



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

**ANÁLISE DOS BIOMARCADORES SANGUÍNEOS EM
CAVALOS DE SALTO DE OBSTÁCULOS APÓS O TREINO
UTILIZANDO A PASSADEIRA AQUÁTICA**

Dissertação apresentada a provas públicas para a obtenção do grau de mestre
em Medicina Veterinária, orientada por Professora Doutora Clarisse Coelho.

Ema Martins Chaves, n.º 21901688

2025

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

**ANÁLISE DOS BIOMARCADORES SANGUÍNEOS EM
CAVALOS DE SALTO DE OBSTÁCULOS APÓS O TREINO
UTILIZANDO A PASSADEIRA AQUÁTICA**

Ema Martins Chaves

VERSÃO FINAL

Dissertação defendida por Ema Martins Chaves em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa no dia 03/12 de 2025, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação n.º: 585/2025, de 12 de novembro, com a seguinte composição:

Presidente: Professor Doutor André Duarte Belchior Pereira (Universidade Lusófona – Centro Universitário Lisboa)

Vogal: Professora Doutora Natalia Rebouças Pires (Universidade Lusófona – Centro Universitário Lisboa) - arguente

Orientador: Professora Doutora Clárisse Simões Coelho

Este trabalho também foi orientado pela Mestre Carolina Nascimento (co-orientadora)

Ema Martins Chaves

2025

Agradecimentos

À Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona por todo o ensinamento ao longo destes 6 anos.

Agradeço do fundo do coração à Professora Clarisse Coelho, por todo o apoio, motivação, disponibilidade e carinho não só ao longo destes meses, mas desde sempre.

À professora Carolina Nascimento, a toda a equipa da Hidrovet, o meu agradecimento por toda a disponibilidade e ajuda.

A toda a equipa do Hospital Equivet, em Indaiatuba, Brasil, não há palavras suficientes para agradecer a forma como me acolheram durante o meu estágio curricular.

Ao Hospital Militar de Equinos de Mafra por me receberem sempre de braços abertos, um especial agradecimento ao Tenente Camacho e ao Tenente Marcos por tudo o que me ensinaram e pela amizade que construímos.

Aos meus pais e irmã que são o meu pilar dedico-lhes esta dissertação, sem eles nada disto seria possível. Obrigada por todo o esforço e por acreditarem sempre em mim, mesmo quando eu própria duvidava.

À Madalena, à Filomena, à Maria e ao Paulo, que são e serão para sempre a minha segunda família. E claro ao Loko, à Xica e ao Tintim que foram os meus primeiros patudos.

Aos amigos que este curso me deu, eles sabem quem são. Sem vocês este curso teria sido muito mais difícil.

À Rita e ao Francisco que serão para sempre os meus parceiros e amigos incríveis. Obrigada pelas horas infinitas que passamos juntos.

Por fim quero agradecer ao Balu, o melhor cão do mundo, por todas as horas que passou ao meu lado (a dormir) enquanto estudava.

Resumo

As passadeiras aquáticas são usadas em programas de reabilitação e treino de equinos, com sua indicação sendo atribuída as características de fluutuabilidade, viscosidade e pressão da água. Entretanto, o estabelecimento de um protocolo de treino ideal usando esse equipamento ainda carece de investigação visto que as respostas fisiológicas variam com altura da água, velocidade e duração do exercício e frequência do treino. Pretendeu-se estudar os efeitos do treino na passadeira aquática sobre biomarcadores sanguíneos de equinos de salto de obstáculos. Para tal, seis equinos, treinados, ~16 anos de idade e ~578kg foram avaliados antes (PRETR) e depois (TR) de um programa de treino de 10 semanas que incluiu a passadeira aquática (20min, 60-80% da FC_{pico}, 2x/semana, água ao nível do carpo) a uma sequência conhecida de exercícios. O grupo de animais serviu como seu próprio controle, pois já realizava atividade física há mais de 6 meses. Em PRETR e TR, os animais foram examinados através de testes de campo de salto de obstáculos quando foram obtidas amostras de sangue antes e sequencialmente após o exercício. Foram determinados hemograma, lactato, glicose, NEFA, cortisol e proteínas totais. Os dados foram analisados usando teste de Tukey e teste-t pareado ($p \leq 0,05$). Foram observados aumentos significativos de glicose, NEFA e cortisol após o treino, além de alterações significativas do hemograma (aumento da contagem total de leucócitos e diferencial de neutrófilos e de volume globular e VCM; e redução do CHCM). Os achados sugerem uma melhoria da aptidão física dos equinos usados pois sinalizam um metabolismo energético mais eficiente com maior mobilização de gordura e uma hipohemoglobinemia compatível com treino de carga incremental. A resposta do cortisol sérico pode estar relacionada com a eficiência energética (aumentando lipólise e gliconeogénese); entretanto, pode sinalizar *stress* agudo devido ao uso da passadeira aquática.

Palavras-chave: cavalo, exercício, cortisol, hemograma.

Abstract

Water treadmills are used in equine rehabilitation and training programs, with their indication being attributed to the characteristics of buoyancy, viscosity and water pressure. However, the establishment of an ideal training protocol using this equipment still requires investigation as physiological responses vary with water height, speed and duration of exercise and training frequency. The aim was to study the effects of training on the water treadmill on blood biomarkers in show jumping horses. To this end, six trained horses, ~16 years old and ~578kg, were evaluated before (PRETR) and after (TR) a 10-week training program that included the water treadmill (20min, 60-80% of HRpeak, 2x/week, water at carpal level) to a known sequence of exercises. The group of animals served as their own control, as they had already been performing physical activity for more than 6 months. In PRETR and TR, animals were examined through obstacle jumping field tests when blood samples were obtained before and sequentially after exercise. CBC, lactate, glucose, NEFA, cortisol and total proteins were determined. Data were analyzed using Tukey's test and paired t-test ($p \leq 0.05$). Significant increases in glucose, NEFA and cortisol were observed after training, in addition to significant changes in the blood count (increase in total leukocyte count and neutrophil differential and globular volume and MCV; and reduction in MCHC). The findings suggest an improvement in the physical fitness of the horses used as they indicate a more efficient energy metabolism with greater fat mobilization and hypohemoglobinemia compatible with incremental load training. The serum cortisol response may be related to energy efficiency (increasing lipolysis and gluconeogenesis); however, it may signal acute stress due to the use of the water treadmill.

Keywords: Horses, exercise, cortisol, blood count

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

ACTH Hormona adrenocorticotrófica

ALB Albumina

AST Aspartato Aminotransferase

ATP Adenosina Trifosfato

bpm Batimentos por minuto

°C Graus Celsius

CCE Concurso completo de equitação

CHCM Concentração de hemoglobina corpuscular média

CK Creatina Quinase

cm Centímetros

EHWG Equine Hydrotherapy Working Group

et al. E outros, do latim *et alli*

FC Frequência cardíaca

FCpico Frequência cardíaca pico

FR Frequência respiratórias

g Gramas

g/dL Grama por decilitro

h Horas

Hb Concentração de hemoglobina

Hct Hematócrito

He Contagem total de eritrócitos

HHA Eixo hipotálamo-hipófise-adrenal

IM Intramuscular

IV	Intravenosa
Kcal	Quilocalorias
kg	Quilogramas
km	Quilómetros
km/h	Quilómetros por hora
LDH	Desidrogenase láctica
Leuco	Contagem total de leucócitos
Linfo	Contagem total de linfócitos
m	Metros
mg/dL	Miligramas por decilitro
min	Minutos
ml	Mililitros
mmol/L	Milimole por litro
Ne	Contagem total de neutrófilos
NEFA	Ácidos graxos não esterificados
N/L	Razão entre Neutrófilos e Linfócitos
nmol/L	Nanomole por litro
O2	Oxigénio
PRETR	Momento pré-treino
PTN	Proteínas totais
RBC	Glóbulos vermelhos
rpm	Respirações por minuto
SAA	Síndrome do Abdómen Agudo
S2	Semana 2

S4	Semana 4
S6	Semana 6
S8	Semana 8
TC	Temperatura corporal
T0	Tempo antes do TSO
T1	Tempo imediatamente após o TSO
T2	Tempo 30 minutos após o TSO
T3	Tempo 240 minutos após o TSO
Tr0	Tempo antes do treino na passadeira aquática
Tr1	Tempo imediatamente após o treino na passadeira aquática
Tr2	Tempo 30 minutos após o treino na passadeira aquática
Tr3	Tempo 240 minutos após o treino na passadeira aquática
TR	Momento pós-treino
TSO	Treino de campo de salto de obstáculos
VCM	Volume corpuscular médio
VG	Volume globular
VO_{2máx}	Consumo máximo de oxigénio
Vs	Contra, do latim versus
±	Mais/menos
~	Aproximadamente
%	Porcentagem
<	Menor
>	Maior
≤	Menor ou igual

Índice

Índice de tabelas	10
Índice de gráficos	11
1. Casuística de Estágio	12
2. Introdução	15
2.1. Biomarcadores Sanguíneos	15
2.1.1. Parâmetros do hemograma	
2.1.1.1. Eritrograma	15
2.1.1.2. Leucograma	17
2.1.2. Glicose	18
2.1.3. Lactato sanguíneo	19
2.1.4. Cortisol	20
2.1.5. NEFA	22
2.1.6. Proteínas Totais	23
2.2. Modalidade Salto de Obstáculos	25
2.3. Fisiologia do exercício	26
2.4. Passadeira Aquática	28
3. Materiais e Métodos	31
3.1. Animais	31
3.2. Delineamento experimental	32
3.2.1. Teste de Campo de Salto de Obstáculos	32
3.3. Teste de esforço progressivo	34
3.4. Treino de 10 semanas usando a passadeira aquática	35
3.5. Análise estatística	36
4. Resultados	37
5. Discussão	42
6. Conclusão	55
7. Referências Bibliográficas	56

Índice tabelas

Tabela 1. Programa de treino específico para cavalos de obstáculos com a inclusão da passadeira aquática por 10 semanas	35
Tabela 2. Características basais e de performance para seleção dos animais usados.....	37
Tabela 3. Parâmetros fisiológicos, glicemia e lactacidemia (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de campo de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de dez semanas usando a passadeira aquática.	38
Tabela 4. Parâmetros hematimétricos (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de campo de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de dez semanas usando passadeira aquática.....	39
Tabela 5. Parâmetros bioquímicos (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de campo de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de dez semanas usando a passadeira aquática.....	40
Tabela 6. Registo da lactato sanguíneo (médias $\pm$ desvios-padrão) ao longo das 10 semanas de treino na passadeira aquática	41

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Distribuição da casuística total observada no Hospital Veterinário de Indaiatuba – Equivet.....	13
Gráfico 2. Distribuição dos exames complementares de diagnóstico observados no Hospital Veterinário de Indaiatuba – Equivet.....	14

1. Casuística de estágio

O presente relatório de estágio diz respeito às atividades realizadas durante o estágio curricular inserido no âmbito do Mestrado Integrado de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa. O estágio foi inteiramente dedicado à medicina de equinos, englobando áreas de clínica médica e cirúrgica. O estágio foi realizado no Hospital Veterinário de Equinos de Indaiatuba – Equivet, localizado em Indaiatuba, São Paulo, Brasil, tendo sido supervisionado pela diretora clínica Maria Augusta Berlingieri.

O estágio proporcionou à autora um enriquecimento significativo da sua formação académica, permitindo a consolidação de conhecimentos previamente adquiridos, o desenvolvimento de competências clínicas, interpessoais e sociais, bem como a aquisição de novas aprendizagens e a aplicação prática de capacidades técnicas. Adicionalmente, o contacto com uma realidade distinta da medicina equina, em contexto geográfico e cultural diferentes, possibilitou a observação e participação em diversas especialidades, assim como em abordagens diagnósticas e terapêuticas variadas, contribuindo de forma relevante para o seu desenvolvimento pessoal e profissional.

Hospital Veterinário de Equinos de Indaiatuba – Equivet

O Equivet abrange a área de São Paulo, no Brasil com atendimento 24 horas, 365 dias do ano e encontra-se numa área com uma forte prática desportiva de polo.

Durante o estágio, a autora foi responsável pelos animais internados garantindo que estes recebiam os cuidados necessários para a sua recuperação. Os procedimentos realizados incluíram colocação de cateteres, mudança de pensos e desinfeção de feridas, administração de medicação por via oral (PO), intravenosa (IV) e intramuscular (IM), entubação nasogástrica e auxiliar em cirurgias. Na área de diagnóstico por imagem foi possível acompanhar ecografias, radiografias e endoscopias. O hospital tem uma casuística bastante intensa na área de cirurgia, principalmente casos de síndrome do abdómen agudo (SAA).

