PAULO MOREIRA BOGOSSIAN

**Efeito do enxague oral com carboidrato sobre o desempenho de
cavalos da raça Mangalarga Marchador em teste incremental de
esforço máximo**

São Paulo
2015

PAULO MOREIRA BOGOSSIAN

**Efeito do enxague oral com carboidrato sobre o desempenho de cavalos da
raça Mangalarga Marchador em teste incremental de esforço máximo**

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

Departamento:
Clínica Médica

Área de concentração:
Clínica Veterinária

Orientador:
Prof. Dr. Wilson Roberto Fernandes

**São Paulo
2015**

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

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

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

T.3114
FMVZ

Bogossian, Paulo Moreira
Efeito do enxague oral com carboidrato sobre o desempenho de cavalos da raça
Mangalarga Marchador em teste incremental de esforço máximo / Paulo Moreira
Bogossian. -- 2015.
83 f. :il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia. Departamento de Clínica Médica, São Paulo, 2015.

Programa de Pós-Graduação: Clínica Veterinária.

Área de concentração: Clínica Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Roberto Fernandes.

1. Maltodextrina. 2. Fadiga. 3. Recompensa. I. Título.

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Efeito do enxague oral com carboidrato sobre o desempenho de cavalos", protocolado sob o CEUA nº 2747190914, utilizando 7 Equídeos (7 machos), sob a responsabilidade de Wilson Roberto Fernandes, foi aprovado na reunião de 11/02/2015, e está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

We certify that the Research "Effect of mouth rinse carbohydrate on horses performance", protocol number CEUA 2747190914, utilizing 7 Equines (7 males), under the responsibility Wilson Roberto Fernandes, was approved in the meeting of day 02/11/2015, and agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of the University of São Paulo.

Atenciosamente,

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

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: BOGOSSIAN, Paulo Moreira

Título: **Efeito do enxague oral com carboidrato sobre o desempenho de cavalos da raça Mangalarga Marchador em teste incremental de esforço máximo**

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

Data: ____/____/____

Banca examinadora

Prof.(a). Dr.(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof.(a). Dr.(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof.(a). Dr.(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais André e Patrícia, pela entrega e dedicação com que tem construído nossa família, a minha formação e de minha irmã. A Luisa pela amizade e pelo carinho.

Aos meus avós Elias, Onofre, Eunice e Odonéia pela dedicação incondicional à família e exemplos sempre apreciados por nós.

Ao professor Wilson pela orientação e pela oportunidade de convívio e aprendizado que foram essenciais.

A Fernanda por caminhar sempre ao meu lado com tamanha cumplicidade e afeição.

Aos funcionários e amigos Marcos, Henrique, Gerânio, Rosendo por todo trabalho que fizemos juntos sempre com boa fé e bom humor.

Aos funcionários do sítio Naninho, Junior, Welinton e Rafael, pelo afinho com que acreditaram e trabalharam pelo projeto, do primeiro ao último dia.

Aos amigos e irmãos Kaio, Júlio e Maria Letícia, por terem feito dos momentos bons, muitos e épicos.

Aos amigos Fernanda Stievani, Fernanda Maschietto e André, que compartilharam o apartamento, o trabalho e tantos momentos memoráveis.

Aos amigos da pós-graduação Maria Letícia, Kaio, Dayane, Tiago, Talissa Ayrtton,, Guilherme, Cristina, Henrique, Marilene e Antônio, pela honra da parceria e amizade essenciais. Obrigado por toda ajuda e todo carinho!

Ao professor Stefano por todos ensinamentos, ideias, inspirações e pela amizade.

A Clara Mori pela prontidão com que esteve sempre disposta a ajudar.

Ao Pedro e ao Mario por todos esse anos de amizade e companheirismo desde os tempos mais remotos de Santo Agostinho.

Aos amigos de sempre Breno Rafael Bruno e Igor, pelas grandes figuras que são, pela longa caminhada que iniciamos em Campos e perpetuaremos sempre.

Aos amigos Kiko e Sandra pela acolhida sempre tão familiar e amizade antiga.

Agradeço imensamente e dedico esses escritos a todos que participaram deste trabalho.

EPÍGRAFE

"Nosso conhecimento não era de estudar em livros.
Era de pegar de apalpar de ouvir e de outros sentidos.

Seria um saber primordial?"

Manoel de Barros

RESUMO

BOGOSSIAN, P. M. **Efeito do enxague oral com carboidrato sobre o desempenho de cavalos da raça Mangalarga Marchador em teste incremental de esforço máximo.** [Effect of carbohydrate mouth rinse on Mangalarga Marchador breed performance in maximal exercise test]. 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Estudos em neurociência aplicada ao exercício tem demonstrado que a gustação do carboidrato pode estimular áreas cerebrais de recompensa e postergar a exaustão em atletas humanos. O presente estudo tem por objetivo investigar o efeito do enxague oral com maltodextrina sobre o desempenho de cavalos em teste incremental de esforço máximo a campo. Sete equinos da raça Mangalarga Marchador foram avaliados após enxague oral com maltodextrina a 6,4% (teste C) e placebo (teste P). Tempo até a exaustão (TAE), frequência cardíaca, glicose e lactato plasmáticos, e a atividade plasmática de creatinoquinase foram avaliados durante e após os testes. O TAE do teste C foi em média 31 segundos superior ao P. O valor pico de lactato do teste C foi 5,97 mg/dl superior ao teste P. O enxague oral com maltodextrina aumentou a capacidade de resistência dos animais avaliados neste estudo.

Palavras-chave: Maltodextrina. Fadiga. Recompensa.

ABSTRACT

BOGOSSIAN, P. M. **Effect of carbohydrate mouth rinse on Mangalarga Marchador breed performance in maximal exercise test.** [Efeito do enxague oral com carboidrato sobre o desempenho de cavalos da raça Mangalarga Marchador em teste incremental de esforço máximo]. 2015. 83 f. Dissertação (Mestre em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Ergogenic effect of carbohydrate mouth rinse has been widely described in human runner and cyclists. This effect seems to be mediated by the activation of brain areas related to reward and motivation. The aim of the present study is to investigate the effect of maltodextrin mouth rinse on field maximal exercise test. Seven MM breed horses were evaluated after mouth rinse with maltodextrin 6, 4% (test C) and placebo (test P). Time to exhaustion, heart rate, plasmatic glucose and lactate, and serum creatinokinase were measured during and after tests. Time to exhaustion of the test C was 31 second higher than test P. Plasmatic lactate peak was 5,97 mmol/l higher in test C. No differences were observed in glucose and CK levels. Maltodextrin mouth rinse improved performance in maximal field test.

Keywords: Maltodextrin. Fatigue. Reward.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo central de regulação do exercício	26
Figura 2 - Esquema representativo da transmissão do estímulo gustativo	29
Figura 3 - Resultados do estudo de neuroimagem do cérebro humano durante enxague oral com glicose e sacarina. Ativação da insula/opérculo frontal, córtex dorsolateral prefrontal (CDP), striatum e córtex cingulado (ressonância magnética funcional contrastada).....	32
Figura 4 - Desenho esquemático das dimensões da pista utilizado para realização dos testes de esforço - Santana do Deserto (MG) - 2014...	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Comparação entre os tempos de teste, em segundos, após enxague oral com placebo e maltodextrina a 6,4% - Santana do Deserto (MG) – 2014.....	48
Gráfico 2 -	Comparação entre as funções representativas dos valores de da frequência cardíaca (FC) em função da velocidade (metros/minuto) durante teste incremental de esforço a campo após o enxague oral com maltodextrina e placebo. - Santana do Deserto (MG) – 2014	50
Gráfico 3 -	Determinação da VFC160 para as medidas obtidas durante teste com placebo - Santana do Deserto (MG) – 2014.....	51
Gráfico 4 -	Determinação da VFC160 para as medidas obtidas durante teste com maltodextrina -Santana do Deserto (MG) - 2014.....	52
Gráfico 5 -	Comparação entre as funções representativas das concentrações plasmáticas de lactato durante teste de esforço a campo após enxague oral com maltodextrina e placebo - Santana do Deserto (MG) - 2014.....	54
Gráfico 6 -	Determinação da V4 para as medidas feitas com enxague oral com placebo - Santana do Deserto (G) - 2014	55
Gráfico 7 -	Determinação da V4 para medidas de lactato (mmol/l) feitas com enxague oral com maltodextrina - Santana do Deserto (MG) - 2014...	55
Gráfico 8 -	Comparação entre os níveis plasmáticos de glicose em cavalos submetidos a teste de esforço após enxague oral com placebo e maltodextrina 6,4% - Santana do Deserto (MG) - 2014	57
Gráfico 9 -	Comparação entre os valores de creatinoquinase antes e após teste de esforço a campo com uso de enxague oral com maltodextrina e placebo - Santana do Deserto (MG) – 2014	58
Gráfico 10 -	Comparação entre as funções representativas da frequência cardíaca (batimentos por minuto) de cavalos em teste de esforço a campo após enxague oral com placebo e maltodextrina (malto) a 6,4%, durante a recuperação - Santana do Deserto (MG) - 2014.....	60
Gráfico 11 -	Comparação entre as funções representativas das medidas de lactato plasmático (mmol/l) durante a recuperação de teste de esforço a campo após enxague oral com placebo e maltodextrina - Santana do Deserto (MG) - 2014	62
Gráfico 12 -	Comparação das funções representativas das medidas de glicose plasmática (mmol/l) de cavalos durante o período de recuperação	

de teste de esforço a campo após enxague oral com placebo e maltodextrina (malto) - Santana do Deserto (MG) - 201465

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sequencia de velocidades utilizadas no protocolo de teste incremental de esforço máximo a campo -Santana do Deserto (MG) – 2014	40
Quadro 2 - Cálculo do intervalo entre balizas para programação do marcador sonoro - Santana do Deserto (MG) – 2014	41
Quadro 3 - Temperatura ambiente máxima e mínima e umidade relativa do ar dos dias de coleta de dados. Dados cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Estação automática de Juiz de fora)	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores basais (30 minutos antes de teste) de frequência cardíaca (FC), glicose (Gli), lactato (La) e creatinoquinase (CK) de cavalos da raça Mangalarga marchador - Santana do Deserto (MG) – 2014	46
Tabela 2 - Teste t pareado utilizado na comparação entre os tratamentos placebo e maltodextrina para as variáveis frequência cardíaca (FC), lactato (La), glicose (Gli) e creatinoquinase (CK), durante a avaliação pré-exercício em cavalos da raça Mangalarga Marchador - Santana do Deserto – 2014.....	47
Tabela 3 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de tempo de teste após enxague oral com maltodextrina a 6,4% (malto) ou água (placebo) - Santana do Deserto (MG) – 2014	48
Tabela 4 - Comparação entre os tempos de teste (em segundos) com enxague oral com maltodextrina (malto) e placebo - Santana do Deserto (MG) – 2014	48
Tabela 5 - Diferença de tempo (em segundos) entre a segunda e a primeira medidas de tempo de teste, de acordo com o tratamento recebido - Santana do Deserto (MG) – 2014	49
Tabela 6 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de frequência cardíaca de cavalos durante teste de esforço após enxague oral com maltodextrina (malto) e placebo - Santana do Deserto (MG) – 2014	50
Tabela 7 - Resultados da tabela de ANOVA para o modelo misto considerando a frequência cardíaca como resposta e a velocidade e o tratamento como variáveis explicativas - Santana do Deserto (MG) – 2014.....	51
Tabela 8 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de lactato, em mmol/l, obtidos durante teste de esforço a campo após enxague oral com maltodextrina (malto) e placebo - Santana do Deserto – 2014.....	53
Tabela 9 - Comparação entre os valores médios de lactato (mmol/l) entre os testes C (maltodextrina e placebo) - Santana do Deserto – 2014.....	54
Tabela 10 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de glicose plasmática (mmol/l) em teste de esforço a campo após enxague oram com placebo e maltodextrina - Santa do Deserto (MG) – 2014	56
Tabela 11 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de creatinoquinase, em U/l, antes e após teste de esforço a campo - Santana do Deserto (MG) – 2014	57
Tabela 12 - Resultados da tabela de ANOVA para o modelo misto considerando as medidas de creatinoquinase como resposta e a velocidade e o tratamento como variáveis explicativas - Santana do Deserto (MG) – 2014	58
Tabela 13 - Diferenças com relação aos momentos (tempos) de avaliação da variável creatinoquinase - Santana do Deserto (MG) – 2014.....	59

Tabela 14 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de frequência cardíaca (batimentos por minuto) durante teste de esforço a campo após enxague oral com placebo e maltodextrina (malto) - Santana do Deserto (MG) – 2014.....	59
Tabela 15 - Resultados da tabela de ANOVA para o modelo misto considerando a frequência cardíaca como resposta e a velocidade e o tratamento como variáveis explicativas:.....	60
Tabela 16 - Diferenças entre as medidas de FC 30 minutos após o teste e durante o repouso para os grupos placebo e maltodextrina - Santana do Deserto (MG)- 2014	61
Tabela 17 - Comparação entre as diferenças das medidas obtidas trinta minutos após o teste e o repouso entre os testes realizados com placebo e maltodextrina - Santana do Deserto (MG) -2014.....	61
Tabela 18 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de lactato, em mmol/l, obtidos durante a recuperação de teste de esforço a campo - Santana do Deserto (MG) – 2014	62
Tabela 19 - Resultados da tabela de ANOVA para o modelo misto considerando o lactato (mmol/l) como resposta e o tempo e tratamento como variáveis descritivas - Santana do Deserto (MG) – 2014	63
Tabela 20 - Diferenças entre as medidas de lactato 30 minutos após o teste e durante o repouso para os testes com placebo e maltodextrina - Santana do Deserto (MG) – 2014	63
Tabela 21 - Comparação das medidas de lactato (mmol/l) trinta minutos após o esforço e o repouso, para os testes com placebo e maltodextrina - Santana do Deserto (MG) – 2014	64
Tabela 22 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de glicose plasmática (mmol/l) de cavalos durante recuperação de teste de esforço a campo.....	64
Tabela 23 - Resultados do teste de ANOVA para o modelo misto considerando as medidas de glicose como resposta e o tempo e tratamento como variáveis explicativas - Santana do Deserto (MG) - 2014	65

