




Glicemia e lactacidemia em equinos de Hipismo Completo em teste em esteira de alta velocidade

Glycemia and lactacidemia in eventing horses in a high-speed treadmill test

Caroline Rodrigues¹ , Ananda Buzzetti¹ , Isabella Nothafft¹ , Beatriz Cavalcante¹ , Maria Izabel Almeida¹ , Cristiane Baldani¹ , Fernando Queiroz Almeida^{*1} 

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil 

*autor correspondente: almeidafq@yahoo.com.br

Recebido: 17 de outubro de 2024. Aceito: 17 de março de 2025. Publicado: 15 de maio de 2025. Editor: Luiz Augusto B. Brito

Resumo: Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do tempo de fornecimento da ração concentrada, antes do teste em esteira de alta velocidade, sobre a glicemia e a lactacidemia em equinos. Foram utilizados quinze equinos Brasileiro de Hipismo da modalidade Hipismo Completo, em dois ensaios experimentais. No primeiro ensaio, foram utilizados quatro equinos em teste de índice glicêmico após consumo de ração concentrada. No segundo ensaio, foram utilizados 12 equinos agrupados em três tratamentos experimentais (tempo de fornecimento da ração concentrada antes do teste em esteira de alta velocidade - 2h, 4h e 6h) e quatro equinos/grupo, submetidos a teste de esforço físico em esteira de alta velocidade. Foram coletadas amostras sanguíneas para dosagem de glicose, lactato e monitorada a frequência cardíaca e, com esses resultados foram estimados a $VL_{2'}$, VL_4 e a V_{200} por regressão exponencial e linear, respectivamente. Na avaliação do desempenho dos equinos nos grupos experimentais, verificou-se que $VL_{2'}$, $VL_{4'}$ e V_{200} não foram influenciadas pelo tempo de fornecimento da dieta concentrada em 2, 4 ou 6 horas antes do teste em esteira de alta velocidade. O horário de fornecimento da ração concentrada antes do teste incremental de velocidade não influenciou a glicemia, a lactacidemia e a frequência cardíaca dos equinos antes e durante o teste. São necessários novos estudos para elucidar os mecanismos fisiológicos envolvidos na reposição da glicose sanguínea após a realização de exercícios físicos em esteira de alta velocidade.

Palavras-chave: equinos; glicose; lactato; desempenho.

Abstract: This study aimed to evaluate the effects on glycemia and lactacidemia as a function of the time of intake of concentrate ration in horses before a high-speed treadmill test. Fifteen eventing Brazilian Sport horses were used in two experimental trials in a completely randomized design. In the first trial, a glycemic index test was performed with four horses and the glycemic response was evaluated after concentrate ration intake. In the second trial, 12 horses were used, in three experimental treatments (time of supply of concentrate ration before the high-speed treadmill test - 2, 4 and 6h) and four horses / group, and submitted to test on a treadmill. Blood samples were collected for glucose, lactate and heart rate monitoring and, with these results, $VL_{2'}$, VL_4 and V_{200} were estimated by exponential and linear regression, respectively. The evaluating of horse's performance in the experimental groups it was verified that $VL_{2'}$, $VL_{4'}$ and V_{200} were not influenced by the time of supply of the concentrate ration in 2, 4 or 6 hours before the high-speed treadmill test. The time of supply of the concentrate ration before the high-speed treadmill test did not influence the glycemia, lactacidemia and heart rate of the horses before and during the test. Further studies are needed to understand the glucose restoration after exercise in standardized treadmill speed tests.

Key-words: equine; glucose; lactate; performance.



1. Introdução

Os testes de exercício são uma ferramenta valiosa na avaliação da aptidão física de cavalos, pois fornecem um mecanismo para avaliar uma gama de sistemas corporais⁽¹⁾. As medições das funções cardiorrespiratória e metabólica realizadas durante um teste de exercício fornecem informações sobre o desempenho atlético do cavalo⁽²⁾. O uso de uma esteira ergométrica padronizada de alta velocidade, para os testes, permite uma maior reprodutibilidade das variáveis de função esportiva, eliminando a influência das condições ambientais e permitindo que variáveis respiratórias, cardiovasculares, hematológicas e bioquímicas sejam quantificadas com precisão para avaliar a aptidão física dos cavalos^(3, 4).

Os parâmetros fisiológicos utilizados para avaliar o desempenho físico do atleta equino são: o V_{200} , que é a velocidade na qual a frequência cardíaca corresponde a 200 bpm; o VL_{2} , que é a velocidade na qual a concentração de lactato plasmático corresponde a 2 mmol/L, indicando o limiar do metabolismo aeróbico⁽⁵⁾; e o VL_{4} , que é a velocidade na qual a concentração de lactato plasmático corresponde a 4 mmol/L, indicando o limiar do metabolismo anaeróbico^(6, 7).

É importante associar os parâmetros ao avaliar um animal, uma vez que a frequência cardíaca não é uma variável sensível para demonstrar o esforço físico durante o exercício realizado ou para avaliar o condicionamento do cavalo⁽⁸⁾.

A compreensão das variações na concentração de glicose plasmática é fundamental, não apenas em casos de distúrbios nutricionais, mas também em termos de exercício e desempenho de cavalos de corrida, visto que a glicose é uma importante fonte de energia para atletas⁽⁹⁾. Como a resposta glicêmica é influenciada por diversos fatores, como, por exemplo, a composição da dieta, o horário da ingestão alimentar antes do teste de exercício e o intervalo de tempo desde a última refeição, vários estudos têm sido realizados sobre esse assunto^(10, 11).

Alguns estudos têm sido conduzidos para explicar como a composição da dieta modula variáveis hematológicas e bioquímicas, bem como a frequência cardíaca (FC), por meio da manipulação da composição ou do tipo de dieta fornecida a cavalos de corrida⁽¹²⁻¹⁵⁾.

O principal objetivo de outros estudos tem sido avaliar como a quantidade de reservas energéticas na forma de glicogênio muscular influencia a concentração de glicose no sangue e, consequentemente, a disponibilidade desse substrato energético⁽¹⁶⁾. Outros pesquisadores visam a avaliar, durante o exercício, a influência da manipulação do horário da alimentação na concentração de glicose e insulina no sangue⁽¹⁷⁾.

Considerando a importância dos mecanismos de regulação da glicose na fisiologia do exercício, correlacionar os valores glicêmicos com os resultados de desempenho pode ajudar a entender os mecanismos utilizados pelo cavalo para obter energia durante a atividade física. Portanto, o objetivo deste estudo é avaliar os efeitos do tempo de fornecimento do consumo da ração concentrada sobre a glicemia e a lactacidemia de cavalos de Hipismo Completo antes de um teste de esteira de alta velocidade.