Este estágio deu ainda a oportunidade à autora de trabalhar com raças autóctones do Brasil como Mangalarga Marchador e outras como Quarto de Milha.

Relativamente à casuística, foram observados no total 70 casos (n=70). A área com maior incidência foi clínica médica (n=44) e a clínica cirúrgica (n=26). As especialidades com maior relevância foram Gastroenterologia (n=22), Ortopedia (n=19) e Neonatologia (n=11), como podemos observar no Gráfico 1.

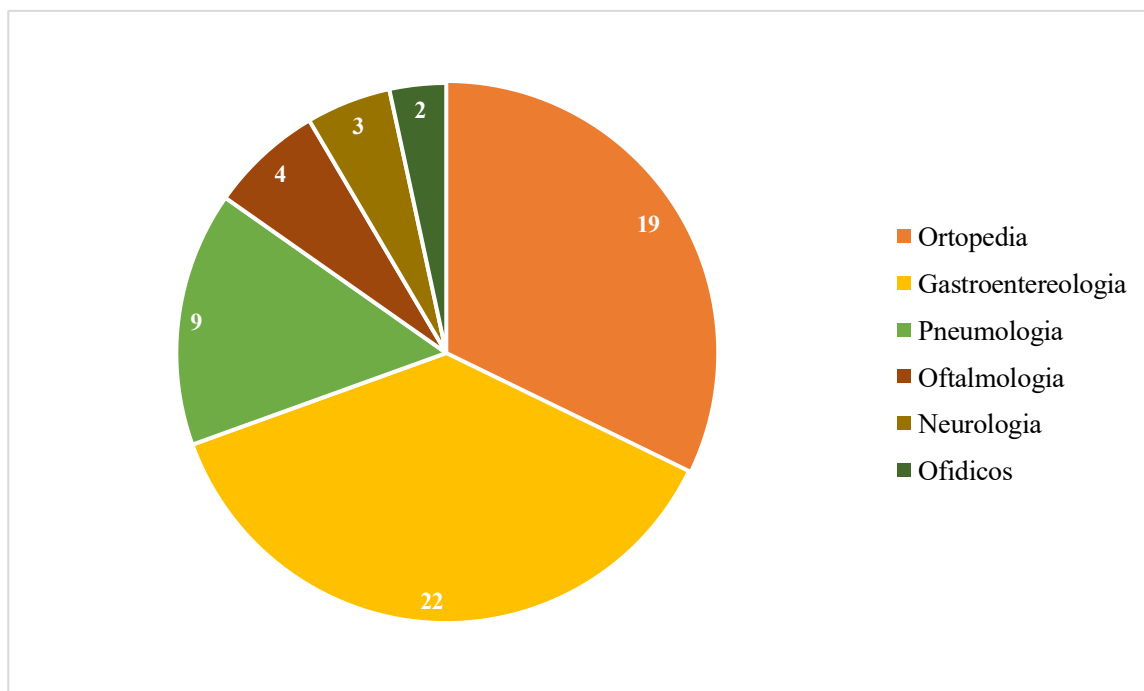


Gráfico 1 – Distribuição da casuística total observada no Hospital Veterinário de Indaiatuba – Equivet.

Na Gastroenterologia, os casos observados foram na sua maioria urgências de SAA (n=22), principalmente por compactação de íleo, encarceramento nefroesplénico e hérnias inguinal e umbilical. A maioria dos casos tiveram resolução cirúrgica e/ou houve a necessidade de recorrer à eutanásia (morte assistida) devido ao quadro clínico.

Quanto à ortopedia (n=19), uma vez que se tratava de uma área geográfica com forte prática desportiva, a maioria dos casos corresponderam a sinovites sépticas, laminites, abscessos de cascos, fratura da primeira falange e acessório do carpo e rotura do ligamento suspensor do boleto.

Na área da neonatologia (n=11) os casos foram bastante desafiantes por se tratar de animais em situações extremamente críticas. O hospital tinha uma área específica para neonatos, com baias próprias para o efeito e uma equipa médica bem formada para os casos que incluíram falha de transferência de imunidade, pneumonia, rejeição materna e isoeritrólise neonatal.

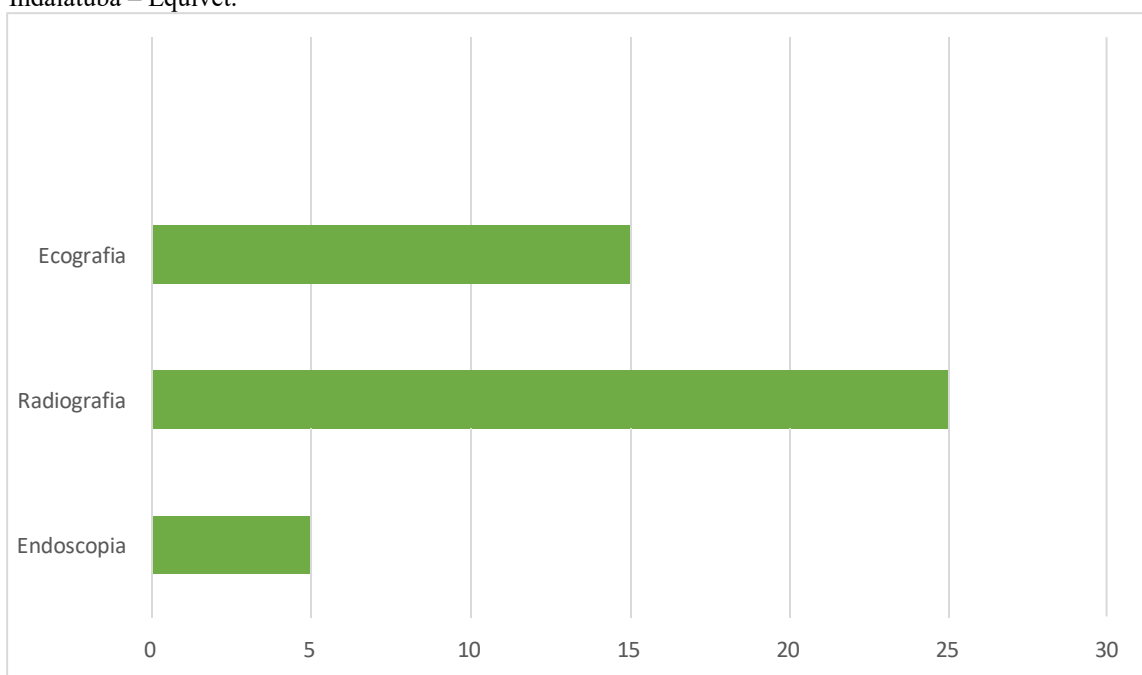
As patologias respiratórias (n=9) foram na maioria pneumonias e sinusite crónica.

Por fim, nas áreas com menor expressão, na oftalmologia (n=4) foi diagnosticado úlceras de córnea e uveíte recorrente; os casos neurológicos (n=3) e ofídicos (n=2) estavam correlacionados, com a exceção de um traumatismo cranioencefálico.

O centro cirúrgico do hospital era totalmente equipado e foi possível para além de acompanhar as cirurgias de SAA (n=19), auxiliar em castrações (n=4) e artroscopias (n=3). Das castrações realizadas, duas delas foram feitas através de laparoscopia.

Durante todo o horário de estágio, a autora realizou rotineiramente a monitorização de todos os animais hospitalizados através da execução de exames físicos, controlo de cateteres e administração de medicamentos. Como demonstrado no Gráfico 2, colaborou ainda em exames complementares de diagnóstico por imagem como ecografias (n=15), radiografias (n=25) e endoscopias (n=5), principalmente para diagnósticos de SAA e patologias musculoesqueléticas e respiratórias.

Gráfico 2 – Distribuição dos exames complementares de diagnóstico observados no Hospital Veterinário de Indaiatuba – Equivet.



2. Introdução

2.1. Biomarcadores sanguíneos

Monitorizar a saúde dos cavalos atletas é crucial, uma vez que lesões ou distúrbios metabólicos podem afetar severamente a performance desportiva ou até resultar na eliminação das competições. Desta forma, a avaliação fisiológica periódica permite ajustar protocolos de treino e intervir precocemente, melhorando a performance desportiva e prevenir uma reforma precoce (Tiotto *et al.*, 2023).

Durante o exercício físico, tanto em humanos como em cavalos atléticos, ocorrem adaptações sanguíneas para garantir o transporte adequado de oxigénio e substratos transportados pelo sangue para os músculos, bem como a remoção de metabolitos. O principal método para avaliar o efeito e a eficácia do treino é verificar e monitorizar as modificações dos constituintes sanguíneos em relação à duração, tipo, frequência e intensidade das cargas de trabalho nas diferentes disciplinas atléticas (Miglio *et al.*, 2021).

Os biomarcadores sanguíneos como a glicose, lactato, cortisol, ácidos graxos não esterificados (NEFA) e parâmetros do hemograma são ferramentas valiosas para avaliar a aptidão física, a adaptação ao treino e as respostas fisiológicas em cavalos. Estes parâmetros fornecem informações sobre o estado de *stress* metabólico, muscular, cardíaco e oxidativo, ajudando os veterinários e treinadores a monitorizar a saúde e otimizar o desempenho físico dos animais (Hovey *et al.*, 2020).

2.1.1 Parâmetros do hemograma

Marcadores hematológicos em cavalos de saltos – como índices de glóbulos vermelhos e brancos e proteínas de fase aguda – são valiosos para monitorizar o estado de saúde, a adaptação ao treino e a resposta inflamatória. Esses marcadores são influenciados pelo exercício, intensidade do treino, genética e suplementação nutricional, tornando-os ferramentas essenciais para otimizar o desempenho e o bem-estar dos cavalos atléticos. (Fazio *et al.*, 2023).

2.1.1.1. Eritrograma

A hematologia é frequentemente utilizada durante testes para avaliação do desempenho atlético (Ferraz *et al.*, 2009). O exercício causa efeitos variáveis no eritrograma, dependendo da

sua duração e intensidade, do nível de treinamento, do condicionamento físico do animal, e também, pode ser influenciado pela raça, idade, sexo e alimentação (Mattosinho *et al.*, 2017).

O eritrograma é útil para avaliar a capacidade aeróbia e o estado geral dos animais. Alguns dos dados que podemos obter do eritrograma são o hematócrito (Hct), contagem de eritrócitos, hemoglobina (Hb), volume corpuscular médio (VCM), a hemoglobina corpuscular média (HCM), e a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) (Masko *et al.*, 2021).

Sabe-se que o exercício físico intenso normalmente induz um aumento transitório do hematócrito, dos eritrócitos e da hemoglobina devido à contração esplênica e diminuição do volume plasmático (hemoconcentração) (Piccione *et al.*, 2025). Cavalos de saltos geralmente mostram aumento da contagem de glóbulos vermelhos, hematócrito e hemoglobina, refletindo maior capacidade de transporte de oxigênio e aptidão aeróbica (Harari *et al.*, 2024). Por outro lado, a ausência de alterações ao longo do treino pode indicar estagnação no condicionamento. Os estudos existentes sugerem que os cavalos com melhor condição física apresentam valores de eritrócitos e hemoglobina mais elevados (Miglio *et al.*, 2021).

Voss *et al.* (2002) e Sikorska *et al.* (2025) demonstraram aumentos significativos nos marcadores do eritrograma logo após uma sessão na passeadeira aquática. Em ambos os estudos, houve um aumento da concentração de hemoglobina e do número de eritrócitos, atribuído à contração esplênica. Os valores voltaram ao basal após um período de repouso. O hematócrito também aumentou, de forma compensatória, para aumentar a capacidade de transporte de oxigênio durante o esforço.

Machado (2006) avaliou cavalos Árabes em exercício progressivo de alta intensidade em passeadeira, observando um aumento transitório dos parâmetros do eritrograma, atribuído à contração esplênica e ou/redução do volume plasmático. De forma semelhante, Djokovic *et al.* (2021) relataram em cavalos de enduro submetidos a uma prova de 60 km, aumentos significativos de eritrócitos, hemoglobina e hematócrito após a corrida, seguidos de um retorno gradual aos valores basais. Estes resultados confirmam a mobilização esplênica de eritrócitos durante o esforço. Já Ferraz *et al.* (2010), ao investigar cavalos Árabes submetidos a 90 dias de treino aeróbio, verificaram aumento dos parâmetros hematológicos após o treino, reforçando que a contração esplênica é um mecanismo central de adaptação e que a resposta hematológica pode ser usada como indicador de condição física e de adaptação ao programa de treino.

2.1.1.2. Leucograma

O leucograma faz uma avaliação completa das células da linha branca. Este deve incluir uma contagem total e diferencial, e ainda uma avaliação microscópica da morfologia (Lassen & Swardson, 1995). Semelhante aos índices eritrocitários, o leucograma pode fornecer informações sobre processos inflamatórios, infecciosos, de *stress* ou resposta ao exercício.

