

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DIGESTIBILIDADE DA DIETA E DESEMPENHO
FÍSICO DE ÉGUAS MANGALARGA MARCHADOR
SUPLEMENTADAS COM *SACCHAROMYCES
CEREVISIAE* DURANTE TREINAMENTO EM
ESTEIRA ERGOMÉTRICA**

TIAGO DE RESENDE GARCIA

**BELO HORIZONTE/MG
2012**

TIAGO DE RESENDE GARCIA

**DIGESTIBILIDADE DA DIETA E DESEMPENHO FÍSICO DE ÉGUAS
MANGALARGA MARCHADOR SUPLEMENTADAS COM *SACCHAROMYCES
CEREVISIAE* DURANTE TREINAMENTO EM ESTEIRA ERGOMÉTRICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade
Federal de Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção do grau de Doutor em Zootecnia

Área: Nutrição e Alimentação Animal

Orientadora: Prof. Adalgiza Souza Carneiro de Rezende

Co-orientadora: Prof. Danusa Dias Soares

BELO HORIZONTE/MG

2012

G216d

Garcia, Tiago de Resende, 1975-

Digestibilidade dos nutrientes da dieta e desempenho físico de éguas Mangalarga Marchador suplementadas com *Saccharomyces cerevisiae* durante treinamento em esteira ergométrica / Tiago de Resende Garcia. – 2012.

93 p. : il.

Orientadora: Adalgiza Souza Carneiro de Rezende

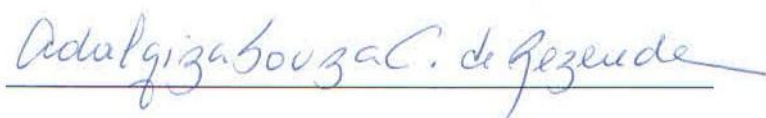
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.

Inclui bibliografia

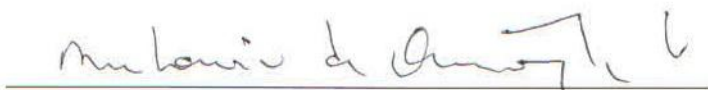
1. Mangalarga (Cavalo) – Alimentação e rações – Teses. 2. Égua – Alimentação e rações – Teses. 3. *Saccharomyces cerevisiae* – Teses. 4. Suplemento alimentar – Teses. 5. Digestibilidade – Teses. I. Rezende, Adalgiza Souza Carneiro de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.108 5

Tese defendida e aprovada em 28/ 02 / 2012 pela comissão examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Adalgiza Souza Carneiro de Rezende
Orientador



Prof. Antônio de Queiroz Neto



Prof. Fernando Queiroz de Almeida



Prof. Ângela Maria Quintão Lana



Dr. Pablo Trigo

*“Você não é derrotado quando perde.
Você é derrotado quando desiste.”*

Dr. House

DEDICATÓRIA

À minha esposa Paula e aos nossos filhos Felipe e Lucas, por terem suportado a minha ausência e todas as dificuldades desse período, de maneira paciente, com todo entendimento, muita ajuda e apoio incondicional...

Não teria conseguido se não fosse assim...

Muito obrigado!!!

Amo muito vocês!!!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Prof. Adalgiza Souza Carneiro de Rezende pela confiança durante todos esses anos, por não ter desistido em momento algum, sempre me incentivando... E também por ter me proporcionado as chances de que precisei... Foi a partir das oportunidades que você me deu que consegui, de alguma forma, traçar o meu caminho profissional... Sou eternamente grato!

A Escola de Veterinária da UFMG, que através do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, me deu a oportunidade de alcançar mais essa conquista.

A CAPES, que através do PROCAD, proporcionou o intercâmbio com a UFRRJ (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro), permitindo a realização da etapa experimental.

A EsEqEx – Escola de Equitação do Exército e a todo seu Comando pela oportunidade e acolhida durante os três meses de experimento.

Ao Prof. Fernando Queiroz de Almeida que, desde o primeiro momento, proporcionou todas as condições necessárias ao sucesso do experimento, acolhendo-nos da melhor forma, sempre auxiliando, confiando e incentivando o trabalho. Muito obrigado por tudo!

Ao meu amigo Pablo Trigo por todos os ensinamentos, companheirismo, amizade, incentivo, disponibilidade e desprendimento. Levarei pela vida tudo o que aprendi e vivi ao seu lado... *Muchas gracias!!!*

Ao Prof. Francisco Castejón, da Universidade de Córdoba – Espanha, por ter disponibilizado a máscara espirométrica e por ter permitido a vinda do Pablo ao Brasil.

A toda equipe do Haras Santorini, que com muita gentileza, dedicação e desprendimento, disponibilizou todas as éguas utilizadas no experimento. Te devo essa, “*meu patrão*”!

A ABCCMM (Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador) pelo patrocínio do feno utilizado no experimento e auxílio na realização das análises laboratoriais.

A empresa Rações Itambé pelo patrocínio do concentrado e do sal mineral.

A Lesaffre do Brasil pelo patrocínio do probiótico.

Ao laboratório Hertape Calier pelo patrocínio das vacinas.

Ao B.E.T. Laboratories pela concessão feita na realização de parte das análises laboratoriais.

A Prof. Ângela Maria Quintão Lana por toda a assistência na realização das análises estatísticas.

Aos componentes da banca examinadora pela disponibilidade e pelas correções e ensinamentos.

A minha companheira Rosângela, que dividiu comigo a responsabilidade de condução do experimento, realizando-o com muito empenho e dedicação. Apesar de todas as dificuldades, diferenças e momentos difíceis, valeu a pena... Vencemos essa batalha! Parabéns e muito obrigado!

A Élvia Rocha Vieira pelo auxílio na elaboração inicial do experimento.

A toda minha família, amigos e colegas que sempre me apoiaram e incentivaram.

Ao pessoal do Colegiado de Pós-graduação, especialmente a Heloísa, pelo constante auxílio.

Aos companheiros da UFRRJ: Juliano, Luciana, Agnaldo, Juliana, Heleimar, Ana Cláudia, Andresa, Chiara, Bruno, Paula, Renata, Louisiane, Cássia, Samantha, Augusta e Marcos; aos companheiros da UFMG: Mayara, Priscila, Renata, Júlia, Lindomárcia, Heloísa (Lolô), Raquel Cheyne, Jéssica e Guilherme; aos companheiros Luiz Felipe, Daniel e Agmar. Meu muito obrigado!!! Vocês comprovaram com seu empenho e dedicação que ninguém faz nada especial sozinho...

Um agradecimento especial à Mayara Gonçalves Fonseca, fiel escudeira, amiga e companheira, que assumiu o trabalho como se fosse dela e esteve sempre junto comigo em todos os momentos, ajudando-me e apoiando-me de maneira sempre muito especial... Ao Juliano Martins Santiago, que me recebeu de braços abertos no Rio de Janeiro e que, em toda a fase final do doutorado, dedicou-se com todo desprendimento e amizade... A admiração, o respeito e a gratidão que tenho por vocês são incomensuráveis... Contem sempre comigo!

As nossas fiéis companheiras: Bagdá, Formosa, Emília, Dança, Felícia, Veneza, Faculdade, Hera, Davínia, Marquesa, Finalista, Estrela, Famosa e Favorita. Vocês foram demais! Serão sempre inesquecíveis!

A todas as pessoas que de alguma forma participaram dessa fase da minha vida...

MUITO OBRIGADO A TODOS POR TUDO!!!

SUMÁRIO

1)	INTRODUÇÃO.....	13
2)	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	Mangalarga Marchador.....	14
2.2	Probióticos.....	16
2.2.1	Probióticos na alimentação equina.....	19
2.3	Desempenho atlético dos equinos.....	25
2.3.1	Metabolismo energético.....	25
2.3.2	Treinamento e condicionamento.....	27
2.3.3	Lactato.....	29
2.3.4	Frequência cardíaca (FC).....	32
2.3.5	Ácido úrico.....	34
2.3.6	Hemoglobina.....	37
2.3.7	Espirometria.....	38
2.4	Testes de exercício.....	43
3)	MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3.1	Caracterização dos animais, local e manejo alimentar.....	45
3.2	Planejamento experimental.....	46
3.2.1	Desenho experimental.....	46
3.2.2	Ensaio de digestibilidade.....	48
3.2.3	Coleta de amostras.....	50
3.3	Delineamento experimental e análise estatística.....	52
4)	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.1	Efeito da suplementação com <i>Saccharomyces cerevisiae</i> na digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta.....	53
4.2	Efeito do treinamento e da suplementação com <i>Saccharomyces cerevisiae</i> no desempenho atlético das éguas.....	56
5)	CONCLUSÕES.....	69
6)	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
7)	ANEXOS.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Percentual de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), energia bruta (EB) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) dos alimentos concentrado (C) e volumoso (V) fornecidos em diferentes momentos do período experimental (I: início - 30/12/2009; II: meio - 21/01/2010; III: final - 04/02/2010)	49
Tabela 2	Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e do consumo de matéria seca (CMS) dos equinos dos grupos Controle e Probiótico	53
Tabela 3	Médias e coeficiente de variação (CV) das variáveis tempo de fadiga, limiar aeróbico, VLa_2 , frequência cardíaca (FC) no limiar aeróbico, velocidade em que a FC é 150 bpm (V_{150}) e concentração de lactato na velocidade em que a FC é 150 bpm ($Lactato_{150}$) das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico	57
Tabela 4	Médias e coeficiente de variação (CV) das variáveis limiar anaeróbico, velocidade em que a concentração de lactato é 4 mmol/L (VLa_4), frequência cardíaca (FC) no limiar anaeróbico, velocidade em que a FC é 200 bpm (V_{200}) e concentração de lactato quando a FC é 200 bpm ($Lactato_{200}$) das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico	57
Tabela 5	Médias e coeficiente de variação (CV) da concentração máxima de lactato no plasma ($Lactato_{MAX}$) e das concentrações de lactato aos 10, 30 e 60 minutos do período de recuperação das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico	59
Tabela 6	Médias e coeficiente de variação (CV) da frequência cardíaca máxima (FC_{MAX}) e das frequências cardíacas (FC) aos 10, 20, 30, 60 e 120 minutos do período de recuperação das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico	61

Tabela 7	Médias e coeficiente de variação (CV) da hemoglobina basal (Hem Basal) e da concentração de hemoglobina (Hem), do incremento da porcentagem de hemoglobina e da porcentagem de hemoglobina máxima nos limiares aeróbico e anaeróbico das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico	63
Tabela 8	Médias e coeficiente de variação (CV) das concentrações séricas de ácido úrico na velocidade máxima (Ácido Úrico _{MAX}) e aos 10, 30 e 60 minutos do período de recuperação das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico	64
Tabela 9	Médias e coeficiente de variação (CV) do consumo máximo de oxigênio (VO _{2MAX}) e do consumo de oxigênio (VO ₂), da porcentagem do consumo máximo de oxigênio (%VO _{2MAX}), da pressão de oxigênio (pO ₂), do volume minuto respiratório (VE) e do equivalente oxigênio (EqO ₂) no limiar aeróbico das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico	66
Tabela 10	Médias e coeficiente de variação (CV) do consumo de oxigênio (VO ₂), da porcentagem do consumo máximo de oxigênio (%VO _{2MAX}), do débito de oxigênio, da pressão de oxigênio (pO ₂), do volume minuto respiratório (VE) e do equivalente oxigênio (EqO ₂) no limiar anaeróbico das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico	67

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da suplementação com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* sobre a digestibilidade, consumo dos nutrientes e melhora no desempenho atlético de equinos da raça Mangalarga Marchador submetidos a treinamento. Objetivou também avaliar a eficácia do protocolo de treinamento utilizado na preparação desses animais para provas de marcha. Quatorze éguas Mangalarga Marchador foram distribuídas em dois grupos: suplementado (S) e Controle (C). A dieta foi composta por volumoso e concentrado comercial, na proporção de 50:50. As éguas foram treinadas durante seis semanas, de segunda a sábado, alternando o exercício em esteira ergométrica e caminhador automático. A digestibilidade dos nutrientes foi avaliada utilizando o indicador LIPE®. Foram analisados MS, FDN, FDA, PB, EB, hemicelulose e consumo de matéria seca. Para avaliação do ensaio de digestibilidade, o delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso e as médias comparadas pelo teste Fisher a 5%. Antes e após o treinamento, foram realizados testes de esforço máximo na esteira ergométrica, com utilização da máscara espirométrica, a fim de avaliar parâmetros físicos, metabólicos e respiratórios dos animais. Para avaliação do desempenho físico das éguas, o delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em esquema de parcelas subdivididas e as médias comparadas pelo teste Fisher a 5%. Não foi observada diferença ($P>0,05$) nos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta e no consumo de matéria seca entre os grupos suplementado e controle. Houve diferença ($P<0,05$) entre os testes realizados antes e após o treinamento no tempo para fadiga, nos limiares aeróbico e anaeróbico, VLa_2 , VLa_4 , V_{200} , concentração de hemoglobina basal, porcentagem de hemoglobina nos limiares aeróbico e anaeróbico, ácido úrico na velocidade máxima, VO_{2MAX} , VO_2 , pO_2 , VE nos limiares aeróbico e anaeróbico e EqO_2 no limiar aeróbico. Estes resultados demonstraram que o protocolo de treinamento utilizado nesse experimento foi capaz de melhorar o desempenho atlético das éguas. A utilização do probiótico aumentou as concentrações basais de hemoglobina e a porcentagem do VO_{2MAX} nos limiares aeróbico e anaeróbico.

Palavras chave: cavalo, condicionamento, espirometria, levedura, nutrição, probiótico

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* on digestibility, nutrient intake and improvement in athletic performance of Mangalarga Marchador horses on training, as well as evaluate the effectiveness of the training protocol used in the preparation of these animals to marcha competition. Fourteen Marchador Mangalarga mares were divided into two groups: supplemented (S) and control (C). The diet consisted of a commercial concentrate and *coast cross* hay in the ratio of 50:50. The mares were trained for six weeks, from Monday to Saturday, alternating exercise on a treadmill and automatic walker. Nutrient digestibility was assessed using the LIPE[®] indicator. DM, NDF, ADF, CP, gross energy, hemicellulose and dry matter intake were analyzed. To the digestibility trial, the experimental design was completely randomized and means were compared by Fisher's test at 5%. Before and after training, maximal exercise tests were performed on the treadmill, using the spirometric mask in order to assess the physical, metabolic and respiratory parameters. To evaluate the physical performance of the mares, the experimental design was completely randomized in a split-plot and means were compared by Fisher's test at 5%. There was no difference ($P > 0.05$) on apparent digestibility coefficients of nutrients and dry matter intake between supplemented and control groups. There were differences ($P < 0.05$) between tests performed before and after training in time to fatigue, aerobic and anaerobic thresholds, VLa_2 , VLa_4 , V_{200} , baseline hemoglobin concentration, percentage of hemoglobin in aerobic and anaerobic thresholds, uric acid level at maximal speed, VO_{2MAX} , VO_2 , pO_2 , VE in aerobic and anaerobic thresholds and EqO_2 in aerobic threshold. These results demonstrated that the training protocol used in this experiment was able to improve athletic performance. The use of probiotic increased basal concentrations of hemoglobin and the percentage of VO_{2MAX} in aerobic and anaerobic thresholds.

Key words: conditioning, horses, nutrition, probiotic, spirometry, yeast

1. INTRODUÇÃO

A criação e a utilização do cavalo ocupam posição de destaque nos países desenvolvidos e em desenvolvimento (CENTRO..., 2006). O Brasil possui o quarto maior rebanho equino do mundo, com 5,5 milhões de cabeças (FOOD..., 2010), proporcionando uma movimentação financeira de R\$ 7,5 bilhões ao ano. A atividade gera no país aproximadamente 642 mil empregos diretos e 2,6 milhões de empregos indiretos, desempenhando papel de grande importância social e econômica no cenário do agronegócio nacional (CENTRO..., 2006).

A raça Mangalarga Marchador é responsável pelo maior e mais representativo rebanho do país (CENTRO..., 2006). A Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM) é atualmente a maior associação de raça equina da América Latina e possui o maior número de associados e de animais inscritos. A raça apresenta um conjunto de qualidades, tais como, docilidade, inteligência, rusticidade, resistência e, a mais importante delas, a comodidade, proporcionada pelo seu andamento característico, a marcha. Por isso, os exemplares Mangalarga Marchador são animais extremamente versáteis, sendo utilizados com muita frequência em diversas modalidades equestres, alcançando dessa forma expressiva expansão nacional e internacional.

Além do Concurso de Marcha, que é a principal competição da raça, cavalgadas, enduros, provas funcionais e de maneabilidade também fazem parte do cenário de competições da ABCCMM. Todas essas provas têm regulamentos específicos para a raça e exigem dos animais força e resistência, demandando grande gasto energético. Nutrição, treinamento e manejo adequados são indispensáveis ao bom desempenho dos animais nessas competições.

Atualmente no Brasil, é crescente a consciência da utilização de estratégias nutricionais para promover aos cavalos condições propícias ao seu desenvolvimento e principalmente, para obterem o máximo desempenho nas competições a que são submetidos. O fornecimento de probióticos tem se tornado uma prática cada vez mais rotineira, visando melhorar a saúde dos animais e pesquisas recentes têm demonstrado seus benefícios no melhor aproveitamento da dieta, desenvolvimento corporal e condicionamento físico. Acredita-se que a adição de probióticos na dieta desses animais provoca aumento da atividade fermentativa e estabilização da microbiota presente no ceco-cólon, com consequente melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta.

Embora o fornecimento de probióticos para equinos seja cada vez mais comum, ainda há poucos estudos avaliando os reais benefícios da utilização desses aditivos na alimentação dessa espécie, principalmente, buscando melhorias no desempenho físico desses animais durante o treinamento. Novas pesquisas necessitam buscar a comprovação desses possíveis efeitos benéficos, visando o desenvolvimento de produtos que tragam, além de vantagens nutricionais e terapêuticas, melhora no desempenho dos cavalos nas competições das quais participam.

Baseado nesse contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos da suplementação com a levedura *Saccharomyces cerevisiae* na digestibilidade dos componentes da dieta e no desempenho atlético de éguas da raça Mangalarga Marchador após treinamento, por meio da realização de testes de esforço máximo em esteira ergométrica, com avaliação de parâmetros físicos, metabólicos e respiratórios dos animais. Objetivou-se também avaliar a eficácia do protocolo de treinamento adotado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Mangalarga Marchador

Mangalarga Marchador é uma raça brasileira de equinos com aproximadamente 200 anos de seleção. Os animais dessa raça atendem ao padrão internacional de cavalos de sela, possuindo porte médio, estrutura forte e bem proporcionada, expressão vigorosa e sadia, temperamento dócil e ativo (ASSOCIAÇÃO, 2007). Tem como característica principal a marcha, andamento cômodo, de grande valor genético e mercadológico.

O Sul de Minas Gerais é considerado o local de origem da raça Mangalarga Marchador. Gabriel Francisco Junqueira, o Barão de Alfenas, abastado fazendeiro dessa região, com tradição na criação de bovinos e equinos, recebeu de presente do então príncipe regente D. João VI, em 1812, um animal da raça Alter, o garanhão chamado “Sublime” (Cabrera, 1945; Chieffi, 1950; ASSOCIAÇÃO, 1991; Casiuch, 1997). De acordo com esses autores, Sublime era descendente direto dos garanhões ibéricos da Coudelaria de Alter do Chão, vindos de Portugal com a família real em 1808. Esses garanhões eram considerados na época os mais belos da Península Ibérica, destacando-se por sua elegância e beleza, inteligência e coragem nas atitudes, porte robusto e boa conformação, com grande energia e harmonia nos movimentos.

O garanhão Alter foi acasalado com éguas nativas da região do Sul de Minas, denominadas “crioulas”, formando a base da raça Mangalarga Marchador. Essas éguas, provavelmente, eram descendentes das raças autóctones da Península Ibérica, de nome Sorraia e Garrano e também dos cavalos Bérberes do norte da África, os quais foram os primeiros equinos trazidos ao Brasil no início da colonização, em 1534. Esses animais se adaptaram muito bem as condições de clima e alimentação do país, contribuindo para a formação da raça Mangalarga Marchador com sua rusticidade e capacidade de adaptação, coragem para enfrentar desafios, lealdade, grande resistência às longas cavalgadas e andamento com ótimo rendimento e grande comodidade (ASSOCIAÇÃO, 1991; Casiuch, 1997).

Muitos animais provenientes do cruzamento do cavalo Alter com as éguas crioulas apresentavam grande aptidão para sela, em razão do andamento denominado marcha, o qual

oferecia grande conforto ao cavaleiro (Medeiros, 2006). O mesmo autor afirmou que esses animais marchadores foram supervalorizados pelos colonizadores da Província de Minas pela sua comodidade e bom temperamento, sendo então pretendidos por todos que dependiam do cavalo como meio de transporte naquela época. Esses cavalos passaram a ser selecionados, fazendo com que os exemplares da nova raça se espalhassem por todo o país. A partir daí, como já havia citado Camargo e Chieffi (1971), o Mangalarga Marchador se tornou a raça mais importante do Brasil.

A marcha é a característica mais importante do Mangalarga Marchador, dando inclusive o nome à raça. De acordo com a ASSOCIAÇÃO (2007), a marcha é conceituada como um andamento marchado, natural, simétrico, de quatro tempos, com apoio alternado dos bípodes laterais e diagonais, intercalados por momentos de tríplice apoio. Esse andamento é de origem genética e resulta da coordenação neuromotora dos movimentos e também de medidas morfométricas adequadas ao desempenho dessa função (Pinto et al., 2005).

A sequência de apoios característica da marcha ocorre em consequência da dissociação do avanço do bípode diagonal, permitindo que o animal permaneça constantemente em contato com o solo durante a locomoção, o que naturalmente exige do cavalo maior gasto energético (Wanderley et al., 2010). Outro fato relevante é que, a permanência constante do animal com o solo durante o deslocamento, favorece a manutenção da estabilidade de seu tronco, não transmitindo totalmente ao cavaleiro os impactos oriundos da movimentação, proporcionando a ele enorme conforto durante a equitação (Rezende, 2006). Como consequência da comodidade, além da enorme resistência, rusticidade e docilidade, o Mangalarga Marchador é frequentemente utilizado em diversas competições, como enduros, cavalgadas, provas funcionais e de maneabilidade.

Devido às particularidades do andamento, o Concurso de Marcha é a principal prova do cavalo Mangalarga Marchador. Nessa prova, os animais desenvolvem um percurso circular, na marcha, sem descanso, mantendo uma velocidade de 12 a 14 Km/h, que garante a estabilidade e a distribuição dos apoios característicos (Procópio, 2003), perfazendo um tempo mínimo de 20 e máximo de 70 minutos. Durante o concurso, ocorre pelo menos uma inversão no sentido da apresentação dos animais (ASSOCIAÇÃO, 2007). Desta forma os cavaleiros iniciam a prova em círculo, no sentido anti-horário, e no meio da prova são solicitados a prosseguirem em sentido horário.

Rezende (2006) definiu o Concurso de Marcha como uma prova equestre sem similar no mundo, a qual exige dos cavalos grande gasto energético. Prates et al. (2009), após simulação dessa prova, caracterizaram-na como exercício de intensidade submáxima, através da mensuração da frequência cardíaca dos animais. No experimento de Wanderley et al. (2010), ficou definido que, durante o campeonato de marcha, os animais da raça Mangalarga Marchador desempenharam típico esforço de baixa intensidade e média duração, com baixo acúmulo de lactato no sangue. Apesar da discussão sobre produção de lactato durante o exercício na raça Mangalarga Marchador ser limitada, pois, desconhece-se a composição de sua fibra muscular, Jordão et al. (2011), trabalhando com animais Mangalarga Marchador,

registraram concentração de lactato de 2,09 mmol/L após 50 minutos de prova de marcha, o que pode indicar boa capacidade oxidativa de suas fibras musculares. Os autores justificaram essa pequena concentração à intensidade do exercício, considerado submáximo, e, portanto, com predomínio da via oxidativa de produção de energia. Eles ressaltaram também a necessidade de mais estudos nas raças de marcha, a fim de caracterizar seu real gasto energético durante o exercício.

As características ideais da marcha para efeito de avaliação, são a de um andamento regular, elástico, com ocorrência de sobrepegada ou ultrapegada, equilibrado, com avanços sempre em diagonal e tempo de apoio dos bípedes diagonais maiores que dos laterais, com movimento discreto dos anteriores, descrevendo a figura de um semi-círculo quando vistos de perfil e com boa flexibilidade das articulações (ASSOCIAÇÃO, 2007).

Durante a avaliação da qualidade da marcha, deve-se considerar a capacidade do animal em manter a regularidade durante toda a prova, locomovendo-se com passadas amplas, aliadas a fortes movimentos de impulsão, mantendo o tronco semirrígido, com movimento apenas da cintura e dos membros (Nascimento, 1999). Esse mesmo autor ressaltou que, em atitude, o cavalo deve manter o pescoço em posição oblíqua, formando ângulo próximo a 45° em relação ao solo e a cabeça deve estar posicionada em ângulo aproximado ao de 90° com o pescoço. Essa forma de apresentação deve ser mantida durante toda a prova, exigindo dos cavalos grande esforço. Portanto, durante um concurso de marcha, os animais são muito exigidos durante todo o longo percurso da prova, o que requer grande resistência e bom condicionamento físico dos animais, exigindo então programas de treinamento e nutrição adequados a essa função.

2.2. Probióticos

Segundo Weese et al. (2003), com o conhecimento das propriedades dos microrganismos intestinais, a partir dos anos 50, houve um crescimento do conceito do uso de antibióticos terapêuticos como promotores de crescimento animal. Esse fato teve como consequência, o desenvolvimento de resistência pelas bactérias a esses medicamentos. Devido a essa realidade e a preocupação com os possíveis efeitos colaterais causados pelo uso dos antibióticos como suplemento ao crescimento, novas alternativas foram procuradas.

Frente a esse problema, os probióticos apareceram como uma excelente opção, pelas suas interessantes propriedades que incluem a habilidade em reduzir o uso de antibióticos como promotores de crescimento, o alto índice de segurança aparente na substituição aos antibióticos e uma percepção positiva pelo público, devido ao caráter “natural” e de “terapia alternativa” desses aditivos (Weese et al., 2003). Nos últimos tempos, as indústrias terapêuticas e de nutrição, assim como os órgãos de pesquisa, têm-se dedicado ao estudo dos efeitos da utilização dos probióticos nas diversas espécies animais, especialmente na humana.

O conceito de probiótico foi relatado pela primeira vez por Metchnikoff (1907), o qual observou que o consumo de leite fermentado foi responsável pela maior longevidade de um grupo étnico específico na Bulgária. Esse leite fermentado apresentava bactérias do gênero *Bacillus bulgaricus*, os quais foram classificados posteriormente como *Lactobacillus acidophilus*. Ele então sugeriu que estes produtos manipulavam a microbiota intestinal, auxiliando no equilíbrio das bactérias patogênicas e não patogênicas (Montes e Pugh, 1993).

O termo probiótico deriva das palavras gregas *pro* e *biosis* que significam “para a vida”. Lilly e Stillwell (1965) propuseram, pela primeira vez, o termo probiótico, antônimo de antibiótico (“contra a vida”), para descrever substâncias secretadas por um protozoário que favoreciam o crescimento de outros. Parker (1974) definiu probióticos como culturas de bactérias ou leveduras vivas incorporadas à dieta que regulam a atividade intestinal, restaurando sua flora natural. Fuller (1989) conceituou como probiótico a suplementação microbiana viva na alimentação, a qual trás benefício ao animal hospedeiro, melhorando o equilíbrio microbiano intestinal. Jullian (2006) citou que a melhor definição para probióticos é de que esses aditivos são microrganismos vivos, administrados em quantidades adequadas, que conferem benefícios à saúde do hospedeiro.

Losada e Olleros (2002) citaram que o equilíbrio da microflora intestinal exerce papel de extrema importância na saúde do hospedeiro. A microflora normal do intestino possui bactérias não patogênicas, que são a primeira barreira contra a colonização intestinal por bactérias patogênicas (Weese, 2002). Em animais, durante períodos de estresse, o balanço da microflora intestinal pode ser alterado, causando diminuição da população de bactérias benéficas, favorecendo, assim, o crescimento e a invasão do trato intestinal por bactérias patogênicas. Alterações na composição da dieta e nos horários de fornecimento, viagem, fadiga, medo, intensidade de trabalho, parasitose, grande concentração de animais e aplicação de antibióticos são situações que interferem no balanço do ecossistema intestinal. O uso de probióticos tem o objetivo de restabelecer a relação ideal entre essas bactérias, aumentando a resistência a doenças e evitando a perda de peso. Montes e Pugh (1993) haviam explicado que, além de aumentar a defesa contra doenças infecciosas, o balanço de microrganismos no trato digestivo no animal saudável também ajuda na máxima digestão e absorção dos nutrientes.