2. Material e métodos

2.1 Aprovação ética

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais do Instituto de Veterinária da UFRRJ, sob o número 6062121118.

2.2 Animais

Doze cavalos Brasileiro de Hipismo da Escola de Equitação do Exército Brasileiro foram utilizados nos ensaios, sendo quatro éguas e oito castrados. A idade média dos cavalos foi de $10,7 \pm 2,6$ anos (intervalo de 7 a 15 anos), e o peso médio foi de $492,8 \pm 41,9$ kg (intervalo de 440 a 598 kg). Os animais realizavam atividade diária de treinamento de Hipismo Completo caracterizada como atividade intensa com duração de uma hora, que incluía caminhadas, trotes e galope, bem como saltos em pista de areia ou grama. Quando não estavam em atividade, os animais permaneciam confinados em baias de 4×4 m com comedouro e bebedouro com livre acesso à água. Todos os animais utilizados nos ensaios foram submetidos a exame clínico (exame físico e análise laboratorial) para obtenção de liberação veterinária antes do estudo. Posteriormente, foram pesados em balança digital e o escore corporal foi determinado usando uma escala de 0-9, avaliando as seguintes áreas: pescoço, cernelha, ombros, costelas, dorso e base da cauda⁽¹⁸⁾.

A dieta foi fornecida de acordo com a alimentação rotineira da Escola de Equitação do Exército Brasileiro: os cavalos receberam feno de Coastcross (*Cynodon* spp. cv Coastcross) e ração concentrada comercial distribuída cinco vezes ao dia (ração concentrada às 5h, 13h e 19h, e feno às 10h e 15h). As quantidades de alimento foram aquelas rotineiramente fornecidas pela Escola de Equitação do Exército Brasileiro, ou seja, equivalentes a 3,0% do peso corporal (PC) como matéria seca em uma proporção de concentrado: forragem de 60:40, considerando a exigência energética diária de cavalos de corrida na categoria de “trabalho pesado”, que se relaciona com a intensidade do treinamento a que os cavalos são submetidos⁽¹⁹⁾ (Tabela 1).

Tabela 1. Composição bromatológica dos alimentos da dieta equina, expressa na base de matéria seca.

Alimento	MS ¹	MM ¹	MO ¹	PB ¹	EE ¹	CNF ¹	FDN ¹	HEM ¹	ED2
Concentrado	89,7	8,1	91,6	17,1	8,1	44,5	22,2	12,8	3,24
Feno Coastcross	91,2	5,8	94,2	10,4	1,9	9,9	72,1	39,0	1,92

(MS = matéria seca; MM = matéria mineral; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; CNF = carboidratos não fibrosos; FDN = fibra em detergente neutro; HEM = hemicelulose; ED = energia digestível).

¹ %; ² Mcal/kg.

O consumo de carboidratos não fibrosos (CNF), que inclui o amido, por meio do fornecimento de concentrado comercial, foi estimado em 2,65 g de CNF/kg de PC usando a fórmula: $\%CNF = 100 - (\%PB + \%FDN + \%EE + \%MM)$, descrita no NRC (19). A energia digestível (ED) foi calculada usando a fórmula: $ED (kcal/kg MS) = 2.118 + 12,18 \times (\%PB) - 9,37 \times (\%FDA) - 3,83 \times (\%HEM) + 47,18 \times (\%EE) + 20,35 \times (\%CNF) - 26,3 \times (\%MM)$, onde $R^2 = 0,88^{(20)}$.

2.3 Teste da curva de glicose

O delineamento experimental utilizou quatro repetições (cavalos) e sete tratamentos (tempos de coleta de sangue). Uma amostra foi coletada em estado pré-prandial (T0) e seis amostras foram coletadas em estado pós-prandial (T1 a T7), com a ordem de coleta ocorrendo de forma completamente aleatória. As amostras de sangue foram coletadas 30 minutos antes do fornecimento da ração (T0) e 30, 60, 90, 120, 180, 240 e 300 minutos (T1–T7) após o fornecimento da ração. O peso médio dos cavalos neste teste foi de 487,75 kg. A dieta foi fornecida na forma de ração concentrada peletizada, acompanhada de feno Coastcross, de acordo com o horário regular de alimentação. No dia do teste, o concentrado foi fornecido às 5h, como de costume, e os animais permaneceram em repouso nas baias até a última coleta de amostra.

2.4 Teste em esteira de alta velocidade

O delineamento experimental foi completamente aleatório com 12 cavalos alocados em três tratamentos (período pós-prandial antes do teste), compondo três grupos de quatro animais. A ração concentrada foi fornecida em horário fixo (às 5h), e o início do exercício ocorreu após 2, 4 e 6 horas. O peso corporal médio dos cavalos utilizados neste experimento foi de 485.5kg no “Grupo 2 horas”, 476.3kg no “Grupo 4 horas”, e 516.5kg no “Grupo 6 horas”.

Os cavalos foram previamente adaptados para o exercício na esteira de alta velocidade Galloper (Sahinco®, Brasil), realizando, três vezes por semana, durante cinco semanas, um protocolo de exercício composto por uma fase padronizada de aquecimento de 10 minutos, com 4 minutos caminhando a uma velocidade de 1,8 m/s e 6 minutos trotando a 4,0 m/s. A fase incremental de velocidade consistiu em galopes com duração de 1 minuto nas velocidades de: 6 m/s, 8 m/s e 10 m/s. Após os testes, a desaceleração do galope foi padronizada retornando ao trote a uma velocidade de 4,0 m/s por 1 minuto e a 1,8 m/s por 5 minutos, seguido de 25 minutos caminhando na guia, correspondendo ao resfriamento ativo⁽³⁾.

Durante o teste na esteira, os cavalos usavam um monitor de frequência cardíaca (HR) (Polar Equine, Polar®, Finlândia) que foi posicionado no peito, na área do ápice do batimento cardíaco, após o pelo dessa região ter sido umedecido com uma solução contendo água e etanol antes de o cavalo entrar na esteira. A preparação de cada animal também envolveu a colocação de uma guia e de uma sela, presas ao cinto de segurança da esteira, além de protetores de boleto e casco. Ao final do teste, os resultados foram transferidos para um computador por meio de transmissão infravermelha usando a interface fornecida pelo software da Polar®.

