme Q10 on ³¹P-NMR detected skeletal muscle energy metabolism in middle-aged post-polio subjects and normal volunteers. **Molecular aspects of medicine**, v. 18, p. 291-298, 1997.

MIZUNO, K.; TANAKA, M.; NOZAKI, S.; MIZUMA, H.; ATAKA, S.; TAHARA, T.; SUGINO, T.; SHIRAI, T.; KAJIMOTO, Y.; KURATSUNE, H.; KAJIMOTO, O.; YASUYOSHI, W. Antifatigue effects of coenzyme Q10 during physical fatigue. **Nutrition**, v. 24, p. 293–299, 2008.

MUÑOZ, A.; RIBER, C.; SANTISTEBAN, R.; RUBIO, M. D.; AGUERA, E. L.; CASTEJÓN, F. M. Cardiovascular and metabolic adaptations in horses [*Equus caballus*] competing in cross-country events. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 61, n. 1, p. 13- 20, 1999.

NAYLOR, J. R. J.; BAYLY, W. M.; GOLLNICK, P. D.; BRENGELMANN, G. L.; HODGSON, D. R. Effects of dehydration on thermoregulatory responses of horses during low-intensity exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 75, n. 2, p. 994-1001, 1993.

NIELSEN, A. N.; MIZUNO, M.; RATKEVICIUS, A.; MOHR, T.; ROHDE, M.; MORTENSEN, S. A.; QUISTORFF, B. No effect of antioxidant supplementation in triathletes on maximal oxygen uptake, detected muscle energy metabolism and muscle fatigue. **International Journal of Sports Medicine**, v. 20, n.3, p. 154–158, 1999.

NIKLOWITZ, P.; SONNENSCHN, A.; JANETZKY, B.; ANDLER, W.; MENKE, T. Enrichment of coenzyme Q10 in plasma and blood cells: defense against oxidative damage. **International Journal of Biological Sciences**, v. 5, n. 4, p. 257-62, 2007.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of horses**. 6. ed. rev. Washington, D.C: National Academy Press, 2007. 341p.

PAGAN, J. D.; GEOR, R. J.; HARRIS, P. A.; HOEKSTRA, K.; GARDNER, S.; HUDSON, C.; PRINCE, A. Effects of fat adaptation on glucose kinetics and substrate oxidation during low-intensity exercise. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, p. 33-38, 2002.

PEPE, S.; MARASCO, S.; HAAS, S.; SHEERAN, F.; KRUM, H.; ROSENFELDT, F. Coenzyme Q10 in cardiovascular disease. **Mitochondrion**, v. 7, p. 154-157, 2007.

PERSSON, S. G. B. On blood volume and working capacity in horses. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 19, p. 1-189, 1967. Supplement.

PINTO, L. G. **Avaliação do exercitador circular no condicionamento físico de equinos de iniciação esportiva na escola de equitação do exército.** 2010. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

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

POOLE, R. C. Ç.; HALESTRAP, A. P. Transport of lactate and other monocarboxylates across mammalian plasma membranes. **American Journal of Physiology**, v. 264, n. 4, p. 761-782, 1993.

PRAKASH, S.; SUNITHA, J.; HANS, M. Role of coenzyme Q10 as an antioxidant and bioenergizer in periodontal diseases. **Indian Journal of Pharmacology**, v. 42, n. 6, p. 334-337, 2010.

PRINCE, A.; GEOR, R.; HARRIS, A.; HOESKSTRA, K.; GARDNER, S.; HUDSON, C.; PAGAN, J. Comparison of the metabolic responses of trained Arabians and Thoroughbreds during high- and low-intensity exercise. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, p. 95-99, 2002. Supplement.

PRITCHARD, J. C.; BURN, C. C.; BARR, A. R. S.; WHAY, H. R. Haematological and serum biochemical reference values for apparently healthy working horses in Pakistan. **Research in Veterinary Science**, v. 87, p. 389-395, 2009.

QUIROZ-ROTHER, E.; RIVERO, J. L. Co-ordinated expression of contractile and non-contractile features of control equine muscle fibre types characterised by immunostaining of myosin heavy chains. **Histochemistry and Cell Biology**, v. 116, p. 299-312, 2001.

RIVERO, J. L. L. A scientific background for skeletal muscle conditioning in equine practice. **Journal of Veterinary Science**, v. 54, p. 321-332, 2007.

RIVERO, J. L. L.; RUZ, A.; MARTI-KORFF, S.; ESTEPA, J. C.; AGUILERA-TEJERO, E.; WERKMANN, J.; SOBOTTA, M.; LINDNER, A. Effects of intensity and duration of exercise on muscular responses to training of thoroughbred horses. **Journal of Applied Physiology**, v. 102, p. 1871-1882, 2007.