São propriedades necessárias para a seleção de um probiótico efetivo: ser inócuo ao hospedeiro, ao homem e ao meio ambiente; ser habitante natural do trato digestivo de animais saudáveis, devendo, portanto, ser espécie-específico; ser capaz de produzir culturas viáveis em concentrações efetivas e com baixos requisitos para cultivo; ter sua eficiência comprovada no animal em questão; tolerar o baixo pH do suco gástrico, sais biliares e secreções pancreáticas e intestinais; ter habilidade em aderir-se às células epiteliais do intestino; possuir a capacidade de ser ativado e multiplicado rapidamente após a ingestão do produto; produzir fatores antimicrobianos; inibir os patógenos entéricos; manter-se viável durante a estocagem e transporte; resistir aos antibióticos e outros inibidores; resistir as altas temperaturas de processamento e outras condições tecnológicas; não transportar genes transmissores de resistência a antibióticos; possuir propriedades anti-mutagênicas e anti-carcinogênicas; assim

como resistir a fagos e ao oxigênio (Vanbelle et al., 1990; Weese, 2001; Coppola e Turnes, 2004).

Fuller (1989) descreveu os possíveis mecanismos de ação dos probióticos: (1) Supressão das bactérias patogênicas por produção de componentes antibacterianos, competição por nutrientes e/ou competição por sítios de ligação; (2) Alteração do metabolismo microbiano pelo aumento ou queda da atividade enzimática; (3) Simulação de imunidade pelo aumento do nível de anticorpos ou aumento da atividade dos macrófagos.

Então, um dos mecanismos sugeridos como modo de ação é a exclusão competitiva, onde os probióticos competiriam com os patógenos por sítios de fixação e nutrientes, impedindo sua ação transitoriamente. O sucesso da adesão desses microrganismos no trato intestinal se dá por meio da fixação na parede do epitélio ou pelo crescimento mais rápido que a sua eliminação pelo peristaltismo intestinal. Essa hipótese explica a necessidade de administração contínua e em elevadas doses, para manifestação de seus efeitos (Coppola e Turnes, 2004). Vanbelle et al. (1990) considerou que, para que tais efeitos ocorram, é necessário a suplementação de 10^6 a 10^7 UFC/g de bactérias viáveis com fácil proliferação *in vivo* e *in vitro*. Importante salientar que Porubcan (1990) havia determinado que muitos dos modos de ação dos probióticos, baseados em propriedades *in vitro* das bactérias, não foram observados e confirmados *in vivo*.

Apesar de Lestrade (1994) ter ressaltado que os mecanismos de ação dos probióticos não estão totalmente elucidados, o mesmo autor enfatizou que a habilidade desses microrganismos em agir como reguladores da microbiota intestinal tem a ver com a produção de enzimas digestivas e/ou de fatores estimulantes do sistema imune.

Coppola e Turnes (2004), concordando com Lestrade (1994), afirmaram que os probióticos podem afetar os patógenos através da síntese de bacteriocinas, ácidos orgânicos voláteis e peróxido de hidrogênio. Montes e Pugh (1993) relataram que a queda do pH causada pelos produtos do metabolismo dos probióticos, tais como ácidos láctico, acético e fórmico, tornam o ambiente desfavorável para o desenvolvimento dos patógenos, aumentando a resistência às doenças. Salminen et al. (1998) enfatizaram que a ingestão de cepas probióticas tem capacidade de estabilizar a barreira imunológica da parede intestinal por reforçar a produção de imunoglobulina A. Moriñigo (2003) também afirmou que a resposta imune frente aos microorganismos intestinais e a normalização da microecologia intestinal, durante o processo inflamatório, são importantes efeitos produzidos pelos probióticos.

Entretanto, Coppola e Turnes (2004) afirmaram que os mecanismos da imunoestimulação promovidos pelo uso de probióticos, tanto no homem quanto nos animais, ainda não estão totalmente esclarecidos. Esses autores relacionaram o efeito imunoestimulante à capacidade dos microrganismos de interagirem com as placas de Peyer e células intestinais, estimulando as células B, produtoras de imunoglobulina A e migração de células T para o intestino.

2.2.1. Probióticos na alimentação equina

A composição das dietas para os equinos variam usualmente de proporções de 100:0 até 20:80 de volumoso:concentrado, nunca sendo composta por 100% de grãos. Esse fato se deve à necessidade mínima de fibra na dieta desses animais para garantir o perfeito funcionamento do sistema digestivo (Marlin e Nankervis, 2002). A presença da fibra é essencial na nutrição de cavalos e para digeri-la, o trato digestivo depende da ação dos microrganismos presentes no ceco-cólon, os quais realizam sua fermentação, produzindo, além de metano e dióxido de carbono, os ácidos graxos voláteis (AGV): acético, propiônico e butírico. Esses AGVs são absorvidos e utilizados como fonte de energia complementar, podendo suprir até 30% das necessidades energéticas dos equinos (Bergman, 1990).

De acordo com Meyer (1995), em cavalos, a digestibilidade da fibra é menor que a dos outros nutrientes da dieta, e para Wolter (1977), apenas 30% da fibra do alimento volumoso é digerida no intestino grosso dessa espécie. Além disso, quanto maior o conteúdo fibroso da dieta, menor será sua digestibilidade (Meyer, 1995).

A melhora da qualidade da microflora do ceco-cólon dos cavalos, através da suplementação com probióticos, pode melhorar a digestibilidade dos nutrientes da dieta, especialmente a dos componentes fibrosos. Segundo Morgan et al. (2007), estratégias para aumentar a digestibilidade de forrageiras de baixa qualidade pode ser uma boa alternativa para os produtores, trazendo benefícios para a saúde dos equinos.

Considerando os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da dieta em equinos, a literatura apresenta resultados díspares quanto ao efeito da suplementação com probióticos. Isso pode estar relacionado ao fato de que os autores utilizaram animais de diferentes idades, raças e sexo (Furtado et al., 2010) e segundo Julliand (2006), os dados de digestibilidade dos nutrientes da dieta variam de acordo com a cepa do microrganismo oferecida, a quantidade oferecida do suplemento e a composição da própria dieta.

Porubcan (1990) descreveu que os dois gêneros mais eficientes de probióticos para cavalos são *Lactobacillus* e *Streptococcus*. White (2003) enfatizou que os nutricionistas também selecionaram e preservaram esses dois gêneros como principais probióticos na alimentação equina, incluindo as leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, o que confirmou a citação de Jones (2003). Segundo Lewis (2000), os produtos probióticos mais comumente destinados aos equinos são as culturas bacterianas vivas de *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus faecium* e *Bacillus subtilis*, e as culturas de leveduras vivas de *Saccharomyces cerevisiae* e *Aspergillus oryzae*.

Kim et al. (1991) realizaram um estudo para avaliar os efeitos da suplementação de equinos com cultura de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, analisando a digestibilidade dos nutrientes de vários componentes da dieta. A digestibilidade da matéria seca (MS), fibra em

detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose (HEM) foram maiores ($P<0,05$) no grupo suplementado.

Moore et al. (1994) desenvolveram experimento em que adicionaram 10 g de leveduras na dieta de pôneis, composta de 65% de feno de *coast-cross* (*Cynodon dactylon*) e 35% de concentrado, a fim de melhorar a digestão e/ou alterar a população bacteriana do ceco. Os autores demonstraram que a adição de leveduras influenciou positivamente a digestibilidade da MS (62,09%), PB (68,60%), FDN (59,34%) e FDA (56,13%) e que os animais suplementados com o probiótico apresentaram maiores concentrações de protozoários, bactérias celulolíticas, bactérias que utilizam lactato e também de *Lactobacillus* no ceco. Em 1998, Hill e Gutsell também relataram que a adição de cultura de leveduras na dieta de equinos aumentou a digestibilidade da FDN e a absorção intestinal do P.

Morgan et al. (2007) realizaram experimento avaliando a suplementação com cultura de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* (56 g/animal/dia) na digestibilidade de forrageiras de alta e baixa qualidade em cavalos adultos. Os equinos foram divididos em quatro grupos e receberam dieta composta de forragem de alta qualidade (13,1% PB; 73,1% FDN; 35,3% FDA e 6% cinzas) ou de baixa qualidade (8,1% PB; 75,3% FDN; 37,6% FDA e 4,3% cinzas) e concentrado comercial, sendo suplementados ou não com cultura de leveduras. Não houve efeito do probiótico no consumo de matéria seca. A suplementação com cultura de leveduras aumentou a digestibilidade da FDN ($p<0,05$) e da PB ($p<0,03$) de 25,10% para 30,40% e de 47,50% para 53,05%, respectivamente, nos cavalos que receberam forrageiras de baixa qualidade, não tendo efeito no outro grupo. A digestibilidade da FDA não foi influenciada pela adição da levedura na dieta. Os autores recomendaram que equinos adultos recebendo forrageiras de baixa qualidade na dieta deveriam ser suplementados com o probiótico.

Agazzi et al. (2011) avaliaram o efeito da suplementação com leveduras na digestibilidade aparente dos ingredientes de uma dieta com alto teor de fibra em cavalos adultos e observaram que a suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* aumentou a digestibilidade aparente da MS, FDN e FDA. Considerando a digestibilidade da PB, Hill et al. (2001) avaliaram equinos consumindo dietas com alta relação volumoso:concentrado (80:20) suplementadas com levedura e observaram aumento na digestibilidade aparente da PB, de 64,3% para 72,8%.

Em potros, Hausenblasz et al. (1993) avaliaram a suplementação diária de levedura na quantidade de 8 g, com dieta composta por fenos (gramínea e leguminosa), aveia e concentrado e demonstraram que a adição de levedura aumentou ($P<0,05$) a digestibilidade aparente da MS e PB de 53,48% e 50,37% para 56,29% e 56,55%, respectivamente. Da mesma forma, Glade e Sist (1998), em estudo com potros aos 12 meses de idade, mantidos a pasto, recebendo concentrado com 12% de PB e suplementação diária de 4 g de levedura, observaram aumento na digestibilidade da MS, FDN e FDA, de 68,6%; 51,7% e 51,2% para 73,4%; 60,7% e 58,2%, respectivamente.

Moura et al. (2009) concluíram que os probióticos podem ser utilizados como estratégia nutricional para a melhora do aproveitamento da dieta em potros desmamados. Nesse trabalho ficou confirmado o efeito das leveduras no melhor aproveitamento da porção mais digestível da fibra, pois houve aumento da digestibilidade da hemicelulose. De acordo com esses autores, o benefício dos probióticos na maior digestibilidade da porção fibrosa da dieta pode ser atribuído à redução do potencial de oxi-redução do ambiente intestinal, causado por esses aditivos. Os resultados de Moura et al. (2009) confirmaram os achados de Glade e Biesik (1986), os quais testaram os efeitos da utilização de levedura na alimentação de potros e também obtiveram aumento na digestibilidade da hemicelulose.

Rezende et al. (2010) demonstraram o efeito de probióticos na melhor utilização da porção fibrosa da dieta, utilizando cavalos em treinamento, os quais receberam cultura de leveduras na alimentação e dieta com proporção volumoso:concentrado variando de 70:30 a 50:50, de acordo com a condição corporal dos animais. Foi detectado aumento ($P < 0,05$) na digestibilidade da hemicelulose e da energia digestível (ED). Mas, não houve diferença ($P > 0,05$) na digestibilidade da MS, PB, FDN e FDA. Os autores concluíram que os aditivos probióticos, compostos por leveduras vivas, podem ser adicionados na dieta de equinos em treinamento aeróbico, visando aumentar a digestibilidade da fração fibrosa e ED da dieta, a fim de incrementar o aporte energético para esses animais.

A influência da suplementação com cultura de levedura em cavalos, com propósito de determinar a digestibilidade de uma dieta basal com 4 níveis diferentes de cultura de levedura, com 0, 10, 20 e 40 g/animal/dia foi testado por Hall et al. (1990), utilizando machos castrados de três anos de idade. A digestibilidade aparente da MS, MM, PB, EE, FDN, FDA, HEM e lignina não foram diferentes ($P > 0,05$) entre as dietas suplementadas e as não suplementadas. Segundo os autores, a falta de diferença significativa entre os tratamentos utilizados sugere que, ou os animais não ingeriram quantidade suficiente de levedura ou que a levedura foi digerida e utilizada como fonte de nutriente, ao invés de estimular a fermentação no intestino grosso.

Ribeiro (1998) avaliou uma dieta para potros composta por 50% de feno de *coast-cross*, 50% de concentrado e 30 g de leveduras e não observou melhoria na digestibilidade da fração fibrosa da dieta, que foi de 38,45% e 30,28% para FDN e FDA, respectivamente. Por outro lado, houve maior eficiência ($P < 0,05$) na digestibilidade da PB, de 70,9% para 74,5% na dieta com levedura. Os altos coeficientes de digestibilidade aparente observados para PB nas dietas com probiótico, em relação àquelas sem probiótico, podem ter sido ocasionados pela diminuição na excreção de nitrogênio fecal, decorrente de um estímulo na reciclagem de nitrogênio endógeno, como citado por Glade e Sist (1998), e sugerido por Kim et al. (1991). Por outro lado, Ribeiro (1998) relatou que a melhora na digestibilidade proteica com a inclusão de levedura pode ser decorrente do aumento na atividade microbiana no intestino grosso, favorecendo a digestibilidade de compostos nitrogenados.

Furtado et al. (2010), estudando o efeito da suplementação com probióticos (*Saccharomyces cerevisiae*) nos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta (MS, PB, FDN,

FDA e EE) em cavalos adultos, observaram que a suplementação com probióticos não alterou os coeficientes de digestibilidade aparente da dieta, com exceção do EE, que foi superior para a dieta capim-tifton com probiótico. A qualidade nutricional do feno influenciou os coeficientes de digestibilidade da MS, da PB e do EE, sendo maiores nas dietas de feno de alfafa com probiótico quando comparadas com as de feno de capim tifton sem probiótico. Nesse trabalho, também foram determinados o pH e a microbiologia fecal. A utilização da cultura de levedura aumentou a população de *Lactobacillus* nas fezes dos animais que receberam a dieta com feno de capim tifton com probiótico, mas não houve efeito na população dessas bactérias nas dietas com feno de alfafa. A população de *Streptococcus* nas fezes aumentou com a suplementação de levedura, tanto na dieta com feno de capim-tifton como naquela com feno de alfafa. A dieta com capim tifton 85 sem probiótico promoveu redução nos valores de pH fecal 14 e 17 horas após a alimentação. Considerando ainda os valores de pH fecal nesses períodos após a alimentação, as dietas suplementadas com probiótico apresentaram valores superiores àqueles obtidos sem adição da levedura.

Lattimer et al. (2007) testaram os efeitos da suplementação com leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) em cavalos recebendo dietas com alta proporção de fibra e alta proporção de concentrado, avaliando a digestibilidade da MS, FDN e FDA, o pH, a população microbiana e a produção de lactato e acetato no ceco. A suplementação com o probiótico não teve efeito na digestibilidade da MS, FDN e FDA, assim como na concentração de estreptococos, lactobacilos, bactérias utilizadoras de lactato e celulolíticas. O pH e a produção de lactato também não foram alterados. O probiótico levou a um aumento ($P<0,05$) da produção de acetato nas dietas com alta proporção de concentrado.

Cavalos em treinamento são alimentados com dietas contendo baixo teor de fibra e ricas em amido, a fim de suprir suas necessidades energéticas. De acordo com Julliand (2006), a alta concentração de amido na dieta, acima de 3,5 g de amido/kg de peso vivo, ultrapassa a capacidade de absorção do intestino delgado, permitindo a chegada de partículas não digeridas no intestino grosso, as quais são rapidamente fermentadas. A rápida fermentação do amido no intestino grosso altera a composição da microbiota (Julliand et al., 2001), com proliferação de lactobacilos e estreptococos (Goodson et al., 1988; Bailey et al., 2003), o que leva ao acúmulo de ácido lático e de outros ácidos orgânicos no ceco dos equinos (Nordlund et al., 1995; Owens et al., 1998). Esse desequilíbrio da população microbiana, associado à produção do ácido lático causa dois problemas: (1) queda do pH, o que deprime a digestão da fibra (Pagan, 1998; Julliand et al., 2001); (2) aumento do potencial de produção de endotoxinas por algumas bactérias (Clarke et al., 1990). Esses distúrbios podem perpetuar a acidose, ocasionando úlceras, cólica, endotoxemia e laminite nos cavalos (Clarke et al., 1990; de Fombelle et al., 2001; Bailey et al., 2003; Andrews et al., 2005).

Drogoul et al. (2001) examinaram o efeito de três proporções volumoso:concentrado (100:0, 70:30 e 50:50) nos coeficientes de digestibilidade da dieta de equinos e observaram que a proporção 50:50 diminuiu a digestibilidade da FDN (46,1% na proporção 100:0 e 39,3% na proporção 50:50). Os autores concluíram que o aumento da proporção de concentrado aumentou a taxa de passagem pelo intestino delgado, resultando na maior chegada de

carboidratos no ceco, com consequente alteração da população microbiana. Moore et al. (1994) constataram que equinos consumindo dietas com proporção de 50:50 e 30:70 de volumoso:concentrado, quando foram suplementados com a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, tiveram aumento do número de bactérias celulolíticas e utilizadoras de lactato no ceco.

Medina et al. (2002) realizaram um estudo com oito cavalos adultos fistulados, alimentados com dietas contendo alta porcentagem de fibra ou alta concentração de amido, com ou sem suplementação diária de 10 g de *Saccharomyces cerevisiae*. Foram coletadas amostras no ceco e no cólon desses animais, a fim de avaliar a concentração de bactérias anaeróbicas totais, bactérias celulolíticas, bactérias que utilizam ácido láctico, lactobacilos e estreptococos. As concentrações de ácido láctico, ácidos graxos voláteis, amônia e o pH também foram mensuradas. A suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* aumentou a concentração de células vivas viáveis ($P < 0,001$) no ceco e cólon no valor de $4,3 \times 10^6$ e $4,5 \times 10^4$ UFC/g, respectivamente. Entretanto, os autores observaram concentrações reduzidas de bactérias celulolíticas e maiores concentrações de estreptococos, lactobacilos e bactérias que utilizam lactato nos animais que receberam dietas com alto amido, quando comparados aos que receberam dietas com alta fibra. A cepa do probiótico utilizada chegou ao ceco e ao cólon ventral direito e sobreviveu, mas não foi capaz de colonizá-los. Aparentemente, a suplementação com a levedura garantiu a saúde do intestino grosso, reduzindo a queda do pH ($P < 0,005$) e das concentrações de ácido láctico no ceco e no cólon após as refeições, modificando também as concentrações de amônia, a porcentagem molar de acetato e butirato nas dietas com alto teor de amido e a razão acetato + butirato/propionato nas dietas com alto teor de fibra. Esses resultados sugeriram que a suplementação ajudou os cavalos a tolerarem melhor dietas com alto teor de amido, sem desenvolver distúrbios intestinais. E quando à digestão do amido no intestino delgado tornou-se saturada, o efeito da suplementação com o probiótico limitou as mudanças indesejáveis no balanço do ecossistema intestinal dos equinos.

Jouany et al. (2007), analisando a influência da cultura de *Saccharomyces cerevisiae* na digestibilidade aparente e na taxa de passagem dos alimentos, em cavalos alimentados com concentrado e volumosos em proporções iguais, concluíram que a suplementação com a levedura melhorou a digestibilidade da FDA ($P = 0,038$), estimulou a ingestão de MS ($P = 0,03$), de FDN ($P = 0,038$) e de HEM ($P = 0,023$), mas não teve efeito no tempo de retenção da digesta sólida. O aumento da digestão da FDA foi independente do tipo de dieta, demonstrando que houve estímulo da atividade dos microrganismos celulolíticos no intestino grosso. A ausência de significância na interação dieta e *Saccharomyces cerevisiae*, ressalta a estratégia de usar a levedura para estimular a digestão da celulose e melhorar o estado nutricional em caso de cavalos submetidos a dietas com alto teor de concentrado.

Swyers et al. (2008), conduziram um estudo, a fim de determinar o efeito da suplementação com microrganismos probióticos (grupo 1: controle, sem suplementação; grupo 2: suplementado somente com *Lactobacillus acidophilus* e grupo 3: suplementado com *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium bifidum* e *Enterococcus faecium*) na digestibilidade e no risco de acidose em equinos, os quais receberam altas doses

de amido na alimentação. Os autores concluíram que a suplementação com as culturas de bactérias produtoras de ácido lático apresentou efeitos limitados na digestibilidade dos nutrientes e na redução do risco de acidose.

Moura et al. (2011) citaram que, em cavalos, os AGVs produzidos no ceco a partir da fermentação são absorvidos e utilizados como fontes de carbono e energia. De acordo com Bergman (1990) o acetato é o principal ácido graxo produzido e a proporção acetato:propionato:butirato varia de 75:15:10 a 40:40:20, dependendo da composição da dieta. Booth et al. (2001) avaliaram a adição de quantidades crescentes de probióticos na dieta de cavalos Quarto de Milha em repouso e os parâmetros avaliados foram o pH e as concentrações de lactato e dos AGVs (acético, propiônico e butírico) no ceco desses animais. Não foi constatada diferença nas concentrações de lactato e pH. Entretanto, o grupo suplementado com probióticos apresentou menor proporção de acetato:butirato e maior concentração de propionato. Os autores sugeriram efeito positivo do probiótico no desenvolvimento das bactérias que degradam lactato, produzindo dessa forma, maiores concentrações de propionato.

Outra linha de pesquisa que vem sendo desenvolvida está relacionada à utilização dos probióticos em cavalos de esporte, visando à melhora no desempenho atlético desses animais. Em estudo desenvolvido por Glade e Campbell-Taylor (1990), dois grupos de cavalos adultos jovens participaram de um programa de treinamento de seis semanas, sendo o exercício realizado em esteira ergométrica com aumento gradativo da carga de trabalho a cada semana. Um dos grupos recebeu suplementação com cultura de leveduras. Após as seis semanas, as concentrações médias de lactato sanguíneo do grupo suplementado com probióticos foi de 30,08 mg/dL e as do grupo sem suplementação foi de 41,29 mg/dL ($P<0,01$), com aumento mais lento dessas concentrações no plasma após 15 minutos ou mais de exercício na quarta semana de treinamento, e após 20 minutos ou mais na sexta semana de treinamento no grupo que recebeu suplementação. As menores taxas de lactato no sangue podem ter sido consequência da maior taxa de fermentação dos substratos da dieta no intestino grosso, culminando em maior produção de ácidos graxos voláteis, o que pode ter reduzido a utilização dos carboidratos de reserva. Durante 35 minutos de exercício, o grupo suplementado apresentou menor FC nos 5 primeiros minutos e nos 10 últimos ($P<0,01$), demonstrando um ganho no desempenho físico. Os autores concluíram que a suplementação de equinos em treinamento com cultura de leveduras melhora o desempenho atlético desses animais.

Da mesma forma, no trabalho de Biel et al. (1990), cavalos submetidos a exercício de alta intensidade e suplementados com probióticos apresentaram menores concentrações plasmáticas de lactato no período de recuperação. Durante o exercício não foi observada diferença significativa nas concentrações de lactato.

Kolterman et al. (1993) relataram efeito interativo entre a suplementação com leveduras e o condicionamento de cavalos, sugerindo que os probióticos alteraram a via de utilização da energia durante o exercício. Eles observaram que os cavalos suplementados com o aditivo apresentaram maiores concentrações plasmáticas de triacilgliceróis e de glicose durante os

últimos minutos do exercício e na recuperação, dando a entender que houve uma maior metabolização de lipídeos para obtenção de energia, poupando os estoques de glicogênio, retardando dessa forma o início da fadiga.

Art et al. (1994) desenvolveram estudo sobre os efeitos da suplementação probiótica em equinos durante treinamento, por meio da análise de parâmetros físicos, hematológicos e bioquímicos. Dois grupos de equinos foram treinados e comparados por 12 semanas, sendo um dos grupos suplementado com probiótico comercial, contendo cultura de levedura. O grupo suplementado apresentou diferenças ($P < 0,05$) em parâmetros de avaliação física, tais como consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), volume máximo de dióxido de carbono produzido (VCO_{2max}), proporção consumo de oxigênio/frequência cardíaca (VO_2/FC) e proporção de troca respiratória (VE/VO_2). As três primeiras variáveis foram maiores e a última menor no grupo suplementado, sugerindo melhor desempenho. Os parâmetros hematológicos e a atividade enzimática no plasma não foram influenciados pela suplementação com probióticos. Os autores concluíram que a utilização de probióticos modificou os efeitos fisiológicos dos animais, proporcionando maior capacidade de utilização dos carboidratos através da via aeróbica, ressaltando que esses efeitos ocorrem durante o treinamento e não em períodos de inatividade.

Nos estudos de Kim et al. (1991) foi comprovado que a suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* aumentou a concentração de hemácias e de hemoglobina no sangue dos equinos. Marteau e Boutron-Ruault (2002) realizaram estudos que também demonstraram aumento na concentração de hemoglobina após o exercício de cavalos suplementados com probióticos, sugerindo melhor desempenho atlético desses animais.

Entretanto, os resultados das pesquisas sobre os benefícios indiretos que os probióticos podem trazer ao cavalo atleta são contraditórios e não estão bem esclarecidos (Glade e Campbell-Taylor, 1990; Biel et al, 1990; Art et al, 1994; Votion et al., 1994). Rezende et al. (2010) não encontraram diferença ($P < 0,05$) em parâmetros físicos e metabólicos avaliados antes e após o treinamento em cavalos suplementados com probióticos.

2.3. Desempenho atlético dos equinos

2.3.1. Metabolismo energético

A produção e a utilização apropriada de energia são essenciais para os equinos que estão realizando algum tipo de exercício, sendo preponderantes para o ótimo desempenho (Harris e Harris, 1998). Toda atividade atlética envolve a conversão da energia química, oferecida ao cavalo através da alimentação, em energia mecânica, a qual se expressa através da locomoção (Clayton, 1991).

Através da dieta, o cavalo tem acesso aos substratos energéticos, principalmente carboidratos e lipídeos, sendo que alguns dos produtos da digestão desses nutrientes podem ser imediatamente utilizados, gerando prontamente energia para a contração muscular. Entretanto, a maioria desses produtos é convertida em novas substâncias, as quais são estocadas no fígado, músculos e tecido adiposo para serem utilizadas posteriormente na obtenção de energia (Marlin e Nankervis, 2002; Boffi, 2007). A energia contida nos substratos energéticos é convertida em um único ingrediente vital, o ATP (adenosina trifosfato), que é a forma de energia universal, a qual garante o funcionamento normal de todas as células do organismo.

Quando a molécula de ATP é quebrada, ocorre liberação de um fosfato, dando origem a uma molécula de ADP (adenosina difosfato). Essa reação libera a energia estocada, a qual é utilizada pelas fibras musculares (Boffi, 2007). A energia é gerada primeiramente a partir da quebra do ATP livre e da fosfocreatina, presentes na musculatura. Os estoques de ATP livre nos músculos são capazes de fornecer energia por poucos segundos, apenas no início do exercício, quando ocorrem as primeiras contrações musculares. A energia proveniente da quebra da molécula de fosfocreatina em creatina e fósforo inorgânico, também é capaz de suprir somente os primeiros segundos de exercício, especialmente em situações quando alta velocidade e rápida aceleração são requeridas (Clayton, 1991; Castejón et al., 1995).

O principal aporte de energia para o cavalo atleta provém do desdobramento do glicogênio muscular e das reservas lipídicas do organismo (Castejón et al., 1995). O glicogênio estocado na musculatura e os triglicerídeos armazenados no tecido adiposo são os principais reservatórios de glicose e ácidos graxos, respectivamente. A glicose e os ácidos graxos livres, quando disponíveis na corrente circulatória, são facilmente metabolizados pelos músculos para a obtenção de energia. Os aminoácidos têm uma mínima contribuição como fonte de energia e somente são utilizados para essa função em casos de exaustão extrema, deficiência nutricional ou enfermidade do animal (Clayton, 1991; Boffi, 2007).