Antes de realizar o exercício, os animais foram preparados assepticamente para a cateterização venosa, utilizando a veia jugular esquerda como local de coleta. Uma extensão foi conectada ao cateter intravenoso para facilitar a coleta de sangue do animal em movimento. A extensão foi preenchida com solução anticoagulante (heparina sódica em solução de cloreto de sódio a 0,9%) e fixada com uma bandagem de algodão de 0,1 m × 1,8 m e fita branca impermeável de 10,1 m × 4,5 m. As amostras de sangue para análise de glicose e lactato foram coletadas em tubos de vacutainer com fluoreto de sódio. As amostras foram centrifugadas a 300 rpm por 10 minutos para a separação do soro e para a

retirada das alíquotas, e as análises foram realizadas posteriormente em um espectrofotômetro (A5), usando reagentes comerciais para glicose (Glucose KIT) e lactato (Lactate K084-2, Bioclin). As amostras de sangue foram coletadas antes do início do teste de exercício, durante o teste, a cada mudança de velocidade, ao final do teste e 5, 15 e 30 minutos após o teste.

2.5 Análise estatística

As análises foram realizadas utilizando o software estatístico R Core Team (Viena, Áustria, 2018). As médias, desvios padrão e intervalos de confiança de 95% foram calculados para cada variável e grupo em cada tempo/velocidade avaliado. A avaliação do teste do índice glicêmico foi realizada após o cálculo da média, do desvio padrão e do intervalo de confiança de 95% para a média da concentração de glicose plasmática nos quatro cavalos em cada momento. A área sob a curva (AUC) foi calculada individualmente utilizando o software Microsoft Office Excel por meio da função de integração.

Os dados da concentração de lactato plasmático durante o teste de exercício foram submetidos a uma análise de regressão exponencial para estimar o VL_2 e o VL_4 , indicando as velocidades nas quais o lactato plasmático atinge 2 e 4 mmol/l, respectivamente. Os dados da frequência cardíaca nas fases de galope do teste de exercício foram submetidos a uma análise de regressão linear para estimar o $V_{200'}$, indicando a velocidade na qual a frequência cardíaca atinge 200 bpm. Os dados foram submetidos à ANOVA e às médias comparadas pelo teste de Fischer ($\alpha < 0,05$). Para comparar os grupos em relação aos diferentes parâmetros (glicose, lactato, frequência cardíaca em função do tempo), o teste de normalidade de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade da distribuição dos dados, sendo constatado que era não normal, exceto para os resultados de glicose após o teste na esteira de alta velocidade. O teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) foi utilizado quando a distribuição dos dados não era normal. O teste de Wilcoxon ($p < 0,05$) foi utilizado para comparações pareadas entre os grupos, e o valor de p desses testes foi corrigido pelo método de Bonferroni. O teste de Friedman ($p < 0,05$) foi utilizado para a comparação entre os horários (tempos) e velocidades, e o teste de Wilcoxon ($p < 0,05$) foi realizado para comparações pareadas entre os grupos.

3. Resultados

3.1 Teste de curva de glicose

A ingestão média de ração concentrada comercial em cada refeição foi de 1,95 kg de Matéria Seca (MS), equivalente a 1,78 g de CNF/kg de Peso Corporal (PC). A concentração basal de glicose (antes da alimentação) foi de 75,3 ($\pm 10,8$) mg/dL. Os valores obtidos 30, 60, 90, 120, 180, 240 e 300 minutos após a alimentação foram, respectivamente: 75,8 ($\pm 8,2$); 81,3 ($\pm 5,3$); 80,3 ($\pm 8,1$); 70,5 ($\pm 3,8$); 65,8 ($\pm 8,1$); 71,3 ($\pm 8,3$) e 68 ($\pm 5,0$) mg/dL, correspondendo a 4,2; 4,2; 4,5; 4,5; 3,9; 3,7; 3,9 e 3,8 mmol/L (Figura 1).

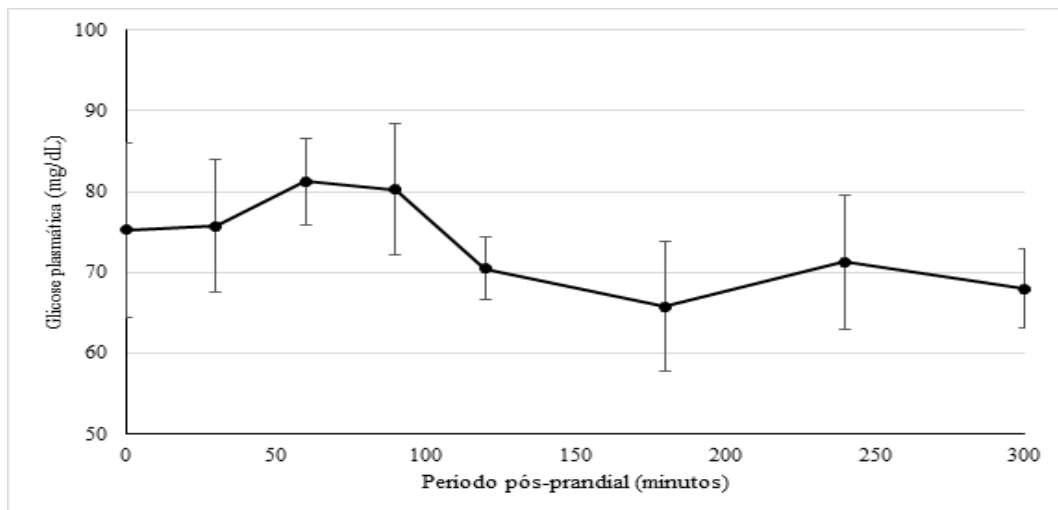


Figura 1. Valores médios de glicose plasmática (mg/dL) no período pós-prandial em cavalos alimentados com ração concentrada comercial.

Não foram observadas diferenças significativas ($p = 0,06$) entre os valores de glicose sanguínea. O pico de glicose sanguínea ocorreu entre 60 e 90 minutos após a ingestão da dieta concentrada, com valores de 81,3 e 80,3 mg/dL, respectivamente. O valor médio da AUC no período pós-prandial foi de 627 (± 28) mmol \times min/L, e os valores individuais da AUC para cada cavalo foram 617, 663, 596 e 633 mmol \times min/L, respectivamente.

3.2 Teste em esteira de alta velocidade

Os valores obtidos na medição da glicose plasmática durante o teste de exercício não foram influenciados pelo tempo de alimentação do concentrado ($p > 0,05$). No entanto, foram observadas diferenças entre as diferentes velocidades ($p < 0,05$). As concentrações médias de glicose plasmática obtidas antes e durante o teste na esteira de alta velocidade nas velocidades de 0, 1,8, 4, 6, 8 e 10 m/s foram, respectivamente, as seguintes: no “Grupo 2 horas”= 89 (± 16), 84 (± 14), 76 (± 15), 75 (± 16), 74 (± 16) e 73 (± 19) mg/dL; no “Grupo 4 horas”= 80 (± 15), 70 (± 19), 64 (± 14), 58 (± 17), 59 (± 17) e 60 (± 14) mg/dL; no “Grupo 6 horas”= 79 (± 13), 78 (± 10), 80 (± 10), 81 (± 11), 83 (± 13) e 86 (± 15) mg/dL.