Segundo Miglio *et al.* (2021), nos protocolos de treino, o leucograma é usado como um indicador de adaptação ou sobrecarga. A monitorização do leucograma em intervalos regulares (antes do treino, logo após e em repouso), permite um ajuste nas cargas de trabalho, otimizando o rendimento físico.

Diversos estudos têm investigado como o treino e o exercício influenciam o leucograma em cavalos, detacando padrões de variação em neutrófilos, linfócitos e na razão neutrófilos/linfócitos (N/L). Donovan *et al.* (2007) demonstraram que o exercício intenso provoca neutrofilia marcada acompanhada de um aumento da atividade oxidativa dos neutrófilos, alterações estas que podem persistir até 72 horas após o esforço. Já Snow *et al.* (1983), num estudo clássico, observaram que antes do exercício há uma diminuição transitória da razão N/L devido ao aumento de linfócitos induzido pela antecipação do esforço, seguida de uma fase de neutrofilia com linfopenia 3 horas após a atividade, com retorno a níveis basais cerca de 6 horas depois.

Em provas de endurance, Cywińska *et al.* (2010) descreveram em cavalos submetidos a 162 km, uma leucocitose neutrofílica acentuada acompanhada de linfopenia, o que resultou num aumento significativo da razão N/L. Além disso, a função oxidativa dos neutrófilos e a resposta proliferativa das células T foram reduzidas, sugerindo que esforços prolongados podem comprometer temporariamente a imunidade celular.

Maško *et al.* (2021) compararam cavalos de escola, de endurance e de corrida, demonstrando que o aumento do número total de leucócitos após o exercício é comum em todos os grupos, mas menos pronunciado em animais de uso escolar, enquanto cavalos de competição apresentaram alterações mais intensas no leucograma. Estes achados reforçam que o tipo de atividade e o nível de exigência física condicionam a magnitude da resposta leucocitária.

Mais recentemente, Silva (2022) observou em cavalos Puro Sangue Lusitano submetidos a seis semanas de treino, reduções significativas nos valores do leucograma, nomeadamente na contagem total de leucócitos, neutrófilos segmentados e linfócitos. Estas

alterações indicam uma adaptação fisiológica positiva ao exercício, traduzida numa menor resposta de *stress* e numa melhor eficiência imunológica. Antes do treino, o exercício provocava uma leucocitose típica de *stress* agudo, associada à ação da adrenalina e do cortisol. Contudo, após o protocolo de treino, esta resposta mostrou-se atenuada, refletindo uma maior estabilidade homeostática e uma menor ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. Este padrão hematológico, em conjunto com a diminuição dos níveis de cortisol, sugere que o exercício regular promoveu uma resposta de *eustresse*, favorecendo o equilíbrio imunológico e o bem-estar geral dos animais. Resultados semelhantes foram descritos em estudos prévios de fisiologia do exercício equino, nos quais o treino progressivo reduziu a intensidade das respostas leucocitárias e endócrinas ao esforço.

2.1.2. Glicose

A glicose é dos principais carboidratos e atua como a principal fonte de energia para as células, sendo crucial durante os treinos. Nos equinos, a glicose disponível no sangue provem da dieta e da mobilização de reservas, principalmente o glicogénio armazenado no fígado e nos músculos. O glicogénio é uma reserva energética que é mobilizada quando há um aumento das exigências metabólicas, como no caso de prática de exercício físico ou situações de *stress* (Malik *et al.*, 2022).

Durante o exercício, os níveis de glicose no sangue normalmente aumentam, suportando o aumento das demandas de energia. Tanto o exercício moderado quanto o de alta intensidade levam a concentrações elevadas de glicose no sangue, com glicogénio muscular e glicose plasmática servindo como principais fontes de energia (Leonhardt *et al.*, 2025). Os cavalos utilizam o glicogénio muscular e a glicose plasmática durante o exercício. O glicogénio muscular é a principal fonte de hidratos de carbono, mas a glicose plasmática também contribui, especialmente à medida que o exercício continua ou se intensifica (Jose-Cunilleras e Hinchcliff, 2004).

Vincze *et al.* (2017) submeteram os cavalos a uma sessão de treino na passeadeira aquática em que foi possível observar uma diminuição da glicose durante o exercício (valor basal ~86,5 mg/dL com posterior redução para ~70,3 mg/dL), seguido de uma elevação para ~97,3 mg/dL, cerca de uma hora após o término do treino. Estas oscilações de concentração indicam que o músculo consumiu glicose durante o exercício, diminuindo a sua concentração e,

em seguida, ocorreu o processo de gliconeogénese hepática aumentado o seu valor após o exercício.

Estudos clássicos como o de Anderson (1975) demonstram que, durante exercícios de maior intensidade, ocorre um aumento das concentrações de glicose sanguínea, sugerindo que este substrato continua a desempenhar um papel importante no fornecimento de energia, apesar da contribuição predominante da oxidação lipídica em esforços prolongados. Estes resultados iniciais estabeleceram a glicemia como parâmetro de interesse na monitorização do metabolismo equinos em atividade física.

Uma investigação mais recente de Pratt-Phillips *et al.* (2024) confirmaram que o condicionamento físico crónico melhora significativamente a sensibilidade à insulina em equinos. Os autores reportam reduções nos picos de insulina, assim como aumento do tempo até ao pico, sugerindo que cavalos treinados necessitam de menor libertação hormonal para manter a homeostase glicémica. Isto significa que animais submetidos a programas de treino estruturados são capazes de regular a glicemia com menor custo endócrino e metabólico, preservando as reservas energéticas para esforços mais prolongados.

2.1.3. Lactato sanguíneo

O lactato sanguíneo é um marcador padrão para avaliar a forma como os cavalos se adaptam ao aumento da carga de trabalho durante o treino (Jackson *et al.*, 2022) e a sua medição pode fornecer informações relacionadas à capacidade aeróbia e anaeróbia dos cavalos (Allen *et al.*, 2015).

Medir o lactato após o exercício físico ajuda a determinar o nível de aptidão de um cavalo e o quão eficientemente ele elimina o lactato do sangue, o que está ligado a um melhor desempenho e recuperação (Lindner *et al.*, 2009). Lactato pós-exercício mais baixo sugere melhor condicionamento e utilização de energia (Jackson *et al.*, 2022).

Em ambientes clínicos, o lactato sanguíneo é um marcador de perfusão e oxigenação tecidual (Jackson *et al.*, 2022). Níveis elevados de lactato podem indicar fornecimento insuficiente de oxigénio nos tecidos, choque ou doença grave, como cólicas (Dunkel *et al.*, 2019). O lactato persistentemente elevado está associado a piores resultados e pode ajudar a orientar as decisões de tratamento (Rhodes *et al.*, 2024).

A intensidade do exercício na qual as concentrações de lactato aumentam mais acentuadamente é frequentemente denominada limiar de lactato, que ocorre numa concentração de 4 mmol/L. Tradicionalmente, considera-se que essa concentração se aproxima do limiar anaeróbio, espelhando a transição metabólica de fontes de energia predominantemente aeróbias para anaeróbias, e esse valor calculado aumenta com a melhora da aptidão. De forma geral, cavalos menos aptos mostram um aumento na concentração de lactato sanguíneo em intensidades de exercício ou velocidades de corrida mais baixas e, portanto, exibem um limiar de lactato mais precoce em comparação com cavalos em forma (Hodgson e Foreman, 2014).

No estudo de Gama Neto *et al.* (2012), cavalos da raça Mangalarga Marchador submetidos a provas de marcha apresentaram um aumento significativo das concentrações plasmáticas de lactato imediatamente após a atividade física, com valores médios de 2,73 mmol/L, retornando aos níveis basais em cerca de duas horas. De forma complementar, Fazio *et al.* (2014) avaliaram diferentes raças e modalidades desportivas e observaram que tanto a intensidade como o tipo de exercício influencia a magnitude do aumento de lactato.

Segundo Greco-Otto *et al.* (2017), num estudo realizado na passadeira aquática, o lactato pós-exercício permaneceu bem abaixo do limiar anaeróbio ($\bar{x}$ 0,08 mmol/L), o que sugere que o exercício foi de baixa intensidade. O estudo de Sikorska *et al.* (2025) alinha-se diretamente com os achados de Greco-Otto *et al.* (2017), reforçando que o lactato permanece estável e baixo durante as sessões na passadeira aquática, mesmo quando a água se encontra num nível elevado.

2.1.4. Cortisol

O *stress* promove modificações necessárias nos mecanismos fisiológicos para obter a homeostase após um evento de origem física, como exercício físico, fadiga e lesões, ou após um evento de origem psicológica, como medo e ansiedade. Posteriormente, a sequência de eventos envolve uma resposta comportamental, resposta simpática-adrenal-medular e resposta do córtex hipotálamo-hipófise-adrenal, com a libertação de muitas hormonas, com ênfase no cortisol e na adrenalina (Coelho *et al.*, 2022).

O cortisol é o principal glicocorticoide em equinos e serve como importante biomarcador de *stress* fisiológico, aumentando rapidamente na corrente sanguínea após um

esforço, como é no caso a prática de exercício físico, promovendo gliconeogénese, lipólise e suporte energético durante o esforço. Em ambientes desportivos, o cortisol circulante é amplamente utilizado como indicador do *stress* psicofísico do cavalo. A concentração de cortisol pode ser mensurada no plasma sanguíneo (*stress* agudo), na saliva (forma livre, *stress* contínuo) ou em amostras de cabelo/fezes (níveis crónicos). Determinar a concentração do cortisol salivar ou sanguíneo é recomendado para quantificar o *stress* fisiológico em cavalos atletas (Ferlazzo *et al.*, 2020).

Competição, treino de alta intensidade e viagens induzem *stress*, tanto agudo quanto crónico. O *stress* nem sempre é prejudicial, e o *stress* positivo ("*eustress*") indica acomodação e adaptação do corpo. Assim, rastrear a resposta ao *stress* relacionado ao exercício de cavalos representa uma forma de monitorar o treino desportivo e o bem-estar de animais atléticos (Coelho *et al.*, 2022). A idade, sexo, estado reprodutivo e condição corporal influenciam as concentrações de cortisol (Hart *et al.*, 2016). As mudanças sazonais também afetam o cortisol, com níveis mais elevados observados em certos meses (por exemplo, dezembro) e durante a época de reprodução em garanhões (Aurich *et al.*, 2015).

Os níveis de cortisol normalmente atingem o pico após o exercício, com concentrações máximas observadas 20 a 30 minutos após o treino (Marc *et al.*, 2000). Cavalos treinados, geralmente mostram uma resposta de cortisol menor ao exercício padronizado em comparação com cavalos não treinados ou menos aptos, indicando adaptação do sistema de resposta ao *stress* com planos de treino regular (Krumrych, 2018).

A maioria dos estudos realizados mostra um aumento agudo do cortisol durante o exercício na água. Tranquille *et al.* (2017) registaram um aumento de até 246 nmol/L durante uma sessão na passeadeira aquática. Num outro estudo envolvendo cavalos de salto de obstáculos, houve um aumento significativo em que o cortisol subiu de 155 nmol/L em repouso para 219 nmol/L após a atividade física e retornou a 132 nmol/L cerca de uma hora após a finalização da sessão de treino (Vincze *et al.*, 2017).

Estudos longitudinais mostram que programas de treino estruturados tendem a reduzir a resposta do cortisol a longo prazo. Coelho *et al.* (2022), acompanharam cavalos Lusitanos durante seis semanas de treino específico de dressage, observando diminuições significativas dos níveis de cortisol pós-exercício, acompanhadas de reduções na frequência cardíaca e nas contagens de leucócitos, bem como uma melhoria no condicionamento físico e maior

estabilidade neuroendócrina, reduzindo a ativação do eixo hipotálamo–hipófise–adrenal diante do esforço.

Por outro lado, diferentes fatores do programa de treino, como a intensidade, a frequência e o tipo de exercício, podem modular a magnitude da resposta de cortisol. Massányi *et al.* (2023) mostraram que cargas de treino mais elevadas resultaram em aumentos significativos na concentração de cortisol salivar, ainda que a resposta variasse conforme a modalidade. De forma semelhante, Witkowska-Piłaszczyc *et al.* (2021) verificaram que cavalos bem condicionados, mesmo em programas intensos, apresentaram aumentos de cortisol, reforçando a ideia de que animais adaptados podem apresentar maior ativação hormonal ao exercício. Assim, os níveis de cortisol podem ser interpretados não apenas como um reflexo do esforço imediato, mas sobretudo como um indicador do grau de adaptação ao treino, permitindo distinguir entre uma resposta fisiológica adequada e sinais de sobrecarga.