Rivero (2007) citou que há diferentes vias de metabolização dos substratos energéticos para obtenção de energia durante o exercício. A via aeróbica, a qual produz ATP a partir da utilização do oxigênio e a via anaeróbica, onde a produção de energia acontece sem a presença do mesmo. Ambas as vias são acionadas durante o exercício e a contribuição de cada uma delas depende da natureza, intensidade, duração e frequência do exercício, da composição do tipo de fibra muscular, da disponibilidade de oxigênio e de substratos energéticos, além da presença de metabólitos intermediários que podem ativar ou inibir a atuação de algumas enzimas. Em exercícios de intensidade baixa a moderada, a principal via para fornecimento de energia é a aeróbica. Quando a intensidade do exercício aumenta, uma grande proporção da energia é suprida pela via anaeróbica.

No começo do exercício submáximo (menor que 85% do VO_{2MAX}), a glicogenólise muscular é o principal mecanismo para transformar piruvato em acetil-CoA. Essa conversão ocorre no interior da mitocôndria, onde a acetil-CoA serve de substrato para produção de energia a

partir do ciclo de Krebs. No interior das mitocôndrias também ocorre a fosforilação oxidativa e a beta-oxidação dos ácidos graxos livres (Rivero, 2007). Os triglicerídeos armazenados nos adipócitos são hidrolisados em ácidos graxos e glicerol. Os ácidos graxos ganham a corrente circulatória e chegam às mitocôndrias das células musculares, onde também se convertem a acetil-CoA, através da beta-oxidação. A partir daí, entram no ciclo de Krebs para produção de energia (Castejón et al., 1995). Conjuntamente, esses três processos (ciclo de Krebs, fosforilação oxidativa e beta-oxidação) são responsáveis pela produção de energia pela via aeróbica (Rivero, 2007). De acordo com Ferraz et al. (2008), a produção de ATP é muito mais eficiente na presença de oxigênio (O_2), embora essa via aeróbica aconteça de forma mais lenta.

Já a via anaeróbica produz energia num curto espaço de tempo, mas de maneira relativamente ineficaz. O principal combustível para obtenção do ATP, através da glicólise anaeróbica, é o glicogênio intramuscular ou a glicose sanguínea. Quando a razão de ATP/ADP diminui, a glicólise anaeróbica é estimulada (Ferraz et al., 2008). A partir do ponto em que a disponibilidade de oxigênio começa a ser o fator limitante na mitocôndria, o piruvato não pode ser mais convertido em acetil-CoA, passando então a ser convertido em lactato (Rivero, 2007). No início, o acúmulo de lactato intracelular é removido pela célula para a corrente sanguínea, através do transporte ativo. A saturação desse mecanismo resulta no aumento exponencial repentino das concentrações de lactato nas fibras musculares, excedendo a capacidade físico-química de tamponamento das células, o que resulta na queda do pH intramuscular, afetando o mecanismo de contração das fibras musculares (Gollnick et al., 1986). Esse fato é a principal causa de fadiga durante exercícios anaeróbicos.

2.3.2. Treinamento e condicionamento

O principal objetivo de qualquer programa de treinamento em equinos é a melhora do desempenho, o que ocorre a partir de alterações fisiológicas no organismo desses animais, induzidas pela realização de exercícios repetidos (Hinchcliff e Geor, 2004; Rivero, 2007; Rogers et al., 2007). Marlin e Nankervis (2002) ressaltaram que os princípios básicos do bom condicionamento são o aumento da capacidade do cavalo de realizar exercício, o aumento do tempo para que ele atinja a fadiga, o aumento de sua habilidade, força, velocidade e resistência e a diminuição do risco de lesões.

O cavalo é considerado o atleta mais completo entre todos os animais e, por possuírem a mesma estrutura básica e os mesmos mecanismos fisiológicos, todos eles têm potencial para responder favoravelmente ao condicionamento e ao treinamento (Marlin e Nankervis, 2002).

Entretanto, a resposta natural de cavalos ao exercício pode ser positiva ou negativa, dependendo da intensidade, da frequência e do tempo de exercício. Esses fatores são muito importantes e dependem da demanda atlética que o animal será exposto durante a competição. Para prescrição do treinamento, devem ser considerados o tipo de exercício e como este será

realizado (esteira, equitação, etc.), a velocidade (intensidade), a duração (distância), a frequência de cada exercício e o tipo de piso em que o cavalo irá trabalhar. Outros aspectos a serem considerados são a raça, a idade, o histórico de saúde e da rotina anterior de trabalho do animal, o período de tempo disponível para o treinamento até a competição e as condições climáticas do local onde os trabalhos serão realizados (Rogers et al., 2007).

As adaptações mais relevantes ao treinamento acontecem entre a primeira e a 10^a-15^a semana de trabalho (Davie, 2006). Exercícios de longa duração e de baixa intensidade são mais efetivos na melhora da capacidade aeróbica, quando comparados com exercícios de alta intensidade e curta duração (Gansen et al., 1999). Rogers et al. (2007) ressaltaram que a duração do exercício durante o treinamento é o principal fator para aumentar a capacidade aeróbica em cavalos, desde que seja mantida uma velocidade constante.

De acordo com Tyler-McGowan et al. (1998), em cavalos de trote, o aumento da capacidade aeróbica e da força podem ser induzidos com exercícios de baixa a moderada intensidade (60 a 80% do VO_{2MAX}), de pequena duração (6 a 12 minutos por sessão), cinco vezes por semana, durante 16 semanas. Os mesmos autores ainda ressaltaram que o treinamento após esse período, com maior intensidade (100 a 110% do VO_{2MAX}), aumenta a capacidade aeróbica, mas não aumenta a força muscular. Segundo Yamano et al. (2002), na fase inicial do treinamento, a intensidade mínima de exercício deve ser em torno de 50 a 60% do VO_{2MAX} , a fim de aumentar a capacidade aeróbica e intensidades maiores, em torno de 80% do VO_{2MAX} , são necessárias para aumentar a força muscular. Já exercícios com intensidades acima de 165% do VO_{2MAX} aumentam a capacidade anaeróbica, desde que realizados na última fase do treinamento (Miyata et al., 1999; Yamano et al., 2002).

A demanda metabólica da maioria das disciplinas equestres é a aeróbica (Rogers et al., 2007). De acordo com Rivero (2007), em treinamentos de resistência, utilizando exercícios de intensidade submáxima, obtém-se ótima disponibilidade de oxigênio e rápida ativação do metabolismo oxidativo, sendo essa a resposta inicial mais comum ao treinamento, expressa pelo aumento da atividade enzimática de oxidação do glicogênio. Altas taxas de oxidação do piruvato, induzidas pelo exercício prolongado, tendem a causar uma mudança no metabolismo para a obtenção de energia a partir da beta-oxidação dos ácidos graxos livres. Esse fato causa diminuição da glicogenólise muscular.

De acordo com Rogers et al. (2007), vários pesquisadores identificaram que o limiar aeróbico pode ser a mensuração adequada para dividir a carga de trabalho metabólica. O exercício pode ser dividido em zonas metabólicas distintas e em índices de carga de trabalho, derivados da multiplicação do tempo de permanência nas zonas aeróbica e anaeróbica. Esses índices podem ser utilizados para comparar as cargas de trabalho entre sessões de treinamento e entre competições.

Embora os lipídeos sejam a fonte de energia predominante em exercícios de longa duração e de intensidade submáxima, o principal motivo da fadiga é a depleção do glicogênio muscular (Rivero, 2007). O tempo de fadiga representa o volume de exercício que o animal é capaz de

tolerar. É uma expressão direta do condicionamento físico, mas não diferencia quanto à capacidade aeróbica e anaeróbica. A suposição é que o aumento do tempo para a fadiga se deve ao aumento da capacidade aeróbica, expressa em forma estrita ou combinada com a capacidade anaeróbica. O treinamento de resistência envolve a melhora de vários fatores, os quais atrasam o início da fadiga durante exercícios de alta intensidade. Qualquer melhora substancial no uso da energia causa o aumento do tempo para a fadiga.

2.3.3. Lactato

A produção de lactato através da via anaeróbica é uma resposta normal à exigência de energia durante o exercício (Eaton, 1994; Saibene et al., 1985), acontecendo em qualquer modalidade de trabalho (Hodgson e Rose, 1994). Gollnick e Saltin (1982) e Hargreaves (2006) relataram que a produção de lactato também ocorre em exercícios de menores intensidades, realizados abaixo do VO_{2MAX} . É importante ter em mente que dentro de um mesmo músculo existem fibras musculares de diferentes tipos e que, independentemente da disponibilidade de oxigênio, algumas delas não podem produzir energia pela via oxidativa, devido à ausência de mitocôndrias e de mioglobina, ambas vitais para o funcionamento do metabolismo aeróbico (Boffi, 2008).

De acordo com Lindner e Boffi (2006), os fatores que mais afetam a concentração de lactato no sangue são a velocidade e a duração do exercício. Durante testes de esforço progressivo, as concentrações de lactato aumentam linearmente em exercícios de baixa intensidade e exponencialmente em exercícios de alta intensidade (Green et al., 1983; Stanley et al., 1985; Brooks, 1986). Cavalos possuem uma grande habilidade em gerar e metabolizar o lactato em exercícios de alta intensidade e pequena duração, alcançando altas concentrações de lactato nesse tipo de exercício.

As concentrações basais de lactato no sangue variam de 0,5 a 1,5 mmol/L. Após corridas ou exercícios de esforço máximo, os cavalos normalmente apresentam concentrações sanguíneas ou plasmáticas de lactato superiores a 25-30 mmol/L (Harris et al., 1987; Rose e Hodgson, 1994a).

Em cavalos Puro Sangue Inglês, a mensuração da concentração de lactato no sangue é considerada um bom indicador de desempenho (Evans et al., 1993), sendo um parâmetro cada vez mais usado em programas de treinamento (Trilk et al., 2002). A eficácia do programa de treinamento em cavalos é frequentemente avaliada através da relação entre esforço (velocidade) e concentração de lactato sanguíneo.

Em cavalos treinados, há um aumento da participação das vias aeróbicas de produção de energia, com maior glicólise aeróbica e beta-oxidação dos ácidos graxos, causando um retardo na produção de lactato. De acordo com Essén-Gustavsson (1977), em humanos, a caracterização de um bom atleta mostrou menor dependência do glicogênio como fonte de

energia, com maior consumo dos lipídeos, o que pode reduzir a produção de lactato. O acúmulo desse metabólito leva a uma queda do pH intramuscular, causando a inibição da atividade catalítica de algumas enzimas que regulam a velocidade do processo glicolítico (McCutcheon et al., 1992). A queda do pH ocasiona mudanças da permeabilidade do sarcolema, interferindo na união do cálcio com a actinmiosina (Wenger e Reed, 1976). Bronsart et al. (2009), baseados nessa mesma fisiologia, concluíram que o pH sanguíneo apareceu como fator limitante a tolerância ao exercício pelo cavalo. Então, a menor produção de lactato após um determinado exercício indica a melhor forma física do animal (Castejón et al., 1995).

No experimento de Ferraz et al. (2008), o treinamento causou uma redução significativa ($P < 0,05$) na concentração de lactato após o esforço na velocidade de 10 m/s, persistindo nas etapas subsequentes do teste de esforço progressivo. Os autores atribuíram esse fato a menor produção e maior remoção do lactato pela corrente sanguínea.

A resposta das concentrações sanguíneas de lactato em velocidades específicas de exercício tem sido utilizada em numerosos estudos, a fim de avaliar o condicionamento e o desempenho físico dos equinos (Davie et al., 2002; Evans, 2008).

A velocidade onde a concentração de lactato sanguíneo é igual a 4 mmol/L (VLa_4), corresponde a fase onde se inicia o acúmulo de lactato no sangue, tomada como referência para determinação do limiar anaeróbico (Courouc , 1999; Rivero, 2007). O limiar anaeróbico é o ponto onde há perda do equilíbrio dinâmico entre a produção, utilização e remoção de lactato, em razão da produção excessiva do mesmo, ocasionando a elevação exponencial de suas concentrações no sangue (Ferraz et al., 2008).

Quando o cavalo atinge a VLa_4 , o acúmulo de lactato é muito rápido, indicando a participação cada vez mais importante do metabolismo anaeróbico para obtenção de energia (Castejón et al., 1995). Durante treinamentos aeróbicos, a velocidade em que o cavalo começa a acumular lactato no sangue aumenta gradativamente, ou seja, com o aumento do condicionamento a VLa_4 também aumenta. Cavalos com mais tempo de treinamento atingem maior velocidade no limiar anaeróbico.

A velocidade onde a concentração de lactato sanguíneo é de 2 mmol/L (VLa_2) é chamada de limiar aeróbico. Neste limiar, a produção e a eliminação de lactato estão equilibradas e por isso, não há acúmulo de lactato no músculo, indicando que o exercício realizado é eminentemente aeróbico. Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan et al. (1987) encontraram maior VLa_2 em cavalos de enduro treinados. Esses autores concluíram que esses cavalos foram capazes de realizar esforço submáximo, sem acúmulo de lactato no sangue. Maiores valores de VLa_2 também estão relacionados com melhor desempenho.

A velocidade no limiar aeróbico e no anaeróbico depende da raça, da dieta, do tempo de treinamento e de fatores individuais. Os cavalos de resistência têm uma VLa_2 muito alta e por isso podem realizar exercícios de longa duração por maior tempo, antes de chegar a fadiga. Os

cavalos de exercícios de explosão têm VL_{a4} muito alta, podendo correr muito rápido, sem acúmulo acelerado de lactato (Castejón et al., 1995).

A zona de concentração de lactato compreendida entre os 2 e 4 mmol/L é denominada zona de transição aeróbica-anaeróbica, ou zona mista (Castejón et al., 1995). Dentro do espectro de energia mista, o aumento da intensidade do exercício eleva a produção de energia através da via aeróbica e anaeróbica, simultaneamente (McMiken, 1983). A energia mista pode ser avaliada por muitos indicadores. A VL_{a2} é um dos parâmetros ergométricos mais utilizados para a avaliação funcional da produção de energia pelas duas vias.

Muñoz et al.(1997) destacaram que as variáveis mais importantes para serem usadas para avaliar cavalos em treinamento foram VL_{a2} , VL_{a4} , velocidade máxima (V_{MAX}) e lactato plasmático. Os três primeiros tiveram correlação positiva com o condicionamento e a concentração sanguínea de lactato exerceu influência negativa na tolerância ao exercício. Nesse estudo, altos valores do limiar aeróbico e do limiar anaeróbico, juntamente com maiores velocidades máximas atingidas pelos cavalos durante o teste de esforço máximo, foram os melhores indicadores do estado de condicionamento superior dos cavalos.

Segundo McGowan (2008), a determinação da curva de lactato durante o exercício exige a realização de teste ergométrico em esteira rodante. Utilizando um protocolo de teste de exercício progressivo controlado, os aumentos das concentrações sanguíneas de lactato até a fadiga podem ser mensurados, e dessa forma, as VL_{a2} e VL_{a4} podem ser determinadas.

A produção máxima de lactato é também frequentemente mensurada, sendo que os resultados apresentam maior repetibilidade em testes de esforço máximo, quando comparados com testes de esforço progressivo (Weinstein e Skipper, 1998). Após testes de esforço máximo, as concentrações sanguíneas de lactato podem levar até 5 minutos para atingir o pico, devido ao fluxo contínuo de lactato do músculo para o sangue (McGowan, 2008). De acordo com Koho et al. (2002), em exercícios intensos, as concentrações plasmáticas de lactato aumentam durante os primeiros minutos de recuperação. No experimento de Schuback e Essén-Gustavsson (1998), o pico de lactato foi encontrado 5 minutos após a fadiga, no período de recuperação, com valores médios de 27,2 mmol/L. Então, a avaliação das concentrações de lactato pós-exercício se torna outro ponto importante.

Em cavalos, as concentrações sanguíneas de lactato pós-exercício foram correlacionadas com o tempo de corrida na esteira ergométrica a 115% do VO_{2MAX} (Tyler-McGowan et al., 2000). Quanto maior o tempo de corrida, maior foi a concentração de lactato no sangue. Para Räsänen et al. (1995), as altas concentrações de lactato pós-exercício no sangue foram correlacionadas com o bom desempenho dos animais, indicando que os mesmos alcançaram maiores velocidades.

2.3.4. Frequência cardíaca (FC)

A correlação entre desempenho e fisiologia cardiovascular nos equinos é conhecida há muito tempo (Fernandes, 1997). O sistema cardiovascular permite a circulação sanguínea por todo o organismo e está envolvido em praticamente todos os processos vitais (Clayton, 1991). As funções cardiovasculares durante o exercício incluem o transporte de oxigênio e substratos energéticos (glicose, ácidos graxos) para as fibras musculares e a remoção dos produtos do metabolismo dessas fibras (lactato, gás carbônico e água).

Com o início do exercício, alterações cardiovasculares são desencadeadas pelos centros neurais, promovendo aumento significativo na frequência cardíaca (FC) e na força de contração do coração, proporcionais à intensidade do exercício. Ao progredir do repouso para o exercício em ritmo estável, a FC apresenta rápido aumento, seguida por elevação gradual até atingir um platô (McArdle et al., 1992). Segundo Evans (2004), com o início de um exercício de alta intensidade, a FC dos equinos eleva-se rapidamente, podendo, em 30 segundos, alcançar valores próximos a 200 batimentos por minuto (bpm). A relação entre FC e velocidade varia entre raças e entre indivíduos da mesma raça, podendo estar relacionada com a habilidade atlética de cada indivíduo.

A FC apresenta um aumento linear durante a atividade física, proporcional ao aumento da velocidade do exercício, até atingir um valor máximo (FC_{MAX}), que, a partir daí, não se eleva mais, mesmo com o aumento da intensidade de trabalho. A FC_{MAX} de um equino varia de 220 a 240 bpm, o que representa um aumento de quase sete vezes a taxa de repouso. Cada cavalo tem sua FC_{MAX} , que é atingida em uma intensidade de exercício particular e pode variar consideravelmente entre indivíduos.

Uma vez que o cavalo atinge sua FC_{MAX} , torna-se impossível elevar ainda mais a FC ao aumentar a velocidade do exercício (Clayton, 1991). Entretanto, após condicionamento físico, um cavalo alcançará sua FC_{MAX} ao ser submetido a uma maior carga de trabalho e alcançará maior velocidade ou realizará mais trabalho em certa FC (Evans, 2004). No experimento de Schuback e Essén-Gustavsson (1998), a FC_{MAX} dos animais, no último galope, apresentou valores médios de 200 bpm, não havendo diferença quanto aos valores de FC_{MAX} entre os dois testes de esforço máximo, realizados antes e após o treinamento. Segundo Poole e Erickson (2008), a FC_{MAX} não é considerada uma importante forma de avaliar o condicionamento físico, por não apresentar mudanças com o treinamento.

A FC possui alta correlação positiva com a velocidade em exercícios máximos, porém pequena correlação positiva em exercícios de baixa e média intensidade. A causa dessa pequena correlação está relacionada a fatores psicogênicos (Babusci e López, 2007). O estado psíquico do animal é um fator a ser considerado, podendo alterar a FC. A atenção para o estado de saúde e emocional do equino durante as competições é de extrema importância (Kobayashi et al., 1999).

Evans (2004) já havia mencionado que a FC durante atividades ao trote ou cânter pode apresentar grande variação, dependendo da idade, condicionamento e saúde dos equinos. Estudos sobre FC mostraram que equinos jovens ou equinos sem treinamento apresentaram maiores FC durante exercício, quando comparados com equinos mais velhos ou treinados (Lindner e Boffi, 2006). Segundo Babusci e López (2007), a FC_{MAX} sofre redução com o aumento da idade nos equinos.

McKeever (1989) relatou que o monitoramento cardíaco é um dos métodos mais confiáveis e largamente utilizados em avaliações não invasivas das demandas fisiológicas usadas em cavalos durante uma sessão de treinamento. O monitoramento regular da FC pode ajudar na avaliação da resposta ao treinamento (Harris et al., 2007). Entretanto, existem poucos estudos onde realmente foi possível diferenciar a capacidade competitiva de equinos, utilizando esta variável (Lindner e Boffi, 2006).

Nos estudos onde a FC foi utilizada para avaliação do condicionamento físico promovido pelo treinamento, foram observados resultados contrastantes. Ohmura et al. (2001), avaliando o período de sete meses de treinamento de 63 equinos de corrida, observaram redução da FC nos animais durante testes físicos a campo. Por outro lado, Harkins et al. (1990), avaliando dois diferentes métodos de treinamento de equinos PSI, convencional e intervalado, durante cinco meses de treinamento, não observaram diferenças nos valores de FC imediatamente após o teste físico e durante o período de recuperação.

De acordo com McArdle et al. (1992), durante o exercício, indivíduos destreinados apresentam rápida elevação da FC à medida que a intensidade do exercício aumenta. Nas mesmas circunstâncias, indivíduos bem condicionados apresentam aumento da FC em menor intensidade. Consequentemente, atletas com boa resposta cardiovascular ao exercício realizarão mais trabalho, alcançando consumo de oxigênio mais alto antes de chegar a determinada FC submáxima, visto que a FC e o consumo de oxigênio apresentam efeito linear.

Segundo Rogers et al. (2007), a FC tem se mostrado um bom indicador de funcionalidade aeróbica. Diferentes valores de FC são propostos para estimar os limiares aeróbico e anaeróbico. A velocidade onde a FC é igual a 200 bpm (V_{200}) é sensível à melhora do treinamento, sendo a variável mais utilizada para estimar o limiar anaeróbico. Entretanto, esses valores têm sido maiores que o limiar anaeróbico determinado pelas vias respiratórias e o determinado com base no lactato (VL_{a4}). Velocidades relacionadas à FC mais baixas são igualmente aceitas, sendo as mais conhecidas as V_{140} , V_{150} e V_{180} (velocidades nas quais a FC dos equinos deve ter atingido 140, 150 e 180 bpm, respectivamente).

Segundo Muñoz et al. (2005) e Gómez et al. (2004), o valor da FC após o exercício reflete a intensidade do trabalho cardiovascular, sendo o principal determinante do rendimento cardíaco, podendo ser indicador confiável para avaliar a aptidão física e o nível de treinamento que o equino apresenta ao realizar um determinado exercício.

De acordo com Clayton (1991) e Evans (1994), a recuperação da FC é usualmente muito rápida no primeiro minuto após o final do exercício e depois vai diminuindo gradualmente até os valores de repouso. De acordo com Babusci e López (2007), durante o período recuperação, a queda da curva da FC é caracterizada por uma fase inicial, com duração aproximada de um minuto, marcada por pronunciada redução da FC, podendo esta decrescer até valores 50% menores que os alcançados durante o exercício. A segunda etapa é caracterizada por uma redução lenta, alcançando valores basais 25 a 30 minutos após o exercício, em condições normais. Valores altos pós-esforço têm sido associados a características metabólicas de fadiga.

Os valores de FC obtidos durante a recuperação após o exercício são influenciados pela capacidade física dos animais, condicionada pelo treinamento prévio, pela intensidade e duração do mesmo e pelas condições ambientais às quais os animais estão expostos (Gómez et al., 2004). Por isso, a avaliação da recuperação da FC pós-exercício é a melhor ferramenta para diagnosticar os progressos durante o treinamento.

Segundo Perrone et al. (2003), diferentes autores consideraram que a FC aos 5 minutos pós-exercício é um indicador confiável do estado de condicionamento do cavalo, devido à sua alta repetibilidade. Este autor relatou que nos esportes em que se observa uma elevação imediata da FC, ocorre uma diminuição rápida após o exercício, seguida de uma queda lenta até os valores de repouso. Em seu experimento sobre a análise dos parâmetros fisiológicos pós-competição em diferentes esportes hípicas, observou-se relação entre intensidade do exercício e tempo de retorno aos valores basais. No salto, a recuperação da FC ocorreu aos 30 minutos. No passo, aos 15 minutos e no trote, aos 60 minutos.

Evans e Rose (1988) e Butler et al. (1993a) estudaram as adaptações cardiovasculares durante exercícios com aumento da intensidade e durante a recuperação em cavalos da raça Puro Sangue Inglês. Os autores observaram que a FC foi seis vezes maior do que os valores basais durante a maior intensidade de exercício. A FC ficou aproximadamente duas vezes maior que os valores de repouso aos 30 minutos após o término do exercício.

Thomas et al. (1983) testaram os efeitos de 5 e 10 semanas de treinamento em esteira ergométrica na função cardiorespiratória de equinos e verificaram que, em repouso, a FC não foi diferente após o treinamento. Os autores concluíram que o treinamento não interferiu na FC basal.

2.3.5. Ácido úrico

Durante exercícios de alta intensidade, há uma crescente demanda por adenosina trifosfato (ATP) no músculo. A pequena quantidade de ATP livre intramuscular é rapidamente consumida e ambas as vias metabólicas, aeróbica e anaeróbica, são utilizadas para suprir a demanda de energia. Reflexos deste processo podem ser observados através do alto consumo

de oxigênio durante o exercício e baixas concentrações de ATP, fosfocreatina (CP) e glicogênio no músculo, combinados com altas concentrações de ácido lático no músculo e no sangue, após o término de exercícios de alta intensidade em esteira ergométrica ou a campo (Schuback e Essén-Gustavsson, 1998).

A fosfocreatina muscular (CP) e o glicogênio são usados para refosforilação do ADP e, quando os estoques de CP estão se esgotando, inicia-se acúmulo de ADP. O aumento no nível de ADP provoca o desencadeamento da reação da mioquinase, na qual duas moléculas de ADP formam uma de ATP e uma de AMP (adenosina monofosfato) (Räsänen et al., 1996). Posteriormente, a AMP é desaminada a IMP (inosina monofosfato), podendo sofrer degradação via inosina, hipoxantina (Hx) e xantina (X) até ácido úrico em humanos e, finalmente, em alantoína em equinos. A presença desses metabólitos no sangue indica que a utilização de ATP no músculo excedeu sua taxa de renovação e ocorreu perda de nucleotídeos adenosina. Estudos indicaram a existência de correlação entre aumento de concentrações plasmáticas de Hx e ácido úrico e a diminuição de ATP no músculo de cavalos durante exercício (Schuback e Essén-Gustavsson, 1998).

Durante a degradação de nucleotídeos purinas, a hipoxantina sofre oxidação com formação de xantina e ácido úrico, reação que ocorre no endotélio capilar de músculos, fígado e em outros tecidos. O ácido úrico é então transportado para os rins ou para os hepatócitos, onde a uricase o converte em alantoína nos mamíferos não primatas (Räsänen et al., 1996).

Schuback e Essén-Gustavsson (1998) ao realizarem testes de desempenho máximo em esteira ergométrica, em seis cavalos trotadores, encontraram baixas concentrações plasmáticas de ácido úrico durante o repouso e esses valores se mantiveram durante o exercício em todos os animais. Imediatamente após o término do exercício, houve aumento da concentração em todos os cavalos, atingindo os maiores valores aos 20 e 30 minutos de recuperação. Além disso, observaram correlação significativa entre as concentrações de ácido úrico aos 30 minutos de recuperação e de ATP ($r = -0,62$), IMP ($r = 0,63$) e lactato ($r = 0,67$) musculares, imediatamente após o exercício. Também houve correlação entre os picos de concentrações plasmáticas de ácido úrico e a diminuição do teor de ATP muscular, durante o exercício de alta intensidade. Esses resultados são indicativos de que concentração plasmática de ácido úrico pode ser um marcador de degradação de adenina nos nucleotídeos.

Concentrações plasmáticas de ácido úrico aumentam exponencialmente de acordo com o tempo após testes de desempenho máximo, indicando também um aumento na taxa de degradação da purina. O ácido úrico também pode ser formado em plasmas que contém xantina oxidase (XO), mesmo após exercícios moderados (Räsänen et al., 1996).

Räsänen et al. (1996) submeteram seis equinos trotadores a seis sessões de exercícios, com intensidade progressiva, em dois dias, com três dias de intervalo, realizando três exercícios em cada dia. A concentração plasmática de ácido úrico, em relação aos valores de repouso, foi significativamente maior de 0 a 60 minutos de recuperação no primeiro dia e de 5 minutos a 2 horas de recuperação no segundo dia. As concentrações mais altas foram encontradas entre 15

e 30 minutos após o terceiro exercício realizado em velocidade máxima. A atividade da xantina oxidase (XO) foi significativamente elevada dos 5 minutos às 2 horas de recuperação no primeiro dia e dos 5 aos 60 minutos de recuperação no segundo dia. Os resultados deste estudo sugeriram que exercícios físicos podem ser um dos fatores de liberação de XO da superfície de células endoteliais e que esta liberação provavelmente não está relacionada à intensidade do exercício. Além disso, outros resultados insinuam que, após a concentração plasmática de lactato atingir 12 mmol/L, pode existir um aumento na degradação de adenina nucleotídeos e na concentração de ácido úrico plasmático, posteriormente a repetidas sessões de exercícios de alta intensidade.