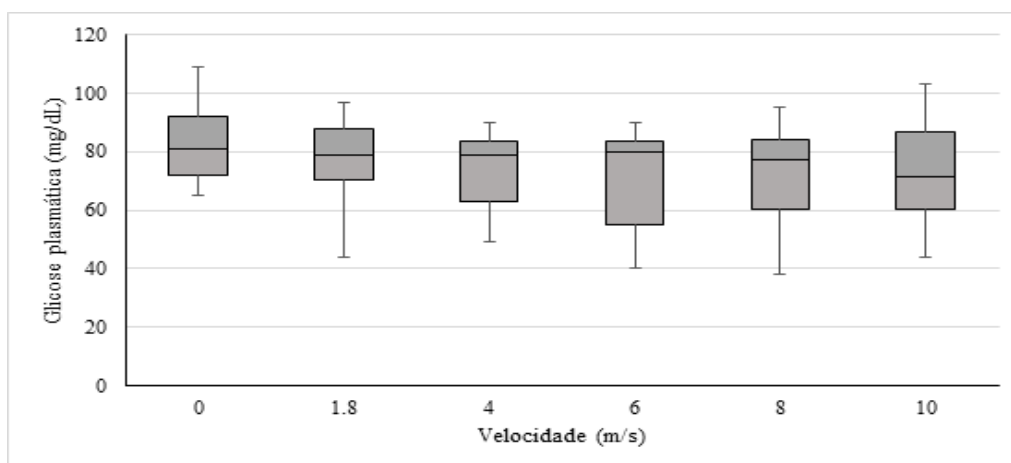


Figura 2. Glicose plasmática durante o teste de exercício.

A média de lactato plasmático dos animais em repouso (basal) foi de 1,36 mmol/L. As concentrações médias de lactato plasmático obtidas durante o teste na esteira de alta velocidade, nas velocidades de 0, 1,8, 4, 6, 8 e 10 m/s, foram as seguintes: no “Grupo 2 horas”= 1,17; 1,32; 1,49; 2,34; 3,36 e 5,65 mmol/L; no “Grupo 4 horas”= 1,76; 1,75; 2,63; 3,52; 4,39 e 6,14 mmol/L; e no “Grupo 6 horas”= 1,15; 1,33; 1,82; 2,69; 5,0 e 6,80 mmol/L. Durante o teste na esteira de alta velocidade, a correlação entre a concentração de lactato plasmático em diferentes velocidades (0, 1,8, 4, 6, 8 e 10 m/s) e os grupos experimentais mostrou que não houve efeito significativo dos tratamentos “2 horas”, “4 horas” e “6 horas” ($p > 0,05$); no entanto, foram encontradas diferenças entre as velocidades ($p < 0,05$) (Figura 3).

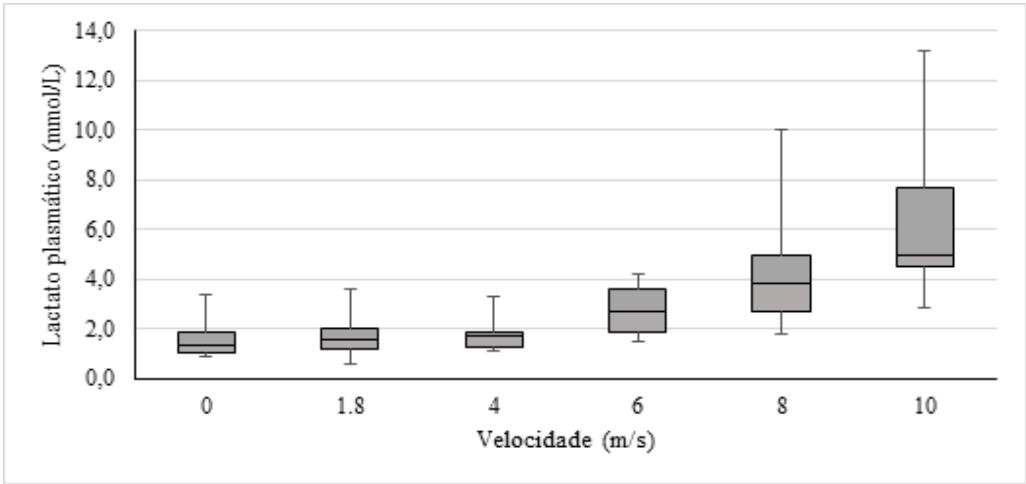


Figura 3. Lactato plasmático (mmol/L) durante o teste de exercício.

Os resultados da concentração de lactato plasmático obtidos no teste na esteira de alta velocidade foram ajustados a uma equação exponencial. No “Grupo 2 horas”, a equação = $0,9774\exp(1,1633x)$ ($R^2 = 71\%$) ($p < 0,05$) foi obtida. No “Grupo 4 horas”, a equação = $1,519\exp(1,1366x)$ ($R^2 = 61\%$) ($p < 0,05$) foi obtida. No “Grupo 6 horas”, a equação = $0,979\exp(1,194x)$ ($R^2 = 73\%$) ($p < 0,05$) foi obtida. Não houve diferenças significativas entre os grupos em relação a VL_2 ou VL_4 ($p > 0,05$). As estimativas de VL_2 foram as seguintes: 4,7 m/s no “Grupo 2 horas”; 2,2 m/s no “Grupo 4 horas”; e 4,0 m/s no “Grupo 6 horas” pós-prandial. As estimativas de VL_4 foram as seguintes: 9,3 m/s no “Grupo 2 horas”; 7,6 m/s no “Grupo 4 horas”; e 7,9 m/s no “Grupo 6 horas” pós-prandial.

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão (DP) de VL_2 , VL_4 e V_{200} em cavalos de Hipismo Completo em função do tempo de fornecimento da dieta concentrada (2, 4 e 6 horas) antes do teste de esteira de alta velocidade.

Ração concentrada pré-teste	VL_2 (m/s)	VL_4 (m/s)	V_{200} (m/s)
Grupo 2 horas	4,9 ± 1,8a	9,4 ± 2,6a	10,2 a
Grupo 4 horas	3,5 ± 1,3a	7,6 ± 2,4a	9,9 a
Grupo 6 horas	4,0 ± 1,3a	8,1 ± 2,2a	13,3 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si em relação aos grupos pelo teste de Fisher ($p > 0,05$).