LISTA DE ABREVIATÖES E SIGLAS

CDP	córtex dorsolateral pré-frontal
C	Celsius
CHO	Carboidrato
CK	Creatinoquinase
DP	Desvio padrão
FC	frequência cardíaca
Gli	Glicose
H	Horas
hPa	Hectopascal
L	Litro
La	Lactato
M	Metros
Malto	Maltodextrina
Min	Minutos
µmol	Micromol
Mmol	Milimol
N	Número
O2	Oxigênio

P	Placebo
PO2	pressão parcial arterial de oxigênio
PA	pressão atmosférica
S	Segundos
Rpm	rotações por minuto
SNC	sistema nervoso central
TA	temperatura ambiente
TAE	tempo até exaustão
UR ar	umidade relativa do ar (%)
V	velocidade (m/mim)
VO2máx	consumo máximo de oxigênio

LISTA DE SÍMBOLOS

=	Igual
/	Por
%	Porcentagem
°	Graus
®	Marca registrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1	A FADIGA	22
2.1.1	Fadiga periférica	23
2.1.2	Fadiga central	24
2.2	NEUROFISIOLOGIA DA GUSTAÇÃO	28
2.3	TESTES DE ESFORÇO	30
2.4	ENXAGUE ORAL COM CARBOIDRATO	31
2.5	A INTENSIDADE DO EXERCÍCIO	33
2.6	A GLICOSE PLASMÁTICA E O EXERCÍCIO	34
2.7	CREATINOQUINASE E O EXERCÍCIO	36
3	OBJETIVO	37
4	MATERIAL E MÉTODOS	38
4.1	ANIMAIS	38
4.2	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	38
4.3	TESTES DE ESFORÇO	39
4.4	DADOS CLIMATOLÓGICOS	42
4.5	ENXAGUE ORAL	42
4.6	FREQUÊNCIA CARDÍACA	42
4.7	ANÁLISE LABORATORIAL	43
4.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA	44
5	RESULTADOS	46
5.1	ESTUDO DE REPOUSO	46
5.2	ESTUDO DE DESEMPENHO	47
5.3	ESTUDO DO ESFORÇO	49
5.3.1	Frequência cardíaca	49
5.3.2	Lactato	52
5.3.3	Glicose	56
5.3.4	Creatinoquinase	57
5.4	ESTUDO DA RECUPERAÇÃO	59
5.4.1	Frequência cardíaca	59
5.4.2	Lactato	61

5.4.3	Glicose	64
5.5	ESTUDO DE COMPORTAMENTO	65
6	DISCUSSÃO	67
7	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO

A capacidade atlética do cavalo remonta o período em que este e o homem, endobiontes das estepes da Ásia Central relacionavam-se em algum nível de protocooperação. A figura mitológica do centauro projeta a importância que este animal teria nas sociedades modernas, atuando como um verdadeiro catalizador da história. O cavalo modificou as relações humanas e contribuiu para que o planeta assumisse a forma atual (RINK, 2008).

Dos tempos da equitação mongol de Gengis Khan às disputas olímpicas do hipismo clássico a capacidade atlética do cavalo sempre esteve em foco. Recentemente as estratégias de incentivo a essa capacidade tornaram-se uma verdadeira obsessão de competidores e treinadores, uma vez que as exigências físicas dos concursos atuais tornaram-se altíssimas.

Diversos estudos em humanos e animais tem descrito o efeito benéfico da ingestão de carboidrato em exercícios de alta intensidade ($>75\% \text{VO}_{2 \text{ máx}}$) e curta duração ($<1\text{h}$) (ANANTARAMAN et al., 1995), entretanto os mecanismos responsáveis por este efeito permaneceram obscuros por longos períodos no passado.

Hipotetizou-se, inicialmente, que a ingestão de carboidrato poderia manter alto o ritmo de oxidação de glicose nas fibras musculares, e portanto postergar possíveis causas energéticas da exaustão.

Esse mecanismo foi amplamente questionado após a observação de que a infusão intravenosa de glicose não gera benefício ao desempenho (CARTER et al., 2004a). A partir de então supôs-se que o efeito ergogênico da ingestão de carboidrato estaria relacionado à via de administração, e seria portanto, fruto de mecanismos centrais de controle da fadiga.

Estudos posteriores descreveram o efeito benéfico do enxague oral com carboidrato em atletas de ciclismo e corrida (CARTER et al., 2004b; ROLLO et al 2010). Análises utilizando ressonância magnética funcional revelaram que o enxague com carboidratos calóricos ativam regiões do córtex orbitofrontal responsáveis pela recompensa, motivação e atividade motora (CHAMBERS et al., 2009).

Os achados relacionados ao efeito central são consistentes com estudos que revelaram que o enxague oral com carboidrato aumentou a sensação de prazer e diminuiu a percepção subjetiva de esforço em atletas humanos durante teste de longa duração (BACKHOUSE et al., 2005).

O estado da arte das investigações acerca da ingestão de carboidratos referem-se aos seus efeitos sobre o controle central da eficiência do exercício, através das diferentes sensações geradas a partir da ativação de áreas específicas do córtex orbitofrontal.

Hipotetizou-se, no presente estudo, que o enxague oral com maltodextrina pode aumentar o desempenho de cavalos em teste de esforço a campo, e contribuir para investigações acerca dos elementos centrais envolvidos na fadiga e sua modulação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A FADIGA

A Fadiga durante exercício prolongado foi tradicionalmente definida como a inabilidade de manter a potência requerida ou esperada para realizar determinado trabalho. A diminuição na produção de força pode ocorrer em diversos locais da via de estimulação motora, desde o sistema nervoso central até o maquinário da fibra muscular (KENT-BRAUN, 1999).

As dúvidas a respeito da origem do fenômeno remontam uma histórica discussão sobre a relação entre o corpo e a mente. René Descartes (1596-1650) acreditava em uma separação óbvia entre os dois elementos: "Sou uma substância cuja essência ou natureza consiste apenas no pensar, e que para ser, não necessita de um lugar nem depende de qualquer coisa material (...). Esse eu, isto é a alma, pela qual sou o que sou, é inteiramente distinta do corpo". O pensamento de Descartes ia além, e percebia uma relação antagônica do corpo sobre a mente: "Considero que não haja sujeito que atue mais imediatamente contra a alma do que o corpo ao qual está unida" (TRIPICCHIO, 2007).

O filósofo francês Montaigne (1533-1592) colocava mente e corpo sob uma perspectiva mais harmoniosa e evidentemente cooperativa, conforme se depreende na passagem "Que ela (a alma) o assista sempre e não se recuse a tomar parte nos prazeres naturais, contribuindo, além disso, com sua moderação para evitar o abuso que leva ao desprazer. Por que desmembrar e divorciar tais elementos de uma associação tão fraternal?" (TRIPICCHIO, 2007).

Uma relação mutualística entre corpo e alma foi apontada posteriormente por Spinoza (1632-1677). Segundo o filósofo, corpo e mente seriam manifestações um do outro, ora sobre a forma mental, ora material. A mente poderia estar a serviço do corpo como um mecanismo adaptativo: "A mente existe para o corpo, está empenhada em contar a história daquilo que se passa no corpo, e utiliza essas histórias para melhorar a vida do organismo" (SILVA, 2011).

2.1.1 Fadiga periférica

Fatores periféricos relacionados à fadiga incluem: falhas no acoplamento excitação-contração, redução da excitabilidade neuromuscular e depleção de glicogênio muscular (KENT-BRAUN, 1999).

O consumo mitocondrial de oxigênio ($\text{VO}_{2 \text{ máx}}$) foi descrito como o principal indicador de desempenho em cavalos e humanos atletas. Estudos com inalação de misturas gasosas enriquecidas em O_2 demonstraram aumento da PO_2 arterial e do $\text{VO}_{2 \text{ máx}}$ após o procedimento (KNIGHT et al., 1993). Uma correlação em situações termoneutras parece existir também entre o débito cardíaco e o $\text{VO}_{2 \text{ máx}}$. O exercício em superfícies inclinadas aumenta o débito cardíaco e produz aumento concomitante do consumo de O_2 (MCDONOUGH et al., 2002).

As proposições acima citadas corroboram o modelo cardiovascular/anaeróbio, proposto por Hills et al. (1924). Neste modelo sugere-se que o treinamento tem o efeito sobre o "condicionamento cardiovascular". Ou seja, cargas repetidas de trabalho aumentariam a capacidade de ejeção do coração e consequentemente maiores volumes de oxigênio seriam entregues ao músculo.

A fadiga foi entendida, portanto, como um desequilíbrio entre a demanda e a oferta de oxigênio na fibra muscular. E o desempenho estaria, enfim, associado à capacidade de manutenção deste equilíbrio.

Segundo o proposto, o débito cardíaco seria a base de uma pirâmide de eventos que culminariam com o acúmulo de lactato e a exaustão. Segundo este modelo o exercício não poderia se prolongar muito além do "plateau" no consumo máximo de oxigênio (NOAKES, 2000).

Tais estudos colocam os sistemas cardiovascular e respiratório como os possíveis limitadores do consumo mitocondrial de oxigênio e consequentemente do desempenho. Diversos autores compartilharam dessa mesma idéia e aprofundaram suas convicções de que a fadiga seria uma forma de "incapacidade" e a exaustão o resultado de uma falha metabólica.

Observa-se, entretanto, que em qualquer forma de exercício, a exaustão pode ocorrer sem que necessariamente haja falha homeostática. Provavelmente os principais exemplos sejam os exercícios realizados em condições de extrema hipóxia (altitude) e calor excessivo (GREEN et al., 1985; NOAKES, 2000). Em

ambas as situações o exercício se interrompe sem qualquer evidência de falha metabólica, homeostática ou termorregulatória.

2.1.2 Fadiga central

Os modelos de fadiga central propõem que a redução de potência durante a exaustão não é causada por limitações fisiológicas em órgãos periféricos, como os músculos esqueléticos ativos durante o movimento. A fadiga estaria associada à alteração de sinais eferentes enviados pelo cérebro (ST CLAIR GIBSON; NOAKES, 2005).

Alterações na concentração de certos neurotransmissores cerebrais como a serotonina poderia constituir a causa da fadiga. Entretanto permanece obscuro se o aumento da concentração desses neurotransmissores seria de origem periférica, ou se resultaria do aumento da atividade neural central. (BLONSTRAND, 2000) O aumento desses neurotransmissores poderia "bloquear" um recrutamento adequado de unidades motoras durante o exercício, impedindo a manutenção da potência muscular, mesmo frente ao desejo consciente do indivíduo de aumentar a mesma.

Um modelo alternativo propõe que a fadiga não seria causada por vias inibitórias, mas seria parte de um processo neural ativo, cuja função seria "proteger" os diversos órgãos ativos durante o exercício (ST CLAIR; GIBSON, 2005).

Estudos demonstraram que a diminuição da força durante contração muscular isométrica resulta da redução do recrutamento motor em unidades neurais cerebrais e musculares (periféricas). Isto deve-se às informações aferentes inibitórias provenientes dos próprios músculos e outros órgãos periféricos (ENOKA; STUART, 1992; ST CLAIR GIBSON; NOAKES, 2005) O recrutamento motor parece ser o mecanismo pelo qual o centro de controle motor cerebral controla a potência muscular imediatamente antes e durante a exaustão.

Interessantemente constatou-se que essas alterações no controle motor do exercício não se originam do córtex motor ou de estruturas neurais eferentes, conforme haveria de se esperar. O comando motor está provavelmente localizado

em regiões cerebrais "acima" do córtex motor, como o córtex cingulado e prefrontal. Curiosamente essas regiões estão também implicadas no córtex gustativo secundário (GANDEVIA, 1998; ROLLS, 2004; CHAMBERS et al., 2009).

Saint Clair Gibson e Noakes (2005) propuseram o que denominaram modelo do governado central. Nesse modelo a exaustão é abordada como um processo relativo ao invés de um evento absoluto ou "ponto final". O autor sugere que antes, e continuamente durante o exercício o cérebro calcula, de forma subconsciente, o custo metabólico para cumprir uma determinada tarefa, bem como a influência do ambiente e do estado físico do indivíduo. Essas informações permitiriam ao sistema nervoso central escolher uma estratégia ótima de esforço, para que a tarefa seja realizada com máxima eficiência mantendo-se a capacidade de reserva fisiológica e a homeostase.

Os cálculos mentais subconscientes ou "governador central" seria responsável pelo controle da potência em todas as formas de exercício, sendo parte fundamental do controle homeostático do mesmo. A sensação consciente de fadiga seria, na verdade, uma manifestação do "governador central" e representaria o chamado esforço neural. À medida que este progride o indivíduo tem a percepção consciente de que o exercício está próximo do fim. A fadiga seria, neste modelo, uma sensação ou "manifestação" do aumento do esforço físico (Figura 1).

Figura 1 - Modelo central de regulação do exercício

Fonte: (ST CLAIR GIBSON, A.; NOAKES, T. D., 2004 adaptado por BOGOSSIAN, 2004).

Legenda: 1. Ação do neurônio motor sobre o recrutamento de unidades motoras nos músculos esqueléticos. 2. "Feedback" sensorial de órgãos periféricos. 3. Informações periféricas e centrais são transmitidas ao córtex cerebral. 4. Percepção consciente da intensidade do esforço e sensação de fadiga.

Essa sensação poderia então inibir o desejo consciente de continuar o exercício além do planejado pelo centro de controle motor, evitando-se assim que o esforço físico perca sua eficiência e um desequilíbrio homeostático se instale (SAINT CLAIR GIBSON; NOAKES, 2005; WEIR et al., 2006).

O conhecimento da tarefa a ser cumprida parece ser fundamental para que o exercício seja eficiente. Quando os sujeitos conhecem, antes do início do exercício, o trabalho ou a duração do exercício, a estratégia de esforço apresenta altíssima repetibilidade. Em situações opostas, nos chamados "close looping", em que os sujeitos desconhecem a tarefa a ser cumprida, o desempenho e a estratégia de esforço mostram-se bastante variáveis (DUNBAR et al., 1992).

A exaustão, entretanto, não parece apresentar tamanha linearidade quando analisados atletas de alto nível. O fim do exercício pode também ser um processo contínuo, sujeito a "feedbacks" periféricos e recomeços. Palmer et al. (1994) estudaram o ritmo cardíaco de ciclistas de alto nível em uma competição de 4 dias e observaram que apesar de constante, o esforço não repercutiu-se em um ritmo cardíaco de aumento linear. Ou seja, a frequência cardíaca apresentou

elevações e decréscimos aleatórios durante todo o percurso sem correlação com a topografia ou velocidade: "O ritmo cardíaco de ciclistas de alto desempenho são mais uma função da estratégia de prova do que das características do terreno".