Stefanon et al. (1999) dividiram 25 equinos trotadores em cinco grupos de exercícios de diferentes metabolismos, representado por aeróbico (Grupo 1), moderadamente anaeróbico (Grupo 2) e essencialmente anaeróbico (Grupos 3, 4 e 5), sendo esses últimos três grupos diferenciados por níveis de intensidade de esforço muscular anaeróbico. Foram encontradas concentrações plasmáticas de ácido úrico mais altas nos grupos 3, 4 e 5, e mais baixas nos grupos 1 e 2, alcançando níveis elevados após 15 minutos do término dos exercícios.

Evans et al. (2002) testaram 20 equinos trotadores após corrida de 1760 metros e 28 cavalos após corrida de 2160 metros. Não houve diferenças significativas entre as concentrações plasmáticas de lactato entre as distâncias dos valores obtidos anteriores à corrida e após 8 minutos. Houve baixa correlação entre as concentrações plasmáticas de lactato obtidas aos 8 minutos após a corrida e o número de corridas ganhas, número de colocação nas corridas e corridas ganhas durante a vida. Não houve correlação entre índices de desempenho e concentrações plasmáticas de ácido úrico nas corridas de 1760 metros. Para corridas de 2160 metros, foi encontrada correlação entre concentrações plasmáticas de ácido úrico aos 8 minutos após a corrida e o número de corridas ganhas e o número de corridas ganhas durante a vida.

Tem sido demonstrado um aumento de ácido úrico em cavalos após esforço prolongado (Castejón et al., 2006) e após exercícios máximos padronizados em esteira (Schuback e Essén-Gustavsson, 1998; Schuback et al., 2000; Schuback et al., 2002) e submáximos em cavalos trotadores (Essén-Gustavsson et al., 1999). O ácido úrico também parece estar relacionado com o desempenho, embora existam achados controversos na literatura. Räsänen et al. (1995) encontraram que concentrações circulantes de ácido úrico são negativamente correlacionadas com índices individuais de desempenho, enquanto Castejón et al (2006) encontraram, em um grupo de animais, que o cavalo mais rápido teve aumento significativo da concentração plasmática de ácido úrico em relação ao cavalo mais lento. Alberghina et al (2010) não encontraram diferença significativa entre as concentrações plasmáticas de ácido úrico entre cavalos treinados e destreinados após testes padronizados de exercício. Snow et al. (1982) concluíram que o aumento das concentrações sanguíneas de ácido úrico após exercícios máximos é menos intenso após um período de treinamento.

2.3.6. Hemoglobina

Em humanos, a correlação entre o consumo máximo de oxigênio (VO_{2MAX}) e a quantidade de hemoglobina tem sido demonstrada em experimentos desde a década de 70 (Ekblom et al. 1972; Ekblom et al., 1976). As hemácias ou eritrócitos, os quais contêm a hemoglobina, possuem uma importância vital no transporte do oxigênio dos pulmões para os músculos e demais tecidos envolvidos no exercício (Weibel et al., 1991).

A correlação entre o rápido aumento das concentrações de hemoglobina e o desempenho foi muito bem definida, com vários experimentos demonstrando aumento da resistência, maiores velocidades com menor gasto de energia e menores concentrações de lactato em testes de exercício padronizados (Calbet et al., 2006). Por outro lado, concentrações reduzidas de hemoglobina reduziram o desempenho atlético.

De acordo com McGowan (2008), em cavalos, a relação entre volume de células vermelhas no sangue, treinamento e desempenho tem sido comprovada. O volume de eritrócitos no sangue aumenta com a idade e com o treinamento.

O treinamento aumenta o volume de hemácias. Esse efeito é mais facilmente observado em cavalos que passaram por um longo período sem serem treinados antes do início do treinamento (McGowan, 2008). Nos estudos de Tyler-McGowan et al. (1999), o aumento do volume de hemácias foi significativo da primeira até a sétima semana, mas não aumentou mais pelas 32 semanas de treinamento seguintes.

Segundo Castejón et al. (2007), o aumento da concentração de hemoglobina após o treinamento está relacionado ao aumento da eritropoiese, devido a maior produção de eritropoietina, como consequência da hipóxia tecidual. Uma possível explicação para esse fato seria o melhor condicionamento dos animais após o treinamento, levando a menor mobilização esplênica de hemácias para a realização de uma mesma carga de trabalho. McKeever et al. (2006) comprovaram a relação entre o volume de hemácias e o desempenho em cavalos, quando administraram pequenas doses de eritropoietina três vezes por semana, durante três semanas, resultando em aumento do hematócrito, da concentração de hemoglobina e do número de hemácias, ocasionando aumento do VO_{2MAX} .

O principal foco no hemograma de cavalos de corrida é o volume de hemácias, a concentração de hemoglobina e o hematócrito (McGowan, 2008). Entretanto, os valores de hemoglobina, hematócrito e número de hemácias podem não refletir o verdadeiro volume de células vermelhas no sangue, porque isso depende do volume da reserva esplênica (Persson, 1983).

O cavalo possui uma grande reserva de hemácias no baço, acima de 50% do volume total, a qual é capaz de influenciar bastante o volume sanguíneo durante o exercício (McGowan, 2008). Quando o cavalo é submetido ao esforço, sobre a influência de catecolaminas, ocorre a

contração esplênica e a liberação dos eritrócitos, aumentando o hematócrito e a hemoglobina (Snow, 1983).

Em cavalos de corrida em treinamento, entre 2 e 9 anos de idade, ocorreu diminuição do número de hemácias. Ao mesmo tempo ocorreu um aumento do tamanho e do conteúdo de hemoglobina no interior dessas hemácias (Allen, 1989).

Os valores de hemograma em cavalos podem apresentar pequenas variações entre indivíduos e raças (Blackmore, 1983), mas os valores de repouso em cavalos normais quase sempre estão de acordo com as referências.

2.3.7. Espirometria

A habilidade atlética superior do cavalo é atribuída a sua elevada capacidade aeróbica, as grandes reservas intramusculares de energia, em particular de glicogênio, grande volume mitocondrial na musculatura e habilidade no transporte de oxigênio, através da contração esplênica com o início do exercício (Hinchcliff et al., 2008). De acordo Jones et al. (1989), a grande capacidade aeróbica do cavalo está associada a alguns fatores, incluindo a elevada capacidade cardiorrespiratória e a enorme concentração de hemoglobina no sangue.

Segundo Lekeux e Art (1994), durante a última década, pesquisas com cavalos em treinamento mostraram crescentes evidências de que o sistema respiratório pode ser um fator limitante para o desempenho máximo desses animais. O uso de testes padrões feitos em esteira tem contribuído largamente para a melhora do conhecimento neste campo.

Para Tenney (1970), a respiração inclui todos os processos químicos e físicos através dos quais o organismo troca gases com o meio ambiente. A principal troca é entre o oxigênio e o gás carbônico, sendo o primeiro necessário para cobrir os requerimentos tissulares do organismo em seu metabolismo oxidativo. O gás carbônico é um produto final importante do metabolismo e deve ser eliminado para a atmosfera. A troca gasosa que ocorre nos pulmões entre o ar alveolar e o sangue capilar pulmonar é chamada de respiração externa ou hematose e a troca que ocorre nos tecidos é chamada de respiração interna ou mitocondrial.

Cavalos possuem adaptações estruturais que melhoram a oxigenação sanguínea nos pulmões, a capacidade de transporte de oxigênio e a eficiência de transmissão do mesmo para os tecidos. O sistema de transporte de oxigênio do ambiente para a musculatura é capaz de levar grandes volumes do mesmo, necessário para suportar as elevadas taxas metabólicas durante exercícios extenuantes (Hinchcliff et al., 2008).

O número de movimentos respiratórios por minuto caracteriza a frequência respiratória (FR). Os cavalos têm uma FR em repouso que varia de 12-20 respirações/minuto. Durante o exercício, a FR pode aumentar para mais de 180 respirações/minuto. Com o fim do exercício,

a FR diminui, devido à parada das forças locomotoras que guiam a respiração e, normalmente, o cavalo respira profundamente algumas vezes (hiperventilação). Após alguns minutos, a FR se mantém entre 60-100 respirações/minuto, até que o débito de O_2 se equilibre (Clayton, 1991).

O consumo de oxigênio (VO_2) pode ser definido como um parâmetro fisiológico que indica a quantidade de oxigênio que um indivíduo está consumindo em determinado momento. Também pode ser definido como a diferença existente entre o oxigênio inspirado e o expirado ao nível do mar. Por sua vez, a produção de gás carbônico (VCO_2) é a quantidade desse gás que um indivíduo está produzindo em determinado momento. O Volume Corrente (VC) é a quantidade de ar inalado e exalado a cada respiração e o volume minuto respiratório (VE) é a quantidade de ar que entra e sai do pulmão a cada minuto, sendo este o produto da frequência respiratória e do volume corrente ($VE = FR \times VC$) (Clayton, 1991). Cavalos Puro Sangue Inglês apresentaram VC de aproximadamente 12 L e VE 1600 L/min durante exercícios de esforço máximo em esteira ergométrica (Constantinopol et al., 1989).

Na velocidade de passo e até certa extensão do trote, o cavalo seleciona uma FR apropriada à intensidade do exercício. Entretanto, no *cânter* (galope curto) ou no galope, a FR é determinada pelos movimentos do galope, estando ligada ao galão, com uma taxa de 1:1. Baldissera (1997) descreveu que a regulação da ventilação nos equinos nas condições de repouso ou exercício de baixa intensidade processa-se de maneira semelhante à dos humanos, com a participação das informações aferentes (provenientes dos pulmões, articulações e dos músculos esqueléticos), informações eferentes (das áreas motoras e hipotalâmicas do sistema nervoso central) e dos quimiorreceptores (sensíveis principalmente às variações de CO_2 e concentração de íons hidrogênio), propiciando um ajuste adequado da ventilação.

Entretanto, durante o galope, o padrão da respiração passa a ser caracterizado pela chamada “teoria do pistão pendular”, na qual a inspiração ocorre durante a fase de vôo da passada, através do deslocamento para cima do pêndulo crânio-cervical (elevação da cabeça e pescoço) e deslocamento caudal das vísceras. O ato expiratório inicia-se durante a fase de apoio da passada, quando ocorre abaixamento da cabeça e pescoço e deslocamento das vísceras cranialmente. Assim, a regulação da ventilação nos equinos está relacionada diretamente com o ato da corrida e não totalmente em função das informações nervosas ou provenientes de quimiorreceptores. Dessa forma, podem ocorrer ajustes inadequados da ventilação e consequentemente do equilíbrio ácido-base, podendo resultar em uma acidose metabólica (Baldissera, 1997).

La Fortuna et al. (1996) confirmaram os efeitos do acoplamento locomotor-respiratório no padrão de respiração em equinos e concluíram que diferentes padrões de respiração são empregados durante a locomoção, devido à interferência entre as funções locomotoras e respiratórias, que podem exercer um papel na otimização e controle da ventilação no exercício em cavalos.

No trabalho de Butler et al. (1993b), ajustes respiratórios foram observados nos cavalos durante exercícios de intensidade crescente e durante a recuperação. Na intensidade mais alta de exercício (12 m/s com 3° de inclinação da esteira) as taxas de VO_2 e de VCO_2 aumentaram 29,4 e 36,8 vezes seus valores de repouso, respectivamente. O VE aumentou 27 vezes seu valor de repouso, com a FR sendo 8,2 vezes maior que o seu valor de repouso, dando a maior contribuição no passo e no trote. Entretanto, com o aumento do galope, a FR mudou pouco, mantendo uma relação com o galão, de 1:1. Neste ponto foi o VC que mais contribuiu para o aumento do VE.

Maughan et al. (2000) relataram que com o ajuste na ventilação, há completa oxigenação sanguínea, porque as pressões de oxigênio (pO_2) e de gás carbônico (pCO_2) alveolar e arterial continuam próximas aos valores de repouso. Em exercícios mais rigorosos, os íons hidrogênio (H^+) liberados pelo músculo ativo são logo supridos pelo bicarbonato (HCO_3^-) presente no plasma, liberando mais CO_2 , mais H^+ e lactato acumulados, causando então queda do pH sanguíneo, ocasionando a acidose metabólica. A acidose metabólica que ocorre durante exercícios intensos é na realidade consequência da troca de gases que acontece nas células. Essa acidose metabólica oferece um estímulo adicional para a ventilação.

O poder oxidativo de um cavalo pode ser previsto, aproximadamente a partir das VLa_4 e V_{200} (Muñoz et al, 1997; Persson, 1997). No entanto, para prever o poder oxidativo é muito mais precisa a determinação do VO_2 e VCO_2 (Castejón et al., 1995). Tem-se observado alta correlação positiva entre o VO_2 e o rendimento físico de cavalos de corrida (Persson, 1997). Existe também uma relação entre a capacidade de VO_2 e o maior potencial para os esforços de resistência aeróbica. O aumento do VO_2 homogêneo indica uma maior produção energética. O VO_2 varia em função da atividade que esteja sendo realizada. Em repouso, o VO_2 de um cavalo é de aproximadamente 3,5 mL/kg/min, podendo chegar a valores superiores aos 200 mL/kg/min quando submetido a exercícios de alta intensidade.

O VO_2 nos permite avaliar de forma indireta o gasto metabólico do animal durante o exercício, já que o oxigênio é utilizado na degradação de carboidratos e lipídeos pela via oxidativa, durante a produção de energia no músculo (Marlin e Nankervis, 2002). Além disso, as altas correlações encontradas entre o VO_2 com lactato (VLa_2) e com o tempo de fadiga sugerem que o aumento da capacidade aeróbica ocorre devido ao aumento da capacidade oxidativa muscular.

O $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ é um índice cardiovascular de atividade física e de estimativa do rendimento físico (Mitchell e Blomqvist, 1971; Mitchell et al., 1958). Historicamente, a mensuração do consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{MAX}}$) tem sido considerada o teste de escolha para predição do sucesso em eventos de resistência (Murase et al., 1981). De acordo com Rose e Hodgson (1994a) e Bronsart et al. (2009), o $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ é considerado a melhor forma de avaliar a capacidade máxima de um equino na execução de exercícios prolongados com predominância aeróbica. Como 70% da energia requerida em uma corrida é gerada a partir do metabolismo aeróbico, o aumento do $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ pode indicar um ganho significativo na disponibilidade de energia.

Segundo Castejón et al. (1995), a avaliação do $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ se realiza objetivamente em função das características do esforço ou em função do peso corporal ($\text{VO}_2/\text{kg PV}$). Um valor alto representa uma condição favorável para as competições de resistência, geralmente com predominância aeróbica. É importante ressaltar que o $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ tem alta relação com a V_{200} e a VL_{a4} (Barly et al., 2004).

De acordo com Bronsart et al. (2009), vários estudos têm demonstrado aumento de 9 a 46% no $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ de cavalos submetidos a várias formas de treinamento, com valores variando de 145 a 162 mL/min/kg (Knight et al., 1991; Eaton et al., 1999; Hinchcliff et al., 2002; Evans e Rose, 1988; Hiraga et al., 1995; Rainger et al., 1994; Geor et al., 1999; Art e Lekeux, 1993; Tyler-McGowan et al., 1996). Alguns estudos determinaram que a intensidade do treinamento foi correlacionada com o aumento do $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ (Poole e Gaesser, 1985; Fox et al., 1973; Laursen et al., 2005). No trabalho de Bronsart et al. (2009) essa correlação não foi observada.

Lekeux e Art (1994) haviam verificado em seus estudos que, cavalos treinados mostraram modificações no fluxo respiratório, $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ e VCO_2 , mas não observaram modificações no VC, na FR e no VE. Este estudo sugeriu que, em cavalos, o aumento no VO_2 induzido pelo treinamento parece ser mais ocasionado pelas mudanças cardiovasculares e hematológicas do que mudanças respiratórias. Consequentemente, eles concluíram que, enquanto todos os outros sistemas relacionados à fisiologia do exercício podem ser eficientemente melhorados e treinados, a capacidade de ventilação tem apenas uma habilidade limitada de se adaptar ao treinamento.

De acordo com Maughan et al. (2000), atletas de resistência são conhecidos por terem um alto $\text{VO}_{2\text{MAX}}$. Para atingir um alto VO_2 , é essencial a existência de um sistema efetivo de transferência de oxigênio da atmosfera para a utilização na mitocôndria dos músculos em atividade. A difusão de oxigênio do lúmen alveolar para o capilar sanguíneo acontece devido à fina membrana que separa os dois e a grande área de superfície pulmonar do cavalo (Hinchcliff et al., 2008). Atletas de resistência bem treinados apresentam uma melhor retirada de oxigênio do sangue. Muñoz et al. (1997) enfatizaram que a capacidade dos tecidos em extrair o oxigênio e a habilidade do organismo em mobilizar o oxigênio deve ser considerada.

Como os eventos de resistência são eventos aeróbicos, cavalos com $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ elevado devem ter vantagem sobre aqueles com menor capacidade aeróbica. Apesar disso, a correlação entre o $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ e o desempenho em corridas de grandes distâncias foi pequena em um grupo homogêneo de animais com $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ similares (Gauvreau et al., 1995). Essas observações sugerem que, embora um $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ elevado seja importante na determinação do sucesso da corrida de longa distância, outras variáveis também são importantes e devem ser utilizadas na avaliação da capacidade de trabalho físico de atletas de resistência.

Hinchcliff et al. (2002) observaram em cavalos Puro Sangue Inglês que o treinamento aumentou o $\text{VO}_{2\text{MAX}}$, o VO_2 e o tempo de fadiga, com os cavalos alcançando maiores velocidades. Rose (1982) encontrou, em cavalos Puro Sangue Inglês, relação linear entre o

VO₂ e a intensidade do exercício. Os valores da VO_{2MAX} desses animais foram de 131 a 153 mL/min.

Gordon et al. (2006), treinando cavalos na faixa de esforço submáximo entre 60 e 70% da FC_{MAX} (determinada em teste de esforço progressivo), cinco vezes por semana, por 30 minutos na esteira, durante oito semanas, verificaram que o treinamento aumentou o VO_{2MAX} em 7% (P<0,03) e a resistência no grupo treinado, não aumentando no grupo que não recebeu treinamento.

No trabalho de Gauvreau et al. (1996) foi observada a correlação entre a medida de variáveis respiratórias e a de lactato sanguíneo, indicando o aumento da atividade glicolítica da musculatura esquelética em cavalos submetidos ao esforço. Entretanto, os autores ressaltaram que cavalos com grande capacidade aeróbica dependem menos da energia produzida por essa via, apresentando menores taxas de trocas respiratórias.

O pulso de oxigênio (pO₂) no limiar anaeróbico é um dos parâmetros ergométricos mais utilizados para a avaliação funcional, além do VO_{2MAX}. É a quantidade de oxigênio consumido durante um ciclo completo de batimento cardíaco (Astrand e Rodahl, 1996). Esse parâmetro pode ser modificado pelo treinamento, alcançando valores máximos ao mesmo tempo em que o VO_{2MAX} é atingido (López e Fernández, 1998). O pO₂ é considerado um parâmetro adequado para indicar a eficiência cardiovascular. A melhora do pO₂ pode acontecer devido a vários fatores, tais como: aumento da hemoglobina no limiar anaeróbico, aumento do inotropismo (força de contração), aumento do volume de ejeção e da pressão e aumento da extração do oxigênio pelo músculo, devido ao aumento da capilarização, da concentração de mitocôndrias e da hemoglobina. Com o aumento da extração de oxigênio, há aumento da diferença arterio-venosa desse mesmo, com aumento do seu consumo em cada limiar.

O débito de oxigênio e a VLa₂ são as variáveis ergométricas mais utilizadas para a avaliação funcional da produção de energia mista (Medbo et al., 1988). O equivalente de oxigênio (EqO₂) é um parâmetro que indica a eficiência respiratória na máxima intensidade aeróbica. O EqO₂ não se modifica no limiar anaeróbico, reforçando a teoria de que a relação entre respiração e locomoção limita a capacidade aeróbica do equino. O VE no limiar anaeróbico acontece no mesmo momento.

Os dois métodos de definição do limiar anaeróbico, sendo eles o limiar de lactato e o limiar respiratório, tem-se mostrado válidos na avaliação do desempenho (Amann et al., 2004). Muito pouco se sabe como as alterações dos parâmetros fisiológicos que influenciam a resposta respiratória (quimiorreceptores e resposta hormonal) irão afetar o desempenho. De acordo com Schneider et al., (1990), em humanos, o limiar anaeróbico, determinado a partir do lactato, ocorre em porcentagens do VO_{2MAX} similares ao limiar anaeróbico determinado pela respiração.

McDonough et al. (2002) observou que o limiar respiratório ocorreu a 60-65% do VO_{2MAX} , mesma porcentagem do VO_{2MAX} na qual o limiar de lactato também ocorreu. Em outro estudo, segundo Langsetmo et al. (1997), o limiar de lactato ocorreu a 45-50% do VO_{2MAX} em cavalos Puro Sangue Inglês.

O treinamento aeróbico aumenta o VO_{2MAX} , o limiar de lactato e o respiratório (Poole e Gaesser, 1985; Casaburi et al., 1987; Tyler-McGowan et al., 1996; Carter et al., 2000). Esse fato sugere que as alterações no aporte de oxigênio e a sua capacidade de utilização, tais como aumento da concentração de mitocôndrias na fibra muscular e aumento da capilarização, são as responsáveis.

A maior concentração de hemoglobina circulante aumenta a capacidade de transporte de oxigênio do sangue arterial mais que 50% durante exercícios intensos (McKeever et al., 1993). Altas taxas de metabolismo aeróbico nos músculos dos cavalos também são favorecidas pela alta densidade capilar, favorecendo o aporte de oxigênio e a elevada atuação das enzimas envolvidas na utilização da energia pelos músculos (Hinchcliff et al., 2008). A boa atividade aeróbica no músculo, quando suprida por substratos adequados e oxigênio, permite a máxima capacidade aeróbica.

2.4. Testes de exercício

Nos últimos anos, testes de exercício têm sido realizados rotineiramente na medicina humana para avaliação do desempenho físico dos indivíduos e o efeito de certas doenças na sua capacidade atlética (Jones e Campbell, 1982; Wasserman et al., 1987). Esses testes são utilizados para mensuração dos parâmetros cardiovasculares e respiratórios, através da variação controlada da intensidade do esforço. Da mesma forma que nos humanos, testes de exercício também podem ser realizados para avaliação das respostas fisiológicas em cavalos (Evans, 2008).

Thomassian (2004) afirmou que a escolha de um cavalo atleta deve levar em consideração as diversas variáveis que indicam o bom desempenho, devendo-se utilizar testes que avaliem as diferentes condições de trabalho. Boffi (2007) comprovou que a determinação da capacidade atlética dos equinos através de testes físicos é utilizada com o objetivo de estimar o potencial competitivo desses animais, determinando seu potencial de desempenho.

O potencial de desempenho é considerado como sendo a capacidade física e, consequentemente, metabólica que o animal apresenta, proporcionando que os dados obtidos sejam comparados com os que se desejam como ideal a ser alcançado. Portanto, o potencial de desempenho pode ser utilizado para seleção, descartando-se animais cujas respostas metabólicas não demonstraram perfil atlético compatível com a modalidade esportiva a que se pretende submetê-lo. Isto não implica, entretanto, em descarte definitivo, pois

condicionamento, treinamento e alimentação adequados podem proporcionar melhores respostas metabólicas ao trabalho esportivo (Courouc , 1999).

Os testes de esforço físico permitem também comparar a qualidade entre diferentes cavalos ou de um mesmo indivíduo em diferentes momentos, auxiliando na identificação da resposta ao treinamento e da eficiência do programa de condicionamento. Gómez et al. (2004) concordaram com a importância da realização de testes de avaliação física quando descreveram que, para respeitar os limites fisiológicos dos equinos, veterinários e treinadores devem avaliar par metros físicos capazes de determinar metodologias individuais de treinamento, podendo assim alcançarem o condicionamento físico desejado, sem prejuízo a saúde dos animais. Os testes de esforço realizados em cavalos têm sido conduzidos a campo, nas pistas de treinamento ou em laboratórios equipados com esteiras ergométricas específicas para a espécie.

A utilização da esteira ergométrica de alta velocidade na avaliação do desempenho de cavalos submetidos ao treinamento tem sido cada vez mais comum nas universidades e nos centros de pesquisas veterinárias, levando ao desenvolvimento de vários protocolos de uso para diagnóstico do desempenho desses animais (Morris e Seeherman, 1991; Martin et al., 2000).

Segundo Birks et al. (2002), os resultados da avaliação do desempenho de cavalos atletas durante exercícios controlados em esteira ergométrica de alta velocidade são mais confiáveis. Os motivos são óbvios. O ambiente físico é controlado (temperatura e umidade relativa do ar), sendo possível a condução dos testes de forma precisa e padronizada. A duração, a intensidade e as velocidades de cada ensaio podem ser repetidas com exatidão, além do acesso aos cavalos acontecer de forma mais fácil, favorecendo as mensurações de par metros do sistema cardiovascular e coletas de sangue nos tempos apropriados, independente desse momento ser antes, durante ou após o exercício (Evans, 2008).

Mensurações de funções metabólicas e da capacidade cardiorrespiratória durante o exercício promovem informações sobre a capacidade de produção de energia, transporte de oxigênio e capacidade aeróbica ou anaeróbica dos cavalos, dependendo da duração e intensidade do esforço. O potencial atlético do equino pode ser baseado nas medidas de transporte de oxigênio ou na estimativa do potencial anaeróbico, dependendo da duração e intensidade do evento competitivo. Além disso, mudanças no nível de condicionamento devem ser avaliadas durante o exercício. Marlin e Nankervis (2002) enfatizaram que pouquíssimas informações sobre o condicionamento individual de cavalos podem ser obtidas com medidas de repouso.

De acordo com Thomassian (2005), o objetivo dos testes é avaliar par metros metabólicos relativos ao diagnóstico de perda de desempenho atlético, determinação do potencial de desempenho e avaliação da resposta ao treinamento em cavalos atletas. Dessa maneira, os par metros mensurados durante um teste de exercício refletirão a capacidade metabólica do cavalo com relação ao seu desempenho atlético. A avaliação do desempenho físico pode ser realizada através da utilização de diversos par metros fisiológicos, destacando-se o consumo

de oxigênio máximo, a concentração de lactato sanguíneo, a frequência cardíaca e avaliações hematológicas, bioquímicas e hormonais (Terra et al., 2010).

Um dos pontos mais importantes para a realização desses testes é a necessidade de padronização dos procedimentos, para que os dados gerados possam ser comparados com os de testes subsequentes, utilizando o mesmo animal ou outros cavalos da mesma idade e grau de condicionamento (Rose e Hodgson, 1994b).

De acordo com Terra et al. (2010), para que os cavalos sejam submetidos a qualquer protocolo de teste de exercício na esteira, é necessário que se faça uma fase de pré-condicionamento à ela, que implica na adaptação do animal ao ambiente do laboratório, ao tipo de exercício ao qual será submetido e a sua permanência sobre a esteira nas diferentes velocidades.

Rose e Hodgson (1994b) já haviam ressaltado que um período de adaptação é necessário para introduzir os cavalos ao exercício em uma esteira ergométrica. Esses autores afirmaram que, embora a maioria dos cavalos se adapte rapidamente a essa condição, muitos parâmetros podem ser afetados durante o teste de exercício pela excitação e pelo medo dos cavalos, já que estão sendo exercitados em uma condição diferente da que estão acostumados. Os valores da frequência cardíaca e das concentrações sanguíneas ou plasmáticas de lactato são maiores no início do período de adaptação à esteira. A facilidade de adaptação é individual. Alguns cavalos necessitam de mais tempo para se adaptarem.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização dos animais, local e manejo alimentar

O experimento foi realizado no Laboratório de Avaliação do Desempenho de Equinos, localizado na Escola de Equitação do Exército - EsEqEx, situada na Vila Militar, em Deodoro, Rio de Janeiro/RJ, no período de 30/11/2009 a 10/02/2010. Foram utilizadas 14 éguas da raça Mangalarga Marchador, clinicamente sadias, com idades entre quatro e nove anos, não gestantes, com peso corporal entre 320 e 413 kg. Os animais, anteriormente mantidos a pasto, com baixo ou nenhum condicionamento físico, foram estabulados e vermifugados¹ quinze dias antes da realização do primeiro teste de esforço e a cada 30 dias. Antes de serem confinadas, as éguas foram vacinadas contra encefalomielite equina leste e oeste, influenza equina e tétano² e receberam banhos e aplicação de pasta carrapaticida.