A frequência cardíaca (FC) não diferiu ($p > 0,05$) entre os grupos; no entanto, diferiu de acordo com a velocidade ($p < 0,05$). As médias de FC obtidas antes e durante o teste na esteira de alta velocidade nas velocidades de 0, 1,8, 4, 6, 8 e 10 m/s foram as seguintes: no “Grupo 2 horas”= 49, 100, 120, 162, 181 e 198 bpm; no “Grupo 4 horas”= 46, 116, 135, 170, 182 e 203 bpm; e no “Grupo 6 horas”= 49, 105, 131, 166, 176 e 184 bpm.

Apenas as velocidades correspondentes ao galope 6, 8 e 10 m/s foram selecionadas para estimar o V_{200} , pois nessa fase houve uma relação linear entre FC e velocidade, resultando em uma equação de regressão linear. Não houve diferenças nos valores médios de V_{200} entre os grupos experimentais ($p > 0,05$). As estimativas de V_{200} foram as seguintes: no “Grupo 2 horas”, $V_{200} = 10,2$ m/s ($\hat{Y} = 108,1974 + 9,0329 X$ ($R^2 = 53,0$) ($p < 0,05$)); no “Grupo 4 horas”, $V_{200} = 9,9$ m/s ($\hat{Y} = 121,9211 + 8,4868 X$ ($R^2 = 21,0$) ($p < 0,05$)); no “Grupo 6 horas”, $V_{200} = 13,3$ m/s ($\hat{Y} = 137,5833 + 4,6875 X$ ($R^2 = 30,0$) ($p < 0,05$)).

Houve um efeito do tempo de alimentação do concentrado na concentração de glicose plasmática após o teste na esteira de alta velocidade, principalmente no “Grupo 4 horas” ($p < 0,05$). Além disso, foram encontradas diferenças significativas em diferentes velocidades ($p < 0,05$). Os valores de glicose sanguínea obtidos apresentaram diferenças na distribuição dos resultados 5 minutos após o término do teste físico ($p < 0,05$) entre os grupos, mais especificamente entre o “Grupo 6 horas” e o “Grupo 4 horas” ($p < 0,10$).

Os valores médios de lactato plasmático no pós-teste de alta velocidade (0, 5, 15 e 30 minutos após o teste) não diferiram ($p > 0,05$) entre os grupos experimentais, mas foi observada uma redução significativa ao longo do tempo pós-teste ($p < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios e desvio padrão da concentração plasmática de glicose (mg/dL) e lactato (mmol/L) em cavalos de Hipismo Completo após o teste de esteira de alta velocidade.

Tempo após o teste (minutos)	Glicose plasmática (mg/dL)	Lactato plasmático (mmol/L)
Grupo 2 horas		
0	72,5 ± 18,7 ^{Aa}	5,65 ± 2,32 ^{Aa}
5	73,0 ± 15,2 ^{ABa}	5,98 ± 4,29 ^{Aa}
15	77,6 ± 9,3 ^{Aa}	4,20 ± 3,30 ^{Ab}
30	84,0 ± 8,5 ^{Aa}	3,32 ± 2,27 ^{Ac}
Grupo 4 horas		
0	60,0 ± 14,1 ^{Aab}	6,48 ± 2,64 ^{Aa}
5	57,0 ± 8,0 ^{Bb}	5,62 ± 3,42 ^{Aa}
15	70,6 ± 6,7 ^{Aab}	2,68 ± 1,33 ^{Ab}
30	79,0 ± 7,6 ^{Aa}	2,16 ± 0,95 ^{Ab}
Grupo 6 horas		
0	85,8 ± 15,2 ^{Aa}	6,80 ± 4,30 ^{Aa}
5	87,8 ± 13,4 ^{Aa}	5,89 ± 4,63 ^{Aa}
15	83,0 ± 9,2 ^{Aa}	3,63 ± 2,69 ^{Ab}
30	88,3 ± 11,9 ^{Aa}	2,45 ± 1,08 ^{Ac}

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes diferem entre si para os grupos experimentais, utilizando o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) e o teste de Bonferroni ($p < 0,10$). Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem entre si em relação ao tempo após o teste pelo teste de Friedman ($p < 0,05$) e pelo teste de Wilcoxon ($p < 0,10$).

Após o teste na esteira de alta velocidade, verificou-se que não houve efeito na FC ($p > 0,05$) dos cavalos nos grupos “2 horas, 4 horas e 6 horas”, com a frequência cardíaca diminuindo significativamente nas velocidades de 10, 4 e 1,8 m/s ($p < 0,05$). As médias da frequência cardíaca diminuíram rapidamente após o teste na esteira de alta velocidade de 184, 150 e 98 bpm, nas velocidades de 10, 4 e 1,8 m/s, respectivamente (Figura 4).

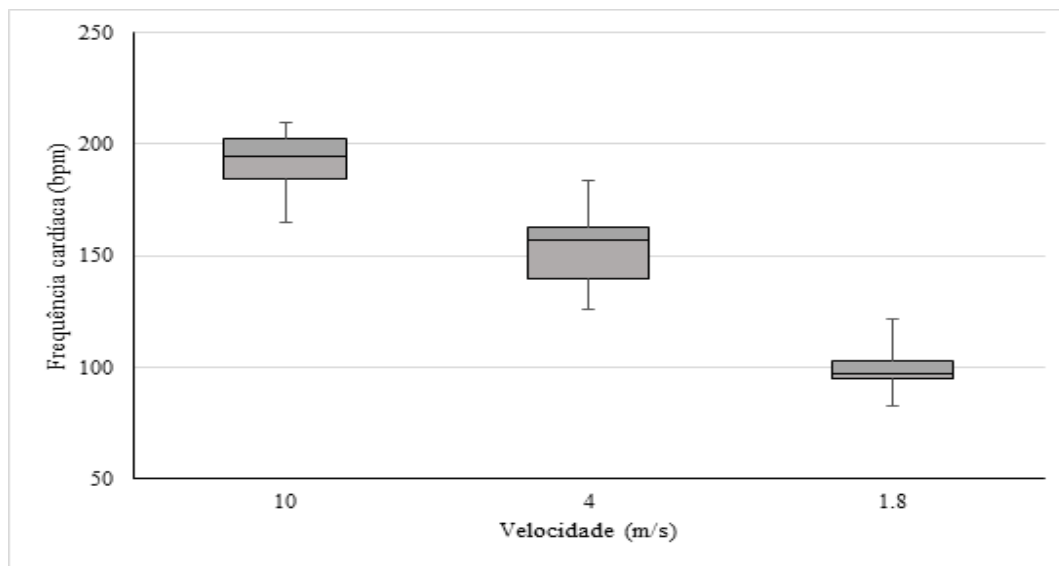


Figura 4. Frequência cardíaca (bpm) após o teste de exercício.