Esse comportamento não linear descrito por Palmer et al. (1994) motivou um aprimoramento do modelo do governador central em uma teoria chamada sistema complexo não linear. Nesta nova idéia as variáveis envolvidas no exercício poderiam interagir umas com as outras através de "feedbacks" e "feedforwards" formando um sistema complexo de regulação da exaustão.

O modelo sugere também que atividades fisiológicas diferentes como a elétrica, magnética, proteica, genética estrutural presentes em tecidos distintos podem ter uma interação e em algum nível influenciar uma a outra. Em um sistema complexo cada variável deixa de ser resultado de um fenômeno isolado e passa a ser a manifestação de um histórico de interações (BROWN et al., 2001; SAINT CLAIR GIBSON; NOAKES, 2005).

A dinâmica do modelo indica que a intensidade do exercício em resposta as alterações periféricas está sob a "tutela" de um mecanismo integrado de controle central. Estímulos provenientes das mais diversas variáveis e suas interações periféricas reuniram-se ao sistema integrado de controle no sistema nervoso central que por sua vez coordenaria a atividade muscular (potência) por meio do recrutamento ou "dispensa" de unidades motoras (ST CLAIR GIBSON; NOAKES, 2005).

Apesar de recente a suspeita de que existe um componente do SNC relacionado à fadiga não é inovadora. Em 1890, Algelo Mosso em sua épica obra "La Fatica" observou que a capacidade de flexão do polegar reduz-se após uma atividade cognitiva intensa, como ministrar uma aula ou palestra. Mosso acreditava existir o que designou "fadiga mental".

Evidências de que a fadiga mental limita a tolerância ao exercício surgiram novamente em 2009 em um estudo observando o desempenho de atletas de resistência após tarefa cognitiva árdua. A fadiga mental aumentou a percepção subjetiva de esforço levando os indivíduos à exaustão precocemente. Neste caso não houve diferença entre os grupos quanto ao estado cardiorrespiratório ou musculo energético. Trata-se de uma evidência de correlação entre a função cerebral e o exercício, entre o esforço físico e cognitivo (MARCORA et al., 2009).

Mosso (1891) e Marcora (2009) precipitaram a exaustão por vias extraperiféricas. Provaram que além de existir, o componente central da fadiga pode também ser modulado. Um novo caminho surgia no horizonte e caminhar por ele incluiria perguntas como: Será possível modular positivamente a fadiga? Quais seriam os métodos para diminuir o esforço mental associado ao exercício?

2.2 NEUROFISIOLOGIA DA GUSTAÇÃO

"De gustbus non est disputandum". Expressão atribuída a Júlio Cesar que originou o dito popular "gosto não se discute" remete-nos a subjetividade histórica relacionada ao sentido da gustação. O gosto, enquanto matéria-prima de uma experiência prazerosa, não é melhor ou pior que outro. As múltiplas conexões neurofisiológicas envolvidas em todo o sistema gustativo tornam este sentido algo surpreendentemente individual e fisiologicamente complexo.

A parte quimicamente ativa de uma célula gustativa denomina-se terminal apical. Desta projetam-se microvilosidades em direção ao poro gustativo, uma pequena abertura na superfície da língua onde a célula gustativa é exposta ao conteúdo da cavidade oral (BEAR, 2002).

O principal fluxo das informações gustativas é dos botões gustativos para os axônios gustativos primários, tronco encefálico, tálamo e finalmente o córtex cerebral. Três pares de nervos cranianos conduzem os axônios gustativos primários até o encéfalo. Os dois terços anteriores da língua e do palato enviam axônios para a corda timpânica, que é um ramo do nervo facial. O ramo posterior da língua é innervado por um ramo do nervo glossofaríngeo. A região da glote, epiglote e faringe enviam axônios para o décimo par de nervos cranianos (nervo vago). Os axônios gustativos desses nervos penetram no tronco encefálico e fazem sinapse dentro do núcleo gustativo, que é parte do núcleo do trato solitário, no bulbo do tronco encefálico (BEAR, 2002).

Neurônios do núcleo gustativo fazem sinapse com pequenos neurônios do núcleo ventral póstero-medial (VPM). Informações gustativas são então enviadas desse núcleo para o córtex gustativo primário na área 43 de Brodman, e para as regiões insulo-operculares. Dessas regiões o estímulo é transmitido ao

hipotálamo e a base do telencéfalo. Essas estruturas parecem estar envolvidas na palatabilidade dos alimentos e nos aspectos motivacionais relacionados à alimentação, que se denomina recompensa (BEAR, 2002) (Figura 2).

Figura 2 - Esquema representativo da transmissão do estímulo gustativo

Fonte: (GUYTON, A. C., 1981)

O valor da recompensa gustativa é representado no córtex gustativo secundário, que se localiza na parte caudolateral do córtex orbitofrontal. Experimentos realizados em humanos e animais revelaram que áreas do córtex orbitofrontal são ativadas pela ingestão de carboidrato (ROLLS, 2004).

O striatum, bem como o córtex cingulado anterior, são regiões do córtex orbitofrontal que compõem o chamado núcleo de recompensa do córtex gustativo secundário, e processam diferentes aspectos da recompensa. O córtex dorsolateral prefrontal e o striatum dorsal estão envolvidos também em funções cognitivas, em especial àquelas relacionadas a tomadas de decisão. O córtex orbitofrontal parece ser a região do cérebro onde informações cognitivas influenciam o comportamento emocional do indivíduo (ROLLS; GRABENHORST, 2008).

O striatum de primatas parece convergir importantes informações cognitivas e de recompensa em circuitos mediados pela dopamina. Estudos com

reconstrução tridimensional corticostriatal, sugerem que a região rostral do striatum pode mediar diferentes aspectos e informações associadas à aprendizagem (HEBBER et al., 2006).

O senso de que o paladar pode ser uma sensação com múltiplas conexões, inclusive emocionais e cognitivas foi descrito sob o viés literário por Malcel Proust, na seguinte passagem: "memórias especiais vem a nossa mente em resposta a gostos ou aromas particulares" (PROUST, 2006).

2.3 TESTES DE ESFORÇO

Pouco se pode inferir a respeito da capacidade atlética de cavalos em avaliações feitas durante o repouso. Informações de evidência dúbia, e dados clínicos algumas vezes pouco relevantes podem levar a equívocos significativos (EVANS, 2007).

Os testes de esforço são utilizados para acessar informações sobre o desempenho de cavalos atletas. Estudos tem sido delineados em testes realizados em esteira, devido à facilidade de obtenção de amostras, em especial as que se referem a variáveis respiratórias. Entretanto muitos artigos tem reportado o uso de testes de esforço a campo com este mesmo fim (EVANS, 2007).

Na maioria das competições equestres, o desempenho depende da capacidade e da eficiência com que o indivíduo produz energia. Cavalos que competem provas de duração superior a um minuto devem ser avaliados principalmente quanto a sua capacidade aeróbica (EVANS, 2007).

A capacidade aeróbica pode ser inferida durante testes de esforço a campo, através da determinação do limiar de lactato (VL₄): velocidade que induz uma concentração plasmática de lactato igual a 4mmol/l (MIRIAN; FERNANDES, 2011).

Atualmente os testes utilizados em atletas humanos de alto nível tem buscado reproduzir o mais fidedignamente as situações reais de prova.

Os testes de tempo ou chamados "testes contra o relógio" tem vantagens sobre os convencionais aeróbicos pois representam uma situação de competição,

e por isso contemplam os múltiplos aspectos relacionados ao desempenho. Nesses testes os sujeitos conhecem a tarefa total a ser cumprida, bem como que percentual resta da mesma à medida que o teste progride, o que lhes permite escolher sua estratégia de prova. Estudos tem mostrado que os testes de tempo tem maior verossimilhança quando comparados aos testes incrementais (LAURSE et al., 2007).

2.4 ENXAGUE ORAL COM CARBOIDRATO

O enxague oral com carboidrato consiste na distribuição de solução carboidratada por toda a cavidade oral por um período de aproximadamente 5 segundos e subsequente expulsão do fluido. Os carboidratos mais utilizados tem sido a glicose e a maltodextrina, ambas em baixa concentração (6,4%) (CARTER et al., 2004b; CHAMBERS et al., 2009).

O enxague oral com carboidrato tem sido investigado como fonte ergogênica em exercícios de moderada a alta intensidade (75% $\text{VO}_{2\text{máx}}$) e 1 hora de duração.

James Carter et al., (2004) foram os primeiros a estudar o efeito do enxague oral com carboidrato sobre o desempenho. Neste estudo, sete homens e duas mulheres completaram dois testes de esforço em cicloergômetro, em que foi requerido aos indivíduos completar determinado trabalho (914 ± 40 KJ) no menor tempo possível. Nos testes os participantes "bochecharam" com solução aquosa de maltodextrina a 6,4%, e com água, com intervalo de tempo fixo correspondente a 12,5% da tarefa total requerida.

Carter observou que a potência média foi significativamente maior após o enxague oral com maltodextrina quando comparado à água ($259 \pm 16\text{W}$ *versus* $252 \pm 16\text{W}$). De forma análoga, o tempo necessário para completar o trabalho estipulado foi 2,9% menor após o enxague com maltodextrina (59.57 ± 1.50 min *versus* 61.37 ± 1.56).

Acredita-se que o enxague oral com carboidrato aumente o desempenho em exercícios de moderada a alta intensidade e curta duração por estímulo central a áreas de recompensa, motivação e acionamento motor (Figura

3)(CHAMBERS et al., 2009) Diversos estudos foram dirigidos posteriormente e corroboraram as idéias propostas por Carter (SILVA et al., 2014).

Figura 3 - Resultados do estudo de neuroimagem do cérebro humano durante enxague oral com glicose e sacarina. Ativação da insula/opérculo frontal, córtex dorsolateral prefrontal (CDP), striatum e córtex cingulado (ressonância magnética funcional contrastada)

Fonte: (CHAMBERS et al., 2009).

Legenda: A. Glicose - Controle; B. Sacarina - Controle.

Em um estudo liderado por Potier (2010), comparou-se os efeitos da ingestão e do enxague oral com carboidrato. sobre o desempenho em testes contra relógio. Interessantemente o melhor resultado foi obtido após o enxague oral com CHO (3,7%). Não se observou diferença entre os testes com placebo (ingestão e enxague) e com ingestão de CHO.

O estudo indica que o tempo de contato da solução com a mucosa oral constitui um fator importante no efeito observado sobre o desempenho.

Chambers et al. (2009) revelaram que a ativação de áreas cerebrais de recompensa, como o córtex orbitofrontal e o striatum, podem diminuir a percepção subjetiva de esforço. Consequentemente o indivíduo apresenta menor sensação de cansaço e desprazer durante o exercício, o que lhe permite manter a potência muscular por mais tempo.

Adicionalmente, os autores observaram que essas áreas cerebrais são ativadas pela porção calórica do carboidrato, e que o paladar adocicado não produz efeito de recompensa. O enxague oral com carboidratos independentemente de seu

paladar e valor biológico ativam áreas insulo-operculares (córtex gustativo primário), entretanto apenas os carboidratos calóricos mostram efeito sobre o córtex gustativo secundário (CHAMBERS et al., 2009).

Os potenciais efeitos do enxague oral com carboidrato parecem depender das reservas de carboidrato (glicose circulante, glicogênio muscular e hepático). Lane et al. (2013) observaram que o efeito desta técnica parece exacerbar-se quando os indivíduos são exercitados em jejum. Entretanto outros estudos observaram aumento de desempenho mesmo com os atletas em estado pós-prandial.

Nos estudos documentados, não se observa diferença nas medidas de frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço (escala Borg) entre os testes realizados com placebo e enxague oral com carboidrato (Isso significa que sob efeito do enxague oral CHO os atletas produzem maior potência muscular para uma dada percepção, ou consciência de esforço). Na prática, o aumento da potência não é conscientemente percebido pelos atletas após enxague oral com carboidrato (CHAMBERS et al., 2009; ROLLO et al., 2010).

Não há na literatura investigações a respeito do efeito do enxague oral com carboidratos em equinos.

2.5 A INTENSIDADE DO EXERCÍCIO

Por mais de 30 anos, a relação entre lactato sanguíneo, velocidade e potência tem sido estudada em humanos, com objetivo de definir a transição entre o metabolismo aeróbico para o parcialmente aeróbico.

Postulou-se desde então que essa transição ou chamado limiar anaeróbio (limiar de lactato) poderia ser um importante indicador do desempenho aeróbico e da intensidade do exercício (STEGMANN; KINDERMAN, 1982).

Em um estudo realizado por Connet et al. (1984) demonstrou-se que o lactato não é apenas um subproduto do metabolismo anaeróbio, mas pode ser utilizado como substrato em vias oxidativas por músculos esqueléticos e pelo coração.

A concentração de lactato no plasma é função de sua produção pelas fibras musculares, e sua utilização em outras vias metabólicas (gliconeogênese, oxidação etc). As baixas concentrações plasmáticas de lactato observadas em indivíduos treinados, durante o exercício, pode representar uma maior capacidade de oxidação desse substrato (BIRKS et al., 1991).

O aumento da produção de lactato tem sido observado durante o recrutamento de fibras musculares, em que a glicólise anaeróbia é a principal via utilizada na produção de ATP (BIRKS et al., 1991).

Em cavalos puro-sangue-inglês de corrida, valores máximos correspondente a 25 mmol/l foram observados após exercício de alta intensidade a campo (ROSE; HODGSON, 1994).

A frequência cardíaca também constitui um marcador de intensidade de esforço em equinos. Sua variação ocorre em uma relação direta linear com o a intensidade do esforço, atingindo valores máximos entre 200 a 220 batimentos por minuto (FORTIER et al., 2014). A cinética da frequência cardíaca após o exercício constitui importante dado sobre o condicionamento físico do indivíduo, bem como sobre sua saúde cardiovascular (SIETSEMA et al., 1989).

Frequências cardíacas inferiores a 120 batimentos por minuto, entretanto não obedecem a uma correlação direta linear com a intensidade do esforço. Esses valores podem ser influenciados por fatores psicogênicos como o medo e ansiedade. Frequências acima de 210 batimentos por minuto comportam-se como "plateau" sob estímulos incrementais na carga de trabalho (PERSSON, 1983).