¹Eqvalan® Gold

² Tri-equi (Hertape Calier), partida 002/09

As éguas foram alimentadas durante todo o período experimental com uma dieta composta por feno de *coast cross* (*Cynodon dactylon*) e concentrado comercial³, o qual foi preparado pelo fabricante especificamente para o ensaio experimental, sem a adição de leveduras. Todos os animais receberam também sal mineral⁴.

No início do período experimental e semanalmente, todas as éguas foram pesadas. A cada pesagem, a quantidade de alimento a ser fornecida diariamente foi calculada como 2,5% do peso vivo de cada animal, o que representou o consumo de MS até a próxima pesagem. A quantidade de concentrado fornecida representou 50% desse valor. Esses valores foram determinados para equinos em trabalho moderado, de acordo com o NUTRIENT... (2007). O alimento concentrado foi dividido em três oferecimentos diários, às 06h00min, 12h00min e 18h00min e o feno em duas porções, às 08h00min e 19h00min. O sal mineral foi oferecido na dose recomendada pelo fabricante, em um fornecimento diário, após o primeiro concentrado do dia.

3.2. Planejamento experimental

3.2.1. Desenho experimental

Os procedimentos experimentais foram avaliados e certificados pelo Comitê de ética em experimentação animal da Universidade Federal de Minas Gerais (CETEA- UFMG) sob protocolo nº 206/2008.

O experimento foi realizado em duas fases: fase de pré-condicionamento e fase de treinamento.

Na primeira fase (pré-condicionamento), com duração de quinze dias, as éguas foram adaptadas ao uso da esteira ergométrica de alta velocidade (Sahinco[®]) e do caminhador automático (Sahinco[®]). Durante esse período, os animais também foram adaptados ao uso da máscara espirométrica (MetaVet 1.0, Cortex Biophysik, Alemanha). Essa fase também serviu para que os animais se acostumassem progressivamente à nova rotina de confinamento e alimentação. No final dessa primeira etapa, foi realizado um teste padrão de esforço máximo, a fim de avaliar as variáveis físicas, bioquímicas e respiratórias de cada animal, antes de serem treinados.

Para a realização do teste de esforço máximo, as éguas foram primeiramente aquecidas durante 10 minutos, sendo 5 minutos ao passo na velocidade de 1,6 m/s e 5 minutos na

³Ração Itambé[®] Expander Atleta

⁴Suplemento Itambé[®] Master Equinos

marcha na velocidade de 3,5 m/s, com a esteira sem inclinação. No final do período de aquecimento, a velocidade foi aumentada para 4 m/s e a esteira elevada a inclinação de 3 graus. A partir daí, a velocidade foi aumentada progressivamente em 1 m/s, a cada dois minutos, até que os animais chegassem à fadiga. Na velocidade de 5 m/s, as éguas iniciaram o galope. Após a fadiga as éguas passaram por um período de desaquecimento, com duração de 10 minutos, sendo 5 minutos na marcha (3,5 m/s) e 5 minutos ao passo (1,6 m/s), com a esteira mantida a 3° de inclinação.

A partir do primeiro teste padrão de esforço máximo, teve início a segunda fase do experimento, chamada fase de treinamento. As éguas foram distribuídas aleatoriamente em dois grupos (controle e suplementado), com sete animais em cada grupo. O grupo controle continuou recebendo a dieta padrão e o grupo suplementado recebeu diariamente, além da dieta padrão, 20 g da levedura *Saccharomyces cerevisiae*⁵ (mínimo de $1,0 \times 10^9$ UFC/g), juntamente com o primeiro fornecimento de concentrado. A quantidade da levedura oferecida foi de acordo com as recomendações do fabricante para a espécie equina.

Nessa segunda fase, as éguas foram treinadas durante seis semanas, de segunda a sábado, sendo o exercício realizado em dias alternados na esteira ergométrica e no caminhador automático. Sete animais treinaram na esteira segunda, quarta e sexta-feira e sete animais terça, quinta e sábado. Nos dias em que não trabalharam na esteira, as éguas foram exercitadas ao passo no caminhador. No domingo todos os animais receberam folga para descanso.

O protocolo de treinamento na esteira ergométrica consistiu de um período inicial de aquecimento de 10 minutos, sendo 5 minutos ao passo na velocidade de 1,6 m/s e 5 minutos na marcha a 3,5 m/s. Em seguida, a esteira foi inclinada a 3° e realizados 30 minutos de marcha em velocidade específica individual. Essa velocidade correspondeu a 80% da velocidade do limiar aeróbico de cada animal, determinada no primeiro teste padrão de esforço máximo com uso de máscara espirométrica, e variou de 3,6 a 4,4 m/s entre os animais. O desaquecimento foi realizado durante 10 minutos, sendo 5 minutos na marcha (3,5 m/s) e 5 minutos ao passo (1,6 m/s), sem inclinação da esteira.

O exercício no caminhador consistiu de 60 minutos ao passo na velocidade de 1m/s, sendo 30 minutos de rotação para o sentido horário e 30 minutos para o sentido anti-horário.

Após a fase de treinamento, todas as éguas foram submetidas novamente ao teste padrão de esforço máximo para avaliação do condicionamento físico, seguindo o mesmo protocolo do primeiro teste.

⁵Biosaf Sc 47® - Lesaffre Feed Additives

3.2.2. Ensaio de digestibilidade

Nos seis últimos dias do período de treinamento, antes do teste de exercício, foi fornecido as éguas, juntamente com o concentrado oferecido as 12h00min, o indicador externo de digestibilidade LIPE[®] (lignina purificada e enriquecida), na dose de 500 mg/animal/dia (Lanzetta et al., 2009). Para a adequada adaptação dos animais e eliminação uniforme do indicador nas fezes, o fornecimento do LIPE[®] foi iniciado um dia antes de começar a coleta das amostras de fezes, a qual foi feita diretamente na ampola retal, no período da tarde, uma vez ao dia, nos cinco dias subsequentes. As amostras de fezes foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e imediatamente congeladas até seu processamento.

Amostras de forragem e concentrado foram coletadas no início (30/12/2009), no meio (21/01/2010) e no final (04/02/2010) do período experimental, para avaliação da composição bromatológica e da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). Cada uma dessas amostras também foi acondicionada em saco plástico, identificadas e congeladas para análise posterior.

No final do período experimental, as amostras de fezes e dos alimentos concentrado e volumoso foram descongeladas à temperatura ambiente. Para cada animal foi realizado um *pool* das fezes referente aos cinco dias de coleta, com retirada de uma amostra de aproximadamente 400 g. O material obtido desse *pool* foi pesado e acondicionado em bandeja, sendo pré-seco em estufa de ventilação forçada a 65°C durante 72 horas. Após secagem, foram pesadas e moídas em moinho tipo Willey⁶, em peneira de 1 mm e acondicionados em frascos de polietileno hermeticamente fechados, para posterior análise de produção fecal, determinada pelo LIPE[®] e análise bromatológica. As amostras de concentrado e volumoso, seguindo a mesma metodologia realizada para as amostras de fezes, também foram pré-secas, moídas e acondicionadas para posterior análise de sua composição bromatológica e DIVMS. Esse processo foi realizado no Laboratório de Pesquisas em Saúde Equina – EQUILAB, no Instituto de Veterinária da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

As análises bromatológicas e da DIVMS foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P), de acordo com o método da ASSOCIATION...(1980). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram obtidos de acordo com o método de Van Soest et al., (1991). Para obtenção da digestibilidade dos alimentos volumoso e concentrado, realizou-se a técnica de DIVMS, seguindo a metodologia de Tilley e Terry (1963).

⁶ Retsch

Os valores da análise bromatológica e da DIVMS dos alimentos componentes da dieta estão representados na tabela 1.

Tabela 1: Percentual de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), energia bruta (EB) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) dos alimentos concentrado (C) e volumoso (V) fornecidos em diferentes momentos do período experimental (I: início - 30/12/2009; II: meio - 21/01/2010; III: final - 04/02/2010)

Alimento	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	MM (%)	Ca (%)	P (%)	EB (Mcal/kg)	DIVMS (%)
C I	78,57	17,97	32,69	10,28	2,67	8,35	1,17	1,15	4,54	83,51
C II	82,24	18,5	31,90	9,51	2,29	8,33	1,14	1,10	4,29	86,09
C III	90,23	16,95	29,40	8,77	2,19	7,13	1,08	1,00	4,20	88,38
Média	83,68	17,81	31,33	9,52	2,38	7,94	1,13	1,08	4,34	85,99
V I	89,26	5,33	85,33	40,43	4,84	8,74	0,54	0,34	4,18	42,19
V II	90,84	5,28	83,41	39,35	4,98	7,58	0,48	0,27	4,23	43,33
V III	91,62	6,39	85,68	40,53	5,00	4,75	0,28	0,30	4,38	42,43
Média	90,57	5,67	84,81	40,10	4,94	7,02	0,43	0,30	4,26	42,65

A técnica empregada para análise do teor do indicador LIPE[®] nas fezes foi a Espectroscopia de Infravermelho, utilizando o equipamento FTIV-LAB com HATR (Búler[®]). As análises foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas da Escola de Engenharia Química da Universidade Federal de Minas Gerais.

O teor de LIPE[®] foi determinado nas fezes, estimando-se a produção fecal. Os valores de produção fecal foram calculados conforme descrito por Saliba (2005):

$$PF \text{ (kg)} = \frac{\text{LIPE}^{\text{®}} \text{ fornecido (g)} \times 100}{\frac{A_i}{\text{MS total}}}$$

Onde:

PF = Produção fecal;

Ai = Relação logarítmica das intensidades de absorção das bandas dos comprimentos de onda a 1050 cm⁻¹ / 1650 cm⁻¹;

MS total = matéria seca fecal total.

O Ai foi calculado através da fórmula:

$$Ai = A_{1050} / A_{1650}$$

Sendo que: $A = \log \frac{I_0}{I}$

Onde:

I_0 > maior intensidade e I < intensidade.

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) foi obtido conforme o estimador:

$$CDA (\%) = \frac{(\text{Nutriente ingerido}) - (\text{Nutriente excretado nas fezes})}{(\text{Nutriente ingerido})} \times 100$$

Com os valores de produção fecal (PF) e da digestibilidade *in vitro*, estimou-se o consumo de matéria seca (CMS_{LIPE}) da forrageira fornecida aos animais, conforme o estimador:

$$CMS(LIPE) = \frac{PF}{\left(1 - \frac{DIVMS}{100}\right)}$$

Onde:

CMS = Consumo de Matéria Seca;

PF = Produção fecal;

DIVMS = Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca

3.2.3. Coleta de amostras

Amostras sanguíneas foram coletadas para determinação das concentrações de lactato, ácido úrico e hemoglobina.

A coleta sanguínea para determinação das concentrações basais foi realizada com as éguas em repouso, às 04h00min dos dias de realização dos testes de esforço. Meia hora antes do início de cada teste, as éguas tiveram a fixação de um sistema coletor de sangue na veia jugular esquerda, caracterizado por um cateter acoplado a um tubo extensor, o qual foi preenchido por uma solução anticoagulante (cloreto de sódio a 0,9% e heparina sódica) e protegido por uma

liga de descanso. A coleta de sangue durante os testes de esforço foi realizada por meio desse sistema coletor, nos 15 segundos finais de cada velocidade e aos 10, 30 e 60 minutos do período de recuperação. Antes de cada coleta, o conteúdo presente no sistema coletor foi descartado e após a realização da coleta da amostra, o mesmo foi novamente preenchido com nova solução anticoagulante.

Para determinação da hemoglobina, a amostra sanguínea foi transferida para tubos a vácuo (Vacutainer BD[®]) com anticoagulante (EDTA), sendo a análise realizada imediatamente após a coleta, em contador automático de células ABC-VET (HoribaABX[®]). A concentração de hemoglobina foi avaliada nas amostras dos animais em repouso (basal), a cada velocidade do teste de esforço e aos 10, 30 e 60 minutos após os testes.

As amostras sanguíneas para análises bioquímicas foram coletadas em tubos (Vacutainer BD[®]) com fluoreto de sódio para obtenção do plasma e tubos (Vacutainer BD[®]) sem anticoagulante para obtenção do soro sanguíneo. Essas amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 10 minutos para separação do plasma e soro. Em seguida, alíquotas de soro e plasma de 1 ml foram armazenadas em tubos de polipropileno tipo *eppendorf*, devidamente identificados, e armazenados congelados à temperatura de -18°C para posteriores análises.

As análises das concentrações plasmáticas de lactato foram realizadas nas amostras de plasma, com *kits* reagentes para lactato (Katal[®]), utilizando o espectrofotômetro BTS 315 (Biosystem[®]). As concentrações plasmáticas de lactato foram avaliadas nas amostras dos animais em repouso (basal), nas amostras de cada velocidade e aos 10, 30 e 60 minutos após os testes. As análises das concentrações séricas de ácido úrico foram realizadas nas amostras de soro sanguíneo, com *kits* reagentes para ácido úrico (Biosystem[®]), nos mesmos tempos que as análises de lactato.

A frequência cardíaca (FC) foi mensurada nos dois testes de esforço máximo, utilizando-se um frequencímetro cardíaco Polar-Equine (Polar[®]). Os dados foram coletados desde o início dos testes até 120 minutos após o final de cada teste, sendo armazenados no *software* específico do Polar-Equine.

Os índices V_{150} (velocidade na qual a frequência cardíaca é 150 bpm) e V_{200} (velocidade na qual a frequência cardíaca é 200 bpm) foram estimados para cada animal a partir de regressão linear dos valores de frequência cardíaca em função da velocidade a partir de 6m/s. As estimativas da VLa_2 (velocidade na qual a concentração plasmática de lactato é 2 mmol/L) e da VLa_4 (velocidade na qual a concentração plasmática de lactato é 4 mmol/L) assim como de La_{150} (concentração plasmática de lactato quando a frequência cardíaca é 150 bpm) e La_{200} (concentração plasmática de lactato quando a frequência cardíaca é 200 bpm), foram obtidas através de regressão exponencial, utilizando os resultados da concentração de lactato de cada animal durante os galopes progressivos em cada teste. As concentrações de hemoglobina nos limiares aeróbico e anaeróbico também foram estimadas a partir de regressão exponencial. O tempo de fadiga foi mensurado em cada teste padrão de esforço máximo e correspondeu ao

período desde o início do exercício até o momento da fadiga, quando as éguas não conseguiram mais acompanhar a velocidade da esteira.

Os dados para análise das variáveis respiratórias foram coletados por meio da máscara espirométrica. Antes do início de cada teste de esforço progressivo, a máscara espirométrica foi colocada ao redor da boca e do focinho dos animais e mantida nessa posição com a utilização do cabresto. Posteriormente, o espaço entre a máscara e a cabeça de cada égua foi fechado e o tubo de ar inflado.

Foi utilizado um analisador de gases metabólicos, o qual tem um transdutor ligado à parte anterior da máscara, onde o sensor de fluxo ultrassônico, o sensor infravermelho e o orifício de entrada para as amostras de ar e determinação de CO_2 estão localizados. Foram mensurados continuamente o consumo de oxigênio (VO_2), por meio da célula eletroquímica, a produção de dióxido de carbono (VCO_2), por meio do sensor infravermelho de feixe único não dispersivo, a frequência respiratória e o volume corrente, por meio do sensor de fluxo ultrassônico. Os dados foram calculados em intervalos de 10 segundos, mas somente os dos últimos 50 segundos de cada velocidade foram utilizados para a análise.

A partir dos dados coletados com a máscara espirométrica, foram determinados os limiares aeróbico e anaeróbico, o $\text{VO}_{2\text{MAX}}$, o débito de oxigênio e em cada um dos limiares, o VO_2 , a porcentagem do $\text{VO}_{2\text{MAX}}$, a pressão de O_2 , o volume minuto-respiratório e o equivalente O_2 .

O sistema de análise de gás foi calibrado antes do início dos testes pré e pós-treinamento, utilizando mistura de gases com concentrações de O_2 e CO_2 que estabeleceram a faixa de medição. Os VO_2 e VCO_2 foram corrigidos para condições normais de temperatura, pressão e umidade. O limiar aeróbico foi determinado a partir de ventilação e troca gasosa (Aunola e Rusko, 1988).

3.3. Delineamento experimental e análise estatística

Para a avaliação do ensaio de digestibilidade, o delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso com dois tratamentos (um grupo suplementado com probiótico e um grupo controle) e sete repetições por tratamento (éguas).

Para avaliação do desempenho físico das éguas, o delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas por dois grupos experimentais (suplementado com probiótico e controle), sete repetições (éguas) e as subparcelas foram representadas pelos testes físicos realizados em esteira ergométrica antes (Teste I) e após o treinamento (Teste II).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Fisher a 5% de probabilidade. Os resultados dos testes de avaliação física também foram submetidos à análise de correlação.

Foram utilizados os softwares SISVAR (versão 5.0) (Ferreira, 2008) e o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (versão 9.0) para análise dos dados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito da suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* na digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta

Não foi observada diferença ($P>0,05$) nos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta e no consumo de matéria seca (CMS), quando foram comparados os grupos controle (sem adição de probiótico) e o suplementado com *Saccharomyces cerevisiae*, como demonstrado na tabela 2.

Tabela 2: Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e do consumo de matéria seca (CMS) dos equinos dos grupos Controle e Probiótico

Tratamento	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)						CMS (kg/dia)
	MS	FDN	FDA	HEM	PB	EB	
Controle	65,5	61,3	55,9	65,3	66,5	63,6	8,2
Probiótico	65,4	59,9	53,5	64,7	70,6	64,3	8,0
CV(%)	0,3	3,1	5,5	2,1	7,0	1,1	9,7

Não houve diferença pelo teste de Fisher ($P>0,05$)

Estes resultados confirmam os achados de Hall et al. (1990) e de Furtado et al. (2010), os quais, ao testarem os efeitos da suplementação com a levedura *Saccharomyces cerevisiae* na digestibilidade dos componentes da dieta em equinos, não encontraram diferenças ($P>0,05$) na digestibilidade da MS, PB, FDN, FDA (Hall et al., 1990; Furtado et al., 2010) e hemicelulose (Hall et al., 1990). Da mesma forma, Ribeiro et al. (2003) também não observaram efeito da suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* na digestibilidade da porção fibrosa (FDN e FDA) da dieta em potros.

Em alguns casos, a suplementação com a levedura, pode melhorar a digestibilidade de apenas um ou mais nutrientes da dieta (NUTRIENT..., 2007). Glade e Biesik (1986), Moura et al. (2009) e Rezende et al. (2010) comprovaram que a suplementação com a levedura aumentou

somente a digestibilidade da hemicelulose, que é a porção mais digestível da fibra. Rezende et al. (2010) também observou aumento da digestibilidade da ED. Furtado et al. (2010) observaram que a suplementação com a levedura aumentou somente a digestibilidade do EE. Nesses trabalhos também não houve efeito do probiótico na digestibilidade da MS, PB, FDN e FDA.

A adição de leveduras na dieta de equinos tem como objetivo manter o equilíbrio da microflora intestinal, garantindo assim a saúde dos animais, além de tentar manipular a população microbiana no intestino grosso, visando melhorar a digestão dos ingredientes da dieta e o controle do ambiente intestinal, o que levaria ao maior desenvolvimento e melhor desempenho desses animais (Montes e Pugh, 1993; Weese, 2002). A melhora da qualidade da microflora do ceco-cólon dos cavalos, por meio da suplementação com probióticos, pode incrementar a digestibilidade dos nutrientes da dieta, especialmente a dos componentes fibrosos, o que foi observado e confirmado por Kim et al. (1991), Hausenblasz et al. (1993), Moore et al. (1994), Hill e Gutsell (1998), Glade e Sist (1988), Hill et al. (2001), Morgan et al. (2007) e Agazzi et al. (2011).

Para serem eficazes, os probióticos devem constituir-se de culturas viáveis e serem fornecidos em concentrações efetivas. Devem ter também habilidade em se aderir às células epiteliais do intestino, além de possuir a capacidade de serem ativados e multiplicados rapidamente após sua ingestão (Vanbelle et al., 1990; Weese, 2001; Coppola e Turnes, 2004). Esses fatores podem interferir na capacidade de colonização do intestino grosso e consequentemente, na digestibilidade dos nutrientes da dieta.

Os resultados do presente estudo não confirmaram a comprovação existente de que a adição de leveduras na dieta dos equinos melhora a digestão dos nutrientes da dieta. Analisando os vários estudos realizados que testaram os efeitos da suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* na digestibilidade da dieta, observa-se que os resultados são contraditórios. Isso pode estar relacionado ao fato de que os autores utilizaram animais de diferentes idades, raças e sexo e forneceram quantidades de leveduras, formulações de dietas e qualidade dos ingredientes também diferentes, o que foi observado por Furtado et al. (2010). O sucesso dos efeitos dos probióticos depende também da cepa do microrganismo ofertada aos animais, da quantidade de suplemento oferecida, do tempo de fornecimento e da composição da dieta (Julliand, 2006; NUTRIENT..., 2007).

A dieta oferecida aos animais do presente estudo foi balanceada e forneceu os nutrientes necessários para equinos em trabalho de intensidade moderada (NUTRIENT..., 2007). A composição da mesma foi na proporção de 50:50 de volumoso:concentrado, com alguma variação semanal de 60:40 e 40:60, dependendo da análise de escore corporal e perda ou ganho de peso dos animais, com pesagens realizadas a cada semana, mas sempre retornando à proporção inicial.

Cavalos em treinamento são alimentados com dietas com menor teor de fibra e ricas em amido, a fim de suprir suas necessidades energéticas (NUTRIENT..., 2007). De acordo com

Julliand (2006), a alta concentração de amido na dieta pode ultrapassar a capacidade de absorção do intestino delgado, permitindo a chegada de partículas não digeridas no intestino grosso, as quais são rapidamente fermentadas. A rápida fermentação do amido no intestino grosso altera a composição da microbiota (Julliand et al., 2001), com proliferação de lactobacilos e estreptococos (Goodson et al., 1988; Bailey et al., 2003), o que leva ao acúmulo de ácido láctico e de outros ácidos orgânicos no ceco dos equinos (Nordlund et al., 1995; Owens et al., 1998). Esse fato pode reduzir o pH, deprimindo a digestão da fibra (Pagan, 1998; Julliand et al., 2001), além de aumentar o potencial de produção de endotoxinas por algumas bactérias (Clarke et al., 1990).

No trabalho de Medina et al. (2002), os autores observaram concentrações reduzidas de bactérias celulolíticas e maiores concentrações de estreptococos, lactobacilos e bactérias que utilizam lactato em animais que receberam suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* e dietas com alto teor de amido, quando comparados aos que receberam dietas com alto teor de fibra. Nesse trabalho, os autores destacaram que a cepa do probiótico utilizada chegou ao ceco e ao cólon ventral direito e sobreviveu, mas não foi capaz de colonizá-los.

O mesmo pode ter ocorrido no presente estudo. O maior teor de amido na dieta pode ter diminuído as concentrações de bactérias celulolíticas no ceco-cólon, interferindo na digestibilidade da fibra. A colonização do intestino grosso pela levedura pode também não ter ocorrido. Entretanto, essas suposições contrariam os achados de Moore et al. (1994), os quais constataram que equinos consumindo dietas com proporção de 50:50 e 30:70 de volumoso:concentrado, quando foram suplementados com a levedura, tiveram aumento do número de bactérias celulolíticas, além das bactérias utilizadoras de lactato no ceco.

Em alguns estudos (Hill et al., 2001; Agazzi et al., 2011), foi constatado que a suplementação com probióticos em equinos que receberam altos teores de fibra na dieta foi capaz de aumentar a digestibilidade dos nutrientes. Entretanto, no trabalho de Lattimer et al. (2007), o probiótico não aumentou a digestibilidade da MS, FDN e FDA em dietas com essa mesma característica.

Outra possível causa da ausência de diferença entre os tratamentos do presente estudo pode ser explicada pelo curto período em que os animais receberam a suplementação. As éguas do grupo suplementado com probióticos no presente estudo receberam a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (mínimo de $1,0 \times 10^9$ UFC/g), na dose recomendada pelo fabricante (20 g/dia), por um período de seis semanas. Segundo Ward et al. (2004), quanto maior o tempo de utilização desses aditivos, mais significativos serão seus efeitos.

Outro fator a ser considerado é o fornecimento de quantidade insuficiente de probiótico. Hall et al. (1990) não observaram efeito da suplementação com probióticos na digestibilidade dos nutrientes e sugeriram que os animais podem não ter ingerido quantidades suficientes da levedura ou a levedura foi digerida e utilizada como fonte de nutriente, não colonizando o intestino grosso e assim estimulando a fermentação.

Mesmo sendo o probiótico mais utilizado nas pesquisas, a levedura oferecida pode ter influenciado os resultados de digestibilidade. Moura et al. (2009) comprovavam que o fornecimento de diferentes tipos de probióticos provocou diferenças ($P < 0,05$) na digestibilidade dos ingredientes da dieta em equinos, dependendo do tipo da cepa oferecida. Os autores observaram aumento na digestibilidade somente da hemicelulose em potros suplementados com 5 g/dia da levedura viva *Saccharomyces cerevisiae* (mínimo de $1,0 \times 10^9$ UFC/g), afirmando que a suplementação com essa levedura poderia ter favorecido a população de bactérias celulolíticas no intestino grosso. Entretanto, não houve aumento da digestibilidade nos outros componentes fibrosos da dieta. Já no grupo suplementado com 2 g de bactérias + levedura (mínimo de $3,33 \times 10^7$ UFC/g de *Bifidobacterium bifidum*; $1,66 \times 10^7$ UFC/g de *Enterococcus faecium*; $3,33 \times 10^7$ UFC/g de *Lactobacillus acidophilus*; $1,66 \times 10^7$ UFC/g de *Lactobacillus plantarum* e $3,33 \times 10^5$ UFC de *Saccharomyces cerevisiae*) foi observado maior digestibilidade somente da PB, demonstrando a melhora da atividade proteolítica da microbiota intestinal pela adição de bactérias espécie-específicas, devido ao estímulo da reciclagem endógena do nitrogênio.

Por outro lado, Swyers et al. (2008) não observaram efeito da suplementação com microrganismos probióticos espécie-específicos na digestibilidade de nenhum dos componentes da dieta de equinos. Os autores utilizaram cepas de *Lactobacillus acidophilus* em um grupo e uma composição de *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium*, *Bifidum* e *Enterococcus faecium* em outro grupo, não observando diferença entre eles. Os autores também não observaram efeito do probiótico na redução do risco de acidose, pela suplementação com altas doses de amido na dieta.

O resultado encontrado para o consumo de matéria seca (CMS) confirma os achados de Morgan et al. (2007), os quais também observaram que a suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* não alterou o CMS em cavalos adultos.

4.2. Efeito do treinamento e da suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* no desempenho atlético das éguas

Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os grupos suplementado e controle em nenhum dos parâmetros avaliados nas tabelas 3 e 4. Houve diferença ($P < 0,05$) entre os testes físicos realizados antes e após o treinamento no tempo para fadiga, nos limiares aeróbico e anaeróbico, VLa_2 , VLa_4 e V_{200} (tabelas 3 e 4).

Os limiares aeróbico e anaeróbico, determinados tanto pela espirometria quanto pela concentração de lactato (VLa_2 e VLa_4), apresentaram valores muito próximos. Houve correlação positiva entre o limiar aeróbico, determinado pela espirometria e o determinado pelo lactato (VLa_2) de 63,45% no Teste I e de 74,07% no Teste II (Anexos 1 e 2). Da mesma forma, houve correlação entre o limiar anaeróbico, determinado pela espirometria e o

determinado pelo lactato (VLa₄) de 77,72% no Teste I e de 79,53% no Teste II (Anexos 3 e 4). Os dois métodos de definição do limiar anaeróbico tem-se mostrado válidos na avaliação do desempenho (Amann et al., 2004). Pesquisas têm mostrado que, tanto em humanos quanto em cavalos, o limiar anaeróbico, determinado a partir do lactato, tem ocorrido em porcentagens do VO_{2MAX} similares ao limiar anaeróbico determinado pela espirometria (Schneider et al., 1990; McDonough et al. 2002). Vários autores ressaltaram que essas variáveis são confiáveis na avaliação do efeito do treinamento.