2.1.5. NEFA (ácidos graxos não esterificados)

NEFA são a principal forma em que a gordura armazenada é transportada do tecido adiposo (gordura) para órgãos e tecidos que usam gordura como fonte de energia, como o fígado, coração e músculos. Os NEFA são mobilizados a partir do tecido adiposo para fornecer energia quando a glicose é escassa, como durante o jejum, exercício intenso ou balanço energético negativo (Cappai *et al.*, 2021).

Os níveis de NEFA estão positivamente correlacionados com o peso corporal, condição corporal e adiposidade regional em cavalos. Concentrações mais elevadas de NEFAs estão associadas ao aumento das reservas de gordura e podem servir como um biomarcador valioso para a Síndrome Metabólica Equina e patologias metabólicas relacionadas (Blaueu *et al.*, 2019; Daradics *et al.*, 2022).

O exercício leva ao aumento das concentrações de NEFA, refletindo maior mobilização de gordura para atender às demandas de energia. Os níveis de NEFA frequentemente correlacionam-se com marcadores hematológicos e bioquímicos, como hemácias, hemoglobina, albumina e agregação plaquetária, indicando uma adaptação fisiológica coordenada ao exercício (Arfuso *et al.*, 2016). As concentrações de NEFA aumentam significativamente imediatamente após exercícios intensos, como competições de salto ou corridas simuladas, à medida que o corpo mobiliza as reservas de gordura para obter

energia. Estes níveis elevados podem persistir durante pelo menos 30 minutos após o exercício (Arfuso *et al.*, 2021).

Em cavalos atletas, as concentrações de NEFA podem ser usadas para monitorizar o treino: um aumento controlado durante o exercício pode sugerir melhorias na eficiência de utilização de gordura (adaptação aeróbia positiva), enquanto valores excessivamente altos podem indicar que o animal entrou num balanço energético negativo (Cappai *et al.*, 2021; Farinelli *et al.*, 2024).

Piccione *et al.* (2025) aprofundaram a análise metabólica e hematológica em equinos de diferentes raças, avaliando a adaptação após quatro semanas de treino. Os autores observaram um aumento significativo dos NEFA após o exercício, com diferenças entre *Standardbred* e *Saddlebred*, reforçando a ideia que o treino promove adaptações fisiológicas específicas dependente da raça. Em paralelo, Robyn *et al.* (2017) sintetizaram a influência do estado alimentar no metabolismo durante o exercício, salientando que os cavalos exercitados em jejum apresentam uma maior mobilização dos NEFA e menor utilização de glicogénio muscular, o que atrasa a instalação de fadiga.

2.1.6. Proteínas totais

As proteínas plasmáticas totais, a albumina e globulinas, são indicadoras do estado nutricional, imunológico e hidrolítico dos animais, sendo importantes na avaliação do cavalo atleta como indicadores de hidratação e esforço (Santiago *et al.*, 2013). O seu aumento após o exercício é indicativo de hemoconcentração derivado da sudorese intensa que pode ocorrer durante o exercício físico, enquanto valores estáveis ou diminuídos sugerem uma adaptação cardiovascular. As proteínas totais devem ser interpretadas juntamente com outros parâmetros para diferenciar inflamação, hidratação e o estado fisiológico dos cavalos (Moreira *et al.*, 2015).

Em condições de exercício, é comum observar-se um incremento nas proteínas totais, ainda que, em muitos casos, esse aumento não atinja significância estatística. Ozcan *et al.* (2002), ao avaliarem cavalos jovens de corrida, observaram um ligeiro aumento, mas não significativo, das PTN, albumina e globulinas após uma corrida de curta duração. Este achado foi atribuído sobretudo a fenómenos de hemoconcentração induzidos pela perda transitória de

fluidos. Resultados semelhantes foram descritos por Kurhaluk *et al.* (2023), onde se verificou aumentos discretos das PTN imediatamente após o treino.

Por outro lado, estudos mais recentes utilizando as PTN, como o trabalho de Johansson *et al.* (2024) em cavalos trotadores suecos submetidos a regimes de treino distintos durante dois anos, revelaram alterações significativas no perfil proteico plasmático, associados ao metabolismo energético, à resposta antioxidante e à regulação imunitária. Esses resultados sugerem que, embora o exercício agudo provoque variações essencialmente transitórias nas PTN, o treino crónico é capaz de modular de forma mais consistente a composição proteica circulante, refletindo adaptações fisiológicas de médio e longo prazo. Assim, a avaliação das PTN pode fornecer informações complementares relevantes para monitorizar a resposta e adaptação ao treino em cavalos atletas.

O estabelecimento de um protocolo de treino ideal usando a passadeira aquática ainda carece de investigação visto que as respostas fisiológicas variam com altura da água, velocidade e duração do exercício e frequência do treino. Pretendeu-se com essa investigação estudar os efeitos do treino na passadeira aquática por 10 semanas sobre os biomarcadores sanguíneos de equinos usados em provas de salto de obstáculos. A hipótese do trabalho é que o treino proposto melhore a condição cardiorrespiratória e reduzam o *stress*. Esperam-se alterações significativas do eritrograma, como aumento de VG, do número de eritrócitos e da concentração de hemoglobina. Ainda, espera-se uma maior disponibilização de fontes de energia e uma redução de cortisol por adaptação ao nível de esforço imposto.

2.2. Modalidade Salto de Obstáculos

A primeira competição oficial de salto de obstáculos foi incluída no *Royal Dublin Society* em 1864. O desporto equestre foi apresentado pela primeira vez nos Jogos Olímpicos de Paris em 1900, mas apenas em 1912 a modalidade de saltos tornou-se oficialmente um desporto olímpico (Van Weeren, 2014; FEI, 2022).

A prova de obstáculos é uma modalidade que testa a habilidade do conjunto cavalo - cavaleiro em superar uma série de obstáculo dispostos num percurso, dentro de um determinado tempo. O percurso é composto por diferentes tipos de obstáculos (como verticais, rias, fossos com água, combinações, etc.), que devem ser saltados na ordem e direção corretas. A altura e complexidade dos obstáculos variam de acordo com o tipo de prova. O conjunto acumula penalizações quando há derrubo de algum obstáculo, por desobediência ou queda, que podem levar à eliminação ou por ultrapassar o tempo estipulado para a prova. Existem vários tipos de provas, como prova contrarrelógio, prova de tempo ideal ou prova com desempate (*barrage*). O principal objetivo é completar o percurso sem faltas e, na maioria das provas, no menor tempo possível (FEP, 2024).

As características ideais para um cavalo de obstáculos combinam características físicas, genéticas e comportamentais que favorecem o elevado desempenho e a capacidade de treino e manejo. Tipicamente, bons cavalos de saltos são mais altos, comparados com cavalos de *dressage*, possuem quartelas mais largas, pescoço e comprimento da pélvis maiores e costas mais curtas (Van Weeren, 2014).

Os principais fatores para o sucesso do salto incluem a posição de decolagem, a aceleração dos membros posteriores e a carga nos membros anteriores no pouso. Cavalos mais experientes apresentam menor variabilidade e maior precisão na sua biomecânica de salto (Fercher, 2017; Becker, & Lewczuk, 2022).

Nos saltos de obstáculos, os cavalos atingem o seu desempenho máximo por volta dos 10 a 16 anos de idade. Isto significa que, ao contrário do que acontece nas corridas, o lapso de tempo entre o nascimento e a avaliação final da capacidade atlética do animal é muito longo e que é necessário um investimento substancial antes de se esperar algum retorno (Van Weeren, 2014).

2.3. Fisiologia do exercício

A fisiologia do exercício desempenha um papel crucial na compreensão da saúde, do desempenho e do bem-estar geral dos cavalos. Os cavalos atletas, tal como os atletas humanos, sofrem adaptações fisiológicas significativas em resposta ao treino. Essas adaptações ocorrem em vários sistemas, incluindo os sistemas cardiovascular, respiratório, musculoesquelético e metabólico (Vincze *et al.*, 2017). A atividade física expressa pelos cavalos de diferentes formas representa uma perturbação da homeostase que necessita de uma resposta integradora de todo o organismo. Para além da necessidade de produção de combustível metabólico para os músculos em atividade, todos os sistemas orgânicos estão envolvidos num controlo coordenado para permitir o trabalho muscular e uma resposta adequada às diferentes exigências (Ferlazzo *et al.*, 2009).

A excecional capacidade atlética dos cavalos deve-se à interação de múltiplos fatores, entre os quais se destaca o elevado consumo máximo de oxigénio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$). Este parâmetro representa a quantidade máxima de oxigénio que o organismo é capaz de transportar dos pulmões para o sangue arterial e, posteriormente, do sistema cardiovascular até ao músculo em atividade. O $\text{VO}_{2\text{máx}}$ elevado nos cavalos está associado a um débito cardíaco máximo mais alto e a uma concentração significativa de hemoglobina (Hodgson & McGowan, 2014; Navas de Solis, 2019). Além disso, o grande volume pulmonar e a eficiência nas trocas gasosas contribuem para uma oxigenação eficaz do sangue, otimizando o fornecimento de oxigénio durante o exercício. O sistema de transporte de oxigénio nos cavalos está perfeitamente adaptado para mobilizar grandes quantidades de O_2 , necessárias para sustentar atividades físicas intensas e metabolicamente exigentes (Hinchcliff, 2014; Rivero & Piercy, 2014).

Melhorias na fisiologia do exercício traduzem-se num maior desempenho desportivo. Cavalos com $\text{VO}_{2\text{máx}}$ elevado, maior volume sistólico e limiar anaeróbio mais alto suportam esforços prolongados com menor fadiga. Parâmetros como frequência cardíaca submáxima, concentração de lactato sanguíneo e velocidade em determinados limiares são usados como indicadores de aptidão física. Em cavalos de saltos, a capacidade de manter FC moderada e repor rapidamente as reservas de energia (através do metabolismo aeróbico pós-salto) é determinante para a performance nas competições (Firshman, 2010; Leguillette *et al.*, 2020).

Durante a atividade física, os músculos respondem recrutando fibras adequadas à intensidade e duração do exercício. No exercício aeróbio prolongado, são recrutadas principalmente fibras lentas (tipo I) e fibras rápidas oxidativas (tipo IIa), que têm alta densidade mitocondrial e usam principalmente gordura e glicose via metabolismo oxidativo. Os músculos durante a fase aeróbia esgotam lentamente o glicogénio e acumulam pouco lactato. Por outro lado, no exercício físico de alta intensidade, ocorre recrutamento adicional de fibras musculares rápidas glicolíticas (tipo IIb), maximizando a produção de ATP através da glicose anaeróbica aumentando o lactato (Kentucky, 2013).

O exercício físico induz um aumento da adrenalina, noradrenalina, cortisol, glucagon, entre outras hormonas e leva a uma diminuição da insulina. Os eventos hormonais durante o restabelecimento da homeostase devido ao *stress* gerado pela atividade física, podem ser divididos em duas fases: a fase catabólica, com diminuição da tolerância ao esforço e alterações bioquímicas, hormonais e imunológicas reversíveis; e uma fase anabólica, com maior capacidade adaptativa e melhor desempenho (Cayado *et al.*, 2006; Ferlazzo *et al.*, 2020). Nos saltos de obstáculos, por exemplo, observa-se aumento significativo de cortisol e do ACTH, reflexo do *stress* físico e emocional; quanto maior a experiência do cavalo, menores as elevações hormonais de cortisol/ACTH. Adrenalina e noradrenalina aumentam conforme a intensidade da atividade física, promovendo vasoconstrição seletiva e mobilização de glicose muscular. A secreção de glucagon e da hormona de crescimento também aumenta para fornecer substratos energéticos, enquanto a insulina tende a diminuir (Ferlazzo *et al.*, 2020).

A avaliação das respostas fisiológicas constitui um elemento crucial na determinação do nível de aptidão física, na monitorização e ajuste de programas de treino, bem como na identificação de fatores que possam contribuir para a queda de desempenho atlético. Tal análise permite a prescrição individualizada da intensidade e do tipo de esforço, assegurando sua compatibilidade com a capacidade funcional específica de cada animal (Figueiredo *et al.*, 2021).

2.4. Passadeira Aquática

As passadeiras aquáticas têm sido historicamente usadas no treino de atletas humanos, bem como para reabilitação e, atualmente, têm ganho grande popularidade no mundo veterinário de equinos. As passadeiras aquáticas produzem um trabalho de alta resistência, com a capacidade de diminuir a força de impacto devido às propriedades únicas da água. Os protocolos dos fabricantes das passadeiras aquáticas são projetados para reabilitação, mas na prática estão também a ser usadas para condicionamento físico (Grecco-Otto *et al.*, 2017).