2.6 A GLICOSE PLASMÁTICA E O EXERCÍCIO

O consumo de glicose pelos músculos esqueléticos relaciona-se às múltiplas etapas de regulação, desde a sua absorção intestinal até o transporte para o interior da fibra muscular. O exercício aumenta a capacidade de transporte de glicose pela membrana dos miócitos e ao mesmo tempo eleva o fluxo sanguíneo muscular, bem como a atividade enzimática no interior das células associadas ao metabolismo da glicose (RICHTER et al., 2001).

O estímulo ao transporte de glicose nos músculos em contração envolve a mobilização de uma proteína denominada GLUT - 4, contida em vesículas intracelulares sensíveis ao início do exercício (DOUEN et al., 1989).

Tem sido demonstrado que o nível de glicogênio nos músculos esqueléticos exerce um efeito regulatório no consumo de glicose durante a contração muscular, através da translocação da proteína GLUT-4 (HESPEL; RICHTER, 1990). Os autores sugerem, neste estudo, que a depleção do glicogênio muscular sensibiliza a membrana das células à presença de glicose, facilitando assim sua entrada nas fibras musculares.

Em um estudo o metabolismo da glicose em uma atividade ciclística de uma hora a 70% do VO₂ máx. foi quatro vezes maior em indivíduos com menor reserva de glicogênio muscular (180 μ mol *versus* 800 μ mol (RICHTER et al., 2001).

A depleção do glicogênio muscular comumente ocorre durante jejum prolongado (10 a 12 horas). Nessas condições toda glicose usada no metabolismo celular provém do glicogênio hepático e de vias gliconeogênicas (JOSE-CUNILLERAS et al., 2002).

A alimentação com carboidrato antes de exercício de alta intensidade pode ter significativa influência sobre o metabolismo da glicose, a utilização de reservas de glicogênio e sobre o desempenho (JOSE-CUNILLERAS et al., 2002).

Em um estudo realizado na Universidade de Cornell (USA) comparou-se o efeito da ingestão de diferentes porções de carboidrato (1, 2 e 3kg de grãos fornecidos 2,5 a 3 horas antes do exercício) com o jejum prolongado (13 a 18 horas antes do exercício). Os autores observaram que nos animais alimentados com grãos (1, 2 e 3kg) houve um declínio na glicose sanguínea quando comparado com os testes realizados com os cavalos em jejum (LAWRENCE et al., 1993).

Provavelmente esse efeito ocorreu em decorrência da ação da insulina que facilita a entrada de glicose nas células musculares, as quais encontram-se, por sua vez, sensíveis à presença de glicose.

Adicionalmente, observou-se que os cavalos não alimentados com grãos utilizaram maiores frações de glicogênio hepático e de ácidos graxos livres quando comparados aos alimentados com carboidrato. Ou seja, a alimentação com carboidrato diminui a capacidade de mobilização de reservas hepáticas de

glicogênio, bem como o uso de fontes lipídicas de energia durante exercício de alta intensidade (LAWRENCE et al., 1993).

Após exercício de alta intensidade a ressíntese de glicogênio é a principal prioridade dos músculos exercitados. Neste período as baixas reservas de glicogênio regulam positivamente o transporte de glicose para o meio intracelular e consequentemente os níveis plasmáticos decrescem (RICHTER et al., 2001).

2.7 CREATINOQUINASE E O EXERCÍCIO

Creatinoquinase é uma enzima encontrada predominantemente nos músculos e sua liberação na circulação associa-se a lesão muscular. A atividade sérica da CK tem sido especulada por muitos como um marcador de lesão muscular induzida pelo exercício ou excesso de trabalho (CLARKSON et al., 1992; BAIRD et al., 2012).

Em humanos não há um consenso sobre que níveis de CK definem lesão muscular. A FDA (*Food and Drug Administration*) especifica níveis de 50 vezes maior que o limite superior associado à lesão renal para o diagnóstico de rabdomiólise em humanos (LATHAN; CAMPBEL, 2008).

Aumento dos níveis de CK tem sido mais pronunciado em indivíduos do sexo masculino e destreinados durante exercício de alta intensidade, longa duração ou de força, especialmente envolvendo contração excêntrica (LATHAN; CAMPBEL, 2008).

A liberação da CK pelas células musculares parece ocorrer em função da permeabilidade do sarcolema e portanto sofre influências outras, tais como a de hormônios sexuais (KUIPERS, 2007).

Em equinos apresenta importância clínica na avaliação das lesões musculares, especialmente na rabdomiólise. A atividade desta enzima não se alterou de forma significativa em um estudo observando cavalos puro-sangue-inglês submetidos a esforço de alta intensidade a campo. Neste estudo a atividade da enzima valor de 75 UI/l a 80 UI/l (CHIARADIA et al., 1998).

3 OBJETIVO

Investigar o efeito do enxague oral com maltodextrina a 6,4% o desempenho de cavalos em teste incremental de esforço máximo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ANIMAIS

Foram qualificados para o estudo sete animais hígidos não treinados da raça Mangalarga Marchador com idade entre 6 e 10 anos e peso entre 350 e 400kg.

Os animais foram alojados em baias individuais e alimentados com ração comercial (4 kg diários divididos em duas porções) e capim fresco do gênero *panicum*, servido à vontade. Os animais também tiveram livre acesso à água e ao sal mineral.

Os critérios de inclusão foram:

- Idade entre 6 e 10 anos
- Peso entre 350 e 400 kg
- Ter familiaridade ou experiência com exercício de alta intensidade
- Ter boa saúde e parâmetros de exame físico dentro dos padrões de normalidade

4.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Dois testes incrementais de esforço máximo com intervalo de quatro dias foram realizados. O teste P foi empregado como controle, uma vez que os animais foram exercitados após enxague oral com placebo e o teste C após o enxague com solução aquosa de maltodextrina a 6,4%. A ordem de utilização das soluções foi aleatoriamente escolhida por um integrante da equipe que não participou dos testes.

Os animais foram privados de alimento doze horas antes do início dos testes. Somente o acesso à água foi mantido durante este período.

4.3 TESTES DE ESFORÇO

Elegeram-se o teste incremental de esforço máximo a campo adaptado do teste padronizado por Mirian e Fernandes (2011) para a avaliação dos cavalos neste estudo.

Os animais foram adaptados ao protocolo do teste por um período de trinta dias. O cavaleiro recebeu um treinamento específico para a realização dos testes. Duas simulações de teste foram feitas nas duas últimas semanas que antecederam o mesmo.

A adaptação consistiu de uma fase inicial cujo objetivo foi elevar o nível de equitação dos animais e compôs-se da execução de figuras de adestramentos úteis a uma boa execução do teste, como círculos no galope, transições passo-trote e passo galope, alongamento e reunião dos andamentos.

Ao fim deste período os animais estavam nivelados quanto à qualidade de resposta aos estímulos do cavaleiro e a qualidade dos movimentos. Em seguida foram feitos treinos cujo objetivo foi simular situações de teste, repetindo-se as cadências de cada estágio, parada total após o galope e saídas rápidas para o galope. Esta etapa seguiu até que os cavalos pudessem realizar esses movimentos com prontidão e calma.

Os testes foram realizados em uma pista de areia delimitada por 4 balizas colocadas nos vértices de um quadrado de 35 metros de lado (Figura 4).

Figura 4 - Desenho esquemático das dimensões da pista utilizado para realização dos testes de esforço - Santana do Deserto (MG) - 2014

Fonte: (MIRIAN, M.; FERNANDES, W. R., 2011 adaptado por BOGOSSIAN, 2014).

O teste propriamente dito foi composto por um protocolo escalonado de velocidades. O mesmo iniciou-se a uma velocidade de 105 metros por minuto e a cada 3 minutos a velocidade foi incrementada em 35m/mim até a velocidade 210 m/mim. A partir deste estágio a taxa de incremento da velocidade elevou-se para 70 m/min. O estágio final do teste corresponde à velocidade de 490 m/mim (Quadro 1).

Quadro 1 - Sequencia de velocidades utilizadas no protocolo de teste incremental de esforço máximo a campo -Santana do Deserto (MG) – 2014

Velocidade (metros por minuto)
0
105
140
175
210
280
350
420
490

Um marcador sonoro (Mixped®) foi previamente programado segundo o protocolo de velocidades do teste e utilizado para determinar o momento que o conjunto deveria passar por cada baliza, bem como os momentos de coleta de amostras. As marcações sonoras foram inseridas no programa segundo o cálculo do tempo de intervalo entre balizas para cada estágio do teste (Quadro 2).

Quadro 2 - Cálculo do intervalo entre balizas para programação do marcador sonoro - Santana do Deserto (MG) – 2014

V	V (m/min)	V(m/s)	Trechos	Distancia (m)	Intervalo entre marcas (s)
1	105	1,75	9	315	20,00
2	140	2,33	12	420	15,00
3	175	2,92	15	525	12,00
4	210	3,50	18	630	10,00
5	280	4,67	24	840	7,50
6	350	5,83	30	1050	6,00
7	420	7,00	36	1260	5,00
8	490	8,17	42	1470	4,29
9	560	9,33	48	1680	3,75

O fim do teste se dá no chamado "ponto de exaustão", que consiste no momento em que o conjunto não se mostra capaz de manter a potência requerida pelo estágio do teste.

Convencionou-se como o "ponto de exaustão", o exato momento em que o conjunto mostrou-se incapaz de alcançar três tambores consecutivos. Outros motivos para o encerramento do teste são a perda significativa da qualidade de movimento, dificuldade no cumprimento do percurso ou queda. Os avaliadores, e o cavaleiro, estavam "cegos" quanto ao tipo de solução utilizada antes do procedimento.

Cada estágio tem duração de 3 minutos. Uma vez cumprido o estágio, o cavaleiro solicita ao cavalo uma posição de imobilidade e a equipe se aproxima para a coleta das amostras. Este período tem duração não superior a vinte segundos.

4.4 DADOS CLIMÁTOLÓGICOS

Os testes foram realizados sob condições termoneutras e normobáricas.

Os valores de temperatura ambiente e umidade relativa do ar do primeiro e segundo dias de teste estão descritos no quadro abaixo (Quadro 3).

Quadro 3 - Temperatura ambiente máxima e mínima e umidade relativa do ar dos dias de coleta de dados. Dados cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Estação automática de Juiz de fora)

	TA (°C)	PA (hPa)	Vento (KM/h)	UR ar (%)
Coleta 1 (16/08/2014)	19.0 - 20.1	915.1	3.2	78 - 84
Coleta 2 (22/08/2014)	21.2 - 25.8	908.6	7.5	49 - 71

4.5 ENXAGUE ORAL

A solução teste compôs-se de maltodextrina a 6,4% e a solução controle apenas de água. Ambas as soluções apresentaram volume de 1L. Foi utilizada uma seringa odontológica (250 ml) para o enxague da cavidade oral com a solução.

A solução foi "esguichada" em ambos os vestíbulos orais e sobre a língua durante um período de aproximadamente 30 segundos (4 "esguichos"). Durante o enxague a língua foi mantida com a extremidade livre por sobre o diastema com o objetivo de manter a cavidade oral do animal aberta e impedir a deglutição.

4.6 FREQUÊNCIA CARDÍACA

A frequência cardíaca foi mensurada por meio de auscultação torácica. Os dados desta variável foram obtidos 30 minutos antes do teste com os cavalos

na baía, durante o teste em cada estágio (0 a 490 m/mim), 10, 20 e 30 minutos após o fim do teste. As medidas obtidas foram tabuladas e submetidas à análise estatística.

4.7 ANÁLISE LABORATORIAL

No dia que antecedeu o teste fez-se a cateterização das veias jugulares direita e esquerda com um cateter venoso 16g (3M®). Um extensor foi acoplado ao mesmo e na extremidade livre adaptou-se um PRN para a aspiração do material. Todo o sistema foi heparinizado e fixado à pele e a crina do animal. Amostras de sangue foram coletadas em tubos com fluoreto de sódio 30 minutos antes do teste, durante o mesmo em cada estágio, 10, 20 e 30 minutos após o fim do teste. Amostras de sangue foram também coletadas em tubos sem anticoagulante antes do teste, logo após o fim do mesmo, 1, 2, 3, 4 e 6 horas após o término do teste.

Os tubos foram então centrifugados a uma velocidade de 5000 rpm por 10 minutos e as amostras de plasma e soro foram aliquotadas, em duplicatas, e armazenadas em ependorfs a temperatura de -3°C.

As amostras foram então dirigidas ao laboratório do Departamento de Clínica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

A atividade sérica da enzima creatinoquinase foi mensurada por meio de um analisador bioquímico automático (Randox®) e kit comercial CK-activated (CK,NAC®).

As concentrações plasmáticas de lactato e glicose foram mensuradas utilizando-se o referido analisador bioquímico automático (Randox ®) e kits comerciais da marca Randox L-LACTATE (LAC®) e GLUCOSE (GLUC-PAP®), respectivamente.

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises foram realizadas com auxílio do software R 3.1.0 (R Core Team 2014). Para o ajuste dos modelos utilizou-se o pacote *nlme* (PINHEIRO et al., 2014).

Utilizou-se o teste t pareado (BUSSAB, 2006) considerando um nível de significância de 5% para comparação entre os tratamentos durante o período pré-exercício.

Para verificar se houve efeito do tratamento, velocidade ou interação entre velocidade e tratamento durante o esforço e recuperação, utilizou-se para as variáveis frequência cardíaca, lactato e glicose, a tabela de ANOVA de modelo misto.

A comparação entre os tratamentos maltodextrina e placebo para a variável "tempo de teste" foi realizada por meio do teste t pareado.

Modelos de estatística descritiva foram empregados no detalhamento das médias, seus desvios, valores máximos e mínimos para cada variável.

As estimativas da VLa4 e VFC160 foram feitas por meio de regressões polinomiais (NETER, 2005). Para tanto ajustou-se uma curva de regressão polinomial da velocidade em função do lactato e da frequência cardíaca. O objetivo foi determinar a velocidade correspondente a concentração de lactato igual a 4 mmol/l, e a frequência cardíaca de 160 batimentos por minuto, respectivamente.

A comparação entre as medidas finais (trinta minutos após o teste) e iniciais (pré-teste) foram realizadas com o objetivo de avaliar a capacidade de recuperação dos animais em cada grupo como um todo. Tal verificação foi feita por meio do teste t.