Tabela 3: Médias e coeficiente de variação (CV) das variáveis tempo de fadiga, limiar aeróbico, VLa₂, frequência cardíaca (FC) no limiar aeróbico, velocidade em que a FC é 150 bpm (V₁₅₀) e concentração de lactato na velocidade em que a FC é 150 bpm (Lactato₁₅₀) das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico

Tratamento	Tempo de Fadiga (seg)		Limiar Aeróbico (m/s)		VLa ₂ (m/s)		FC Limiar Aeróbico (bpm)		V ₁₅₀ (m/s)		Lactato ₁₅₀ (mmol/L)	
	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII
Controle	644	716	5,0	5,5	4,8	5,6	180	179	4,3	4,4	1,87	1,50
Probiótico	600	726	4,9	5,8	4,9	5,8	169	175	3,9	4,6	1,63	1,47
Média	622 ^b	721 ^a	5,0 ^b	5,7 ^a	4,9 ^b	5,7 ^a	175	177	4,1	4,5	1,75	1,49
CV (%)	5,0		7,8		9,1		8,6		15,5		19,6	

Médias seguidas de letras minúsculas distintas, na linha, diferem pelo teste de Fisher (P<0,05)

Tabela 4: Médias e coeficiente de variação (CV) das variáveis limiar anaeróbico, velocidade em que a concentração de lactato é 4 mmol/L (VLa₄), frequência cardíaca (FC) no limiar anaeróbico, velocidade em que a FC é 200 bpm (V₂₀₀) e concentração de lactato quando a FC é 200 bpm (Lactato₂₀₀) das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico

Tratamento	Limiar Anaeróbico (m/s)		VLa ₄ (m/s)		FC Limiar Anaeróbico (bpm)		V ₂₀₀ (m/s)		Lactato ₂₀₀ (mmol/L)	
	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII
Controle	6,0	6,3	6,0	6,4	188	193	6,6	7,2	6,81	6,50
Probiótico	5,8	6,5	5,9	6,5	186	192	6,2	7,6	7,20	8,43
Média	5,9 ^b	6,4 ^a	6,0 ^b	6,5 ^a	187	193	6,4 ^b	7,4 ^a	7,01	7,47
CV (%)	8,2		7,5		8,1		14,3		7,5	

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha diferem pelo teste de Fisher (P<0,05)

O treinamento adotado nesse experimento, realizado a 80% do limiar aeróbico, o qual foi determinado no primeiro teste de esforço máximo, sendo, portanto, estritamente aeróbico, ocasionou o aumento dos limiares aeróbico e anaeróbico das éguas e, concomitantemente, de VLa_2 e VLa_4 . Esse resultado mostrou que as éguas melhoraram seu condicionamento físico, comprovando o que foi determinado por Castejón et al. (1995) e Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan et al. (1987), de que durante treinamentos aeróbicos, a velocidade em que o cavalo começa a acumular lactato no sangue aumenta gradativamente, ou seja, com o aumento do condicionamento VLa_2 e VLa_4 também aumentam.

Um dos fatores responsáveis pelo aumento dos limiares aeróbico e anaeróbico, induzidos pelo treinamento, pode ser o maior poder oxidativo do metabolismo. Quando ocorrem altas taxas de oxidação do piruvato, induzidas pelo exercício prolongado há uma tendência de haver uma mudança no metabolismo, que passa a obter mais energia a partir da beta-oxidação dos ácidos graxos livres. Esse fato causa diminuição da glicogenólise muscular, causando menor produção de lactato.

Segundo vários autores, a adaptação mais comum em resposta ao treinamento é o aumento da capacidade aeróbica, expressa pelo aumento da atividade enzimática de oxidação do glicogênio e pela remodelação das fibras musculares, as quais adquirem diferentes características bioquímicas e estruturais. Essas adaptações são: o aumento do número de mitocôndrias, aumento da atividade das enzimas aeróbicas, melhora do transporte da glicose e dos ácidos graxos livres e transformação do tipo de fibra muscular. Ocorre também discreta hipertrofia das fibras acompanhada de aumento do número de capilares sanguíneos. Essas adaptações aumentam o aporte de oxigênio e sua capacidade de utilização pelas fibras musculares durante o exercício (Poole e Gaesser, 1985; Casaburi et al., 1987; Tyler-McGowan et al., 1996; Carter et al., 2000), melhorando a capacidade aeróbica, como também a anaeróbica dos animais.

Os resultados do presente estudo demonstraram que no Teste II, as éguas atingiram maior velocidade quando a FC foi igual a 200 bpm (V_{200}) ($P < 0,05$), concordando com Rogers et al. (2007), os quais constataram que a V_{200} é sensível a melhora do treinamento, sendo uma das variáveis mais utilizadas para estimar o limiar anaeróbico. Entretanto, os autores chamaram a atenção para o fato de que esses valores têm sido maiores que o limiar anaeróbico determinado pela espirometria ou com base no lactato (VLa_4), o que também foi constatado no presente estudo.

Por outro lado, não foi observada diferença ($P > 0,05$) nas velocidades onde as éguas atingiram a FC de 150 bpm (V_{150}) (tabela 3). Os valores da velocidade a 150 bpm representaram 84% do limiar aeróbico (VLa_2) no Teste I e 79% no Teste II, demonstrando que a 150 bpm, as éguas estavam em uma velocidade que caracterizou exercício eminentemente aeróbico. A FC possui alta correlação positiva com a velocidade em exercícios máximos, porém fraca correlação positiva em exercícios de baixa e média intensidade (Babusci e López, 2007). Evans (2004) demonstrou que a FC durante atividades ao trote ou cânter pode apresentar grande variação, não apresentando a linearidade da resposta à intensidade do exercício.

Os valores da FC nos limiares aeróbico e anaeróbico não apresentaram diferença ($P>0,05$) quando comparados os Testes I e II (tabelas 3 e 4). Entretanto, como foram observados maiores limiares aeróbico e anaeróbico no Teste II, os resultados indicam que as éguas alcançaram maiores velocidades, mantendo a mesma FC, comprovando o que foi relatado por Evans (2004), de que, após condicionamento físico, o cavalo realiza mais trabalho numa dada FC. Esses resultados, juntamente com o aumento dos limiares aeróbico e anaeróbico e da V_{200} , comprovaram o melhor condicionamento das éguas desse experimento após o treinamento.

Não foi observada diferença ($P>0,05$) nas concentrações de lactato sanguíneo quando as éguas apresentaram FC de 150 e 200 bpm, avaliadas antes e após o treinamento (tabelas 3 e 4). Entretanto, a velocidade em que as éguas atingiram a FC de 200 bpm foi superior no teste realizado após o treinamento, demonstrando que as éguas atingiram maiores velocidades no Teste II, apresentando a mesma concentração de lactato. Esse resultado comprova que a deposição de lactato no sangue foi menor em exercícios mais intensos.

As concentrações plasmáticas de lactato no momento em que as éguas apresentaram FC igual a 150 bpm foram baixas, próximas aos valores basais normais para a espécie equina. Esse fato demonstra que a produção e a eliminação de lactato estiveram equilibradas nesse momento e por isso, não houve acúmulo de lactato no músculo, indicando que o exercício realizado foi eminentemente aeróbico, concordando com o resultado da variável V_{150} .

Não foi observada diferença ($P>0,05$) nas concentrações de lactato na velocidade máxima, avaliadas antes e após o treinamento, como demonstrado na tabela 5. Esse resultado mostra que aos 10 e 60 minutos do período de recuperação também não foi observada diferença ($P>0,05$) entre os Testes I e II, mas aos 30 minutos desse período foi observada maior concentração de lactato após o treinamento ($P<0,05$). Também na tabela 5, não foi observada nenhuma diferença ($P>0,05$) nas concentrações de lactato entre os grupos suplementado e não suplementado com a levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

Tabela 5: Médias e coeficiente de variação (CV) da concentração máxima de lactato no plasma (Lactato_{MAX}) e das concentrações de lactato aos 10, 30 e 60 minutos do período de recuperação das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico

Tratamento	Lactato _{MAX} (mmol/L)		Lactato 10' (mmol/L)		Lactato 30' (mmol/L)		Lactato 60' (mmol/L)	
	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII
Controle	13,7	15,4	12,6	16,2	7,4	10,1	3,6	4,7
Probiótico	16,5	17,1	14,8	16,6	9,2	11,3	3,7	5,7
Média	15,1	16,3	13,7	16,4	8,3^b	10,7^a	3,7	5,2
CV (%)	3,9		20,7		4,8		38,8	

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha diferem pelo teste de Fisher ($P<0,05$)

Embora o lactato na velocidade máxima não tenha apresentado diferença ($P>0,05$), no Teste II as éguas alcançaram maiores velocidades, resultando em maior tempo para a fadiga (tabela 5). Este fato pode indicar que o acúmulo de lactato no sangue foi mais lento após o treinamento, corroborando com o aumento dos limiares aeróbico e anaeróbico, o que permitiu as éguas realizar trabalho de maior duração e velocidade.

Aos 10 minutos do período de recuperação não houve diferença ($p>0,05$) nas concentrações plasmáticas de lactato, antes e após o treinamento. Como os testes realizados foram de esforço máximo, as éguas atingiram concentrações máximas de lactato. Tal fato, associado ao tempo para a fadiga superior no segundo teste pode ter sido responsável pela semelhança nas concentrações máximas de lactato nos testes I e II. Houve alta correlação positiva das concentrações de lactato nesses dois momentos (Lactato máximo e lactato aos 10 minutos), tanto no Teste I quanto no Teste II (Anexos 5 e 6).

Tyler-McGowan et al. (2000) correlacionaram as concentrações sanguíneas de lactato de equinos após o exercício com o tempo de corrida em esteira ergométrica. No presente estudo, mesmo as éguas tendo realizado exercícios de maior duração e velocidade no segundo teste, as concentrações plasmáticas de lactato aos 10 e 60 minutos de recuperação foram semelhantes entre os testes I e II.

De acordo com Koho et al. (2002), em exercícios intensos, as concentrações plasmáticas de lactato aumentam durante os primeiros minutos do período de recuperação. No presente estudo, embora não tenha sido feita análise estatística para comparar os tempos dentro de cada testes, as concentrações de lactato aos 10 minutos do período de recuperação foram numericamente menores que as encontradas no final de cada teste, quando as éguas chegaram à fadiga. Segundo McGowan (2008), após testes de esforço máximo, as concentrações sanguíneas de lactato podem levar até 5 minutos para atingir o pico, devido ao fluxo contínuo de lactato do músculo para o sangue. Como as amostras foram coletadas após 10 minutos, há a possibilidade do pico de lactato ter acontecido durante esse período.

Como as éguas desempenharam maior esforço durante o Teste II, a taxa de metabolização do lactato pode ter sido mais lenta, devido ao maior esforço físico, justificando a diferença nas concentrações de lactato aos 30 minutos do período de recuperação. Aos 60 minutos de recuperação, as concentrações foram mais baixas em ambos os testes.

Na tabela 6, ficou demonstrado que não houve diferença ($P>0,05$) na FC máxima e na FC aos 10, 20, 30, 60 e 120 minutos do período de recuperação antes e após o treinamento, assim como não houve efeito ($P>0,05$) da suplementação com o probiótico nessas variáveis.

Não houve diferença ($P>0,05$) na FC_{MAX} entre os Testes I e II. Entretanto, no Teste II as éguas percorreram maior número de galopes progressivos em relação ao Teste I. As éguas desenvolveram maior velocidade na mesma FC. Segundo Evans (2004), o treinamento promove aumento da velocidade somente quando a FC_{MAX} é atingida. Desta forma, o sistema

cardiovascular se ajustou ao incremento da atividade física do músculo esquelético e à demanda metabólica durante o segundo teste, reajustando o fluxo sanguíneo com a finalidade de aumentar a disponibilidade de oxigênio e de substratos energéticos para a síntese de ATP, confirmando o trabalho de Babusci e López (2007).

Tabela 6: Médias e coeficiente de variação (CV) da frequência cardíaca máxima (FC_{MAX}) e das frequências cardíacas (FC) aos 10, 20, 30, 60 e 120 minutos do período de recuperação das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico

Tratamento	FC _{MAX} (bpm)		FC 10' (bpm)		FC 20' (bpm)		FC 30' (bpm)		FC 60' (bpm)		FC 120' (bpm)	
	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII
Controle	223	226	120	120	99	105	84	80	56	65	42	43
Probiótico	226	230	127	120	101	101	88	87	56	62	43	44
Média	225	228	124	120	100	103	86	84	56	64	43	44
CV (%)	4,3		18,3		24,0		32,8		25,6		18,0	

Não houve diferença estatística pelo teste de Fisher ($P>0,05$)

Mesmo não havendo diferença ($P>0,05$) na FC em nenhum dos tempos avaliados no período de recuperação de ambos os testes, a FC apresentou rápida redução nos 10 minutos iniciais do período de recuperação de cada teste, seguida de redução mais lenta até os 120 minutos pós-exercício. Segundo Babusci e López (2007), durante o período de recuperação, a queda da FC é caracterizada por uma fase inicial, com duração aproximada de um minuto, marcada por pronunciada redução da FC, podendo esta decrescer até valores 50% menores que os alcançados durante o exercício. A segunda etapa é caracterizada por uma redução lenta, alcançando valores basais 25 a 30 minutos após exercício, em condições normais. No presente estudo, aos 10 minutos a FC estava a aproximadamente 50% dos valores alcançados no esforço máximo, mas atingiram os valores basais somente aos 120 minutos do período de recuperação.

Verifica-se na tabela 7 que houve diferença ($P<0,05$) nas concentrações basais de hemoglobina entre os grupos suplementado e controle. Antes e após o treinamento houve diferença ($P<0,05$) nas concentrações basais de hemoglobina e na porcentagem de hemoglobina nos limiares aeróbico e anaeróbico.

Embora a concentração de hemoglobina não tenha sido alterada entre os Testes I e II nos limiares aeróbico e anaeróbico, assim como as porcentagens máximas de hemoglobina, ficou demonstrado que, no momento em que as éguas alcançaram esses limiares, os quais foram maiores após o treinamento, elas apresentaram a mesma concentração de hemoglobina. Foi necessário menos hemoglobina para suprir maior exigência metabólica. O menor incremento

na porcentagem de hemoglobina nos limiares aeróbico e anaeróbico provou que as éguas tiveram uma menor concentração de hemoglobina circulante nesses limiares após o treinamento, comprovando que foi necessária menor concentração da mesma para suprir as maiores taxas de metabolismo no segundo teste.

A correlação entre o rápido aumento das concentrações de hemoglobina e o desempenho já foi definida, com vários experimentos demonstrando aumento da resistência, maiores velocidades com menor gasto de energia e menores concentrações de lactato em testes de exercício padronizados (Calbet et al., 2006). Segundo Jones et al. (1989), a grande capacidade aeróbica do cavalo está associada a alguns fatores, incluindo a elevada capacidade cardiorrespiratória e a enorme concentração de hemoglobina no sangue.

Segundo Castejón et al. (2007), o aumento da concentração de hemoglobina após o treinamento está relacionado ao aumento da eritropoiese, devido a maior produção de eritropoietina, como consequência da hipóxia tecidual. Uma possível explicação para esse fato seria o melhor condicionamento dos animais após o treinamento, levando a menor mobilização esplênica de hemácias para a realização de uma mesma carga de trabalho. McKeever et al. (2006) comprovaram a relação entre o volume de hemácias e o desempenho em cavalos, quando administraram pequenas doses de eritropoietina três vezes por semana, durante três semanas, resultando em aumento do hematócrito, da concentração de hemoglobina e do número de hemácias, ocasionando aumento do VO_{2MAX} .

Semelhante ao presente estudo, outros trabalhos também observaram aumento na concentração da hemoglobina basal de equinos suplementados com probiótico. Nos estudos de Kim et al. (1991) foi comprovado que a suplementação com *Saccharomyces cerevisiae* aumentou a concentração de hemácias e de hemoglobina no sangue dos equinos. Marteau e Boutron-Ruault (2002) realizaram estudos que também demonstraram aumento na concentração de hemoglobina após o exercício de cavalos suplementados com probióticos, sugerindo melhor desempenho atlético desses animais. Porém, Art et al. (1994) não observaram influência da suplementação com probiótico em equinos submetidos a treinamento.

Tabela 7: Médias e coeficiente de variação (CV) da hemoglobina basal (Hem Basal) e da concentração de hemoglobina (Hem), do incremento da porcentagem de hemoglobina e da porcentagem de hemoglobina máxima nos limiares aeróbico e anaeróbico das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico

Tratamento	Hem Basal (mg/dL)			Hem Limiar Aeróbico (mg/dL)		% Hem incremento Limiar Aeróbico		% Hem _{MAX} Limiar Aeróbico		Hem Limiar Anaeróbico (mg/dL)		% Hem Incremento Limiar Anaeróbico		% Hem _{MAX} Limiar Anaeróbico	
	TI	TII	Média	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII
Controle	10,3	11,2	11,0^B	14,4	15,1	40,5	29,7	93,7	94,4	14,8	15,4	44,51	32,64	96,37	96,57
Probiótico	11,6	12,8	12,0^A	15,1	15,1	36,0	18,5	92,5	92,6	15,7	15,6	41,62	22,9	96,41	95,95
Média	10,8^b	12,2^a		14,8	15,1	38,3^a	24,1^b	93,1	93,5	15,3	15,5	43,06^a	27,77^b	96,39	96,26
CV (%)	10,6			7,5		32,7		5,2		7,3		25,6		4,3	

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem pelo teste de Fisher (P<0,05)

Foi observada diferença ($P < 0,05$) na concentração de ácido úrico na velocidade máxima após o treinamento, como demonstrado na tabela 8. Nessa mesma tabela, observa-se que as concentrações de ácido úrico aos 10, 30 e 60 minutos do período de recuperação não apresentaram diferença ($P > 0,05$) antes e após o treinamento. A suplementação com o probiótico não influenciou ($P > 0,05$) nenhuma dessas variáveis (tabela 8).

Tabela 8: Médias e coeficiente de variação (CV) das concentrações séricas de ácido úrico na velocidade máxima (Ácido Úrico_{MAX}) e aos 10, 30 e 60 minutos do período de recuperação das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico

Tratamento	Ácido Úrico _{MAX} (mg/dL)		Ácido Úrico 10' (mg/dL)		Ácido Úrico 30' (mg/dL)		Ácido Úrico 60' (mg/dL)	
	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII
Controle	0,74	0,65	1,20	1,21	1,14	1,56	0,73	0,97
Probiótico	0,87	0,57	1,61	1,23	1,56	1,36	1,22	1,19
Média	0,81^a	0,61^b	1,41	1,22	1,35	1,46	0,98	1,08
CV (%)	6,9		9,4		13,2		13,7	

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$)

As éguas apresentaram menores concentrações de ácido úrico após o Teste II. Este provém da degradação do ADP, acumulando-se na célula por aumento da hidrólise do ATP, para obtenção de energia durante exercício muito intenso. Nesse estudo, as éguas atingiram maiores velocidades no Teste II e, mesmo assim, as concentrações de ácido úrico foram menores nesse teste, contrariando os estudos de Castejón et al. (1995), no qual foi observado aumento exponencial do ácido úrico relacionado à intensidade do exercício. Por outro lado, Snow et al. (1982) concluíram que o aumento do ácido úrico após exercícios máximos é menos intenso com o treinamento.

Schuback e Éssen-Gustavsson (1998), ao realizarem testes de desempenho máximo em esteira em seis Standardbreds, encontraram baixas concentrações plasmáticas de ácido úrico durante o repouso e esses valores se mantiveram durante o exercício em todos os animais. Imediatamente após o término do exercício, houve aumento da concentração em todos os cavalos, atingindo os maiores valores aos 20 e 30 minutos de recuperação.

Existem achados controversos na literatura relacionando o ácido úrico com o desempenho. Räsänen et al. (1995) encontraram que concentrações circulantes de ácido úrico são negativamente correlacionadas com índices individuais de desempenho, enquanto Castejón et al. (2006) encontraram, em seu grupo de animais, que o cavalo mais rápido teve aumento do nível plasmático de ácido úrico em relação ao cavalo mais lento. Além disso, Alberghina et al

(2010) não encontraram diferença entre as concentrações plasmáticas de ácido úrico de cavalos treinados e destreinados após testes padronizados de exercício.

No presente estudo, houve correlação positiva da concentração máxima de ácido úrico com a concentração máxima de lactato e também entre o ácido úrico e o lactato em todos os momentos do período de recuperação no primeiro teste, o que não foi observado no segundo teste (Anexos 5 e 6).

Houve diferença ($P < 0,05$) entre os testes I e II no consumo máximo de oxigênio (VO_{2MAX}), consumo de oxigênio (VO_2), na pressão de oxigênio (pO_2) e volume minuto respiratório (VE) nos limiares aeróbico e anaeróbico (tabelas 9 e 10). O equivalente oxigênio (EqO_2) apresentou diferença ($P < 0,05$) entre os testes somente no limiar aeróbico. Em relação ao grupo suplementado e controle houve diferença ($P > 0,05$) somente na porcentagem do VO_{2MAX} em que as éguas atingiram os limiares aeróbico e anaeróbico (tabelas 9 e 10).

Em exercícios rigorosos, os íons hidrogênio (H^+) liberados pelo músculo ativo reagem prontamente com o bicarbonato (HCO_3^-) presente no plasma, liberando mais CO_2 , mais H^+ e lactato acumulados, causando então queda do pH sanguíneo, ocasionando a acidose metabólica. Essa acidose metabólica oferece um estímulo adicional para a ventilação.

O sistema de transporte de oxigênio do ambiente para a musculatura é capaz de levar grandes volumes do mesmo, necessário para suportar as elevadas taxas metabólicas durante exercícios extenuantes (Hinchcliff et al., 2008). Com o treinamento, cavalos possuem adaptações estruturais que melhoram a oxigenação sanguínea nos pulmões, a capacidade de transporte de oxigênio e a eficiência de transmissão do mesmo para os tecidos.

Já que o oxigênio é utilizado na degradação de carboidratos e lipídeos pela via oxidativa, durante a produção de energia no músculo, o VO_2 nos permite avaliar de forma indireta o gasto metabólico do animal durante o exercício (Marlin e Nankervis, 2002). Além do mais, as altas correlações encontradas entre o VO_2 e o lactato (VLa_4) e o tempo de fadiga sugerem que o aumento da capacidade aeróbica ocorre devido ao aumento da capacidade oxidativa muscular. Tem-se observado alta correlação positiva entre o VO_2 e o rendimento físico de cavalos de corrida (Persson, 1997). Existe também uma relação entre a capacidade de VO_2 e o maior potencial para os esforços de resistência aeróbica. O aumento do VO_2 homogêneo indica maior produção energética.

O poder oxidativo de um cavalo pode ser previsto, aproximadamente a partir VLa_4 e V_{200} (Muñoz et al, 1997; Persson, 1997). No presente estudo, essas duas variáveis tiveram aumento com o treinamento. No entanto, para prever o poder oxidativo é muito mais precisa a determinação do VO_2 e VCO_2 (Castejón et al., 1995), sendo observado neste estudo o aumento do VO_2 após o treinamento, confirmando o melhor condicionamento dos animais.

Tabela 9: Médias e coeficiente de variação (CV) do consumo máximo de oxigênio (VO_{2MAX}) e do consumo de oxigênio (VO_2), da porcentagem do consumo máximo de oxigênio ($\%VO_{2MAX}$), da pressão de oxigênio (pO_2), do volume minuto respiratório (VE) e do equivalente oxigênio (EqO_2) no limiar aeróbico das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico

Tratamento	VO_{2MAX} (L/min)		VO_2 Limiar Aeróbico (L/min)		$\% VO_{2MAX}$ Limiar Aeróbico		pO_2 Limiar Aeróbico (Torr)		VE Limiar Aeróbico L/min)		EqO_2 Limiar Aeróbico (%)	
	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII
Controle	25,5	28,6	15,0	16,6	58,90 ^{Aa}	58,10 ^{Ba}	12,2	10,9	734	746	49,1	45,1
Probiótico	25,3	28,9	14,9	17,7	59,00 ^{Ab}	61,50 ^{Aa}	11,4	9,9	725	788	48,8	44,5
Média	25,4 ^b	28,8 ^a	14,9 ^b	17,2 ^a	58,95	59,80	11,8 ^a	10,4 ^b	730 ^b	767 ^a	49,0 ^a	44,8 ^b
CV (%)	6,2		6,7		1,7		10,6		5,9		3,2	

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem pelo teste de Fisher ($P < 0,05$)

Tabela 10: Médias e coeficiente de variação (CV) do consumo de oxigênio (VO₂), da porcentagem do consumo máximo de oxigênio (%VO_{2MAX}), do débito de oxigênio, da pressão de oxigênio (pO₂), do volume minuto respiratório (VE) e do equivalente oxigênio (EqO₂) no limiar anaeróbico das éguas Mangalarga Marchador avaliadas antes (TI) e após o treinamento (TII) nos grupos Controle e Probiótico

Tratamento	VO ₂ Limiar Anaeróbico (L/min)		% VO _{2MAX} Limiar Anaeróbico			Débito de O ₂ (mL/kg)		pO ₂ Limiar Anaeróbico (Torr)		VE Limiar Anaeróbico (L/min)		EqO ₂ Limiar Anaeróbico (%)	
	TI	TII	TI	TII	Média	TI	TII	TI	TII	TI	TII	TI	TII
Controle	20,2	22,4	79,20	78,50	78,80^B	49,2	44,9	25,1	19,9	4207	4374	63,6	63,5
Probiótico	20,7	24,0	81,80	83,10	82,50^A	50,5	49,3	27,6	20,2	4065	4402	63,6	64,6
Média	20,4^b	23,2^a	80,5	80,8		49,9	47,1	26,4^a	20,1^b	4136^b	4388^a	63,6	64,1
CV (%)	9,2		4,9			21,5		12,9		6,1		8,8	

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem pelo teste de Fisher (P<0,05)

Historicamente, a mensuração do consumo máximo de oxigênio (VO_{2MAX}) tem sido considerada o teste de escolha para predição do sucesso em eventos de resistência (Murase et al., 1981). No presente estudo, houve aumento do VO_{2MAX} após o treinamento, confirmando o efeito do treinamento, sendo observado também o aumento dos limiares aeróbico e anaeróbico. Embora um VO_{2MAX} elevado seja importante, outras variáveis também devem ser utilizadas na avaliação da capacidade de trabalho físico de atletas de resistência. É importante ressaltar que o VO_{2MAX} tem alta relação com a V_{200} e a VLa_4 (Barly et al., 2004).

Hinchcliff et al. (2002) observaram em cavalos Puro Sangue Inglês que o treinamento aumentou o VO_{2MAX} , o VO_2 e o tempo de fadiga, com os cavalos alcançando maiores velocidades, coincidindo com os resultados do presente estudo. Gordon et al. (2006) também verificaram que o treinamento aumentou o VO_{2MAX} em 7% ($P<0,03$) e a resistência no grupo treinado com exercício aeróbico.

No trabalho de Gauvreau et al. (1996) foi observada a correlação entre a medida de variáveis respiratórias e a de lactato sanguíneo, indicando o aumento da atividade glicolítica da musculatura esquelética em cavalos submetidos ao esforço. No presente estudo, não houve correlação do VO_{2MAX} com o lactato, mas houve alta correlação positiva com o VO_2 (Anexos 1 e 2).

Maughan et al. (2000) relataram que com o ajuste na ventilação, há completa oxigenação sanguínea, porque as pressões de oxigênio (pO_2) e de gás carbônico (pCO_2) alveolar e arterial continuam próximas aos valores de repouso.

No presente trabalho, o pulso de O_2 melhorou significativamente com o treinamento, mostrando o aumento da condução do oxigênio a cada ciclo de batimento cardíaco.

O volume minuto respiratório foi maior após o treinamento. Esse valor é muito influenciado pela velocidade, devido à associação da respiração a locomoção. Assim, como o equivalente de oxigênio, tem uma alta dependência da velocidade e do padrão de locomoção. O equivalente de oxigênio (EqO_2) diminuiu no limiar aeróbico após o treinamento e não foi alterado no limiar anaeróbico. O EqO_2 é um parâmetro que indica a eficiência respiratória na máxima intensidade aeróbica. O EqO_2 não se modifica no limiar anaeróbico, reforçando a teoria de que a relação entre respiração e locomoção limita a capacidade aeróbica do equino.

No presente trabalho foi observada correlação importante do limiar aeróbico, do VO_{2MAX} , da $\%VO_{2MAX}$ no limiar aeróbico e do tempo de fadiga (Anexos 1, 2, 3 e 4). Adicionalmente, foram observados aumentos ($P<0,05$) no limiar aeróbico e anaeróbico, mas não foi observado diferença entre os tratamentos ($P>0,05$) no débito de oxigênio, sendo esse um dos principais indicadores das capacidades aeróbica e anaeróbica.