Atualmente, os estudos das alterações fisiológicas que ocorrem em cavalos de desporto durante o exercício têm contribuído para a melhoria dos programas de treino, com o objetivo de maximizar o desempenho destes atletas. Neste contexto, a hidroterapia — em particular a utilização da passadeira aquática — tem sido cada vez mais integrada em protocolos tanto de reabilitação como de treino físico de equinos atletas (Muñoz *et al.*, 2019).

O exercício na água baseia-se nas suas propriedades físicas, sendo elas, a flutuabilidade, a viscosidade e a pressão hidrostática. Além disso, na água, o peso aparente do cavalo pode ser reduzido entre 30–75%, dependendo da profundidade, diminuindo a carga sobre os tendões e ligamentos (Muñoz *et al.*, 2019).

Na hidroterapia, a flutuabilidade é definida como uma força de elevação que atua reduzindo as forças axiais nos membros, e também depende da velocidade do movimento e da profundidade da água (King, 2016; Muñoz *et al.*, 2019). Reduz o peso corporal efetivo do cavalo, diminuindo as forças de impacto nos membros e articulações. Isto é especialmente importante para a reabilitação e minimização do risco de lesões (Muñoz *et al.*, 2019). A viscosidade, ou seja, a resistência da água ao movimento, aumenta o esforço muscular, promovendo o desenvolvimento muscular e condicionamento cardiovascular. A resistência aumenta com a profundidade da água e a velocidade da passadeira. (Grecco-Otto *et al.*, 2017; Saitua *et al.*, 2020). Por último, a pressão hidrostática, exerce uma pressão uniforme sobre o corpo do cavalo, aumentando a pressão hidrostática extravascular, que por sua vez, promove o retorno venoso e a drenagem linfática (King, 2016; Muñoz *et al.*, 2019).

Em 2019, no Reino Unido, um grupo de utilizadores da passadeira aquática reuniu-se para estabelecer o que seria considerado boas práticas no uso da modalidade. Isto levantou questões imediatas sobre o que constitui a melhor prática de exercício na passadeira aquática e

um grupo de trabalho de hidroterapia foi formado com o objetivo de chegar a um consenso sobre as diretrizes de utilização da passadeira (Nankervis *et al*, 2021).

Em 2020, foi assim criado o *Equine Hydrotherapy Working Group* (EHWG), que desenvolveu um guia prático para os usuários da passadeira aquática com diretrizes de utilização e segurança tanto para o cavalo como para o operador (Nankervis *et al.*, 2021). O guia prático de utilização aborda os potenciais benefícios de utilização da passadeira aquática, dessensibilização do cavalo ao equipamento, monitorização do movimento do cavalo e fatores que influenciam a seleção da velocidade, altura da água e duração da sessão de treino (EHWG, 2020; Nankervis *et al.*, 2021).

A postura correta do cavalo durante a sessão de treino na passadeira aquática é de extrema importância para uma correta utilização do equipamento. O cavalo deve mover-se com uma postura semelhante à locomoção terrestre. O rosto deve estar ligeiramente para frente e vertical, com a coluna lombar ventroflexa (arredondada) e os membros posteriores posicionados bem abaixo do corpo (EHWG, 2020).

A escolha da velocidade, profundidade da água e duração da sessão de treino é afetada pelo tamanho individual de cada cavalo, comprimento da passada, amplitude do movimento articular e aptidão física (EHWG, 2020). Deve ter-se em consideração que a passadeira aquática deve ser evitada em animais que apresentem comprometimento respiratório e/ou cardiovascular, feridas cirúrgicas que não estejam cicatrizadas, miosite aguda, temperatura corporal aumentada, laminite, dor toracolombar, feridas abertas e/ou infectadas (King, 2016).

Os estudos hidroterapêuticos envolvendo cavalos concentram-se principalmente nas respostas fisiológicas ao exercício na água. Os programas de treino proporcionam melhorias na função cardiovascular, reduções de lesões musculoesqueléticas e aumento das fibras musculares de contração rápida e alta oxidação que refletem uma melhoria da capacidade aeróbia (King, 2016).

Num estudo controlado, realizado por Greco-Otto *et al.* (2019), com nove cavalos Puro-Sangue pouco condicionados, seis animais treinaram diariamente durante 18 dias em passadeira aquática com água pela altura do curvilhão, enquanto outros três treinaram numa passadeira seca. Testes realizados antes e depois deste programa revelaram que os cavalos da passadeira aquática aumentaram o consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}) em 16,1%, enquanto

no grupo da passadeira seca não houve melhoria. Estes dados demonstram que o exercício em água, mesmo de curta duração, potencia a capacidade aeróbia dos equinos.

Num estudo experimental com quatro cavalos de salto (7–11 anos), Vincze *et al.* (2017) submeteram os animais a sessões de 44 minutos de treino em passadeira aquática profunda (altura da água até a região peitoral), três vezes por semana, variando a velocidade máxima entre 9, 11 e 13 km/h, além do treino habitual. Durante estas sessões, o lactato plasmático e a glicose diminuíram, indicando esforço aeróbio, enquanto a frequência cardíaca, os triglicerídeos e o cortisol aumentaram; curiosamente, aumentar a velocidade não alterou a frequência cardíaca média, mas reduziu as concentrações de lactato. Actividades de AST, CK e LDH e níveis de colesterol, cortisol e bilirrubina foram mais baixos quando a velocidade máxima era 11 km/h comparativamente a 9 km/h, sugerindo que uma intensidade moderada minimiza danos musculares. Após as sessões, os cavalos apresentaram frequência cardíaca mais baixa após o percurso de salto e os parâmetros enzimáticos medidos durante o treino correlacionaram-se positivamente, ainda que de forma fraca a moderada, com valores obtidos em competição. Os autores concluíram que o treino em água profunda altera os processos bioquímicos e melhora o abastecimento energético aeróbio, embora represente um exercício exigente que inicialmente provoca dano muscular, seguido de uma fase adaptativa.

Contudo, nem todos os protocolos aquáticos provocam adaptações marcantes. Num estudo de desenho cruzado com seis equinos da raça Quarto de Milha, oito semanas de marcha em passadeira aquática e convencional resultaram num aumento de lactato de duas a três vezes nos músculos flexor digital superficial e glúteo durante testes de alta velocidade, mas não houveram alterações significativas na composição das fibras musculares ou nos metabólitos de reserva. Os autores concluíram que a intensidade empregue foi demasiado baixa para desencadear adaptações histoquímicas e metabólicas, embora o diâmetro das fibras tipo I permanecessem maior após o treino aquático. De forma semelhante, um protocolo de quatro semanas em passadeira aquática com cinco cavalos não produziu diferenças nas concentrações de glicogénio, lactato, ATP ou nas actividades enzimáticas (citrato sintase, HAD, LDH), sublinhando que treinos breves ou suaves são insuficientes para induzir alterações metabólicas. Isto contrasta com treinos aeróbios prolongados em passadeiras secas, que promovem hipertrofia de fibras oxidativas e aumentam a capacidade aeróbia em ~16 % (Borgia *et al.*, 2010).

3. Material e Métodos

O presente projeto de pesquisa foi submetido a apreciação pelo CEBEA-FMV, Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa, sendo aprovado sob os números 28/2023 e 17/2025. Todo o estudo foi feito no âmbito clínico de uma rotina de treinos preconizada e acompanhada por médicos veterinários.

3.1. Animais

Foram selecionados seis equinos, com idade média de $16,7 \pm 2,0$ anos e com peso médio de $578,3 \pm 17,1$ kg, sendo cinco machos e uma fêmea, de raças distintas usadas na modalidade de salto de obstáculos (Anglo-Árabe, Sela Francesa, Puro Sangue Lusitano, BWP, e *Warmblood* Alemão).

Os animais pertencem a um centro de treino localizado em Sintra, Portugal, e são submetidos ao mesmo tipo de manejo alimentar e sanitário. São mantidos em boxes individuais (3x3 m). A base alimentar consistiu de luzerna e aveia, três vezes ao dia (8h00, 12h00 e 18h00), 30 minutos antes do concentrado comercial (Easy Mix, Intacol, com 10,5% de proteína e 2750 Kcal de energia digestível), na base de 0,5 kg/100 kg de peso vivo durante todo o período de treino. O fornecimento de água era realizado através de bebedouro automático, estando sempre disponível.

A população escolhida para o estudo foi composta por uma amostra não aleatória, incluindo equinos com constituição corporal e condicionamento físico semelhantes, saltando obstáculos de no mínimo um metro de altura. Encontravam-se em plena atividade física, praticantes de saltos de obstáculos há vários anos, com rotina de atividade física constante.

Os animais foram sujeitos a exames clínicos prévios, incluindo exames de claudicação, e foram considerados clinicamente aptos para realizarem o estudo, sem quaisquer sinais de dor ou desconforto. No processo de seleção foi considerado peso corporal e estabelecimento de condição corporal através de métodos ultrassonográficos (Gentry *et al.*, 2004).

3.2. Delineamento do estudo

Cada equino foi acompanhado por um período de aproximadamente 23 semanas, com o estudo compreendendo uma avaliação para avaliar aptidão para inclusão no projeto, 10 semanas antes do treino (BASAL); seguido da avaliação pré-treino (PRETR), realizada 1 semana antes do período de treino; e da avaliação pós-treino (TR), realizada cinco dias após o último dia de treino na passadeira aquática.

Em PRETR e TR, os animais foram submetidos a um teste de campo de salto de obstáculos (TSO), durante os quais foram feitas avaliações clínicas seriadas.

Os animais serviram como seus próprios controles, pois realizaram o programa de treino específico, com a mesma regularidade e intensidade, há mais de um ano. Durante as 10 semanas do projeto, a única alteração foi a inclusão da passadeira aquática na rotina de treino.

3.2.1. Teste de campo de salto de obstáculos (TSO)

Os equinos foram submetidos a dois testes de campo de salto de obstáculos (TSO), com as mesmas características, um antes e outro após as 10 semanas da inclusão da PA no programa de treino. Em ambos foram montados sempre pelo mesmo cavaleiro, orientado a realizar a prova no menor tempo possível sem que obstáculos fossem derrubados. O teste foi realizado num picadeiro descoberto com piso de alto rendimento (areia de sílica) com a dimensão de 60x20m. Antes da execução do teste todos os animais aqueceram a passo por um período médio de 10 minutos, seguido de um período de 15-20 minutos de trote e galope, montados, intercalados com períodos de descanso de 2 minutos.

No TSO, cavalo e cavaleiro executaram uma sequência de exercícios característicos da modalidade desportiva de saltos de obstáculos com o qual estão familiarizados. Temperatura ambiente, humidade do ar, peso de cavaleiro e equipamentos, condições de pista foram registadas para fins de interpretação dos dados. A sequência de exercícios está representada na Figura 1, sendo caracterizado por um percurso de 300 metros, com 10 saltos, sendo 2 oxers e 8 verticais simples, de 1 metro de altura.

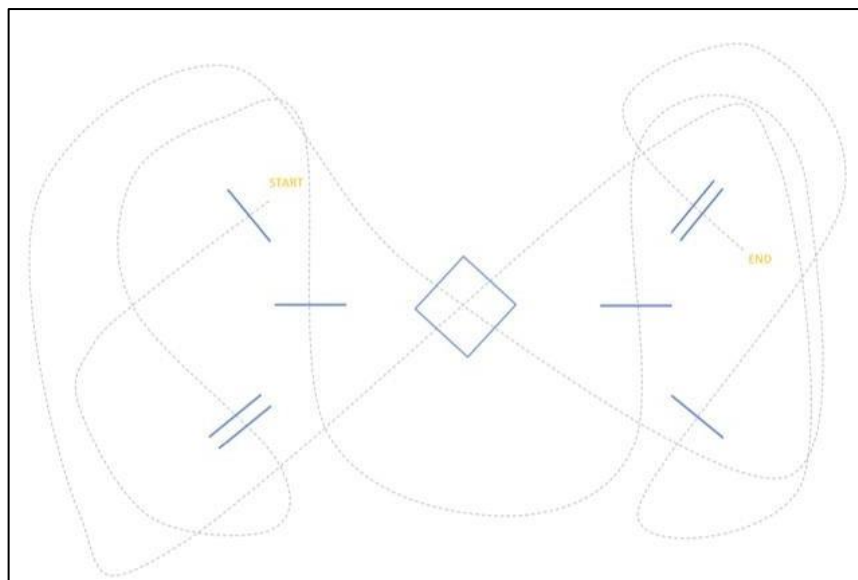


Figura 1. Representação da pista de obstáculos usada no teste de campo de saltos de obstáculos.