4. Discussão

Durante o exercício, várias alterações fisiológicas ocorrem para produzir energia de forma eficiente e manter o esforço físico, sendo a hiperglicemia transitória um exemplo disso^(21,22). No período pós-prandial, também ocorre uma variação nos valores glicêmicos⁽²³⁾. A curva de glicose apresenta um aumento contínuo e, após um pico, a concentração de glicose plasmática diminui acentuadamente quando a dieta consiste em altos níveis de carboidratos solúveis⁽²⁴⁾. Devido ao papel essencial da nutrição na curva glicêmica pós-prandial, é importante relacionar a nutrição, os parâmetros bioquímicos e a aptidão física.

Os resultados da glicemia em repouso obtidos neste estudo estavam dentro da faixa fisiológica para cavalos, que é de 75–115 mg/dL⁽²⁵⁾, e dentro da faixa aceitável para cavalos de corrida (70–140 mg/dL)⁽²⁶⁾. A ingestão de diferentes quantidades de amido pode influenciar os picos de glicose sanguínea^(13, 23). Quando as dietas continham menor quantidade de amido (0,3 g de amido/kg PV), o pico foi observado 75 ± 17 minutos após a ingestão, e quando as dietas continham maior quantidade de amido (mais especificamente 2,0 g de amido/kg PV), o pico ocorreu apenas 120 ± 42 minutos após a ingestão. No presente estudo, com cavalos consumindo cerca de 1,78 g CNF/kg PV, o pico de glicose plasmática foi observado entre 60 e 90 minutos, com valores médios de 81,3 e 80,3 mg/dL, respectivamente. Os resultados obtidos no teste de glicemia pós-prandial são compatíveis com aqueles relatados em outros estudos em que a dieta consistia principalmente de carboidratos solúveis⁽²⁴⁾, de modo que se esperava um aumento contínuo na concentração de glicose plasmática, seguido de uma redução após um pico de glicose, devido à ação da insulina⁽²⁷⁾. Além disso, cavalos consumindo dietas comerciais contendo 0,8 e 1,1 g de amido/kg PV apresentaram valores médios da AUC de 559 ± 49 e 732 ± 162 mmol x min/L⁽¹³⁾, valores próximos ao obtido neste estudo, 627 ± 28 mmol x min/L.

A curva de glicose para cavalos do “Grupo 6 horas”, em comparação com os “Grupo 2 horas” e “Grupo 4 horas”, apresentou uma inclinação crescente, enquanto se esperava uma curva decrescente⁽²⁶⁾. Presume-se que, de acordo com as curvas de glicose, os mecanismos de glicogenólise e gliconeogênese estavam mais ativos no grupo cuja dieta foi fornecida 6 horas antes do exercício, o que levou a uma maior disponibilidade de glicose no sangue nesse grupo.

Como mostrado no presente estudo, a concentração de glicose plasmática tende a diminuir nos primeiros momentos do exercício devido à mobilização desse substrato energético pelos músculos

esqueléticos⁽²⁸⁾. Posteriormente, o aumento na atividade dos hormônios que regulam o metabolismo energético, principalmente catecolaminas e glucagon, leva a um aumento na concentração de glicose plasmática por meio da glicogenólise e gliconeogênese, um mecanismo de extrema importância para a manutenção da glicemia durante o esforço físico^(29, 30). Cinco minutos após a realização dos testes de exercício, os níveis de glicose plasmática foram significativamente mais elevados nos equinos alimentados seis horas antes do teste (87,8 mg/dL), em comparação com aqueles alimentados quatro horas antes (57 mg/dL) (Tabela 3). Isso sugere que o tempo de fornecimento da ração pode influenciar na restauração da glicose na corrente sanguínea após o esforço. Sabe-se que os valores normais de glicemia plasmática estabelecidos em atletas equinos em repouso são de 70 a 140 mg/dL⁽²⁶⁾, sendo sugerido que estudos futuros sejam realizados com dosagem de insulina e glucagon para melhor compreender a glicemia durante e após os testes de exercício.

A concentração basal de lactato plasmático varia de 0,5–1,5 mmol/L⁽²⁶⁾ e o valor obtido neste estudo estava dentro dessa faixa. A correlação entre lactato e velocidade é expressa graficamente na forma de uma curva exponencial de acordo com a intensidade do exercício⁽²⁶⁾. Os resultados indicam que não houve alteração no VL₂ e VL₄ relacionada ao horário de alimentação e, assim, não houve influência no desempenho dos cavalos durante o teste. No entanto, o metabolismo anaeróbico foi predominante durante a maior parte do teste de exercício, especialmente nos “Grupo 4 horas” e “Grupo 6 horas” que apresentaram valores de VL₄ menores que os do “Grupo 2 horas”, uma vez que o aumento na concentração de lactato ocorre no músculo quando não há oxigênio suficiente disponível⁽³¹⁾. Em cavalos de Hipismo Completo, o valor médio de VL₂ após o teste de exercício inicial foi estimado em 5,9 m/s e o valor médio de VL₄ em 7,6 m/s⁽⁵⁾. Os valores obtidos no presente estudo foram semelhantes a esses, no entanto, o protocolo utilizado no teste de esteira de alta velocidade diferiu quanto ao tempo e velocidade, o que pode explicar as diferenças nos resultados.

Os cavalos dos três grupos experimentais apresentaram um padrão decrescente de lactacidemia cinco minutos após o fim do teste de esteira de alta velocidade. Alguns estudos relatam que há uma redução nos níveis de lactato na corrente sanguínea durante a fase de recuperação, pois esse composto pode ser utilizado para a ressíntese de glicose e glicogênio⁽²⁶⁾. Além disso, o fato de esses cavalos serem bem treinados pode contribuir para essa redução, pois o treinamento promove adaptações metabólicas que aumentam a eficiência da remoção e da utilização do lactato⁽⁴⁰⁾.

A faixa de referência para a frequência cardíaca (FC) de cavalos está entre 28 e 45 bpm⁽³²⁾, mas, no presente estudo, a média da linha de base foi de 47,9 bpm, medida antes da realização do teste de esforço físico. Existe uma correlação linear e positiva entre a FC e a velocidade, dependendo da intensidade do exercício, resultando em uma inclinação crescente^(1, 5). O alto valor da FC basal registrado pode ser explicado por fatores psicogênicos, como a ansiedade desencadeada no cavalo sempre que ele passa pelos mesmos processos repetitivos que precedem o exercício. Isso pode ocorrer porque o monitor de FC foi colocado nos cavalos depois que eles foram retirados das baias e enquanto outros membros da equipe colocavam o material de proteção para a atividade física. Isso se deve à resposta do sistema nervoso simpático, que leva ao aumento da FC na fase pré-teste⁽³³⁾.