A suplementação com o probiótico aumentou a porcentagem do VO_{2MAX} nos limiares aeróbico e anaeróbico. Kolterman et al. (1993), Kim et al. (1991) e Marteau e Boutron-Ruault (2002) demonstraram o efeito dos probióticos na melhora do desempenho físico dos cavalos,

devido ao aumento da concentração de hemoglobina no sangue. No presente estudo, foram constatados maiores concentrações basais de hemoglobina, o que pode ter contribuído para o aumento da porcentagem do VO_{2MAX} nos limiares aeróbico e anaeróbico.

No experimento de Art et al. (1994), o grupo suplementado apresentou diferenças ($P < 0,05$) em parâmetros de avaliação física, tais como consumo máximo de oxigênio (VO_{2MAX}), volume máximo de dióxido de carbono produzido (VCO_{2MAX}), proporção consumo de oxigênio/frequência cardíaca (VO_2/FC) e proporção de troca respiratória (VE/VO_2). As três primeiras variáveis foram maiores e a última menor no grupo suplementado, sugerindo maior capacidade de desempenho. O aumento da concentração de hemoglobina pode estar relacionado com a melhora dessas variáveis.

5. CONCLUSÕES

A suplementação com o probiótico *Saccharomyces cerevisiae* não aumentou a digestibilidade dos nutrientes da dieta nas éguas Mangalarga Marchador.

A suplementação com o probiótico aumentou as concentrações basais de hemoglobina e a porcentagem do VO_{MAX} nos limiares aeróbico e anaeróbico, podendo ter auxiliado de alguma forma no melhor desempenho físico das éguas.

O protocolo de treinamento utilizado nesse experimento foi capaz de melhorar a capacidade aeróbica e anaeróbica das éguas, as quais apresentaram melhora em vários fatores de avaliação do condicionamento físico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAZZI, A.; FERRONI, M.; FANELLI, A.; et al. Evaluation of the effects of live yeast supplementation on apparent digestibility of High-Fiber diet in mature horse using the acid insoluble ash marker modified method. *J. Equine Vet. Sci.*, v. 31, p. 13-18, 2011.

ALBERGHINA, D.; PICCIONE, G.; AMORINI, A. M.; et al. Modulation of circulating purines and pyrimidines by physical exercise in the horse. *Eur. J. App. Physiol.*, v. 111, n. 3, p. 549-556, 2010.

ALLEN, B. V. Age differences in the haemogram of the National Hunt trained racehorse. *Equine Vet. J.*, v. 21, p. 309-310, 1989.

- AMANN, M.; SUBUDHI, A. W.; WALKER, J. J. M.; et al. An evaluation of the predictive validity and reliability of ventilatory threshold. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 36, p. 1716-1722, 2004.
- ANDREWS, F. M.; BUCHANAN, B. R.; ELLIOT, S. B.; et al. Gastric ulcers in horses. *J. Anim. Sci.*, v. 83, E. Suppl., p. E18-E21, 2005.
- ART, T.; VOTION, D.; MCENTEE, K.; et al. Cardio-respiratory, hematological and biochemical parameter adjustments to exercise: effect of a probiotic in horses during training. *Vet. Res.*, v. 25, p. 361-370, 1994.
- ART, T., LEKEUX, P. Training-induced medications in cardiorespiratory and ventilator measurements in Thoroughbred horses. *Equine Vet. J.*, v. 25, n. 6, p. 532-536, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DO CAVALO MANGALARGA MARCHADOR – ABCCMM. *A história do cavalo Mangalarga Marchador*. Belo Horizonte: Nova Fronteira, 1991. 89p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DO CAVALO MANGALARGA MARCHADOR – ABCCMM. *Regulamento do serviço de registro genealógico do cavalo Mangalarga Marchador*. Belo Horizonte: ABCCMM, 2007. 36p.
- ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS *International*. *Official methods of analysis*. 13. ed. Washington, D.C.: AOAC, 1980. 1015p.
- ASTRAND, P.; RODAHL, K. *Tratado de fisiologia do exercício*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1996.
- AUNOLA, S.; RUSKO, H. Comparison of two methods for aerobic threshold determination. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v. 57, p. 420-424, 1988.
- BABUSCI, M.; LÓPEZ, E. F. Sistema cardiovascular. In: BOFFI F. M. *Fisiologia del Ejercicio em Equinos*. 1. ed. Buenos Aires: Inter-Médica, 2007. cap. 8, p. 123-132.
- BAILEY, S. R.; BAILLON, M. L.; RYCROFT, A.; et al. Identification of equine cecal bacteria producing amines in an in vitro model of carbohydrate overload. *Appl. Environ. Microbiol.*, v. 69, p. 2087-2093, 2003.
- BALDISSERA, V. Fisiologia do exercício para equinos. *Cad. Tec. Esc. Vet. UFMG*. Belo Horizonte: n. 19, p. 39-47, 1997.
- BARLY, W.; GEOR, R. J.; HINCHCLIFF K. W.; et al. *Equine Sport Medicine and Surgery - basic and clinical sciences of the equine athlete*. Philadelphia: Saunders Company, 2004. p.7, 55, 56 e 771.

BERGMAN, E. N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiol. Rev.*, v. 70, n. 2, p. 567-590, 1990.

BIEL, M.; LAWRENCE, L. M.; NOVAKOFSKI, J.; et al. Effect of yeast culture supplementation on exercising horse. *J. Anim. Sci.*, v. 68, p. 375, 1990.

BIRKS, E. K.; SHULER, K. M.; SOMA, L. R.; et al. EIPH: Postrace endoscopic evaluation of Standardbreds and Thoroughbreds. *Equine Vet. J.*, Suppl. 34, p. 375-378, 2002.

BLACKMORE, D. J. Training and blood chemistry. In: SNOW, D.H. *Equine Exercise physiology*. Cambrigde (MA): Granata editions, p. 344-353, 1983.

BOFFI, F. M. Entrenamiento y adaptación muscular. Substratos y vías metabólicas para la producción de energía. *R. Bras. Zootec.*, v. 37, supl., p. 197- 201, 2008.

BOFFI, F. *Fisiología del Ejercicio em Equinos* – 1. ed. Buenos Aires, Argentina. Cap. 10, p. 145-151, 2007.

BOOTH, J. A.; MILLER-AUWERDA, P. A.; RASMUSSEN, M. A. The effect of a microbial supplement (Horse-Bac) containing *Lactobacillus acidophilus* on the microbial and chemical composition of the cecum in the sedentary horse. In: EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 17, Lexington. *Proceedings...* 2001, p. 183–185.

BROOKS, G. A. The lactate shuttle during exercise and recovery. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 18, p. 360-368, 1986.

BRONSART, L. L.; SIDES, R. H.; BAYLY, W. M. A comparative study of interval and continuous incremental training in Thoroughbreds. *Comp. Exer. Physiol.*, cap. 6, n. 2, p. 49-57, 2009.

BUTLER, P. J.; WOAKES, A. J.; SMALE, K.; et al. Respiratory and cardiovascular adjustments during exercise of increasing intensity and during recovery in Thoroughbred racehorses. *J. Exp. Biol.*, v. 179, p. 159-180, 1993a.

BUTLER, P. J., WOAKES, A. J., ANDERSON, L. S.; et al. Stride length and respiratory tidal volume in exercising Thoroughbred horses. *Respir. Physiol.*, v. 93, n. 1, p. 51-56, 1993b.

CABRERA, A. *Caballos de America*. Buenos Aires: Editorial Sudamerica, 1945. 405p.

CALBET, J. A.; LUNDBY, C.; KOSKOLOU, M.; et al. Importance of hemoglobin concentration to exercise: acute manipulations. *Respir. Physiol. Neurobiol.*, v. 151, p. 132-140, 2006.

- CAMARGO, M. X.; CHIEFFI, A. *Ezoognósia*. São Paulo: Instituto de Zootecnia, 1971. 320p.
- CARTER, H.; JONES, A. M.; BARSTOW, T. J. Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. *J. Appl. Physiol.*, v. 89, p. 1744-1752, 2000.
- CASABURI, R.; STORER, T. W.; BEN-DOV, I.; et al. Effect of endurance training on possible determinants of VO_2 during heavy exercise. *J. Appl. Physiol.*, v. 62, p. 199-207, 1987.
- CASIUCH, R. *O romance da raça: histórias do cavalo Mangalarga Marchador*. São Paulo: Empresa das Artes, 1997. 254p.
- CASTEJÓN, F.; RIBER, C.; SANTISTEBAN, P.; et al. Valoración ergométrica y muscular en cinta rodante. In: LÓPEZ, G. E. V. *Valoración morfofuncional e La selección de reproductores Del Caballo de Pura Raza Española*. 1. ed., Caja Rural. Córdoba, Espanha, p. 99-112, 2007.
- CASTEJÓN, F.; TRIGO P.; MUÑOZ, A.; et al. Uric acid responses to endurance racing and relationships with performance, plasma biochemistry and metabolic alterations. *Equine Vet. J.*, v. 36, Suppl., p. 70-73, 2006.
- CASTEJÓN, F.; RUBIO, M. B.; AGUERA, E. I.; et al. Respuesta hematológica y plasmática al ejercicio en cinta rodante. In: FORO DE OPINIÓN EL CABALLO ESPAÑOL (EDS.). *VALORACIÓN MORFOFUNCIONAL EN LA SELECCIÓN DE REPRODUCTORES DEL CABALLO DE PURA RAZA ESPAÑOLA (CABALLO ANDALUZ)*, Sevilla, 1995. *Proceedings...* Sevilla: Egondi Artes Gráficas, S.A., 1995. p. 187-196.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA. *Estudo do complexo do agronegócio cavalo no Brasil*. Brasília: CNA, MAPA, 2006. 68p.
- CHIEFFI, A. *Criemos bons equídeos*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1950. 229p.
- CLARKE, L. L.; ROBERTS, M. C.; ARGENZIO, R. A. Feeding and digestive problems in horses: Physiologic responses to a concentrated meal. *Vet. Clin. North Am.*, v. 6, p. 433-450, 1990.
- CLAYTON, H. M. *Conditioning Sport Horses*. Mason: Sport Horse Publications, 1991. 242p.
- CONSTANTINOPOL, M.; JONES, J. H.; WEIBER, E. R.; et al. Oxygen transport during exercise in large mammals II. Oxygenuptake by the pulmonary gas exchanger. *J. Appl. Physiol.*, v. 67, p. 871-878, 1989.
- COUROUCÉ, A. Field exercise testing for assessing fitness in French Standardbred trotters. *Vet. J.*, v. 157, p. 112-122, 1999.

COPPOLA, M. M.; TURNES, G. G. Probióticos e resposta imune. *Cienc. Rural*, v. 34, n. 4, p.1297-1303, 2004.

DAVIE, A. J. A scientific approach to training Thoroughbred horses. In: LINDNER, A. *Management of lameness in sport horses*. Netherlands: Wageningen Academic Publishers. p. 69-84, 2006.

DAVIE, A. J., PRIDDLE, T. L., EVANS, D. L. Metabolic responses to sumaximal field exercise tests and .relationships with racing performance in pacing Standardbreds. *Equine Vet. J.*, v. 34, Suppl., p. 112-115, 2002.

DE FOMBELLE, A.; JULLIAND, V.; DROGOUL, C.; et al. Feeding and microbial disorders in horses: 1 – Effects of an abrupt incorporation of 2 levels of barley in a hay diet on microbial profile and activities. *J. Equine Vet. Sci.*, v. 21, p. 439-445, 2001.

DROGOUL, C.; DE FOMBELLE, A.; JULLIAND, V. Feeding and microbial disorders in horses: 2 – Effect of three hay: grain ratios on digesta passage rate and digestibility in ponies. *J. Equine Vet. Sci.*, v. 21, n. 10, p. 487-491, 2001.

EATON, M. D.; HODGSON, D. R.; EVANS, D. L.; et al. Effects of low and moderate intensity training on metabolic responses to exercise in thoroughbred. *Equine Vet. J.*, Suppl., v. 30, p. 521-527, 1999.

EATON, M. D. Energetics and exercise. In: HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. (Eds.). *The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1994. p. 49-61.

EKBLUM, B.; WILSON, G.; ASTRAND, P. O. Central circulation during exercise after venesection and reinfusion of red blood cells. *J. Appl. Physiol.*, v. 40, n. 3, p. 379-383, 1976.

EKBLUM, B.; GOLDBARG, A. N.; GULLBRING, B. Response to exercise after blood loss and reinfusion. *J. Appl. Physiol.*, v. 33, n. 2, p. 175-180, 1972.

ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; GOTTLIEB-VEDI, M.; LINDHOLM A. Muscle adenine nucleotide degradation during submaximal treadmill exercise to fatigue. *Equine Vet J.*, Suppl., v. 30, p. 298-302, 1999.

ESSÉN-GUSTAVSSON, B. Intramuscular substrate utilization during prolonged exercise. *Ann. N Y Acad. Sci.*, v. 301, p. 30-44, 1977.

EVANS, D. Exercise testing in the field. In: HINCHCLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; KANEPS, A. J. *Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse*. Philadelphia: Elsevier, p. 13-27, 2008.

EVANS, D. L. Exercise testing in the field. In: HINCHCLIFF, K. W.; KANEPS, A. J.; GEOR, R. J. *Equine Sports Medicine and Surgery*. Philadelphia: Saunders, cap. 3, p. 19-31, 2004.

EVANS, D. L.; PRIDDLE, T. L.; DAVIE A. J. Plasma lactate and uric acid responses to racing in pacing Standardbreds and relationship with performance. *Equine Vet. J.*, Suppl., v. 34, p. 131-134, 2002.

EVANS, D. L. Training Thoroughbred racehorses. In: HODGSON, D. E.; ROSE, R. J. *The athletic horse*. Philadelphia: W.B. Saunders, p. 393-397, 1994.

EVANS, D. L.; HARRIS, R. C.; SNOW, D. H. Correlations of racing performance with blood lactate and heart rate after exercise in Thoroughbred horses. *Equine Vet. J.*, v. 25, p. 441-445, 1993.

EVANS, D. L.; ROSE, R. J. Cardiovascular and respiratory responses in thoroughbred horses during treadmill exercise. *J. Exp. Biol.*, v. 134, p. 397-408, 1988.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO
.FAO Statistics Division 2010. Disponível em:
<http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor>. Acesso em:
03/01/2012.

FERNANDES, W. R. Avaliação clínica do sistema circulatório. *Cad. Tec. Esc. Vet. UFMG*, n. 19, p 69-75, 1997.

FERRAZ, G. C.; D'ANGELIS, F. H. F.; TEIXEIRA-NETO, A. R.; et al. Blood lactate threshold reflects glucose responses in horses submitted to incremental exercise test. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 60, n. 1, p. 256-259, 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Rev. Symposium*, v. 6, p. 36-41, 2008.

FOX, E. L.; BARTELS, R. L.; BILLINGS, C. E.; et al. Intensity and distance of interval training programs and changes in aerobic power. *Med. Sci. Sports*, v. 5, p. 18-22, 1973.

FULLER, R. A. Review: probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.*, v. 66, p. 365-378, 1989.

FURTADO, C. E.; BARBOZA, E. D.; BRANDI, R. A.; et al. Uso de levedura em equinos alimentados com dietas compostas de fenos de diferentes qualidades nutricionais. *Arq. Bras. Zootec.*, v. 39, n. 10, p. 2194-2199, 2010.

GANSEN, S.; LINDNER, A.; MARX, S.; et al. Effects of conditioning horses with lactate-guided exercise on muscle glycogen content. *Eq. Vet. J.*, v. 30, Suppl., p. 329-331, 1999.

GAUVREAU, G. M.; YOUNG, S. S.; STAEMPFLI, H.; et al. The relationship between respiratory exchange ratio, plasma lactate and muscle lactate concentrations in exercising horses using a valved gas collection system. *Can. J. Vet. Res.*, v. 60, p. 161-171, 1996.

GAUVREAU, G. M.; STAEMPFLI, H.; MCCUTCHEON, L. J.; et al. Comparison of aerobic capacity between racing Standardbred horses. *J. Appl. Physiol.*, v. 78, p. 1447-1451, 1995.

GEOR, R. J.; MCCUTCHEON, L. J.; SHEN, H. Muscular and metabolic responses to moderate-intensity short-term training. *Equine Vet. J.*, v. 30, Suppl., p. 331-317, 1999.

GLADE, M. J.; CAMPBELL-TAYLOR, M. Effects of dietary yeast culture supplementation during the conditioning period on equine exercise physiology. *J. Equine Vet. Sci.*, v. 10, n. 6, p. 434-443, 1990.

GLADE, M. J.; SIST, M. D. Dietary yeast culture supplementation enhances urea recycling in the equine large intestine. *Nutr. Rep. Int.*, v. 37, p. 11-17, 1988.

GLADE, M. J.; BIESIK, L. M. Enhanced nitrogen retention in yearling horses supplemented with yeast culture. *J. Anim. Sci.*, v. 62, p. 1635-1640, 1986.

GOLLNICK, P. D.; BAYLY, W. M.; HODGSON, D. R. Exercise intensity, training diet and lactate concentration in muscle and blood. *Med. Sci, Sports Exerc.*, v. 18, p. 334-340, 1986.

GOLLNICK, P. D.; SALTIN, B. Significance of skeletal muscle oxidative enzyme enhancement with endurance training. *Clin. Physiol. Funct. I.*, v. 2, n. 1, p. 1-12, 1982.

GÓMEZ, C.; PETRON, P.; ANDAUR, M.; et al. Medición post-ejercicio de variables fisiológicas, hematológicas y bioquímicas em equinos de salto Holsteiner. *Rev. Cien.*, v. 14, n. 3, p. 244-253, 2004.

GOODSON, J.; TYZNIK, W. J.; CLINE, J. H.; et al. Effects of an abrupt diet change from hay to concentrate on microbial numbers and physical environment in the cecum of the pony. *Appl. Environ. Microbiol.*, v. 54, p. 1946-1950, 1988.

GORDON, M. E.; McKEEVER, K. H.; BOKMAN, S.; et al. Training-induced energy balance mismatch in Standardbred mares. *Equine Comp. Exer. Physiol.*, v. 3, p. 73-82, 2006.

GREEN, H.; HUGHSON, R. L.; WORR, G.; et al. Anaerobic threshold blood lactate and muscle metabolites in progressive exercise. *J. Appl. Physiol.*, v. 54, p. 1032-1038, 1983.

HALL, R. P.; JACKSON, S. G.; BAKER, J. P.; et al. Influences of yeast culture supplementation on ration digestion by horses. *J. Equine Vet. Sci.*, v. 10, p. 130-134, 1990.

HARRIS, P.; MARIN, D. J.; DAVIDSON, H.; et al. Practical assessment of heart rate response to exercise under field conditions. *Equine Comp. Exer. Physiol.*, v. 4, p. 15-21, 2007.

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

HARRIS, R. C.; MARLIN, D. J.; SNOW, D. H. Metabolic response to maximal exercise of 800 and 2000 m in the Thoroughbred horse. *J. Appl. Physiol.*, v. 63, p. 12-9, 1987.

HARGREAVES, M. Skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise. In: HARGREAVES, M.; SPRIET, L. *Exercise metabolism*. 2 ed. Champaign: Human Kinetics, 2006. p. 29-45.

HARKINS, J. D.; KAMERLING, S. G.; BAGWELL, C. A.; et al. A comparative study of interval and conventional training in Thoroughbred racehorses. *Equine Exer. Physiol.*, Suppl. 9, p. 14-19, 1990.

HAUSENBLASZ, J.; SZUCO, J.; MEZES, M.; et al. Effect of viable yeast culture supplementation on nutrient digestibility and feed utilization of growing cold-blooded horses. In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 1993, Nottingham. *Proceedings...* Nottingham: Nottingham University Press, 1993. p. 45-52.

HILL, J.; TRACEY, S.V.; WILLIS, M.; et al. Yeast culture in equine nutrition and physiology. Science and technology in the feed industry. In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 17., Nottingham. *Proceedings...* Nottingham: Nottingham University Press, 2001. p. 97-114

HILL, J.; GUTSELL, S. Effect of supplementation of a hay and concentrate diet with live yeast culture on the digestibility of nutrients in 2 and 3 years old riding school horses. In: ANNUAL CONFERENCE OF BRITISH SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 1998. *Proceedings...* 1998, p. 128.

HINCHCLIFF, K. W.; GEOR, J. R.; KANEPS, J. A. *Equine Exercise Physiology: The science of exercise in the athletic horse*. Saunders Company W. B., Philadelphia, 1. ed., 2008. 463p.

HINCHCLIFF, K. W.; GEOR, R. J. Integrative physiology of exercise. In: HINCHCLIFF, K. W.; KANEP, A. J.; GEOR, R. J. (Ed.) *Equine sports medicine and surgery: basic and clinical sciences of the equine athlete*. Oxford: W.B. Saunders, 2004. p. 3-8.

HINCHCLIFF, K. W.; GROSS, D. K.; MORLEY, P. S. High intensity exercise conditioning increases accumulated oxygen deficit of horses. *Equine Vet. J.*, v. 34, n. 1, p. 9-16, 2002.

HIRAGA, A.; KAI, M.; KUBO, K.; et al. The effect of long slow distance training on aerobic work capacity in young thoroughbred horses. *J. Equine Sci.*, v. 6, p. 1-6, 1995.

HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. *The athletic horse*, Philadelphia: W. B. Saunders, 1994, p. 15-25.

JONES, K. *What's the alternative: digestive problems*. Disponível em: <<http://www.equestria.net/reference/Veterinary/digestion.rtf>> Acesso em: 13/05/2003.

JONES, J. H.; TAYLOR, C. R.; LINDHOLM, A.; et al. Blood gas measurements during exercise: errors due to temperature correction. *J. Appl. Physiol.*, v. 67, p. 879-884, 1989.

JONES, N. L.; CAMPBELL, E. J. M. Conduct of stage 2, 3, and 4 exercise tests. In: JONES, N. L (ed). *Clinical Exercise Testing*. Philadelphia: WB Saunders Co., p. 142, 1982.

JORDÃO, L. R.; REZENDE, A. S. C.; BERGMANN, J. A. G.; et al. Effect of feed at different times prior to exercise and chelated chromium supplementation on the athletic performance of Mangalarga Marchador mares. *Equine Comp. Exerc. Physiol.*, v. 7, p. 133-140, 2011.

JOUANY, J. P.; GOBERT, J.; MEDINA, B.; et al. Effect of live yeast culture supplementation on apparent digestibility and rate of passage in horses fed a high-fiber or high-starch diet. *J. Anim. Sci.*, v. 86, p. 339-347, 2007.

JULLIAND, V. Pre- and probiotics: Potentials for Equine Practice. In: 3RD EUROPEAN EQUINE NUTRITION AND HEALTH CONGRESS, 2006, Merelbeke. *Proceedings...*, Merelbeke: Ghent University, Belgium, 2006. CD-ROM.

JULLIAND, V.; DE FOMBELLE, A.; DROGOUL, C.; et al. Feeding and microbial disorders in horses: 3 – Effects of three hay: grain ratios on microbial profile and activities. *J. Equine Vet. Sci.*, v. 21, p. 543-546, 2001.

KIM, S. M.; KIM, C. M.; LEE, H. K.; et al. Evaluation of nutrients values of some feedstuffs, and the effects of yeast culture supplementation on digestibilities of nutrients and blood parameter in horse. *Kor. J. Anim. Nutr. Feed.*, v. 15, p. 272-280, 1991.

KNIGHT, P. K. I.; SINHA, A. K.; ROSE, R. J. Effects of training intensity on maximum oxygen uptake. *Equine Vet. J.*, v. 30, Suppl., p. 77-82, 1991.

KOBAYASHI, M.; KURIBARA, K.; AMADA, A. Application of V_{200} for evaluation of training effects in the young Thoroughbred under field conditions. *Equine Vet. J.*, v. 19, Suppl., n. 1, p. 189, 1999.

KOHO, N. M.; VÄIHKÖNEN, L. K.; PÖSÖ, A. R. Lactate transport in red blood cells by monocarboxylate transporters. *Equine Vet. J.*, v. 34, p. 555-559, 2002.

KOLTERMAN, T.; MILLER-GRABER, P. A.; MCCOLLUM, D.; et al. Effects of exercise, conditioning and yeast culture supplementation on blood parameters in Quarter horses. In: EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 13, Gainesville. *Proceedings...* Gainesville: Equine Science Society, 1993, p. 167.

LA FORTUNA, C. L.; REINACH, E.; SAIBENE, F. The effects of locomotorrespiratory coupling on the pattern of breathing in horses. *J. Physiol.*, v. 492, n. 2, p. 587-596, 1996.

LANGSETMO, I.; WEIGLE, G. E.; FEDDE, M. R.; et al. VO_2 kinetics in the horse during moderate and heavy exercise. *J. Appl. Physiol.*, v. 83, p. 1235-1241, 1997.

LANZETTA, V. A. S.; REZENDE, A. S. C.; SALIBA, E. O. S.; et al. Validação do LIPE® como método para determinar a digestibilidade dos nutrientes em equinos. *R. Bras. Zootec.*, v. 38, n. 1, p. 69-74, 2009.

LATTIMER, J. M.; COOPER, S. R.; FREEMAN, D. W.; et al. Effect of yeast culture on in vitro fermentation of a high-concentrate or high-fiber diet using equine fecal inoculum in a Daisy II incubator. *J. Anim. Sci.*, v. 85, p. 2484-2491, 2007.

LAURSEN, P. B.; SHING, C. M.; PEAK, J. M.; et al. Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. *J. Strength Cond. Res.*, v. 19, p. 527-533, 2005.

LEKEUX, P.; ART, T. The respiratory system: anatomy, physiology, and adaptations to exercise and training. In: HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. (Eds.). *The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1994. p. 79-127.

LESTRADET, H. Probiotiques: utilization chez l'animal. *Med. Chirur. Dig.*, v. 23, p. 421-424, 1994.

LEWIS, L. D. *Nutrição clínica equina: alimentação e cuidados*. 1. ed. São Paulo: Roca, 2000. 710p.

LILLY, D. M.; STILLWELL, R. H. Probiotics: Growth promoting factors produced by microorganisms. *Science*, v. 147, p. 747-748, 1965.

LINDNER, A., BOFFI, F. Pruebas de ejercicio. In: BOFFI, F., *Fisiologia del ejercicio*. Buenos Aires: Inter-médica Editorial, p. 243-254, 2006.

LÓPEZ C. H. J.; FERNÁNDEZ, V. A. Otros parámetros ergométricos. In: LÓPEZ C. H. J.; FERNÁNDEZ, V. A. *Fisiología del Ejercicio*, Madri: Ed Medica Panamericana. 1998. p. 271-276.

LOSADA, M. A.; OLLEROS, T. Towards a healthier diet for the colon: the influence of fructooligosaccharides and lactobacilli on intestinal health. *Nutr. Res.*, v. 22, p. 71-84, 2002.

MARLIN, D., NANKERVIS, K., *Equine exercise physiology*, India: Blackwell Publishing Company, 2002, 296 p.

MARTEAU, P.; BOUTRON-RUAULT, M. C. Nutritional advantages of probiotics and prebiotics. *Br. J. Nutr.*, v. 87, suppl. 2, S153-S157, 2002.

MARTIN, B. B.; REEF, V. B.; PARENTE, E. J.; et al. Causes of poor performance of horses during training, racing or showing: 348 cases (1992-1996). *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, v. 216, p. 554-558, 2000.

MAUGHAN, R.; GLEESON, M.; HAFF, P. L. *Bioquímica do exercício e do treinamento*. São Paulo: Manole , 2000. 240p.

McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. *Fisiologia do exercício – Energia, Nutrição e Desempenho humano*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara., 1992. cap. 21, p. 275-293.

McCUTCHEON, L. J.; BYRD, S. K.; HODGSON, D. R. Ultrastructural changes in skeletal muscle after fatiguing exercise. *J. Appl. Physiol.*, v. 72, p. 1111, 1992.

McDONOUGH, P.; KINDIG, C. A.; RAMSEL, C.; et al. The effect of treadmill incline on maximal oxygen uptake, gas exchange and metabolic response to exercise in the horse. *Exp. Physiol.*, v. 87, n. 4, p. 499-506, 2002.

McGOWAN, C. Clinical Pathology in the racing horse: The role of clinical pathology in assesing fitness and performance in the racehorse. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.*, v. 24, p. 405 - 421, 2008.

McMIKEN, D. F. An energetic basis of equine performance. *Equine Vet. J.*, v. 15, n. 2, p. 123-133, 1983.