Em PRETR e TR, exames físicos foram realizados em quatro tempos distintos: T0 (obtida antes do exercício físico, com o animal em repouso, ainda na boxe); T1 (no período máximo de 1 minuto após o término do exercício físico); T2 (obtida 30 minutos após o término da atividade física); T3 (obtida 4 horas após o término da atividade física). Nos momentos acima descritos, foram registradas FC – frequência cardíaca, FR – frequência respiratória, TC – temperatura corporal; e foram coletadas amostras de sangue, após assepsia local com álcool a 70%, por meio de venopunção da jugular. Tais amostras foram armazenadas em tubos siliconizados contendo anticoagulante EDTA-K3 com capacidade de 2 ml para determinação do hemograma (XN-Vet, Sysmex); e em tubos sem anticoagulante com capacidade de 9 ml para as análises bioquímicas. Esses últimos foram centrifugados por 10 minutos (Centrífuga Angular Analógica CNT800D, Quirumed) a 3.000g para separação de soro e congelados em eppendorfs a -80oC (PHCbi Ultra-Low Temperature Freezer MDF- DU502VH) até ao processamento das análises clínicas.

Foram analisadas proteínas totais (PTN) e albumina (ALB) (DxC 700 AU Chemistry Analyzer, Beckman Coulter, com kits da mesma marca); ácidos graxos não esterificados (NEFA) (Diasys) e cortisol (IMMULITE 2000 Immunoassay System, Siemens, com kit da mesma marca).

As determinações sanguíneas do lactato e glucose foram feitas imediatamente após o ato da colheita de sangue utilizando aparelhos portáteis (Lactate Pro 2 LT-1730, Arkray; Glucomen Areo, Menarini Diagnostics, respetivamente).

3.3. Teste de esforço progressivo

Previamente ao programa de treino, os cavalos foram submetidos a um teste de esforço progressivo na passadeira aquática para estabelecer a FC_{pico} de cada animal, medido pelo sistema de monitoramento cardíaco Alogo Move ProTM sensor (Alogo Swiss Technology, Renens, Suíça) acoplado ao sensor H10 (Polar Electro, Lake Success, NY, EUA). Para tal, os animais iniciaram na passadeira, ainda seca, a uma velocidade de 4 km/h, para aquecimento por 5 minutos. Em seguida, feito o enchimento da cuba com água por 3-4 minutos até que atingisse 40 cm de altura (altura da articulação carpo-metacarpiana), mantendo a velocidade. A partir de então, a velocidade foi aumentada a 1 km/h a cada 60 segundos até que chegasse aos 7 km/h quando, então, foi mantida a velocidade até o tempo máximo de 15 minutos de duração. A interrupção do teste aconteceu nas seguintes situações: (1) recuo do animal mesmo com estímulos humanos; (2) aumentos abruptos de FC e/ou FR; (3) tropeços constantes/dificuldade em manter o ritmo. Nos casos de interrupção, ou nos casos em que o tempo máximo foi atingido, o animal permaneceu trabalhando a ~ 4 km/h enquanto a cuba era esvaziada.

O valor calculado da FC_{pico} no teste de esforço foi usado para controlo da velocidade de trabalho durante as 10 semanas de treino.

3.4. Treino de 10 semanas usando a passadeira aquática

Ao longo das 10 semanas do estudo, os cavalos foram treinados seis dias por semana, por um período diário de 40-60 minutos, durante os quais executaram atividades preparatórias para provas equestres de saltos de obstáculos (trabalho específico), com intensidade moderada (trabalho de resistência), alternadas com picos de maior exigência (trabalho de força), respeitando os limites físicos individuais. A intensidade imposta foi ajustada consoante cada indivíduo.

No primeiro e terceiro dia de cada semana (considerando segunda-feira como dia de descanso e terça-feira como primeiro dia da semana) foi realizado um treino de hidroterapia

recorrendo a passadeira aquática (Aquatraining, Activo-Med Aqualine, Polônia) (Tabela 1). Importante ressaltar que todos os cavalos realizaram dessensibilização ao equipamento previamente, para que o treino no aparelho não representasse um fator de *stress* adicional.

Tabela 1. Programa de treino específico para cavalos de obstáculos com a inclusão da passadeira aquática por 10 semanas.

Dias da semana	Andamento	Duração (min)	Obstáculos (número)	Altura obstáculos (cm)
1º, 3º e 5º dia	Passo	5		
	Trote	25		
	Galope	25		
	Passo	5		
1º e 3º dia	Treino de hidroterapia (Passo)	20		
2º e 4º dia	Passo	5		
	Trote	30		
	Galope	20		
			8	90
	Passo	-	3x salto de aquecimento	50
	Passo	5		
6º dia (Field Test)	Passo	5		
	Trote	30		
	Galope	20		
			8	100
	Passo	-	3x salto aquecimento	50
	Passo	5		

Nas primeiras cinco semanas de sessões de treino, os animais iniciaram o treino com 5 minutos de aquecimento na passarela sem água, a uma velocidade média de 4 km/h. Depois, a cuba foi cheia com água por aproximadamente 3-4 minutos até o nível 3 (35-40 cm, altura correspondente à articulação carpo-metacarpiana), altura na qual os animais trabalharam por 16-17 min em velocidade de trabalho compatível com 60% da FC_{pico} medida anteriormente no teste prévio de esforço. No final da sessão, a água foi drenada e a velocidade retornou a 4 km/h, por 3-4 minutos, momento em que o equipamento foi desligado. A sessão de atividade física durou, em média, 25 minutos. Nas cinco semanas seguintes, o protocolo foi mantido, a exceção da velocidade ajustada para 80% da FC_{pico}, fazendo com que todos os animais trocassem na água.

Ao longo das 10 semanas de treino, os animais usaram o sistema de monitorização Alogo Move ProTM sensor previamente descrito. Foram também registados temperatura ambiente, humidade relativa do ar e a temperatura da água da passarela aquática em todos os dias de atividade física. Na segunda sessão das semanas 2, 4, 6 e 8, foram feitas coletas de sangue antes (Tr0), imediatamente após o trabalho na água (Tr1), e após 30 min (Tr2) e 4h (Tr3) para determinação de lactato sanguíneo.

3.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada em programa computadorizado (GraphPad Prism, version 10.3.0, GraphPad, Boston, USA). As variáveis foram consideradas com distribuição normal a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$). Para avaliar a influência do exercício físico em PRETR e TR, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas seguido de uma comparação entre médias (teste de Tukey); para avaliar a influência do treino (PRETR vs. TR), os dados foram comparados usando teste-t de Student pareado. Os resultados foram expressos como médias $\pm$ desvios-padrão e a significância estabelecida em $p \leq 0,05$ em todos os casos.

4. Resultados

A seleção dos equinos a serem usados no estudo foi feita 10 semanas antes do início do protocolo de treino incluindo a passadeira aquática. Os animais selecionados estavam a mais de um ano praticando a modalidade de salto de obstáculos e em ritmo constante de treino conforme descrito na Tabela 1. Todos passaram por um exame físico rigoroso, no qual constatou-se que encontravam aptos a competir. Os dados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Características basais e de performance para seleção dos animais usados.

Variável	Equinos (n=6)
Peso corporal (kg)	578,3 ± 17,16
Espessura de gordura da garupa (cm)	0,78 ± 0,42
Percentagem de gordura corporal (%)	12,3 ± 2,0
Massa magra (kg)	507,5 ± 18,0
Duração média do percurso (min)	2,19 ± 0,29
Distância total (m)	335,0 ± 33,9

Os dados relativos aos parâmetros físicos, glicemia e lactacidemia estão apresentados na Tabela 3. É possível destacar que de uma forma geral, as variáveis estudadas foram influenciadas de forma significativa pela prática da atividade física (efeito do TSO), com pico dos valores em T1 e retorno aos valores pré-esforço ainda em T2. A glicemia em PRETR apresentou-se de forma oposta, com o menor valor sendo registado em T1, e sem alterações significativas com o TSO para essa variável em TR.

Quanto aos efeitos do programa de treino (PRETR x TR), foram observadas alterações apenas para a glicose sanguínea, com registo de valores significativamente maiores após as 10 semanas de treino na passadeira aquática.

Tabela 3. Parâmetros fisiológicos, glicemia e lactacidemia (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de campo de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de dez semanas usando a passarela aquática.

Parâmetros	Período de acompanhamento				p	
	T0	T1	T2	T3	SO	Treino
FC, bpm						
PRETR	30,0 ± 5,5 ^b	91,3 ± 27,5 ^a	34,7 ± 2,1 ^b	33,7 ± 4,8 ^b	<0,0001	0,1647
TR	32,8 ± 3,3 ^b	98,7 ± 16,1 ^a	40,7 ± 3,0 ^b	36,7 ± 3,0 ^b	<0,0001	
FR, mrpm						
PRETR	13,3 ± 3,3 ^b	46,0 ± 17,3 ^a	17,3 ± 4,8 ^b	15,7 ± 6,3 ^b	<0,0001	0,2200
TR	12,8 ± 1,6 ^b	39,3 ± 11,2 ^a	20,7 ± 5,9 ^b	12,0 ± 0,0 ^b	<0,0001	
TC, °C						
PRETR	37,1 ± 0,5 ^b	37,8 ± 0,3 ^a	37,7 ± 0,2 ^a	37,4 ± 0,4 ^a	0,0119	0,2230
TR	37,4 ± 0,2 ^a	37,6 ± 0,4 ^a	37,5 ± 0,3 ^a	37,2 ± 0,2 ^b	0,0001	
Glicose, mg/dL						
PRETR	103,0 ± 13,6 ^a	73,0 ± 21,7 ^b	100,7 ± 13,6 ^a	100,2 ± 4,6 ^a	0,0025	0,0309
TR	110,6 ± 8,0	94,8 ± 26,6	107,5 ± 37,2	103,5 ± 10,2	0,7246	
Lactato, mmol/L						
PRETR	0,87 ± 0,22 ^b	2,07 ± 0,69 ^a	0,95 ± 0,10 ^b	0,92 ± 0,12 ^b	0,0119	0,3627
TR	0,78 ± 0,13 ^b	1,97 ± 0,50 ^a	1,33 ± 0,34 ^b	1,00 ± 0,20 ^b	0,0003	

Nota: Letras diferentes na mesma linha sinalizam influência da atividade física (TSO) pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); e influência do treino pelo teste-t pareado ($p \leq 0,05$). T0: repouso; T1: imediatamente após o exercício; T2: com 30 minutos de recuperação; T3, com 240 minutos de recuperação. FC, frequência cardíaca; FR, frequência respiratória; TC, temperatura corporal.

O TSO influenciou de forma significativa todas as análises hematimétricas, a exceção de VCM e CHCM em TR. De uma forma geral, o pico dos valores foi observado em T1, com recuperação dos valores basais já com 30 min de recuperação (T2) (Tabela 4). Já em relação aos efeitos do treino, observou-se maiores valores após o mesmo para contagem total de leucócitos e contagem diferencial de neutrófilos, VG e VCM. De forma oposta, o treino levou a redução de valores de CHCM.

Tabela 4. Parâmetros hematimétricos (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de campo de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de dez semanas usando passarela aquática.