O valor obtido no presente estudo foi semelhante ao de um estudo que utilizou cavalos de Hipismo Completo sob condições de treinamento similares ($V_{200} = 9,02 \pm 1,45$ m/s)⁽³⁴⁾, mas superior aos valores obtidos em outros dois estudos que também utilizaram cavalos competindo no Hipismo Completo ($V_{200} = 8,5$ m/s)⁽³⁷⁾ e variando entre 8 e 9 m/s⁽³⁸⁾. A velocidade alcançada por um cavalo quando sua FC atinge

200 bpm é amplamente conhecida como $V_{200'}$ que é um dos indicadores de desempenho, servindo como parâmetro de comparação entre indivíduos. Animais com melhor condicionamento físico tendem a ter um V_{200} mais alto, ou seja, uma velocidade maior é necessária para atingir uma frequência cardíaca de 200 bpm⁽³⁹⁾. Após o teste de esforço físico, a frequência cardíaca diminui rapidamente no primeiro minuto e é gradualmente reduzida de forma lenta⁽¹⁾. A frequência cardíaca, após um teste de exercício físico ou competição, pode ser usada para avaliar a recuperação do cavalo e, se a FC permanecer acima de 130 bpm por 10 minutos na fase de recuperação, isso indica que o cavalo não foi treinado o suficiente ou que apresenta algum distúrbio clínico, como fibrilação atrial, infecção respiratória ou claudicação⁽¹⁾. No presente estudo, observou-se que, aos 6 minutos pós-teste, a frequência cardíaca média dos cavalos nos grupos "2, 4 e 6 horas" foi de 99, 100 e 98 bpm, respectivamente, corroborando com o descrito para cavalos com condicionamento adequado e saudável⁽¹⁾.

5. Conclusão

O horário de alimentação não influenciou os níveis de glicose sanguínea nos cavalos antes e durante o teste de esteira de alta velocidade; no entanto, foi capaz de alterar a restauração da glicemia pós-teste, sendo necessários mais estudos para avaliar a influência da reposição de glicose após o exercício em testes de velocidade padronizados. O tempo de fornecimento da ração concentrada, antes do teste de esteira de alta velocidade, também não teve efeito significativo na FC e não afetou a concentração de lactato. A avaliação do desempenho de cada grupo experimental mostrou que $VL_{2'}$, VL_4 e V_{200} não foram afetados pelo horário de alimentação em 2, 4 ou 6 horas antes do teste de esteira de alta velocidade.

Material suplementar

[Resumo gráfico](#) (disponível apenas na versão eletrônica).

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesses.

Declaração de disponibilidade de dados

Os dados serão fornecidos mediante solicitação.

Contribuições do autor

Conceitualização: C. M. C. Rodrigues, F. Q. Almeida. Investigação: C. M. C. Rodrigues, A. P. Buzzetti, I. T. Nothaft. Metodologia: C. M. C. Rodrigues, I. T. Nothaft, B. C. Moreira. Análise formal: C. M. C. Rodrigues, C. D. Baldani, M. I. V. Almeida. Gerenciamento do projeto: F. Q. Almeida. Redação (rascunho original): C. M. C. Rodrigues, B. C. Moreira. Redação (revisão e edição): B. C. Moreira, F. Q. Almeida.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ); aos membros da equipe de pesquisa do Laboratório de Avaliação do Desempenho Equino (LADEq); e à Escola de Equitação do Exército Brasileiro pelo apoio incondicional na realização desta pesquisa.

Referências

1. Evans DL. Exercise testing in the field. In: Hinchcliff KW, Kaneps AJ, Geor RJ, editors. Equine Sports Medicine and Surgery. 1st ed. London: Saunders; 2004. p. 19-31. ISBN: 978-0-7020-2857-1
2. Hines MT. Clinical approach to commonly encountered problems. In: Reed SM, Bayly WM, Sellon DC, editors. Equine Internal Medicine. 4th ed. Amsterdam: Elsevier Health Sciences; 2017. p. 232-310. PMID: PMC7158300