A comparação entre grupos para estas medidas foi feita através do teste t pareado. Desta forma a partir da diferença entre as medidas feitas nos momentos final e inicial, fez-se a comparação destas com os valores obtidos de placebo para cada animal.

Utilizou-se, com objetivo de testar diferenças com relação ao tempo para a variável creatinoquinase, contrastes para cada instante de interesse

(PINHEIRO, 2000). Assim, comparou-se o pós teste com o tempo 0, o tempo 360 com o período pós teste e o tempo 360 com o tempo 0.

5 RESULTADOS

Os testes foram completados pelo grupo previamente qualificado sem necessidade de repetição ou interrupção dos mesmos. O protocolo do teste induziu a exaustão, segundo o critério determinado na metodologia do estudo, em todos os animais qualificados.

A técnica de enxague oral foi considerada eficiente, uma vez que a solução pode ser infundida por toda cavidade oral e imediatamente eliminada por gravidade. Além disso, o enxague foi bem tolerado pelos animais.

A análise dos resultados foi didaticamente dividida em quatro estudos, a saber: repouso, desempenho, esforço e recuperação.

5.1 ESTUDO DE REPOUSO

As médias e os desvios padrão dos valores referentes à frequência cardíaca, lactato, glicose plasmáticos e creatinoquinase sérica estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores basais (30 minutos antes de teste) de frequência cardíaca (FC), glicose (Gli), lactato (La) e creatinoquinase (CK) de cavalos da raça Mangalarga marchador - Santana do Deserto (MG) – 2014

Medida	Placebo				Maltodextrina			
	Média	DP	Mín.	Máx.	Média	DP	Mín.	Máx.
FC (bat/min)	29.71	2.14	28.00	32.00	31.43	2.76	28.00	36.00
Gli (mmol/l)	93.47	4.09	86.60	98.60	90.04	3.20	84.60	94.60
Lac (mmol/l)	0.65	0.13	0.43	0.79	0.85	0.59	0.42	2.15
CK (U/l)	104.57	29.17	63.00	150.50	105.64	32.27	63.00	151.20

A frequência cardíaca basal dos testes C ($28 \pm 2,76$) e P ($29,71 \pm 2,14$) não apresentaram diferença entre si ($p=0,2$). Com relação aos níveis basais de glicose

nos testes C ($90,04 \pm 3,20$) e P ($93,47 \pm 4,09$) e lactato, C ($0,85 \pm 0,59$) e P ($0,65 \pm 0,13$) nenhuma diferença foi observada ($p = 0,066$ e $0,382$, respectivamente). Os valores de creatinoquinase também não diferiram neste momento de observação (C = $105,64 \pm 32,27$; P = $104,57 \pm 29,17$; $p = 0,864$) (Tabela 2).

Tabela 2 - Teste t pareado utilizado na comparação entre os tratamentos placebo e maltodextrina para as variáveis frequência cardíaca (FC), lactato (La), glicose (Gli) e creatinoquinase (CK), durante a avaliação pré-exercício em cavalos da raça Mangalarga Marchador - Santana do Deserto – 2014

Medida	Diferença (Malto - Placebo)	Intervalo de Confiança de 95%		P-Valor
		Limite Inferior	Limite Superior	
FC (bat/min)	1.714	-1.196	4.625	0.200
Gli (mmol/l)	-3.429	-7.175	0.317	0.066
Lac (mmol/l)	0.206	-0.328	0.739	0.382
CK (U/l)	1.071	-13.544	15.687	0.864

5.2 ESTUDO DE DESEMPENHO

Cinco dos sete animais avaliados (71%) apresentaram maior tempo de teste após enxague com maltodextrina a 6,4%. O aumento individual mais pronunciado foi de 108 segundos (7,4%) observado no animal número 5.

Dois animais (29%) apresentaram redução do tempo de teste após enxague oral com maltodextrina. A redução mais pronunciada foi de 107 segundos (7,07%), observado no animal número 6. Os resultados individuais estão descritos no gráfico 1.

Gráfico 1 - Comparação entre os tempos de teste, em segundos, após enxague oral com placebo e maltodextrina a 6,4% - Santana do Deserto (MG) – 2014

O tempo médio de teste C (maltodextrina) foi 31 segundos superior ao do P (placebo), o que representa 2,1% de acréscimo (Tabela 3).

Tabela 3 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de tempo de teste após enxague oral com maltodextrina a 6,4% (malto) ou água (placebo) - Santana do Deserto (MG) – 2014

	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Malto	1512.0	73.3	1359	1576
Placebo	1481.1	42.2	1454	1576

Não se observou diferença estatística entre os tratamentos empregados neste estudo para os valores referentes ao tempo de teste. $p=0,358$ (Tabela 4).

Tabela 4 - Comparação entre os tempos de teste (em segundos) com enxague oral com maltodextrina (malto) e placebo - Santana do Deserto (MG) – 2014

Diferença Média (Malto - Placebo)	Intervalo de Confiança de 95%		P-Valor
	Limite Inferior	Limite Superior	
30.857	-40.818	102.532	0.358

O efeito da ordem em que cada animal recebeu placebo ou maltodextrina está descrito na tabela 5. Nota-se que três animais receberam primeiro placebo, e quatro receberam primeiro maltodextrina. Os animais que receberam primeiro o

placebo apresentaram um aumento médio de 68.33 segundos no tempo total de teste após a comparação dos tempos (malto - placebo), enquanto que os que receberam primeiro malto apresentaram uma redução média de 2.75 segundos (Tabela 5).

Tabela 5 - Diferença de tempo (em segundos) entre a segunda e a primeira medidas de tempo de teste, de acordo com o tratamento recebido - Santana do Deserto (MG) – 2014

Primeiro Tratamento	Animal	Diferença no tempo entre a 2ª e a 1ª medida	Média	Mediana
Placebo	1	50	68.33	50
	4	46		
	5	109		
Malto	2	12	-2.75	-14
	3	-90		
	6	107		
	7	-40		

5.3 ESTUDO DO ESFORÇO

5.3.1 Frequência cardíaca

A frequência cardíaca aumentou linearmente durante ambos os testes, atingindo valores máximos de $170,29 \pm 13,04$ bat/mim e $180,80 \pm 11,10$ bat/mim nos testes P e C, respectivamente. Os valores médios da frequência cardíaca, bem como a comparação entre suas funções temporais estão descritas na tabela 6 e gráfico 2.

Tabela 6 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de frequência cardíaca de cavalos durante teste de esforço após enxague oral com maltodextrina (malto) e placebo - Santana do Deserto (MG) – 2014

V	Placebo					Malto				
	N	Média	DP	Mín.	Máx.	N	Média	DP	Mín.	Máx.
0	7	38.86	7.20	32.00	52.00	7	36.00	6.11	28.00	48.00
105	7	62.86	25.06	44.00	112.00	7	55.43	7.46	48.00	64.00
140	7	71.43	22.44	44.00	104.00	7	70.86	19.00	48.00	100.00
175	7	80.57	23.49	48.00	112.00	7	79.43	14.50	60.00	104.00
210	6	93.71	25.28	56.00	128.00	7	87.43	20.32	60.00	120.00
280	7	114.29	28.65	72.00	144.00	7	113.14	19.69	88.00	136.00
350	7	132.57	32.61	92.00	184.00	7	137.71	19.02	108.00	160.00
420	7	165.71	28.18	116.00	192.00	7	162.29	14.76	140.00	188.00
490	7	170.29	13.04	152.00	184.00	5	180.80	11.10	168.00	192.00
Geral	63	103.37	48.98	32.00	192.00	61	100.00	47.67	28.00	192.00

Gráfico 2 - Comparação entre as funções representativas dos valores de da frequência cardíaca (FC) em função da velocidade (metros/minuto) durante teste incremental de esforço a campo após o enxague oral com maltodextrina e placebo. - Santana do Deserto (MG) – 2014

Observa-se que não houve diferenças na frequência cardíaca entre os tratamentos. Entretanto, conforme esperado, houve um efeito significativo da velocidade sobre os valores desta variável em ambos os testes (Tabela 7).

Tabela 7 - Resultados da tabela de ANOVA para o modelo misto considerando a frequência cardíaca como resposta e a velocidade e o tratamento como variáveis explicativas - Santana do Deserto (MG) – 2014

	Graus de Liberdade		F	P-Valor
	Numerador	Denominador		
Velocidade	9	100	150.973	< 0.0001
Tratamento	1	100	0.214	0.6449
Velocidade: Tratamento	8	100	0.310	0.9608

O valor médio de VFC160 (velocidade correspondente a frequência cardíaca de 160 batimentos por minuto) para os testes com placebo e maltodextrina foram, respectivamente, 441.7 m/mim e 411.3 m/mim (Gráficos 3 e 4).

Gráfico 3 - Determinação da VFC160 para as medidas obtidas durante teste com placebo - Santana do Deserto (MG) – 2014

Gráfico 4 - Determinação da VFC160 para as medidas obtidas durante teste com maltodextrina - Santana do Deserto (MG) - 2014

5.3.2 Lactato

As concentrações plasmáticas de lactato aumentaram em resposta ao esforço em ambos os testes, com diferenças observadas a partir do estágio de 350 m/mim para o teste P e 420 m/mim para o teste C em relação ao estágio zero.

Os valores médios durante o esforço para os testes C e P foram respectivamente $4,64 \pm 7,36$ mmol/l e $4,62 \pm 6,39$. As medidas máximas de lactato (La max.) para os testes com placebo e maltodextrina foram $18,19 \pm 4,01$ mmol/l e $24,33 \pm 3,13$ mmol/l (Tabela 8).

Tabela 8 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de lactato, em mmol/l, obtidos durante teste de esforço a campo após enxague oral com maltodextrina (malto) e placebo - Santana do Deserto – 2014

Velocidade	Placebo					Malto				
	N	Média	DP	Mín.	Máx.	N	Média	DP	Mín.	Máx.
0	7	0.83	0.19	0.67	1.24	7	1.02	0.37	0.46	1.53
105	7	0.68	0.38	0.30	1.48	7	0.48	0.21	0.30	0.92
140	7	0.60	0.27	0.31	1.11	7	0.70	0.62	0.32	2.09
175	7	0.60	0.30	0.32	1.19	7	0.74	0.51	0.51	1.89
210	7	1.07	0.86	0.38	2.86	7	0.76	0.25	0.49	1.24
280	7	2.17	1.13	0.84	3.87	7	1.76	0.49	1.05	2.30
350	7	4.51	1.78	2.54	7.07	7	3.98	2.01	2.00	7.51
420	7	12.98	3.19	8.18	17.43	7	13.60	3.39	8.16	18.65
490	7	18.19	4.01	13.10	24.31	5	24.33	3.72	21.65	30.64
Geral	63	4.62	6.39	0.30	24.31	61	4.64	7.36	0.30	30.64

Conforme é possível observar no gráfico 5, as funções representativas dos valores de lactato apresentam comportamento semelhante em ambos os testes até a velocidade de 420 m/mim. No estágio seguinte (490m/mim) nota-se que a concentração plasmática de lactato do teste C foi 5,976 mmol/l superior ao teste P. ($p < 0,001$) (Tabela 9).

Gráfico 5 - Comparação entre as funções representativas das concentrações plasmáticas de lactato durante teste de esforço a campo após enxague oral com maltodextrina e placebo - Santana do Deserto (MG) - 2014

Tabela 9 - Comparação entre os valores médios de lactato (mmol/l) entre os testes C (maltodextrina e placebo) - Santana do Deserto – 2014

Velocidade	Diferença entre o lactato médio (Malto - Placebo)	Intervalo de Confiança de 95%		P-Valor
		Limite Inferior	Limite Superior	
0	0.197	-1.169	1.563	0.7739
105	-0.396	-2.328	1.535	0.6823
140	-0.095	-2.027	1.837	0.9216
175	-0.054	-1.986	1.878	0.9556
210	-0.512	-2.444	1.420	0.5971
280	-0.599	-2.531	1.332	0.5364
350	-0.720	-2.652	1.212	0.4581
420	0.428	-1.504	2.360	0.6585
490	5.976	3.908	8.044	< 0.0001

Para as medidas feitas com placebo a velocidade média estimada com que os cavalos alcançaram a concentração de 4 mmol/l de lactato (VL_{a4}) foi 317.7

m/mim para as medidas feitas com placebo (Gráfico 6) e 327.8m/ mim para as medidas feitas com maltodextrina (Gráfico 7).

Gráfico 6 - Determinação da V4 para as medidas feitas com enxague oral com placebo - Santana do Deserto (G) - 2014

Gráfico 7 - Determinação da V4 para medidas de lactato (mmol/l) feitas com enxague oral com maltodextrina - Santana do Deserto (MG) - 2014

5.3.3 Glicose

Os níveis plasmáticos de glicose aumentaram durante o esforço, sendo verificada diferença a partir do estágio de 350 m/mim em ambos os testes com relação ao estágio 0. Os valores médios para os testes C e P foram respectivamente $103,33 \pm 19,67$ e $109,61 \pm 24,19$ (Tabela 10).

Tabela 10 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de glicose plasmática (mmol/l) em teste de esforço a campo após enxague oral com placebo e maltodextrina - Santa do Deserto (MG) – 2014

Velocidade	Placebo					Malto				
	N	Média	DP	Mín.	Máx.	N	Média	DP	Mín.	Máx.
0	7	93.97	5.73	87.00	103.10	7	89.37	3.83	84.00	94.80
105	7	94.47	5.86	86.20	103.90	7	91.56	2.85	88.90	96.90
140	7	97.14	6.53	86.50	105.20	7	91.83	4.13	87.00	99.70
175	7	95.16	10.18	81.70	111.40	7	93.90	4.32	88.60	99.80
210	7	97.33	10.91	85.00	113.70	7	95.73	5.08	89.00	103.60
280	7	108.47	12.91	98.10	131.40	7	100.34	7.38	93.30	112.50
350	7	117.43	17.65	100.10	152.70	7	107.54	12.49	95.30	131.10
420	7	136.29	23.32	115.20	181.50	7	128.16	18.57	109.10	158.80
490	7	144.49	34.10	93.50	204.10	5	142.86	26.38	121.70	188.60
Geral	63	109.61	24.19	81.70	204.10	61	103.33	19.67	84.00	188.60

Não se observou diferença entre os testes com relação aos níveis de glicose. Discreta elevação durante todos os estágios foi observada no teste P em relação ao C (Gráfico 8).