Parâmetros	Período de acompanhamento				p	
	T0	T1	T2	T3	TSO	Treino
Leuco, x10 ³ /μL						
PRETR	4,7 ± 0,5 ^c	7,7 ± 0,9 ^a	5,6 ± 0,7 ^b	5,6 ± 0,4 ^b	<0,0001	0,0009
TR	5,0 ± 0,7 ^c	8,1 ± 1,2 ^a	6,0 ± 0,8 ^{bc}	6,3±1,0 ^b	<0,0001	
Ne, x10 ³ /μL						
PRETR	2,8 ± 0,2 ^c	4,4 ± 0,5 ^a	3,3 ± 0,3 ^b	3,4 ± 0,3 ^b	<0,0001	<0,0001
TR	3,3 ± 0,4 ^c	5,0 ± 0,8 ^a	3,7 ± 0,5 ^{bc}	4,0 ± 0,6 ^b	<0,0001	
Linfo, x10 ³ /μL						
PRETR	1,6 ± 0,4 ^c	2,8 ± 0,7 ^a	1,9 ± 0,5 ^b	1,8 ± 0,5 ^{bc}	<0,0001	0,8798
TR	1,5 ± 0,4 ^b	2,7 ± 0,6 ^a	1,9 ± 0,4 ^b	2,0 ± 0,6 ^b	0,0007	
He, x10 ⁶ /μL						
PRETR	6,2 ± 0,4 ^b	10,1 ± 1,0 ^a	7,0 ± 0,5 ^b	6,6 ± 0,7 ^b	<0,0001	0,5402
TR	6,6 ± 0,8 ^b	10,0 ± 1,0 ^a	6,9 ± 0,8 ^b	6,8 ± 1,0 ^b	<0,0001	
VG, %						
PRETR	28,0 ± 1,9 ^b	46,1 ± 3,4 ^a	31,8 ± 2,2 ^b	29,9 ± 3,3 ^b	<0,0001	0,0233
TR	31,5 ± 2,8 ^b	47,6 ± 3,7 ^a	33,1 ± 2,8 ^b	32,2 ± 4,2 ^b	<0,0001	
Hb, g/dL						
PRETR	10,2 ± 0,6 ^b	16,8 ± 1,3 ^a	11,6 ± 1,0 ^b	11,1 ± 1,3 ^b	<0,0001	0,3594
TR	11,1 ± 0,9 ^b	16,7 ± 1,1 ^a	11,6 ± 0,8 ^b	11,3 ± 1,4 ^b	<0,0001	
VCM, fL						
PRETR	45,6 ± 1,6 ^{ab}	45,7 ± 1,5 ^a	45,9 ± 1,1 ^a	45,0 ± 1,4 ^b	0,0065	<0,0001
TR	47,7 ± 1,3	47,7 ± 1,2	48,0 ± 1,4	47,7 ± 1,5	0,0626	
CHCM, g/dL						
PRETR	36,6 ± 0,8 ^{ab}	36,4 ± 0,6 ^b	36,3 ± 0,7 ^b	37,0 ± 0,7 ^a	0,0048	<0,0001
TR	35,1 ± 0,7	35,2 ± 0,7	35,1 ± 0,9	35,3 ± 0,6	0,4853	

Nota: Letras diferentes na mesma linha sinalizam influência da atividade física (TSO) pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); e influência do treino pelo teste-t pareado ($p \leq 0,05$). T0: repouso; T1: imediatamente após o exercício; T2: com 30 minutos de recuperação; T3, com 240 minutos de recuperação. Leuco, contagem total de leucócitos;

Ne, contagem total de neutrófilos; linfo, contagem total de linfócitos; He, contagem total de eritrócitos; VG, volume globular; Hb, concentração de hemoglobina; VCM, volume corpuscular médio; CHCM, concentração de hemoglobina corpuscular média.

Alterações significativas também foram observadas para PTN, em relação ao TSO, sempre com recuperação dos valores basais ainda em T2. Após as 10 semanas de treino na passarela aquática, foram observados valores significativamente maiores PTN e cortisol (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros bioquímicos (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de campo de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de dez semanas usando a passarela aquática.

Parâmetros	Período de acompanhamento					p
	T0	T1	T2	T3	TSO	Treino
PTN, mg/dL						
PRETR	5,8 ± 0,3 ^b	6,4±0,3 ^a	5,9 ± 0,3 ^b	5,8 ± 0,4 ^b	<0,0001	<0,0001
TR	6,6 ± 0,4 ^b	6,9±0,4 ^a	6,3 ± 0,4 ^{bc}	6,1 ± 0,4 ^c	<0,0001	
NEFA, mmol/L						
PRETR	0,14 ± 0,09 ^{ab}	0,07 ± 0,04 ^{ab}	0,15 ± 0,09 ^a	0,04 ± 0,01 ^b	0,020	0,014
TR	0,17 ± 0,08	0,12 ± 0,04	0,19 ± 0,09	0,09 ± 0,06	0,051	
Cortisol, mmol/L						
PRETR	65,4 ± 19,7	83,0 ± 13,4	70,9 ± 16,5	62,7 ± 22,8	0,368	<0,0001
TR	109,7 ± 33,5 ^{ab}	139,5 ± 23,4 ^a	114,5 ± 16,0 ^{ab}	74,7 ± 24,8 ^b	0,006	

Nota: Letras diferentes na mesma linha sinalizam influência da atividade física (TSO) pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); e influência do treino pelo teste-t pareado ($p \leq 0,05$). PRETR, antes do protocolo de treino; TR, após o protocolo de treino. T0: repouso; T1: imediatamente após o exercício; T2: com 30 minutos de recuperação; T3, com 240 minutos de recuperação. PTN, proteínas totais; NEFA, ácidos graxos não-esterificados.

A avaliação do lactato sanguíneo, realizado nas sessões de treino das semanas 2, 4, 6 e 8 não mostrou influência do trabalho na água (Tabela 6) em nenhuma das referidas sessões de treino.

Tabela 6. Registo da lactato sanguíneo (médias $\pm$ desvios-padrão) ao longo das 10 semanas de treino na passadeira aquática.

		Tr0	Tr1	Tr2	Tr3
Lactato, mmol/L	S2	0,82 $\pm$ 0,17	0,97 $\pm$ 0,12	1,10 $\pm$ 0,30	1,02 $\pm$ 0,10
	S4	0,87 $\pm$ 0,08	0,73 $\pm$ 0,12	1,07 $\pm$ 0,27	0,83 $\pm$ 0,15
	S6	0,78 $\pm$ 0,15	0,67 $\pm$ 0,14	0,77 $\pm$ 0,20	0,97 $\pm$ 0,12
	S8	0,90 $\pm$ 0,11	0,75 $\pm$ 0,08	1,02 $\pm$ 0,16	0,82 $\pm$ 0,13

Nota: Letras diferentes na mesma linha sinalizam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). S2, semana 2; S4, semana 4; S6, semana 6; S8, semana 8; Tr0, antes do treino na passadeira; Tr1, com 30 minutos de recuperação após o fim da sessão na água; Tr2, com 4 horas de recuperação após o fim da sessão na água.

Ao longo do protocolo experimental, os animais trabalharam sem intercorrências, sem sinais de desconforto, apresentando boa aptidão física. De uma forma geral, a temperatura média ambiente foi de 13,2°C, com humidade relativa do ar de 74,9%, nos dias de teste de campo (PRETR e TR). Ao longo do treino, a temperatura média registada foi de 14,5°C, com humidade relativa do ar de 79,1%. Ainda, a temperatura média da água da passadeira foi de 14,9 °C.

O teste a campo realizado em M1 teve uma duração de 2,19 $\pm$ 0,29 minutos e uma distância total 335,0 $\pm$ 33,9 metros. Em M2, a duração foi de 2,02 $\pm$ 0,12 minutos e uma distância total 348,3 $\pm$ 19,4 metros.

5. Discussão

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de analisar os efeitos crônicos de uma atividade física na passadeira aquática sobre equinos praticantes da modalidade de salto de obstáculos. A modalidade esquestre em questão caracteriza-se por ser anaeróbia intermitente (Soares *et al.*, 2016; Weeren, 2014). Assim, o protocolo foi proposto considerando a necessidade de desenvolvimento de força para a execução dos saltos e resistência física e cardiorrespiratória para os percursos entre os obstáculos.

As hipóteses inicialmente estabelecidas consideravam que a aplicação do protocolo resultaria em melhorias nos parâmetros hematológicos, diretamente relacionados com uma melhoria aeróbia, nomeadamente no eritrograma, com aumentos nos valores de VG, He e Hb. O hemograma reflete a capacidade de transporte de oxigénio e o estado imunitário (Miglio *et al.*, 2024). Em equinos são inúmeras as pesquisas avaliando os efeitos agudos da atividade física, porém são mais escassos os trabalhos que estudam os efeitos crônicos (Miglio *et al.*, 2024) sobre as variáveis hematimétricas.

Após o treino na água, destacaram-se aumentos significativas para VG e volume corpuscular médio (VCM) e redução na concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM). Estes ajustes sugerem que os cavalos desenvolveram uma expansão moderada da massa eritrocitária circulante (VG) promovido pelo aumento também significativo do tamanho eritrocitário (VCM). Tais achados são descritos para humanos militares, submetidos a treino de força (Gnanou *et al.*, 2014). Segundo os autores, o aumento do VCM é descrito como “macrocitose de corredores” e ocorre devido a uma hemólise preferencial de eritrócitos mais velhos. Ainda, o aumento do VCM concomitante a redução do CHCM após o treino ocorreu devido a eritropoiese para atender a demanda por oxigénio. Esses eritrócitos mais jovens são mais “deformáveis” e apresentam uma maior correlação com a VO_{2max} (Caimi *et al.*, 2023).

A hipohemoglobinemia foi também descrita após treino intenso por 4 semanas em atletas de taekwondo (Liu *et al.*, 2024). A alteração no formato dos eritrócitos, que ficaram maiores e hipocrômicos, igual ao observado após o treino na passadeira aquática da presente pesquisa, aconteceu na fase inicial do treino de carga e foi atribuído a uma possível deficiência em vitamina B12. Entretanto, os autores da referida pesquisa não fizeram análises sanguíneas de vitaminas para comprovar tal hipótese.

Reduções de VCM e CHCM, concomitantes ao aumento significativo de He e Hb, foram descritos para equinos jovens, PSI, submetidos a um treino aeróbio por 120 dias (Miglio *et al.*, 2021), reflectindo policitémia relativa e expansão plasmática. O aumento do volume plasmático é esperado em treinos de enduro, visando a melhoria da circulação sanguínea e a chegada de mais oxigénio aos tecidos (Santos, 2009). Entretanto, tais achados diferem dos resultados da presente investigação, à exceção da resposta de CHCM, muito provavelmente devido às diferentes demandas exigidas pelo treino proposto e pela modalidade desportiva praticada.

A passadeira aquática permite que a intensidade de trabalho seja estabelecida e mesmo incrementada não só pelo ajuste da velocidade, mas também na altura estipulada da água. A altura de 35-40 cm (na articulação carpo-metacarpiana) promove uma maior força muscular devido ao atrito gerado pela água, caracterizando o treino como maioritadamente anaeróbio (Prankel, 2008; Sikorska *et al.*, 2025).

Estudos demonstram que o exercício em passadeira aquática, mesmo com profundidades de água ao nível do carpo e velocidades moderadas, permanece predominantemente aeróbio, com baixa produção de lactato e recuperação rápida da frequência cardíaca (Greco-Otto *et al.*, 2017; Lindner *et al.*, 2012). A resistência imposta pela água aumenta o esforço muscular, mas sem ultrapassar o limiar anaeróbio (Prankel, 2008). Assim, a intensidade pode ser ajustada por profundidade e velocidade, mantendo perfil de baixo impacto (Lindner *et al.*, 2012). Essa modalidade é eficaz para o condicionamento aeróbio com mínimo risco ortopédico (Lindner *et al.*, 2012).

Enquanto o aumento de Hb foi observado após um treino de 5 meses, de 3 equinos, em sessões de trote por 30 minutos, 3 vezes na semana (Fan *et al.*, 2002), na presente pesquisa não foram observadas alterações para essa variável hematimétrica. O aumento da Hb seria um achado importante, visto que a mesma reflete a capacidade do sangue em transportar oxigénio, sendo, assim, um indicador importante de nível de condicionamento físico (Fan *et al.*, 2002). Semelhante à presente pesquisa, equinos da raça Lusitano, submetidos a exercícios aeróbios por 6 semanas, também não apresentaram alterações na Hb (Coelho *et al.*, 2023). Entretanto, o treino proposto para os Lusitanos levou ao aumento significativo de CHCM, sem alterar VCM, mostrando um aprimoramento aeróbio, diferente do trabalho de treino na água, reforçando a proposta dessa última ser um treino de maior intensidade.

Todas as diferenças supramencionadas podem ser atribuídas ao tipo de desporto equestre praticado, ao nível de condicionamento físico e ao treino ao qual estão sujeitos. Precisam ainda ser mais estudadas com o propósito de melhorar o uso dessas variáveis na avaliação de performance desportiva e síndromes de *overtraining*.

Em relação aos efeitos agudos da atividade física, ou seja, do TSO, o estudo na passeadeira apontou que a grande maioria dos componentes do eritrograma foram influenciados pelo esforço físico. Foram observados aumentos em T1, com a recuperação rápida dos valores basais ainda em T2, sinalizando que os animais usados na presente pesquisa encontravam-se em boas condições físicas (Voss *et al.*, 2002). Tais aumentos transitórios são descritos previamente (Ferraz *et al.*, 2009; Lopes *et al.*, 2009; Maško *et al.*, 2021) em equinos submetidos a diferentes desportos equestres. Em exercícios mais intensos ou prolongados, estudos relatam elevações marcantes da massa eritrocitária (policitemia induzida pelo treino) e uma transferência para fibras musculares mais oxidativas (Zobba *et al.*, 2011), algo que não foi observado nesta pesquisa, possivelmente devido à duração e intensidade moderadas do teste de campo preconizado para avaliar o programa de treino.

Geralmente, em resposta a uma sessão de exercício físico, o aumento do He e VG está relacionado com a libertação de eritrócitos armazenados no baço, na maioria das vezes, sem alterações concomitantes de VCM e CHCM (Voss *et al.*, 2002). O exercício físico intenso como uma prova de saltos de obstáculos induz nos cavalos uma contração esplénica marcada, libertando na circulação periférica grande volume de eritrócitos armazenados no baço (Sacco *et al.*, 2011). Este fenómeno, associado à hemoconcentração durante o esforço, eleva transitoriamente os valores de eritrócitos, Hb e Ht (Sacco *et al.*, 2011).