3. Castejón F, Riber C, Santisteban R, Tovar P, Trigo P, Agüera Y. Valoración ergométrica y muscular en cinta rolante. In: Valoración morfofuncional en el plan de mejora del pura raza español-caballo andaluz. Junta de Andalucía, Ministerio de Educación y Cultura; 1995. p. 100-12. ISBN: 978-84-92521-89-0
4. Nankervis EJ, Launder RCM, Murray RC. The Use of Treadmills Within the Rehabilitation of Horses. *J Equine Vet Sci.* 2017; 53:108-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.01.010>
5. Souza BG, Veiga CCP, Oliveira GF, Ferreira AMR, Almeida FQ. Avaliação de um programa de treinamento para cavalos de concurso completo de equitação: efeitos sobre a frequência cardíaca e a curva de lactato. *Rev Bras Med Vet.* 2013; 35(4):385-91. Disponível em: <https://bjvm.org.br/BJVM/article/view/623>
6. Muñoz A, Santisteban R, Rubio MD, Vivo R, Agüera EI, Escribano BM, *et al.* The use of functional indexes to evaluate fitness in the Andalusian horse. *J Vet Med Sci.* 1997; 59(9):747-52. DOI: <https://doi.org/10.1292/jvms.59.747>
7. Hodgson DR, McGowan CM. An Overview of Performance and Sports Medicine. In: Hodgson DR, McGowan CM, McKeever KH, editors. *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine.* 2nd ed. Elsevier Saunders; 2014. p. 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-0075-8.00010-1>
8. De Mare L. Standardized exercise tests in horses: current situation and future perspectives. *Vlaams Diergen Tijdschr.* 2017; 86(2):63-72. DOI: <https://doi.org/10.21825/vdt.v86i2.16290>
9. Gobesso AAO, Etchichury M, Tosi H. Resposta plasmática de glicose e insulina em equinos alimentados com diferentes fontes de amido. *Braz J Vet Res Anim Sci.* 2009; 46(4):324-31. URL: <http://hdl.handle.net/11449/71450>
10. Gleeson M. Biochemistry of Exercise. In: Micheli LJ, editor. *The Encyclopaedia of Sports Medicine.* 1st ed. Sage Publications, Inc; 2013. p. 36-58. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118692318.ch3>
11. Brøkner C, Austbø D, Næset JA, Blache D, Knudsen KEB, Hansen HH, Tauson AH. Glycaemic and insulinemic response to dietary carbohydrates in horses. *Acta Vet Scand.* 2016; 58(Suppl 1):69. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13028-016-0244-1>
12. Pagan JD, Harris PA. The effects of timing and amount of forage and grain on exercise response in thoroughbred horses. *Equine Vet J.* 1999; 30:451-7. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1999.tb05264.x>
13. Vervuert I, Voigt K, Hollands T, Cuddeford D, Coenen M. Effect of feeding increasing quantities of starch on glycaemic and insulinaemic responses in healthy horses. *Vet J.* 2009; 182:67-72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.04.011>
14. Jansson A, Lindberg E. A forage-only diet alters the metabolic response of horses in training. *Anim.* 2012; 6(12):1939-46. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731112000948>
15. Oliveira CA, Azevedo JF, Miranda ACT, Souza BG, Ramos MT, Costa APD, *et al.* Hematological and blood gas parameters response to treadmill exercise test in eventing horses fed different protein levels. *J Equine Vet Sci.* 2014; 34(11-12):1279-85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2014.09.007>
16. Jose-Cunilleras E, Hinchcliff KW, Lacombe VA, Sams RA, Kohn CW, Taylor LE, Devor ST, *et al.* Ingestion of starch-rich meals after exercise increases glucose kinetics but fails to enhance muscle glycogen replenishment in horses. *Vet J.* 2006; 171(3):468-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2005.02.002>
17. Pagan JD, Burger I, Jackson SG. The long-term effects of feeding fat to 2-year-old Thoroughbreds in training. *Equine Vet J.* 1995; 18:281-8. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1995.tb04949.x>
18. Henneke DR, Potter GD, Krieder JL. Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. *Equine Vet J.* 1983; 15:371-2. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1983.tb01826.x>
19. National Research Council. *Nutrients requirements of horses.* 6th ed. Washington, DC: National Academy of Science; 2007. 341 p. DOI: <https://doi.org/10.17226/11653>
20. Pagan JD. *Advances in Equine Nutrition.* Nottingham: Nottingham University Press; 1998. p. 71-6. ISBN-13: 978-1897676837
21. Mircean M, Giurgiu G, Mircean V, Zinveliu E. Serum cortisol variation of sport horses in relation with the level of training and effort intensity. *Bull USAMV-CN.* 2007; 64:488-92. <https://journals.usamvcluj.ro/index.php/veterinary/article/view/2481>
22. Coelho CS, Gama JA, Lopes PF, Souza VR. Glicemia e concentrações séricas de insulina, triglicérides e cortisol em equinos da raça Mangalarga Marchador após exercício físico. *Pesq Vet Bras.* 2011; 31(9):756-60. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-736x2011000900006>

23. Hansen TL, Rankins EM, Bobel JM, McKinney M, Hackmann TJ, Warren LK. Postprandial blood glucose and insulin responses of horses to feeds differing in soluble fiber concentration. *J Equine Vet Sci.* 2020; 88:102963. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.102963>
24. Healy HP, Siciliano PD, Lawrence LM. Effect of concentrate form on blood and gastric fluid variables in ponies. *Equine Nutr Physiol Soc.* 1995; 15(10):423-8. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(06\)81833-2](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(06)81833-2)
25. Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML. *Clinical biochemistry of domestic animals.* 6th ed. New York: Academic Press; 2008. 928 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370491-7.00001-5>
26. McGowan CM., Hodgson DR. Hematology and biochemistry. In: Hodgson DR, McKeever KH, McGowan CM. *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine.* 2nd Edition. Elsevier Saunders. Missouri, USA. 2014. p. 56-68. ISBN: 978-0-7216-0075-8
27. Bertin FR, Taylor SD, Bianco AW, Sojka-Kritchevsky JE. The effect of fasting duration on baseline blood glucose concentration, blood insulin concentration, glucose/insulin ratio, oral sugar test, and insulin response test results in horses. *J Vet Intern Med.* 2016; 30:1726-31. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvim.14529>
28. Trilk JL, Lindner AJ, Greene HM, Alberghina D, Wickler SJ. A lactate-guided conditioning programme to improve endurance performance. *Equine Vet J Suppl.* 2002; 34:122-5. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05403.x>
29. McKeever KH. The endocrine system and the challenge of exercise. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 2002; 18:321-53. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(02\)00005-6](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(02)00005-6)
30. Ferraz GDC, Teixeira-Neto AR, Pereira MDC, Linardi RL, Lacerda-Neto JCD, Queiroz-Neto AD. Influência do treinamento aeróbico sobre o cortisol e glicose plasmáticos em equinos. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2010; 62(1):23-9. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000100003>
31. Rose RJ, Ilkiw JE, Sampson D. Changes in blood gas: acid-base and metabolic parameters in horses during three-day event competition. *Res Vet Sci.* 1980; 28(3):393-8. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(18\)32733-4](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)32733-4)
32. Boffi F. *Fisiología del Ejercicio en Equinos.* 1st ed. Buenos Aires: Inter-Médica; 2007. 320p. ISBN: 978-9505553143
33. Prates RC, Rezende HHC, Lana AMQ, Borges I, Moss PCB, Moura RS, Rezende ASC. Heart rate of Mangalarga Marchador mares under marcha test and supplemented with chrome. *Rev Bras Zootec.* 2009; 38:916-22. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000500019>
37. Garcia TR, Rezende ASCD, Santiago JM, Almeida FQD, Fonseca MG, Munóz A. Venous hemogasometry and blood electrolytes in Mangalarga Marchador mares submitted to aerobic training. *Ciênc Agrotec.* 2013; 37(6):559-65. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542013000600009>
38. Kowal RJ, Almosny NRP, Cascardo B, Summa RP, Cury LJ. Avaliação dos valores de lactate e da atividade sérica da enzima creatina quinase em cavalos (*Equus caballus*) da raça Puro-Sangue-Inglês (PSI) submetidos a teste de esforço em esteira ergométrica. *Rev Bras Ciênc Vet.* 2006; 13(1):13-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rbcv.2014.259>
39. Bayly W, *et al.* *Equine Sport Medicine and Surgery: basic and clinical sciences of the equine athlete.* 1st ed. Philadelphia: Saunders Company; 2004. p. 27-56. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-2671-3.50009-X>
40. Seeherman HJ, Morris EA. Comparison of yearling, two-year-old and adult Thoroughbreds using a standardised exercise test. *Equine Veterinary Journal.* 1991; 23:175-184. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1991.tb02750.x>