Gráfico 8 - Comparação entre os níveis plasmáticos de glicose em cavalos submetidos a teste de esforço após enxague oral com placebo e maltodextrina 6,4% - Santana do Deserto (MG) - 2014

5.3.4 Creatinoquinase

Os valores médios de CK (U/l) nos testes com placebo e maltodextrina estão descritos na tabela 11.

Tabela 11 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de creatinoquinase, em U/l, antes e após teste de esforço a campo - Santana do Deserto (MG) – 2014

Tempo	Placebo					Malto				
	N	Média	DP	Mín.	Máx.	N	Média	DP	Mín.	Máx.
0	7	102.92	31.59	63.00	150.50	7	102.90	30.24	63.00	151.20
Pós	7	124.43	23.19	83.30	149.50	7	130.17	36.30	83.30	177.70
60	7	106.70	24.51	81.60	146.70	7	119.44	46.38	77.30	193.20
120	7	118.75	35.37	88.40	186.30	7	117.24	39.41	80.10	198.00
180	7	110.33	27.41	71.50	141.40	7	115.89	49.22	71.50	219.20
240	7	115.12	22.47	83.90	136.60	7	114.36	27.57	83.90	163.70
360	7	114.48	34.40	67.90	158.70	7	141.21	40.46	67.90	207.50
Geral	49	113.25	27.52	63.00	186.30	49	122.80	39.32	63.00	219.20

Nota-se que as medidas de CK do teste C são discretamente superiores ao P em todos os tempos de observação. Em ambos os testes houve diferença com relação aos tempos de observação, entretanto não foi verificada diferença entre os tratamentos com relação à atividade desta variável (Gráfico 9 e Tabela 12).

Gráfico 9 - Comparação entre os valores de creatinoquinase antes e após teste de esforço a campo com uso de enxague oral com maltodextrina e placebo - Santana do Deserto (MG) – 2014

Tabela 12 - Resultados da tabela de ANOVA para o modelo misto considerando as medidas de creatinoquinase como resposta e a velocidade e o tratamento como variáveis explicativas - Santana do Deserto (MG) – 2014

	Graus de Liberdade		F	P-Valor
	Numerador	Denominador		
Tempo	7	78	18.283	< 0.0001
Tratamento	1	78	0.436	0.5108
Tempo:Tratamento	6	78	0.450	0.8426

Dessa forma, observou-se diferença significativa apenas entre os tempos "pós teste" e "0". O instante pós-teste apresentou um valor esperado de 25.936 u/l de creatinoquinase a mais do que o valor esperado no tempo 0 (Tabela 13).

Tabela 13 - Diferenças com relação aos momentos (tempos) de avaliação da variável creatinoquinase - Santana do Deserto (MG) – 2014

Medida	Diferença	Intervalo de Confiança de 95%		P-Valor
		Limite Inferior	Limite Superior	
Pós - 0	25.936	7.559	44.313	0.003
360 - Pós	-11.450	-29.827	6.927	0.310
360 - 0	14.486	-3.891	32.863	0.154

5.4 ESTUDO DA RECUPERAÇÃO

5.4.1 Frequência cardíaca

A frequência cardíaca reduziu-se durante a recuperação em ambos os testes. Os valores médios estão descritos na tabela 14.

Tabela 14 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de frequência cardíaca (batimentos por minuto) durante teste de esforço a campo após enxague oral com placebo e maltodextrina (malto) - Santana do Deserto (MG) – 2014

Tempo	Placebo					Malto				
	N	Média	DP	Mín.	Máx.	N	Média	DP	Mín.	Máx.
0	7	170.29	13.04	152.00	184.00	7	172.00	18.48	140.00	192.00
10	7	78.86	29.37	44.00	120.00	7	69.71	18.02	40.00	96.00
20	7	62.29	19.85	40.00	88.00	7	62.86	14.55	44.00	92.00
30	7	48.00	10.83	36.00	64.00	7	57.33	15.11	40.00	84.00
Média	28	89.86	51.99	36.00	184.00	28	91.70	51.08	40.00	192.00

O índice de recuperação da frequência cardíaca do teste P (4,0 batimentos por minuto) foi 6,08% maior que no C (3,8 batimentos por minuto).

As curvas representativas dos valores de FC em função do tempo para ambos os testes estão representadas no gráfico 10.

Gráfico 10 - Comparação entre as funções representativas da frequência cardíaca (batimentos por minuto) de cavalos em teste de esforço a campo após enxague oral com placebo e maltodextrina (malto) a 6,4%, durante a recuperação - Santana do Deserto (MG) - 2014

Durante a recuperação, não se observou diferença com relação ao tratamento, entretanto como esperado, houve diferença nos valores da frequência cardíaca entre os diferentes tempos (Tabela 15).

Tabela 15 - Resultados da tabela de ANOVA para o modelo misto considerando a frequência cardíaca como resposta e a velocidade e o tratamento como variáveis explicativas:

	Graus de Liberdade		F	P-Valor
	Numerador	Denominador		
Tempo	4	41	241.427	< 0.0001
Tratamento	1	41	0.002	0.9630
Tempo:Tratamento	3	41	0.635	0.5964

As medidas de FC trinta minutos após o teste foram 18.20 ± 10.29 batimentos superiores ao repouso para o teste com placebo e 25.33 ± 15.33 para o teste com maltodextrina. Nota-se que a frequência cardíaca não retornou aos valores de repouso trinta minutos após o esforço em ambos os testes (Tabela 16).

Tabela 16 - Diferenças entre as medidas de FC 30 minutos após o teste e durante o repouso para os grupos placebo e maltodextrina - Santana do Deserto (MG)- 2014

Medida	Diferença (Final - Inicial)	Intervalo de Confiança de 95%		P-Valor
		Limite Inferior	Limite Superior	
Placebo	18.286	8.768	27.803	0.003
Maltodextrina	25.333	9.257	41.409	0.010

Entretanto observa-se que não houve diferença entre os tratamentos para esta medida (Tabela 17).

Tabela 17 - Comparação entre as diferenças das medidas obtidas trinta minutos após o teste e o repouso entre os testes realizados com placebo e maltodextrina - Santana do Deserto (MG) -2014

Medida	Diferença (Malto - Placebo)	Intervalo de Confiança de 95%		P-Valor
		Limite Inferior	Limite Superior	
Frequência cardíaca	5.333	-16.181	26.847	0.552

5.4.2 Lactato

As medidas de lactato decresceram durante a recuperação em ambos os testes. Os valores médios para os testes com placebo e maltodextrina estão descritos na tabela 18.

Tabela 18 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de lactato, em mmol/l, obtidos durante a recuperação de teste de esforço a campo - Santana do Deserto (MG) – 2014

Tempo	Placebo					Malto				
	N	Média	DP	Mín.	Máx.	N	Média	DP	Mín.	Máx.
0	7	15.85	7.77	0.71	24.31	7	21.92	5.35	13.15	30.64
10	7	15.24	4.33	8.89	20.42	7	22.10	8.16	9.65	35.85
20	7	11.60	3.94	5.93	16.76	7	19.49	8.75	6.58	35.08
30	7	10.30	4.01	4.52	13.92	7	16.23	8.95	3.03	32.52
Geral	28	13.25	5.51	0.71	24.31	28	19.94	7.86	3.03	35.85

Nota-se que as funções gráficas de ambos os testes apresentam comportamento de descréscimo semelhante (Gráfico 11), comprovada pela ausência de diferença na interação entre tempo e tratamento. Observa-se que houve diferença estatística entre os testes C e P quanto ao tratamento ($p < 0,0001$) durante todos os tempos de observação (Tabela 19).

Gráfico 11 - Comparação entre as funções representativas das medidas de lactato plasmático (mmol/l) durante a recuperação de teste de esforço a campo após enxague oral com placebo e maltodextrina - Santana do Deserto (MG) - 2014

Tabela 19 - Resultados da tabela de ANOVA para o modelo misto considerando o lactato (mmol/l) como resposta e o tempo e tratamento como variáveis descritivas - Santana do Deserto (MG) – 2014

	Graus de Liberdade		F	P-Valor
	Numerador	Denominador		
Tempo	4	42	25.768	< 0.0001
Tratamento	1	42	30.903	< 0.0001
Tempo:Tratamento	3	42	0.652	0.5863

Os valores médios de lactato trinta minutos após o esforço foram 9.65 ± 4.05 mmol superior ao repouso para o teste com placebo e 15.37 ± 8.50 para o teste com maltodextrina.

Nota-se que as medidas de lactato não retornaram aos níveis do repouso trinta minutos após os testes em ambas as situações de teste (Tabela 20).

Tabela 20 - Diferenças entre as medidas de lactato 30 minutos após o teste e durante o repouso para os testes com placebo e maltodextrina - Santana do Deserto (MG) – 2014

Medida	Diferença (Final - Inicial)	Intervalo de Confiança de 95%		P-Valor
		Limite Inferior	Limite Superior	
Placebo	9.652	5.900	13.404	0.001
Malto	15.374	7.517	23.231	0.003

Observa-se que não houve diferença entre os tratamentos quanto à capacidade de retorno aos níveis basais ao fim da última observação (trinta minutos após o teste) (Tabela 21).

Tabela 21 - Comparação das medidas de lactato (mmol/l) trinta minutos após o esforço e o repouso, para os testes com placebo e maltodextrina - Santana do Deserto (MG) – 2014

Medida	Diferença (Malto - Placebo)	Intervalo de Confiança de 95%		P-Valor
		Limite Inferior	Limite Superior	
Lactato	5.722	-1.542	12.986	0.102

5.4.3 Glicose

As médias, com desvio padrão, referentes aos níveis plasmáticos de glicose durante a recuperação estão descritos na tabela 22.

Tabela 22 - Média, desvio padrão, máximo e mínimo dos valores de glicose plasmática (mmol/l) de cavalos durante recuperação de teste de esforço a campo

Tempo	Placebo					Malto				
	N	Média	DP	Mín.	Máx.	N	Média	DP	Mín.	Máx.
0	7	144.49	34.10	93.50	204.10	7	141.91	21.96	121.70	188.60
10	7	160.50	27.45	130.90	204.20	7	161.80	19.16	137.50	192.80
20	7	149.64	26.95	121.00	198.90	7	156.61	12.52	138.10	175.50
30	7	146.57	26.64	116.00	189.90	7	152.00	16.47	134.00	174.40
Geral	28	150.30	28.01	93.50	204.20	28	153.08	18.42	121.70	192.80

A glicose plasmática atingiu seu valor máximo durante a recuperação (10 minutos após o teste) em ambas as situações experimentais. Durante os 20 minutos subsequentes o teste P apresentou diminuição mais acentuada que o C (Gráfico 12).

Gráfico 12 - Comparação das funções representativas das medidas de glicose plasmática (mmol/l) de cavalos durante o período de recuperação de teste de esforço acampo após enxague oral com placebo e maltodextrina (malto) - Santana do Deserto (MG) - 2014

Não foram observadas diferenças entre as medidas obtidas com placebo e maltodextrina durante a recuperação, entretanto nota-se que houve diferença com relação aos diferentes tempos (Tabela 23).

Tabela 23 - Resultados do teste de ANOVA para o modelo misto considerando as medidas de glicose como resposta e o tempo e tratamento como variáveis explicativas - Santana do Deserto (MG) - 2014

	Graus de Liberdade		F	P-Valor
	Numerador	Denominador		
Tempo	4	42	185.039	< 0.0001
Tratamento	1	42	0.264	0.6102
Tempo:Tratamento	3	42	0.157	0.9000

5.5 ESTUDO DE COMPORTAMENTO

Em três animais foi descrito atitude de maior concentração nos movimentos e comandos nos testes realizados após enxague com maltodextrina. Em dois

animais sabidamente mais agitados foi observada atitude de calma após enxague com maltodextrina.

6 DISCUSSÃO

Este é o primeiro estudo que investigou o efeito do enxague oral com carboidrato sobre o desempenho de equinos.

O estudo de repouso sugere que os animais encontravam-se em condições físicas e metabólicas similares durante ambos os testes. Adicionalmente, o período de intervalo de quatro dias entre as avaliações parece ter sido suficiente para a completa recuperação dos animais.

A ausência de diferença com relação às medidas de glicose plasmática entre os testes com placebo e maltodextrina indica que não houve absorção da solução utilizada no enxague. Entretanto um possível pico glicêmico (1 a 2 horas após a ingestão) ocorreria fora do intervalo de avaliação utilizado neste estudo (até 1 hora).

No presente estudo, o enxague oral com maltodextrina elevou o tempo até a exaustão em 2,1% (31 segundos). Esses resultados são compatíveis com os descritos por Fares e Keyser (2011), que relataram aumento de 3,4% no tempo até a exaustão de atletas submetidos a teste de carga constante em cicloergômetro.

Estudos recentes reportaram aumento de desempenho em corredores (ROLLO et al., 2010) e ciclistas (CHAMBERS, 2009; SINCLAIR et al., 2014) após enxague oral com carboidrato durante testes contra o relógio. As taxas de aumento tem se mostrado bastante diversas, variando de 1,8% (LANE et al., 2013) a 6,36% (SINCLAIR et al., 2014).

Os testes "contra o relógio" permitem aos indivíduos definir, momento a momento, a potência com que realizarão determinada tarefa. Essa liberdade de escolha de uma estratégia de prova ideal parece favorecer o controle motor central em atividades físicas intensas (DUNBAR et al., 1992).

No presente estudo, os animais foram solicitados a exercitar-se sob um protocolo fixo de velocidades, o que provavelmente suprime a elaboração subconsciente da estratégia de prova, minimizando a participação do sistema nervoso central no controle da exaustão. A menor participação do SNC talvez seja fruto de um efeito mais discreto do enxague oral com carboidrato sobre o desempenho.

Em cavalos o efeito ergogênico do CHO tem sido atribuído a sua ingestão e subsequente utilização enquanto substrato energético (IVERS, 2002). Segundo ensaio experimental a ingestão de carboidratos solúveis aumenta a glicemia e a oxidação muscular de glicose (JOSE-CUNILLERAS et al., 2001) e diminui as concentrações plasmáticas de lactato em cavalos de CCE durante teste de esforço (FAGUNDES et al., 2011).