RIVERO, J. L. L.; SERRANO, A. L.; BARREY, E.; VALETTE, J. P.; JOUGLIN, M. Analysis of myosin heavy Chains at the protein level in horse skeletal muscle. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, v. 20, p. 2121-2221, 1999.

RIVERO, J. L. L.; TALMADGE, R. J.; EDGERTON, V. R. Myosin heavy chain isoforms in adult equine skeletal muscle: an immunohistochemical and electrophoretic study. **Anatomical Record**, v. 246, p. 185-194, 1996.

ROBINSON, E. N. **Current therapy in equine medicine.** 5. ed. Philadelphia: Saunders, 2003. p. 960.

ROSE, R. J.; HODGSON, D. R. Hematology and biochemistry. In: _____. **The athletic horse. Principles and practice of equine sports medicine**. Philadelphia: Saunders, 1994. p. 63–78.

SALES, J. V. F.; DUMONT, C. B. S.; LEITE, C.R.; MORAES, J. M.; GODOY, R. F.; LIMA, E. M. M. Expressão do Mg²⁺, CK, AST e LDH em equinos finalistas de provas de enduro. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 1, p. 105-110, 2013.

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

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

SERRANO, A. L.; RIVERO, J. L. Myosin heavy chain profile of equine gluteus medius muscle following prolonged draught-exercise training and detraining. **Journal Muscle Research Cell Motility**, v. 21, p. 225-245, 2000.

SCHLEGER, A. V.; TURNER, H. G. Sweating rates of cattle in the field and their reaction to diurnal and seasonal changes. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 16, p. 92-106, 1965.

SINATRA, S. T.; CHOPRA, R. K.; JANKOWITZ, S. N.; HOROHOV, D. W.; HAGAVAN, H. N. Coenzyme Q10 in Equine Serum: Response to Supplementation. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 33, p. 71-73, 2013.

SINATRA, S. T.; JANKOWITZ, S. N.; CHOPRA, R. K.; BHAGAVAN, H. N. Plasma coenzyme Q10 and tocopherols in thoroughbred race horses: effect of coenzyme Q10 supplementation and exercise. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 34, n. 2, p. 265-269, 2014.

SINGH, U.; DEVARAJ, S.; JIALAL, I. Coenzyme Q10 supplementation and heart failure. **Nutrition Reviews**, v. 65, p. 286-293, 2007.

SOUZA LIMA, R. A.; SHIROTA, R.; CAMARGO BARROS, G. S. **Estudo do complexo do agronegócio cavalo**. Piracicaba: Centro de estudos avançados em economia aplicada, 2006.

THAYER, R.; COLLINS, E.; NOBLE, G.; TAYLOR, A. A decrease of aerobic endurance training: Histological evidence for fiber type transformation. **Journal of Sports Medical Physical Fitness**, v. 40, p. 284–289, 2000.

THOMASSIAN, A. Medicina esportiva equina. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEDICINA ESPORTIVA EQUINA, 2001, Botucatu. **Anais...** São Paulo: [S.l.], 2001. p. 7-14.

THOMASSIAN, A. **Enfermidades dos cavalos**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

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

TITTO, E. A. L.; BACCARI JÚNIOR, F.; TOLEDO, L. R. A.; BOMBARDA, A. F.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M. Taxa de sudação e composição mineral do suor de equinos das raças Bretão, Anglo-Árabe e Mangalarga. **Ars Veterinary**, Jaboticabal, v. 14, n. 3, p. 264-272, 1998.

TRILK, J. L. A lactate-guided conditioning programme to improve endurance performance. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, p.122-125, 2002. Supplement.

TRILK, J. L.; LINDNER, A. J.; GREENE, H. M.; ALBERGHINA, D.; WICKLER, S.J. A lactate-guided conditioning programme to improve endurance performance. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, p.122-125, 2002. Supplement.

TOPOLOVEC, M. B.; KRULJC, P.; PROŠEK, M.; KRIZMANB, P. J.; ŠMIDOVNIK, A.; SVETE, A. N. Endogenous plasma coenzyme Q10 concentration does not correlate with plasma total antioxidant capacity level in healthy untrained horses. **Research in Veterinary Science**, v. 95, p. 675–677, 2013.

VOTION, D-M.; NAVET, R.; LACOMBE, V. A.; SLUSE, F.; ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; HINCHCLIFF, K. W.; RIVERO, J. L. L.; SERTEYN, D.; VALBERG, S. Muscle energetics in exercising horses. **Equine and Comparative Exercise Physiology**, v. 4, p. 105-118, 2007.

WESTON, S. B.; ZHOU, S.; WEATHERB, R. P.; ROBSON, S. J. Does exogenous coenzyme Q10 affect aerobic capacity in endurance athletes? **International Journal of Sport Nutrition**, v. 7, p. 197–206, 1997.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Metabolismo e sistema energéticos básicos**. São Paulo: Manole, 2001. cap. 4, p. 116-154.