McKEEVER, K. H.; AGANS, J. M.; GEISER, S.; et al. Low dose exogenous erythropoietin elicits an ergogenic effect in Standardbred horse. *Equine Vet. J.*, v. 36, Suppl., p. 233-238, 2006.

McKEEVER, K. H.; HINCHCLIFF, K. W.; REED, S.M.; et al. Role of decreased plasma volume in hematocrit alterations during incremental treadmill exercise in horses. *Am. J. Physiol.*, v. 25, p. 233-236, 1993.

McKEEVER, K. Using your equine heart rate meter. *Dressage and Combined Training Magazine*, v. 25, p. 31-34, 1989.

MEDBO, J. I.; MOHN, A. C.; TABATA, I. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *J. Appl. Physiol.*, v. 64, n. 1, p. 50-60, 1988.

MEDEIROS, L. S. *Medidas morfológicas dos garanhões campeões e não campeões da raça Mangalarga Marchador*. 2006. 20f. Monografia (Conclusão do curso de Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Curso de Zootecnia – Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas.

MEDINA, B.; JACOTOT, E.; JULLIAND, V. Effect of a preparation of *Saccharomyces cerevisiae* on microbial profiles and fermentation patterns in the large intestine of horses fed a high fiber or a high starch diet. *J. Anim. Sci.*, v. 80, p. 2600-2609, 2002.

METCHNIKOFF, E. Lactic acid as inhibiting intestinal putrefaction. In: CHALMERS, M. P. (Ed.) *The prolongation of life: Optimistic studies*. W. Heinemann, London: p.161-183, 1907.

MEYER, H. *Alimentação de cavalos*. São Paulo: Varela, 1995. 303p.

MITCHELL, J. H.; BLOMQUIST, G. Maximal oxygen uptake. *N. Engl. J. Med.*, v. 284, n. 18, p. 1018-1022, 1971.

MITCHELL, J. H.; SPROULE, B. J.; CHAPMAN, C. B. Factors influencing respiration during heavy exercise. *J. Clin. Invest.*, v. 37, n. 12, p. 1693-1701, 1958.

MIYATA, H.; SUGIURA, T.; KAI, M.; et al. Muscle adaptation of Thoroughbred racehorses trained on a flat or sloped track. *Am. J. Vet. Res.*, v. 60, p. 1536-1539, 1999.

MONTES, A. J.; PUGH, D. G. The use of probiotics in food-animal practice. *Vet. Med.*, v. 88, p. 282-288, 1993.

MOORE, B. E.; NEWMAN, K. E.; SPRING, P.; et al. The effect of yeast culture (YeaSacc1026) in microbial populations and digestion in the cecum and colon of the equine. *J. Am. Sci.*, v. 72, Suppl. 1, p. 252, 1994.

MORGAN, L. M.; COVERDALE, J. A.; FROETSCHER, M. A.; et al. Effect of yeast culture supplementation on digestibility of varying forage quality in mature horses. *J. Equine Vet. Sci.*, v. 27, n. 6, p. 260-265, 2007.

MORINIGO, M. A. *Probioticos*. Disponível em: <<http://www.ciencias.uma.es/publicaciones/encuentros/ENCUENTROS71/probioticos.htm>>. Acesso em: 13/05/2003.

MORRIS, E. A.; SEEHERMAN, H. J. Clinical evaluation of poor performance in the racehorse. The results of 275 evaluations. *Equine Vet. J.*, v. 23, p. 23-169, 1991.

MOURA, R. S.; SALIBA, E. O.; ALMEIDA, F. Q.; et al. .Digestibilidade aparente de dietas con probióticos o fitasa para potros Mangalarga Marchador. *Arch. Zootec.*, v. 60, p. 193-203, 2011.

MOURA, R. S.; SALIBA, E. O. S.; ALMEIDA, F. Q.; et al. Feed efficiency in Mangalarga Marchador foals fed diet supplemented with probiotics of phytase. *R. Bras. Zootec.*, v. 38, n. 6, p. 1045-1050, 2009.

MUÑOZ, A. J.; HERNANDEZ, A.; GOMEZ LUCAS, M. B. Estimación del estado de forma física en caballos de deporte mediante índices de funcionalidad. *Rev. Cient.*, v. 15, n. 3, p. 217-226, 2005.

MUÑOZ, A. J.; SEBASTIAN, R.; RUBIO M. D.; et al. The use of functional Indexes to Evaluate Fitness in Andalusian Horses. *J. Vet. Med. Sci.*, v. 59, p. 747-750, 1997.

MURASE, Y.; KOBAYASHI, K.; KAMEI, S.; et al. Longitudinal study of aerobic power in superior junior athletes. *Med. Sci. Sports Exer.*, v. 13, p. 180-184, 1981.

NASCIMENTO, J. F. *Mangalarga marchador: tratado morfofuncional*. Belo Horizonte: ABCCMM, 1999. 577p.

NUTRIENT requirements of horses. Washington: National Academy Press, 2007. 6. ed. 341p.

NORDLUND, K. V.; GARRETT, E. F.; OETZEL, G. R. Herd-based rumenocentesis: A clinical approach to the diagnosis of sub-acute rumen acidosis. *Compend. Cont. Educ. Pract. Vet.*, v.17, p. 548-556, 1995.

OHMURA, H.; HIRAGA, A.; AIDA, H.; et al. Influence of Training on Heart Rate Variability in Young Thoroughbred Horses. *J. Equine Sci.*, v. 12, n. 2, p. 87-93, 2001.

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; et al. Acidosis in cattle: A review. *J. Anim. Sci.*, v. 76, p. 275-286, 1998.

PAGAN, J. D. Carbohydrates in equine nutrition. In: PAGAN, J. D. *Advances in Equine Nutrition*. Nottingham: Nottingham University Press, 1998. p. 57-70.

PARKER, R. B. Probiotics, the other half of the antibiotic story. *Animal Nutr. Health*, n. 29, p. 4-8, 1974.

PERRONE, G. M.; CAVIGLIA, J. F.; GIMÉNEZ, R.; et al. Análisis de parámetros fisiológicos post competencia em diferentes deportes hípicas (saltos variados, pato, trote). Disponível em: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/3386/ART%C3%8DCULOS-OTRAS-ESPECIES-ARCHIVO/.html>. Acesso em: 20/01/2003.

PERSSON, S. G. B. Heart rate and blood lactate responses to submaximal treadmill exercise in the normally performing Standardbred trotter – age and sex variations and predictability from the total red blood cell volume. *J. Vet. Med.*, v. 44, p. 125-132, 1997.

PERSSON, S. G. B. Evaluation of exercise tolerance and fitness in the performance horse. In: THE INTERNACIONAL CONFERENCE ON EQUINE EXERCISE PHYSIOLOGY, 1, 1983. *Proceedings...* Cambridge. p. 441-457.

PINTO, L. F. B.; ALMEIDA, F. Q.; QUIRINO, C. R.; et al. Análise multivariada das medidas morfométricas de potros da raça Mangalarga Marchador: análise de componentes principais. *R. Bras. Zootec.*, v. 34, n. 2, p. 589-599, 2005.

POOLE, D. C.; GASSER, G. A. Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. *J. Appl. Physiol.*, v. 61, p. 999-1004, 1985.

POOLE, D. C.; ERICKSON, H. H. Cardiovascular function and oxygen transport: responses to exercise and training. In: HINCHCLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; KANEPS, A. J. *Equine Exercise Physiology*. 1. ed., Philadelphia: Saunders, 2008. cap. 4, p. 211-245.

PORUBCAN, R. S. Probiotics in the 1990s. *Compend. Cont. Educ. Pract. Vet.*, v. 12, n. 9, p. 1353-1359, 1990.

PRATES, R. C.; REZENDE, H. H. C.; LANA, A. M. Q.; et al. Heart rate of Mangalarga Marchador mares under marcha test and supplemented with chrome. *R. Bras. Zootec.*, v. 38, p. 916-922, 2009.

PROCÓPIO, A. M. A velocidade da marcha. *Mangalarga Marchador: Revista Oficial da ABCCMM*, n. 53, p. 74-76. 2003.

RAINER, J. E.; EVANS, D. L.; HODGSON, D. R.; et al. Blood lactate disappearance after maximal exercise in trained and detrained horses. *Res. Vet. Sci.*, v. 57, p. 325-331, 1994.

RÄSÄNEN, L. A.; WIITANEN, P. A. S.; LILIUS, E. M.; et al. Accumulation of Uric Acid in Plasma after Repeated Bouts of Exercise in the horse. *Comp. Biochem. Physiol.*, v. 114b, n. 2, p. 139-144, 1996.

RÄSÄNEN, L. A.; LAMPINEN, K. J.; PÖSÖ, A. R. Responses of blood and plasma lactate and plasma purine concentrations to maximal exercise and their relation to performance in Standardbred trotters. *Am. Vet. Res.*, v. 56, p. 1651-1656, 1995.

REZENDE, A. S. C.; TRIGO, P.; SILVA, V. P.; et al. Efeitos da adição de leveduras vivas na dieta de equinos em treinamento aeróbico sobre o aproveitamento dos nutrientes da dieta. In: CONFERÊNCIA ANUAL DA ABRAVEQ, 11, 2010, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABRAVEQ, 2010. p. 205-206.

REZENDE, A. S. C. Aditivos ou suplementos? *Mangalarga Marchador*: Revista Oficial da ABCCMM, n. 59, p. 44-48, 2006.

RIBEIRO, A. C. A.; TOLEDO, L. R. A.; FILHO, J. C. M. N.; et al. Efeitos da adição de cultura de levedura na digestibilidade dos nutrientes para equinos. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/eventos/PortoAlegre/homepagesbz/Nut.htm>>. Acesso em: 13/05/2003.

RIBEIRO, A. C. A. *Efeitos da adição de cultura de levedura na digestibilidade de nutrientes para equinos*. 1998. 38f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/USP, Pirassununga/SP.

RIVERO, J. L. L. A scientific background for sketetal muscle conditioning in equine practice. *J. Vet. Med. A.*, v. 54, p. 321-332, 2007.

ROGERS, C. W.; RIVERO, J. J. L.; VAN BRED, E.; et al. Describing workload and scientific information on conditioning horses. *Equine Comp. Exer. Physiol.*, v. 4, n. 1, p. 1-6, 2007.

ROSE, R. J. Haematological changes associated with endurance exercise. *Vet. Rec.*, v. 110, p. 175-177, 1982.

ROSE, R. J.; HODGSON, D. R. An overview of performance and sports medicine. In: HODGSON, D. R. and ROSE, R. J. *The athletic horses: principles and practice of equine sports medicine*. Philadelphia: Saunders. Cap. 4, p. 3-25, 1994a.

ROSE, R. J.; HODGSON, D. R. Clinical exercise testing. In: HODGSON, D. R. and ROSE, R. J. *The athletic horses: principles and practice of equine sports medicine*. Philadelphia: Saunders. p. 245-257, 1994b.

SAIBENE, F.; CORTILI, G.; GAVAZZI, P.; et al. Maximal anaerobic (lactic) capacity and Power of the horse. *Equine Vet. J.*, v. 17, p. 130-132, 1985.

SALIBA, E. O. S. Mini Curso sobre o uso de indicadores. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2005, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Escola de Veterinária UFMG, 2005. p. 23-25.

SALMINEN, S.; BOULEY, M. C.; BOUTRON-RUAULT, M. C.; et al. Functional food science and gastrointestinal physiology and function. *Brit. J. Nutr.*, v. 80, Suppl. 1, p. S147-S171, 1998.

SCHNEIDER, D. A.; LACROIX, K. A.; ATKINSON, G. R.; et al. Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in triathletes. *Med. Sci. Sports Exer.*, v. 22, p. 257-264, 1990.

SCHUBACK, K.; ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; PERSSON, S. G. Effect of sodium bicarbonate administration on metabolic responses to maximal exercise. *Equine Vet. J.*, Suppl, v. 34, p. 539-544, 2002.

SCHUBACK, K.; ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; PERSSON, S. G. Effect of creatine supplementation on muscle metabolic response to a maximal treadmill exercise test in Standardbred horses. *Equine Vet. J.*, v. 32, p. 533-540, 2000.

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

SISTEMAS PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS - SAEG versão 9.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2007.

SLOET van OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, M.; WENSING, T.; BREUKINK, H. J. Standardized exercise test on a track to evaluate fitness and training of saddle horses. In: GILLESPIE, J.; ROBINSON N. E. *Equine Exercise Physiology*. California: JCEEP Publications, p. 68-76, 1987.

SNOW, D. H. Physiological factors affecting resting haematology. In: SNOW D. H. *Equine Exercise physiology*. Cambridge (MA): Granata editions, p. 318-323, 1983.

SNOW, D. H.; KERR, M. G.; NIMMO, M. A.; et al. Alterations in blood, sweat, urine and muscle composition during prolonged exercise in the horse. *Vet. Record*, v. 110, p. 377-384, 1982.

STANLEY, W. C.; GERTZ, W.; WISNESKI, J. A.; et al. Systemic lactate kinetics during grade exercise in man. *Am. J. Physiol.*, v. 249, p. 595-602, 1985.

STEFANON, B.; FRANCO, T.; OBEROSLER, R. Plasma lactate and purine derivatives accumulation after exercise of increasing intensity in Standardbred horses. In: *J. Equine Vet. Sci.*, v. 19, n. 7, p. 463-468, 1999.

SWYERS, K. L.; BURK, A. O.; HARTSOCK, T. G.; et al. Effects of direct-fed microbial supplementation on digestibility and fermentation end-products in horses fed low- and high-starch concentrates. *J. Anim. Sci.*, v. 86, p. 2596-2608, 2008.

TENNEY, S. M., Respiración en los mamíferos. In: TENNEY, S. M.. *Fisiología de los Animales Domesticos*. 15. ed. Buenos Aires: 1970. p. 369-377.

TERRA, R. A.; REZENDE, A. S. C.; JORDÃO, L. R. O cavalo atleta e os testes para avaliação de desempenho. *Revista Veterinária e Zootecnia em Minas*. Belo Horizonte: CRMV-MG, v. 106, p. 48-57, 2010.

TILLEY, J. M.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.*, v. 18, p. 104-111, 1963.

THOMAS, D. P.; FREGIN, G. F.; GERBER, N. H.; et al. Effects of training on cardiorespiratory function in the horse. *Am. J. Physiol.*, v. 245, n. 2, p. 160-165, 1983.

THOMASSIAN, A. *Enfermidades dos cavalos*. 4. ed., São Paulo: Livraria Varela, 2005. 573p.

THOMASSIAN, A. *Medicina Esportiva Equina* – da inspeção ao computador. Congresso Paulista de Medicina Veterinária. Resumo de palestras, 8p., 2004.

TRILK, J. L.; LINDNER, A. J.; GREENE, H. M.; et al. A lactate-guide conditioning program to improve endurance performance. *Equine Vet. J.*, v. 34, Suppl., p. 122-125, 2002.

TYLER-McGOWAN, C. M.; GOLLAND, L. C.; EVANS, D. L. ; et al. Changes in the maximal accumulated oxygen deficit (MAOD) during training and overtraining. In: *Equine fitness the Olympic way*. Sydney, Australia: Post graduate foundation in veterinary science publications, 2000.

TYLER-McGOWAN, C. M.; GOLLAND, L. C.; EVANS, D. L. Haematologic and biochemical responses to training and overtraining. *Equine Vet. J.*, Suppl., v. 30, p. 621 - 625, 1999.

TYLER-McGOWAN, C. M.; GOLLAND, L. C.; EVANS, D. L.; et al. Skeletal muscle adaptations to prolonged training, overtraining and detraining in horses. *Pflugers Arch.*, v. 436, p. 391-397, 1998.

TYLER-McGOWAN, C. M.; HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. Effect of a warm-up on energy supply during high intensity exercise in horses. *Equine Vet. J.*, v. 28, n. 2, p. 117-120, 1996.

VANBELLE, M.; TELLER, C.; FOCANT, M. Probiotics in animal nutrition: a review. *Arch. Anim. Nutr.*, v. 40, n. 7, p. 543-567, 1990.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VOTION, D.; MCENTEE, K.; AMORY, H.; et al. Cardio-respiratory, haematological and biochemical parameter adjustments to exercise: effect of a probiotic in horses during training. *Vet. Res.*, v. 25, p. 361-370, 1994.

WANDERLEY, E. K.; MANSO FILHO, H. C.; SANTIAGO, T. A.; et al. Metabolic changes in four beat gaited horses after field marcha simulation. *Equine Vet. J.*, v. 42, Suppl. 38, p. 105-109, 2010.

WASSERMAN, K.; HANSEN, J. E.; SUE D. Y.; et al. *Principles of Exercise Testing and Interpretation*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1987. 592p.

WARD, M. P.; ALINOVI, C. A.; COUËTIL, L. L.; et al. A randomized clinical trial using probiotics to prevent *Salmonella* fecal sheddings in hospitalized horses. *J. Equine Vet. Sci.*, v. 24, p. 242-247, 2004.

WEESE, J. S.; ANDERSON, M. E.; LOWE, A.; et al. Preliminary investigation of the probiotic potential of *Lactobacillus rhamnosus strain GG* in horses: fecal recovery following oral administration and safety. *Can. Vet. J.*, v. 44, p. 299-302, 2003.

WEESE, J. S. Probiotics, prebiotics and synbiotics. *J. Equine Vet. Sci.*, v. 22, n. 8, p. 357-360, 2002.

WEESE, J. S. Review of probiotics: Are they really "Functional Foods". In: ANNUAL CONVENTION OF AEPP, 47th, San Diego. *Proceedings...*, San Diego: AEPP, 2001, p. 27-31.

WEIBEL, E. R.; TAYLOR, C. R.; HOPPELER, H. The concept of symmorphosis: a testable hypothesis of structure-function relationship. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, v. 88, p. 10357-10361, 1991.

WEINSTEIN, D. S.; SKIPPER, A.J. Determining competence in estimating energy needs. *Am. Diet Assoc.*, v. 98, n. 2, p. 129-130, 1998.

WENGER, B. A.; REED, A. T. Metabolic factors associated with muscular fatigue during aerobic and anaerobic work. *Can. J. Appl. Sport Sci.*, v. 1, p. 4347, 1976.

WHITE, C. *The use of probiotics in the equine diet*. Disponível em: <<http://www.horseit.com/en/Health2001/nutrition/nutritionHOME.htm>>. Acesso em: 13/05/2003.

WOLTER, R. *Alimentación del caballo*. Zaragoza: Acribia, 1977. 172p.

YAMANO, S.; ETO, D.; SUGIURA, T.; et al. Effect of growth and training on muscle adaptation in Thoroughbred horses. *Am. J. Vet. Res.*, v. 63, p. 1408-1412, 2002.

ANEXO 1

Correlações entre as variáveis limiar aeróbico, volume de oxigênio (VO_2) no limiar aeróbico, porcentagem de volume máximo de oxigênio ($\% \text{VO}_{2\text{MAX}}$) no limiar aeróbico, velocidade em que a concentração plasmática de lactato é 2 mmol/L (VLa_2), hemoglobina (Hb) basal e tempo de fadiga no teste I.

	LIMIAR AERÓBICO	VO_2 LIMIAR AERÓBICO	$\% \text{VO}_{2\text{MAX}}$ LIMIAR AERÓBICO	VLa_2	Hb Basal	TEMPO DE FADIGA
LIMIAR AERÓBICO						
VO_2 LIMIAR AERÓBICO	—					
$\% \text{VO}_{2\text{MAX}}$ LIMIAR AERÓBICO	—	—				
VLa_2	63,45% **	—	—			
Hb Basal	—	—	—	—		
TEMPO DE FADIGA	58,57% *	57,78% *	- 62,38% **	—	—	

*, ** e ***: significativo pelo teste t com $P < 0,05$; $P < 0,01$ e $P < 0,001$, respectivamente.

ANEXO 2

Correlações entre as variáveis limiar aeróbico, volume de oxigênio (VO_2) no limiar aeróbico, porcentagem de volume máximo de oxigênio ($\% \text{VO}_{2\text{MAX}}$) no limiar aeróbico, velocidade em que a concentração plasmática de lactato é 2 mmol/L (VLa_2), hemoglobina (Hb) basal e tempo de fadiga no teste II.

	LIMIAR AERÓBICO	VO_2 LIMIAR AERÓBICO	$\% \text{VO}_{2\text{MAX}}$ LIMIAR AERÓBICO	VLa_2	Hb Basal	TEMPO DE FADIGA
LIMIAR AERÓBICO						
VO_2 LIMIAR AERÓBICO	47,11% *					
$\% \text{VO}_{2\text{MAX}}$ LIMIAR AERÓBICO	—	—				
VLa_2	74,07% **	53,96% *	—			
Hb Basal	—	47,44% *	62,47% **	—		
TEMPO DE FADIGA	—	51,16% *	—	—	—	

*, ** e ***: significativo pelo teste t com $P < 0,05$; $P < 0,01$ e $P < 0,001$, respectivamente.

ANEXO 3

Correlações entre as variáveis limiar anaeróbico, débito de oxigênio (O_2), volume máximo de oxigênio (VO_{2MAX}), volume de oxigênio (VO_2) no limiar anaeróbico, porcentagem do volume máximo de oxigênio (% VO_{2MAX}) no limiar anaeróbico, velocidade em que a concentração plasmática de lactato é 4 mmol/L (VLa_4), hemoglobina (Hb) basal e tempo de fadiga no teste I.

	LIMIAR ANAERÓBICO	DÉBITO DE O_2	VO_{2MAX}	VO_2 LIMIAR ANAERÓBICO	% VO_{2MAX} LIMIAR ANAERÓBICO	VLa_4	Hb BASAL	TEMPO DE FADIGA
LIMIAR ANAERÓBICO								
DÉBITO DE O_2	—							
VO_{2MAX}	—	—						
VO_2 LIMIAR ANAERÓBICO	—	—	84,79% ***					
% VO_{2MAX} LIMIAR ANAERÓBICO	—	—	—	63,37% **				
VLa_4	77,72% ***	—	—	—	—			
Hb BASAL	—	—	—	—	—	—		
TEMPO DE FADIGA	—	—	63,77% **	47,22% *	—	—	—	

* e **: significativo pelo teste t com $P < 0,05$ e $P < 0,01$, respectivamente.

ANEXO 4

Correlações entre as variáveis limiar anaeróbico, débito de oxigênio (O_2), volume máximo de oxigênio (VO_{2MAX}), volume de oxigênio (VO_2) no limiar anaeróbico, porcentagem do volume máximo de oxigênio (% VO_{2MAX}) no limiar anaeróbico, velocidade em que a concentração plasmática de lactato é 4 mmol/L (VLa_4), hemoglobina (Hb) basal e tempo de fadiga no teste II.

	LIMIAR ANAERÓBICO	DÉBITO DE O_2	VO_{2MAX}	VO_2 LIMIAR ANAERÓBICO	% VO_{2MAX} LIMIAR ANAERÓBICO	VLa_4	Hb BASAL	TEMPO DE FADIGA
LIMIAR ANAERÓBICO								
DÉBITO DE O_2	52,58% *							
VO_{2MAX}	—	—						
VO_2 LIMIAR ANAERÓBICO	—	—	93,45% ***					
% VO_{2MAX} LIMIAR ANAERÓBICO	—	—	—	—				
VLa_4	79,53% ***	- 61,23% *	—	—	—			
Hb BASAL	—	—	—	—	—	—		
TEMPO DE FADIGA	51,63% *	—	57,98% *	59,07% *	—	—	—	

*, ** e ***: significativo pelo teste t com $P < 0,05$; $P < 0,01$ e $P < 0,001$, respectivamente.

ANEXO 5

Correlações entre as variáveis concentrações plasmáticas de lactato na velocidade máxima (LAC MAX) e aos 10, 20, 30 e 60 min. de recuperação (LAC 10', LAC 30', LAC 60'); concentrações séricas de ácido úrico na velocidade máxima (AU MAX) e aos 10, 30 e 60 min. de recuperação (AU 10', AU 30', AU 60'); frequência cardíaca na velocidade máxima (FC MAX) e aos 10, 20, 30, 60 e 120 min. de recuperação (FC 10', FC 20', FC 30', FC 60', FC 120'); hemoglobina (Hb) e tempo de fadiga (TFad) no teste I.

	LAC MAX	LAC 10'	LAC 30'	LAC 60'	AU MAX	AU 10'	AU 30'	AU 60'	FC MAX	FC 10'	FC 20'	FC 30'	FC 60'	FC 120'	Hb	TFad
LAC MAX																
LAC 10'	82,33% ***															
LAC 30'	71,60% **	96,55% ***														
LAC 60'	—	81,14% ***	82,39% ***													
AU MAX	72,62% **	70,88% ***	71,06% **	56,88% *												
AU 10'	57,44% *	79,70% ***	88,12% ***	64,81% **	79,76% ***											
AU 30'	56,76% *	82,00% ***	87,99% ***	72,18% **	76,73% ***	96,85% ***										
AU 60'	57,56% *	79,40% ***	84,61% ***	76,02% ***	85,43% ***	93,48% ***	93,70% ***									
FC MAX	—	—	—	—	—	—	—	—								
FC 10'	57,92% *	66,07% **	70,72% **	—	56,15% *	78,80% ***	72,76% **	62,40% **	—							
FC 20'	57,42% *	66,83% **	73,14% **	—	64,59% **	78,88% ***	73,37% **	62,17% **	—	90,12% ***						
FC 30'	55,69% *	58,42% *	61,64% **	—	60,92% *	69,79% **	65,74% **	52,91% *	—	86,11% ***	91,17% ***					
FC 60'	—	—	—	—	—	—	—	—	53,83% *	65,00% **	49,60% *	55,60% *				
FC 120'	53,98% *	—	—	—	—	—	—	—	51,12% *	66,35% **	47,74% *	51,53% *	85,59% ***			
Hb	—	57,91% *	63,27% **	70,54% **	47,86% *	65,90% **	72,71% **	75,25% ***	—	—	—	—	—	—		
TFad	—	—	—	—	—	—	—	—	-62,55%**	—	—	- 47,53% *	—	- 53,69% *	—	

*, ** e ***: significativo pelo teste t com $P < 0,05$; $P < 0,01$ e $P < 0,001$, respectivamente.

ANEXO 6

Correlações entre as variáveis concentrações plasmáticas de lactato na velocidade máxima (LAC MAX) e aos 10, 20, 30 e 60 min. de recuperação (LAC 10', LAC 30', LAC 60'); concentrações séricas de ácido úrico na velocidade máxima (AU MAX) e aos 10, 30 e 60 min. de recuperação (AU 10', AU 30', AU 60'); frequência cardíaca na velocidade máxima (FC MAX) e aos 10, 20, 30, 60 e 120 min. de recuperação (FC 10', FC 20', FC 30', FC 60', FC 120'); hemoglobina (Hb) e tempo de fadiga (TFad) no teste II.

	LAC MAX	LAC 10	LAC 30	LAC 60	AU MAX	AU 10	AU 30	AU 60	FC MAX	FC 10	FC 20	FC 30	FC 60	FC 120	Hb	TFad
LAC MAX																
LAC 10	84,23% ***															
LAC 30	83,16% ***	80,05% ***														
LAC 60	66,82% **	61,16% *	90,42% ***													
AU MAX	—	—	—	—												
AU 10	70,28% **	76,10% ***	78,18% ***	61,71% **	—											
AU 30	—	—	—	—	—	46,29% *										
AU 60	77,61% ***	70,30% **	93,33% ***	85,26% ***	—	81,13% ***	47,97% *									
FC MAX	—	—	—	—	—	50,36% *	—	—								
FC 10	60,15% *	61,42% **	69,72% **	57,24% *	—	65,91% **	60,04% *	79,54% ***	—							
FC 20	60,36% *	62,38% **	61,73% **	55,81% *	—	52,47% *	—	68,85% **	—	90,64% ***						
FC 30	66,67% **	73,63% **	73,68% **	60,66% *	—	77,16% ***	49,21% *	86,11% ***	—	84,95% ***	80,11% ***					
FC 60	—	47,80% *	—	—	—	49,36% *	—	55,16% *	—	56,40% *	55,40% *	78,23% ***				
FC 120	—	47,84% *	—	—	—	48,66% *	—	—	—	—	—	61,46% **	65,78% **			
Hb	52,01% *	53,44% *	46,28% *	—	—	56,01% *	—	53,27% *	—	—	—	53,51% *	—	48,12% *		
TFad	—	54,68% *	—	—	48,30% *	48,36% *	—	—	—	—	—	—	—	45,92% *	—	

*, ** e ***: significativo pelo teste t com $P < 0,05$; $P < 0,01$ e $P < 0,001$, respectivamente.