O aumento do ritmo de oxidação muscular de glicose foi também descrito em ciclistas após infusão intravenosa de glicose a taxa de 1 g/l/min de solução durante testes contra-relógio (CARTER, 2004a), e após a ingestão deste carboidrato durante exercício prolongado (JENTJENS; JEUCKENDRUP, 2005). Entretanto, em ambos os estudos, nenhum efeito sobre o desempenho foi observado.

Provavelmente a oxidação muscular de glicose não é a causa substancial do aumento do desempenho, uma vez que apenas 5 a 15g de CHO podem ser oxidados durante a primeira hora de exercício. Quantidades essas consideradas incipientes em relação à demanda energética durante exercício de alta intensidade (JEUKENDRUP et al., 1997).

Pode se supor que os mecanismos que explicam o efeito ergogênico observado no presente estudo são similares aos descritos de forma pioneira por Carter et al. (2004b), e posteriormente comprovados por Chambers et al. (2009) em atletas humanos.

Acredita-se que o estímulo gustativo provocado pelo enxague oral com maltodextrina possa ativar regiões do córtex orbitofrontal, em especial vias dopaminérgicas do striatum. Essas vias constituem importante interface com circuitos motivacionais, de recompensa e controle motor no cérebro (CHAMBERS et al., 2009).

O efeito sobre o desempenho, bem como a ativação das vias centrais implicadas no córtex gustativo secundários, não são mediados pelo paladar adocicado da maioria dos carboidratos. Chambers et al. (2009) observaram que apenas carboidratos calóricos podem desempenhar essa função.

Um efeito relacionado à ordem dos testes foi observado neste estudo. Muito cuidado deve-se ter, entretanto, na interpretação de tais resultados uma vez que o número de amostras é bastante pequeno para verificação desses efeitos.

Nota-se que o efeito do enxague oral com maltodextrina foi mais pronunciado nos animais que receberam placebo no primeiro teste. Ou seja, houve um efeito não somente da ordem, mas principalmente da repetição da tarefa sobre o tempo até a exaustão.

Tais resultados corroboram a hipótese de Dunbar et al. (1992), que defende a ideia de que o conhecimento da tarefa a ser cumprida é essencial para a determinação de uma estratégia de esforço, e consequentemente para a eficiência do exercício. Apesar de no presente estudo ser representado por uma sugestão, devido ao tamanho da amostra, os animais tiveram oportunidade de conhecer a tarefa durante o primeiro teste e provavelmente uma estratégia pode ser formulada e aplicada no segundo teste.

O enxague oral com maltodextrina parece ter ampliado o efeito da repetição, que está associado, conforme descrito, ao controle da estratégia de esforço. O contrário (efeito do enxague oral com maltodextrina sobre a repetição) também é possível, uma vez que mais animais receberam maltodextrina no segundo teste (3 animais no primeiro teste e 4 animais no segundo).

A interpretação mais precisa desse dado depende de um teste de repetibilidade. A realização de apenas um teste com cada tratamento nos impede de inferir a respeito das variações individuais no desempenho e da variabilidade do efeito do enxague oral com carboidrato.

O reflexo periférico mais evidente proporcionado pelo enxague com maltodextrina foi sobre a concentração plasmática de lactato. A diferença observada nos valores máximos dessa variável dos testes C e P (5,97 mmol/l) sugere que os cavalos exercitaram-se com mais intensidade após o enxague com maltodextrina.

A diferença observada entre os tempos de teste (31 s) provavelmente justifica essa diferença de intensidade, que pode ser estimada em 32%. Calcula-se, adicionalmente, que durante este período os animais acumularam em média 0,19 mmol de lactato por segundo, tamanha participação do componente anaeróbio na via glicolítica.

Além da expansão da fase anaeróbia, o enxague com carboidrato deslocou a função representativa dos valores de lactato para a direita, discretamente, em relação ao placebo. Esse deslocamento manifesta-se pelo aumento do VL_{a4}

nos testes com maltodextrina, sugerindo também um aumento da capacidade aeróbica, embora em menor magnitude.

Nos instantes que precedem a exaustão os aspectos motivacionais podem ter maior influência do que durante as fases submáximas. Como resultado observa-se um atraso no tempo até exaustão e, portanto, maior acúmulo de lactato (SILVA et al., 2014).

A frequência cardíaca, à semelhança de estudos feitos em humanos, não sofreu influência dos tratamentos nem mesmo da interação tempo tratamento, ou seja, além de semelhantes estatisticamente, apresentaram mesmo comportamento durante o teste (CARTER et al., 2004b; CHAMBERS et al., 2009; POTTIER et al., 2010). Tal informação surpreende, uma vez que os testes com maltodextrina exigiram maior esforço que os com placebo.

Adicionalmente observa-se um deslocamento paradoxal da curva de VFC160 durante o esforço para o teste C para a esquerda, em relação ao P, manifestado pela diminuição da VFC160 após enxague com maltodextrina.

Essas informações sugerem que a frequência cardíaca não mostrou-se sensível à diferença de intensidade do esforço. Esse comportamento tem sido amplamente documentado em testes com enxague com CHO em humanos. Além disso, consensualmente a percepção subjetiva de esforço não tem se mostrado sensível ao aumento de intensidade em testes de esforço após enxague oral com CHO em atletas humanos (CARTER et al., 2004b; CHAMBERS et al., 2009; ROLLO et al., 2010; POTTIER et al., 2010).

É possível pensar, portanto, que a frequência cardíaca esteja em certo nível correlacionada à percepção subjetiva do esforço em uma relação de codefinição. O cansaço, enquanto sensação, ou manifestação cortical, pode modular a frequência cardíaca, tornando o mesmo um provável sinalizador do esforço neural durante o exercício, ou da consciência individual do esforço.

Anne et al. (1996) sugeriram uma possível relação entre a frequência cardíaca e a percepção subjetiva de esforço, entretanto, em suas investigações, essa relação mostrou-se variável, de acordo com o tipo de exercício rítmico realizado. Durante a atividade de ciclismo essa relação parece mais evidente.

Partindo-se da premissa de que o enxague oral com maltodextrina diminui a sensação consciente de cansaço, pode-se afirmar que o indivíduo tem a

oportunidade de formular uma estratégia de prova que empregue maior potência muscular. Este esforço adicional, por sua vez, aumenta a percepção de cansaço do indivíduo novamente.

A frequência cardíaca pode ser influenciada por um componente central relacionado ao esforço, mas certamente é função da intensidade do mesmo. O esforço adicional mencionado acima aumenta a demanda energética e por oxigênio nas fibras musculares, repercutindo em um aumento da frequência cardíaca. Desta interação de forças centrais e periféricas deve surgir o equilíbrio, e portanto a ausência de diferença nas medidas de FC entre os testes com placebo e maltodextrina.

Em contrapartida o lactato parece ser uma representação não consciente do esforço, e sim um marcador fidedigno do estresse periférico consequente a maior carga de exercício requerido durante os testes com maltodextrina.

O ritmo de recuperação da frequência cardíaca tem sido apontado como um importante preditor de desempenho (LAMBERTS et al., 2010). No presente estudo não houve diferenças quanto à interação tempo tratamento, que corrobora a ideia de Lamberts et al. (2010), uma vez que não houve mudança no nível de condicionamento entre os testes.

A percepção subjetiva de esforço (escala de Borg) tem se mostrado uma ferramenta útil na avaliação da fadiga, o que significa que a sensação de cansaço representa, com boa fidedignidade, a progressão do esforço em direção à exaustão (DUNBAR et al., 1992).

Em equinos a elaboração de uma escala semelhante implicaria em um grau ainda maior de subjetividade, mesmo para os avaliadores mais oniscientes. Apesar disso pode ser útil em futuras investigações sobre a exaustão, a elaboração de uma escala de percepção de esforço, baseado em elementos posturais, expressão corporal e movimentação dos cavalos.

As concentrações plasmáticas de glicose foram discretamente superiores durante os testes com placebo. Essa diferença deve-se provavelmente a chamada fase cefálica da insulina. Em humanos e animais, a gustação de carboidratos pode estimular a secreção de insulina por meio de células beta do pâncreas. (JUST et al., 2008)

A insulinogênese pós-estímulo gustativo ocorre antes do aumento plasmático de glicose e apresenta origem cefálica. Os principais elementos

reportados como estimulantes dessa fase são carboidratos doces, independentemente de seu valor biológico (JUST et al., 2008).

Estudos demonstraram que a fase cefálica da insulina inicia-se dois minutos após a estimulação gustativa e tem duração de dez minutos. Investigações feitas em animais de laboratório sugerem que as vias centrais envolvidas neste reflexo originam-se do diencéfalo (BERTHOUD et al., 1981; JUST et al., 2008).

Interessantemente o carboidrato utilizado neste estudo apresenta significativo valor energético, entretanto não possui sabor, e em teoria não deveria suscitar este fenômeno. A fase cefálica da insulina é bastante fugaz, entretanto diferenças nas medidas de glicose plasmática foram observadas durante todo o estudo.

Por esse motivo a origem dessa diferença permanece pouco esclarecida. A mensuração dos níveis séricos de insulina seria essencial ao melhor entendimento deste fenômeno.

Durante ambos os testes, o esforço gerou uma resposta hiperglicemiante, provavelmente devido à supressão da secreção de insulina. Essa supressão parece ter um limiar próximo a 50% do VO₂max, que coincide com o aumento da circulação sanguínea de catecolaminas (MCKEVER, 2002).

A insulina apresenta importante função durante a fase de recuperação, uma vez que contribui para a ressíntese de glicogênio. Durante a recuperação, ambos os grupos avaliados sofreram uma redução da glicemia 10 minutos após o teste provavelmente em função da ação da insulina.

Observa-se uma inversão das curvas representativas dos tratamentos após o pico de glicose plasmática. Provavelmente o esforço adicional durante os testes com maltodextrina gerou maior demanda pela ressíntese de glicogênio, e para tanto maior secreção de insulina pelo pâncreas após o esforço.

A ressíntese mais pronunciada durante os testes com maltodextrina pode representar um mecanismo adaptativo imediato, com objetivo de manter as reservas de glicogênio já nos estágios iniciais da recuperação (BIRKS et al., 1991).

O estado de saciedade é um componente importante em múltiplos aspectos envolvidos neste estudo. Nota-se que o estado de jejum tem exacerbado o efeito do enxague oral com carboidrato sobre o desempenho dos

atletas (LANE et al., 2013). Beelen et al. (2009) não observaram diferenças entre enxague oral com placebo e maltodextrina a 6,4% durante teste de esforço em cicloergômetro no estado pós-prandial. Entretanto, Lane et al. (2013) notaram que o máximo desempenho ocorre durante o estado pós-prandial e após enxague oral com maltodextrina a 10%. Ou seja, parece existir um efeito positivo do estado pós-prandial sobre o desempenho, que pode ser somado ao efeito do enxague oral com carboidrato.

Estudos em neurofisiologia demonstram a existência de um fenômeno chamado saciedade sensorial específica. Observações feitas em primatas sugeriram que a resposta neuronal a estímulos gustativos decresce a zero quando os animais são previamente alimentados até a saciedade (ROLLS et al., 1989).

Segundo os autores, a modulação da responsividade gustativa a saciedade não se deve a uma adaptação periférica no sistema gustativo, uma vez que este efeito não foi observado nos estágios iniciais da transdução gustativa (córtex gustativo insular e opercular núcleo do trato solitário). Observou-se que a diminuição da responsividade foi estritamente relacionada à qualidade do alimento que o animal recebera previamente (ROLLS et al., 1989).

A saciedade sensorial específica ocorre pois o córtex gustativo secundário (orbitofrontal) tem a propriedade de reduzir sua atividade após repetidos estímulos gustativos (ROLLS et al., 1989).

Durante o período pós-prandial o córtex gustativo secundário, região orbitofrontal que compreende parte do striatum ventral, não pode responder as estímulos gustativos como o enxague oral com carboidrato. Consequentemente os efeitos associados à motivação, e recompensa também estarão diminuídos (BEELEN et al., 2009; LANE et al., 2013).

Os riscos de disfunções gastrointestinais e metabólicas devido a causas nutricionais são amplamente documentados nas pesquisas em medicina equina. O carboidrato parece ocupar lugar de destaque neste cenário, constituindo importante fator de risco para cavalos atletas (CLARKE et al., 1990).

O enxague oral com maltodextrina pode ser utilizado com o objetivo de reduzir a ingestão de carboidrato durante as competições e, deste modo, minimizar os riscos inerentes a este.

Um questionamento importante feito no delineamento deste estudo foi quanto à segurança da técnica sob a perspectiva de possíveis lesões musculares relacionadas ao esforço adicional durante os testes com maltodextrina. Para tanto procedeu-se a mensuração da atividade sérica da enzima creatinoquinase.

Observou-se que o esforço induziu aumento dos níveis de creatinoquinase imediatamente após o teste em ambos os tratamentos, provavelmente devido ao aumento da permeabilidade de membrana das fibras musculares durante o esforço (KUIPERS, 2007).

A ausência de diferença entre os testes sugere que o enxague oral com maltodextrina não provocou lesão muscular. Além disso, os níveis de CK não excederam o padrão de normalidade em nenhum dos instantes de avaliação.

Nota-se que durante todos os momentos, e com especial nitidez imediatamente após o teste, que o enxague oral com maltodextrina elevou discretamente os níveis séricos de CK, provavelmente devido ao maior esforço muscular exigido durante os testes com maltodextrina.

Sob este aspecto, a técnica avaliada neste estudo mostrou-se aparentemente segura sob o ponto de vista do metabolismo muscular.

7 CONCLUSÃO

A presença de maltodextrina na cavidade oral aumenta o desempenho de equinos em jejum em teste incremental de esforço máximo a campo.

REFERÊNCIAS

ANANTARAMAN, R.; CARMINES, A. A.; GAESER, G. A.; WELTMAN, A. Effect of carbohydrate supplementation on performance during 1 hour of intense exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v.16, p. 461-465, 1995.

ANNE, I.; ZENI, D.O.; MARTIN, D.; HOFFMAN, M.D.; PHILIP, S. Relationships among heart rate, lactate concentration , and perceived effort for different types on rhythmic exercise in women. **Archive of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 77, n. 3, p. 237-241, 1996.

ANTONIONI, A.; GAITI, A. Physical exercise, oxidative stress, and muscle damage in racehorses. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 119, n. 4, p. 833-836, 1998.

BARROS, M. **Menino do mato**. São Paulo: Leya. 2010. 95 p.

BACKHOUSE, S. H.; BISHOP, N. C.; WILLIAMS, C. Effect of carbohydrate and prolonged exercise on affect and perceived exertion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 37, n. 10, p. 1768-1773, 2005.

BAIRD, M. F.; GRAHAM, S. M.; BAKER, J. S.; BICKERSTAFF, G. F. Creatine-kinase and Exercise Related Muscle Damage implications for Muscle performance and Recovery. **Journal of Nutrition and Metabolism**. doi 10.1155/2012/960363. 2012. Disponível em: < file:///C:/Users/elza/Downloads/960363.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2015.

BEAR, M.F.; CONNORS, B.W.; PARADISO, M.A. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. Porto Alegre: Artmed, 2002. 795p

BEELEN, M.; BERGHUIS, J.; BONAPARTE, B.; BALLAK, S. B.; JEUKENDRUP, A. E.; VAN LOON, L. J. Carbohydrate mouth rinsing in the fed state: lack of enhancement of time-trial performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 19, n. 4, p. 400-409, 2009.

BERTHOUD, H. R.; BEREITER, D. A.; TRIMBLE, E. R.; SIEGEL, E. G.; JEANRENAUD, B. Cephalic phase, reflex insulin secretion. Neuroanatomical and physiological characterization. **Diabetologia**, v. 20, p. 393-401, 1981.

BIRKS, E. K.; JONES, J. H.; VANDERVORL, J.; PRIEST, A. K.; BERRY, J. D. Plasma lactate kinetics during exercise. **Equine Exercise Physiology**, v. 3, p. 179-187, 1991.

BLONSTRAND, E. Amino acids and central fatigue. **Amino Acids**, v. 20, p. 25-34, 2000.

BROWN, J. H.; VIJAY, K. G.; LI, B.; MINE, B. T.; RESTREPO, C.; WEST, G. B. The fractal nature of nature: power laws, ecological complexity and biodiversity **Philosophical Transactions**, v. 370, n. 1665, p. 619–623, 2001.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva. 2006. 428 p.

CARTER, J. M.; JEUKENDRUP, A. E.; MANN, C. H.; JONES, D. A. The effect of glucose infusion on glucose kinetics during a 1-h time trial. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 9, p. 1543-1550, 2004a.

CARTER, J.; JEUCKENDRUP, A. E.; JONES, D. A. Effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 12, p. 2107-2011, 2004b.

CHAMBERS, R.S.; BRIDGE, M.W.; JONES, D.A. Carbohydrate sensing in human mouth: effect on exercise performance and brain activity. **The Journal of Physiology**, v. 587, n. 8, p. 1779-1794, 2009.

CHIARADIA, E.; AVELINI, L.; RUECA, F.; SPATEMA, A.; F.PORCIELLO, M. T.; CLARKSON, P. M.; LITCHFIEL, P.; GRAVES, J.; KIRVAN, J. P.; BYRNES, W. C. Serum creatine kinase activity following forearm flexion isometric exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 53, p. 368-371, 1985.

CLARKE, L. L.; ROBERTS, M. C.; ARGENZIO, R. A. Feeding and digestive problems in horses: physiologic response to a concentrated meal. **The Veterinary Clinical of North America: equine practice**, v. 6, n. 2, p. 433-450, 1990.

CONNET, R. J.; GAYESKI, T. E. J.; HONIG, C. R. Lactate accumulation in fully aerobic working dog gracilis muscle. **American Journal of Physiology**, v. 246, p. 120-128, 1984.

DOUEN, A.; RAMLAT, T.; KLIP, A.; YOUNG, D.; CARTEHOLLOSZY, J. Exercise-induced increase in glucose transporters in plasma membranes of rat skeletal muscles. **Endocrinology**, v. 124, p. 449-454, 1989.

DUNBAR, C. C.; ROBERTSON, R. J.; BAUN, R.; BLANDIN, M. F.; METZ, K.; BURDETT, R.; GOSS, F. L. The validity of regulating exercise intensity by ratings of perceived exertion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 24, n. 1, p. 94-99, 1992.

ENOKA, R. M.; STUART, D. G. Neurobiology of muscle fatigue. **Journal of Applied Physiology**, v. 72, n. 5, p. 1631-1648, 1992.

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

FAGUNDES, A. S.; ALMEIDA, F. Q.; GODOI, F. N.; MIGNON, E. C. F.; SANTOS, T. M.; LARANJEIRA, P. V. E. H. Creatin and maltodextrin dietetic supplementation in eventing horses at training. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p.1933-1940, 2011.

FARES, E. J. M.; KAYSER, B. Carbohydrate rinse effect on exercise capacity in pre and postprandial states. **Journal of Nutrition and Metabolism**. 2011. doi 385962. Disponível em: < <http://www.hindawi.com/journals/jnme/2011/385962/>>. Acesso em: 22 fev. 2015.

FORTIER, J.; GOACHET, A.G.; JULLIAND, V.; DELEY, G. Effect of two field continuous incremental tests on cardiorespiratory responses in Standardbred trotters. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, . doi 10.1111/jpn.12242. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25154293> >. Acesso em: 22 fev. 2015.

GANDEVIA, S. C. Neural control in human muscle fatigue changes in muscle afferents, motoneurons and motor cortical drive. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 162, p. 275-283, 1998.

GREEN, H.J.; SUTTON, J.; YOUNG, P.; CYMEMAN, A.; HOUSTON, C.S. Operation Everest II: muscle energetics during maximal exhaustive exercise. **Journal of Applied Physiology**, v 66, n. 1, p.142-150. 1985.

HEBBER, S. N.; KIN, K.; MAILLY, P.; CALZAVARA, R. Reward-related cortical inputs define a large stratal region in primates that interface with associative cortical

connections, providing a substrate for incentive-based learning. **The Journal of Neuroscience**, v. 26, n. 32, p. 8368-8376, 2006.

HESPEL, P.; RICHTER, E. A. Glucose uptake and transport in contracting perfused rat muscle with different pre-contraction glycogen concentration. **Journal of Physiology**, v. 427, p. 347-359, 1999.

HILL, A. V.; LONG, C. N. H.; LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid the supply and utilization of oxygen. **Proceedings and Royal Society of London**, v. 97, p. 438-475. 1924.

IVERS, T. **Carbohydrate in the performance horse: new trails to safety and performance**. 2002. Disponível em: < http://www.vitaflex.com/res_carbart2a.php >. Acesso em: 21 fev. 2015.

JENTJENS, R. L.; JEUCKENDRUP, A. E. High rate of carbohydrate oxidation from a mixture of glucose and fructose ingested during prolonged cycling exercise. **British Journal of Nutrition**, v. 33, n. 4, p. 485-492, 2005.

JEUCKENDRUP, A. E.; BROUNS, F.; WAGENMAKER, A. J. M.; SARIS, H. M. Carbohydrate-electrolyte feeding improve 1h time-trial cycling performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 18, p. 125-129, 1997.

JOSE-CUNILLERAS, E.; HINCHCLIFF, K.W.; SAMS, R.A.; DEVOR, S.T.; LINDERMAN J.K. Glycemic index of a meal fed before exercise alters substrate use and glucose flux in exercising horses. **Journal of Applied Physiology**, v.92, n.1, p.117-128, 2002.

JUST, T.; PAU, H. W.; ENGEL, U.; HUMMEI, T. Cephalic phase insulin release in healthy human after taste stimulation. **Appetite**, v. 51, n. 3, p. 622–627, 2008.

KENT-BRAUN, J. A. Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. **European Journal Applied Physiology**, v. 80, p. 57-63, 1999.

KNIGHT, D. R.; SCHARFRARTZIK, W.; PODE, D. C. Effect of hiperoxia on maximal leg O2 supply and utilization in men. **Journal of Applied Physiology**, v. 75, n. 6, p. 2586-2594, 1993.

KUIPERS, H. Exercise-induced muscle damage. **International Journal of Sports Medicine**, v. 15, n. 3, p. 132-135, 1994.

LAMBERTS, R. P.; SWART, J.; CAPOSTAGNO, B.; NOAKES, T. D.; LAMBERT, M. I. Heart rate recovery as a guide to monitor fatigue and predict changes in performance parameters. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 20, n. 3, p. 449-457, 2010.

LANE, S. C.; BIRD, S. R.; BURKE, L. M.; HAWLEY, J. A. Effect of a carbohydrate mouth rinse on simulated cycling time-trial performance commenced in fed or fasted state. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 38, p. 134-139, 2013.

LATHAN, J.; CAMPBELL, D. How much can exercise rise creatine kinase level and does it matter? **The Journal of Family Practice**, v. 57, n. 8, p. 545-547, 2008.

LAURSE, P. B.; FRANCIS, G. T.; ABBIS, C. R.; NEWTON, M. J.; NOSAKA, K. Reliability of time-to-exhaustion versus time-trial running tests in runners. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 38, n. 8, p. 1374-1379, 2007.

LAWRENCE, L. L.; SODERHOLM, V.; ROBERTS, A.; WILLIAMS, J.; HINTZ, H. Feeding status affects glucose metabolism in exercising horses. **Journal of Nutrition**, v. 123, p. 2152-2157, 1993.

MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, p. 857-864, 2009.

MCDONOUGH, P.; KINDIG, C. A.; HILDRETH, T. Effect of body incline on cardiac performance. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, p. 506-509, 2002.

MCKEVER, K. H. The endocrine system and the challenge of exercise. **Veterinary Clinical of North America: equine practice**, v. 18, p. 321-353, 2008

MIRIAN, M.; FERNANDES, W. Padronização do teste incremental de esforço máximo a campo para cavalos que pratiquem hipismo clássico. **Veterinária e Zootecnia**, v. 18, n. 4, p. 668-679, 2011.

MOSSO, A. **La fatica**. 3. ed. Milão: Fratelli Treves. 1891. 412 p.

NETER, J.; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J.; LI, W. **Applied linear statistical models**. 5. ed. U.S.A.: Mcgraw-Hill Professi, 2005. 1396 p.

NOAKES, T. D. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict enhance athletic performance. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 10, n. 3, p. 123-145, 2000.

PALMER, G. S.; HAWLEY, J. A.; DENNIS, S. C.; NOAKES, T. D. Heart rate response during 4-d cycle stage race. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 26, n. 10, p. 1278-1283, 1994.

PERSSE, S. G. B. Evaluation of exercise tolerance and fitness in the performance horse. In: SHOW, D. H.; PERSSE, S. G. B.; ROSE, R. J. **Equine exercise physiology**. Cambridge: Granta Editions, 1983. p. 441.

PINHEIRO, J. C.; BATES, D. M. **Mixed-effects models in S and S-PLUS**. U.S.A.: Springer. 2000. 528 p.

PINHEIRO, J.; BATES, D.; DEBROY, S.; SARKAR, D.; TEAM, C. R. **Nlme**: linear and nonlinear mixed effects models. 2015. R Package version 3.1-120. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=nlme>>. Acesso em: 22 fev. 2015.

POTIER, A.; BOUCKAERT, J.; GILLS, W. Mouth rinse but not ingestion of a carbohydrate solution improves 1-h cycle time trial performance. **Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports**, v. 20, n. 1, p. 105-111, 2010.

PROUST, M. **Em busca do tempo perdido – No caminho de Swan**. 3. ed. São Paulo: Globo. 2006. 558 p.

RINK, B. **Desvendando o enigma do Centauro**: como a união homem-cavalo acelerou a história e transformou o mundo. São Paulo: Ecos Brasil, 2008. 343 p.

RISCHTER, E. A.; DERAIVE, W.; WOJTASZEWSKI, J. F. P. Glucose, exercise and insulin: emerging concepts. **Journal of Physiology**, v. 535, p. 313-322, 2001.

ROLLO, I.; COLE, M.; MILLER, R.; WILLIAMS, C. Influence of Mouth Rinsing a Carbohydrate Solution on 1-h Running Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 4, p. 798-804, 2010.

ROLLS, E. T. The function of the orbitofrontal cortex. **Brain and cognition**, v. 55, n. 1, p. 11-29, 2004.

ROLLS, E. T.; GRABENHORST, F. The orbitofrontal cortex and beyond: From affect to decision-making. **Progress in neurobiology**, v. 86, p. 216-244, 2008.

ROLLS, E. T.; SIENKIEWICS, Z. J.; YAXLEY, S. Hunger modulates the response to gustatory stimuli of single neurons in the caudolateral orbitofrontal cortex of the macaque monkey. **European Journal of Neuroscience**, v. 1, n. 1, p. 53-60, 1989.

ROSE, R. J.; HODGSON, D. R. **The athletic horse**. Philadelphia: Saunders, 1994. 497 p.

SIETSEMA, K. E.; DALY, J. A.; WASSERMAN, K. Early dynamics of O₂ uptake and heart rate as affected by exercise work rate. **Journal of Applied Physiology**, v. 67, n. 6, p. 2535-2541, 1989.

SILVA, E. C. Relação corpo-mente: A mente como ideia do corpo na ética de Benedictus de Spinoza. **Conatus**, v. 5, n. 9, p. 19 a 24, 2011.

SILVA, T. A.; SOUZA, M. A.; AMORIM, J. F.; STATHIS, C. G.; LEANDRO, C. G.; LIMA-SILVA, A. E. Can carbohydrate mouth rinse improve performance during exercise? A systematic review. **Nutrients**, v. 6, p. 1-10, 2014.

SINCLAIR, J.; BOTTOMS, L.; FLYNN, C.; BRADLEY, E.; ALEXANDRE, G.; MCCULLAGH, S.; FINN, T.; HURST, H. T. The effect of different durations of carbohydrate mouth rinse on cycling performance. **European Journal of Sport Science**, v. 14, n. 3, p. 259-264, 2014.

ST CLAIR GIBSON, A.; NOAKES, T. D. Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, p. 797-806, 2004.

STEGMANN, H.; KINDERMAN, W. Comparison of prolonged exercise at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol/l lactate. **International Journal of Sports Medicine**, v. 3, p. 105-119, 1982.

TRIPICCHIO, A. **Relação mente-corpo de Montaigne a Kant**. 2007. Disponível em: < <http://www.redepsi.com.br/2007/07/12/rela-o-mente-corpo-de-montaigne-a-kant/>>. Acesso em: 21 fev. 2015.

WEIR, J. P.; BACK T. W.; CROMER, J. T.; HOUSH, T. J. Is fatigue all in your mind? A critical review of the central governor model. **British Journal of Sports Medicine**, v. 40, p. 573-83, 2006.