Em estudos de campo, cavalos após o percurso de obstáculos exibiram aumentos significativos de eritrócitos, Hb e Ht imediatamente após a prova – em cavalos de competição foram observados aumentos de 15-30% (Maško *et al.*, 2021). A eritrocitose induzida pode normalizar-se em horas ou minutos – em provas de CCE (concurso completo de equitação), os eritrócitos retornaram aos níveis basais em 24 h; em testes controlados demorou cerca de 30 minutos (Sacco *et al.*, 2011).

Miglio *et al.* (2021) concluíram, de forma semelhante em potros Thoroughbred, submetidos a quatro meses de treino, que houve um aumento do Ht e da contagem de eritrócitos, embora houvesse uma redução do VCM e CHCM – provavelmente devido à eritropoiese de glóbulos vermelhos menores. Os autores concluíram que o exercício físico influencia

significativamente a resposta hematológica e bioquímica, principalmente por meio da ativação do sistema nervoso simpático, levando à liberação de catecolaminas e à contração esplênica.

Relativamente ao leucograma, verificou-se uma leucocitose neutrofílica imediatamente após o exercício (efeito agudo - TSO) tanto em PRETR como em TR, seguida de retorno rápido ao valor basal. Esta resposta aguda deve-se à mobilização de neutrófilos a partir dos órgãos de reserva (baço e pulmões), induzida pelo aumento de catecolaminas e cortisol durante o esforço (Cayado *et al.*, 2006; Miglio *et al.*, 2021).

O exercício físico agudo intenso pode induzir leucocitose de esforço com neutrofilia e linfopenia transitórias. Arfuso *et al.* (2022) demonstraram um aumento significativo dos leucócitos totais e, em especial, dos neutrófilos após uma corrida de 1300 m, correlacionando positivamente com o cortisol sérico. De modo semelhante, Allaam *et al.* (2014) encontraram leucócitos totais e neutrófilos elevados após um galope de 1600 m, retornando aos valores basais em 60 minutos. Andriichuk *et al.* (2015) relataram aumento dos leucócitos e neutrófilos em galopões após exercício físico moderado. Estes achados são atribuídos à desmarginação leucocitária induzida por adrenalina/cortisol.

A análise conjunta do cortisol e do leucograma justifica-se pela interdependência fisiológica entre a resposta neuroendócrina ao exercício e a mobilização imune observada em cavalos atletas. Conforme apresentado por Silva (2022), o cortisol é um marcador eficaz da ativação do HHA, sensível à intensidade e à duração do exercício. A autora ressalta que a liberação aguda de cortisol está associada a alterações hematológicas típicas, como leucocitose de esforço e o deslocamento do perfil leucocitário, com predomínio de neutrófilos e redução de linfócitos circulantes – “leucograma de *stress*”.

O exercício físico ativa o eixo HHA, culminando na liberação de catecolaminas (principalmente adrenalina) e cortisol (Coelho *et al.*, 2022). A adrenalina liberada durante o esforço ou em situações de excitação provoca uma leucocitose fisiológica ao mobilizar leucócitos marginados (neutrófilos e linfócitos) para a corrente sanguínea (Coelho *et al.*, 2022). Além disso, a contração esplênica desencadeada pelo estímulo aumenta rapidamente os glóbulos vermelhos e consequentemente contribui para aumentar o número de leucócitos circulantes (Guimarães, 2013).

Os achados do leucograma frente ao treino proposto condizem com o aumento significativo de cortisol sérico. O cortisol é o principal marcador de *stress* fisiológico em

cavalos, estando associado à mobilização energética via gluconeogénese e lipólise (Ferlazzo *et al.*, 2020; Coelho *et al.*, 2022). Ainda, o cortisol promove neutrofilia e linfopenia, aumentando a relação N:L, evento conhecido como leucograma de *stress* (Coelho *et al.*, 2022).

Depois de 10 semanas de treino na água, notou-se um perfil hormonal distinto. Embora o exercício continuasse a induzir aumento de cortisol, na mesma proporção (~27%), os níveis de cortisol sérico em TR foram significativamente superiores do que PRETR. Na proposta da autora, esperava-se uma redução do cortisol, como consequência da adaptação fisiológica ao nível de esforço imposto pelo teste de simulação a campo, visto que trabalhos prévios (Marc *et al.*, 2000; Krumrych, 2018; Ferlazzo *et al.*, 2020) mostram que animais bem condicionados a um determinado nível de esforço físico tendem a ter uma resposta de liberação de cortisol menor. Coelho *et al.* (2022) observaram que, em cavalos de dressage submetidos a treino regular, o cortisol diminuiu com a repetição do estímulo, mas essa redução foi relacionada com a adaptação ao nível do esforço e resposta ao programa de treino.

Contudo, tal efeito não foi observado. Existem algumas propostas para justificar tal achado: (1) uma manipulação excessiva ao longo das 10 semanas se refletiu no 2º TSO; (2) o treino de intensidade progressiva exigiu uma maior resposta de mobilização energética, demandando assim uma maior liberação de cortisol no 2º TSO; (3) a intensidade ou a duração do treino não foram determinantes para provocar uma diminuição da resposta frente ao 2º teste de campo (TSO).

Dentro da proposta (1), a literatura sobre treino em passadeira aquática reporta resultados similares. Tranquille *et al.* (2017) e Vincze *et al.* (2017) descreveram elevações acentuadas de cortisol durante e imediatamente após sessões de exercício em água, com regressão dos valores em aproximadamente uma hora; no estudo de Vincze *et al.* (2017), o cortisol subiu de 155 para 219 nmol/L, reduzindo para 132 nmol/L após 60 minutos.

Tranquille *et al.* (2017) justificaram o uso do cortisol para avaliar a ativação do eixo HHA frente a diferentes tipos de exercício (em campo, passadeira seca e passadeira aquática), demonstrando a sua sensibilidade ao tipo e intensidade da atividade física, bem como sua utilidade para monitorar o grau de *stress* fisiológico imposto. De forma complementar, Vincze *et al.* (2017) reforçaram a importância de acompanhar o perfil endócrino, incluindo o cortisol, para entender as respostas metabólicas e hematológicas adaptativas ao esforço, especialmente no contexto da medicina esportiva equina.

É importante ressaltar que tais avaliações aconteceram ao longo das sessões de trabalho na água, enquanto na presente pesquisa, as análises foram realizadas nos testes de campo para avaliação de resposta ao treino. Os equinos usados estavam familiarizados com o uso do equipamento. Entretanto, o uso frequente, os ruídos do equipamento, a necessidade de 2-3 profissionais durante o processo podem ter sido um fator de *stress* adicional a ser investigado.

No protocolo proposto na passeadeira aquática, a frequência (2×/semana), a profundidade da água (ao nível da articulação carpo-metacarpiana) e o aumento progressivo de carga (incremento para trabalho em 80% da FC_{pico} nas últimas 5 semanas), podem ter aumentado a demanda metabólica de forma tal que fez com que a mobilização de cortisol se mantivesse alta (Greco-Otto *et al.*, 2017). A persistência de cortisol elevado em TR condiz com a maior mobilização de fontes de energia, como glicose e NEFA, com ambos apresentando aumentos significativos no 2º TSO.

Ferlazzo *et al.* (2020) explicam que o aumento do cortisol é proporcional à intensidade e duração do esforço, funcionando como um mecanismo adaptativo para mobilização de substratos energéticos, especialmente em protocolos que envolvem cargas progressivas e desafios cardiorrespiratórios.

Malinowski *et al.* (2004) e Hyypä (2005) também relataram manutenção da hipercortisolemia após o fim da atividade física, sugerindo que a elevação sustentada do cortisol contribui para manter a glicemia e a oferta de NEFA, essenciais ao suporte metabólico dos tecidos em esforço.

Assim, os dados obtidos no presente estudo, com elevação de cortisol paralela ao aumento de glicose e NEFA no segundo teste de campo, refletem um eixo HHA ativado de forma consistente com o maior desafio fisiológico imposto pela intensificação do protocolo na passeadeira aquática, confirmando a relevância do cortisol como marcador da demanda energética em cavalos atletas

Na 3ª hipótese, a intensidade e/ou duração do treino não teriam sido suficientes para dessensibilizar o eixo HHA. Para responder tal questão, somente propondo nova investigação com alteração dessas variáveis.

Em ambos os TSOs, observou-se que os níveis basais de cortisol aumentavam de forma acentuada imediatamente após o exercício (T1), refletindo a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA) pelo aumento da demanda metabólica relacionada com a

prática da atividade física (Marc *et al.*, 2000). O pico foi seguido de uma redução gradual nas amostras seguintes, regressando a valores próximos do basal em T3. Tal resposta era esperada.

Autores como Zandonó Meleiro (2007) e Ille *et al.* (2023) relataram aumentos do cortisol após uma sessão de exercício. Zandonó Meleiro (2007) descreveu que animais de corrida apresentaram um aumento significativo no cortisol imediatamente após a prova em relação aos níveis pré-corrida. A justificativa para tais alterações é a grande exigência metabólica da prova de alta velocidade – o cortisol é libertado para promover gliconeogênese e fornecer glicose aos músculos (Malinowski, 2020). Em provas de saltos, Ille *et al.* (2023) encontraram elevações do cortisol salivar logo após um percurso de obstáculos, em todos os cavalos avaliados. Este aumento reflete tanto o esforço físico quanto o *stress* psicossocial da competição (exposição a público, ambiente).

Por outro lado, Grzędzicka *et al.* (2023) compararam 16 cavalos de corrida experientes e 16 inexperientes submetidos a um único exercício de treino de alta intensidade (simulando corrida) e mediram cortisol antes e imediatamente após. Os autores não observaram mudanças significativa no cortisol sérico em ambos os grupos.

Hovey *et al.* (2021) acompanharam 30 cavalos em aulas de equitação terapêutica ou universitária (30–60 min de cavalgada leve) e mediram cortisol pré e pós. O cortisol sérico diminuiu significativamente no final da aula em ambos os programas (ex. de ~80 nmol/L antes para ~60 nmol/L após). Os autores interpretaram isso como reflexo de um ambiente de *stress* muito baixo: a atividade foi leve e previsível, e o exercício em si pode ter tido efeito relaxante no animal, reduzindo a liberação de HHA. Assim, cavalos em aulas calmas podem até baixar o cortisol com o exercício, refletindo uma situação de conforto ou de “desligamento” do *stress* basal.

Relativamente ao perfil metabólico, a maior disponibilidade de precursores energéticos, como glicose e NEFA, confirmou a hipótese de uma maior mobilização e oferta de energia ao longo do treino, condizendo com o aumento significativo observado para o cortisol após o treino.

A glicose apresentou um padrão distinto entre PRETR e TR. Em PRETR houve uma hipoglicemia transitória em T1, provavelmente causada pela rápida captação de glicose pelo músculo, seguida de uma rápida recuperação em T2. Após o programa de treino, em TR, a curva glicêmica mostrou-se estável, sem alterações significativas, o que sugere melhor

eficiência na regulação da glicose (Robinson, 2002; Leonhardt *et al.*, 2025). Esta adaptação sugere uma otimização no uso das fontes de energia, visto a mobilização e aumento concomitante da disponibilização de NEFA. O treino proposto teria uma ligeira vertente aeróbia, ao disponibilizar substrato lipídico (Robinson, 2002) e provavelmente isso estaria relacionado a duração do treino (~20 minutos). Treinos de longa duração são classificados como aeróbios (Vermeulen *et al.*, 2017). Esta adaptação é fisiologicamente vantajosa, pois cavalos de saltos de obstáculos com maior estabilidade glicêmica poderão apresentar melhor desempenho e recuperação mais eficiente.

Vários estudos independentes oferecem perspectivas sobre como a glicemia equina responde ao exercício (efeito agudo) e à manipulação dietética. Lawrence *et al.* (2010) demonstraram num ensaio em cruzamento com quatro cavalos que a proximidade da alimentação ao exercício altera profundamente a resposta metabólica, pois cavalos alimentados com 1 ou 3 h de antecedência sofreram quedas significativas da glicemia durante o exercício, ao passo que cavalos em jejum apresentaram aumento de glicose; além disso, a insulina plasmática diminuiu apenas nos animais alimentados imediatamente antes, sugerindo que a disponibilidade de hidratos de carbono pré-exercício influencia a homeostase glicêmica. Em contraste, Bröjer *et al.* (2012) avaliaram a administração oral de glicose e leucina após um exercício extenuante e observaram que a suplementação elevou a insulina e a glicose sérica durante quatro horas sem melhorar a síntese de glicogénio, cuja reposição total nos cavalos leva 48–72 horas.

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que os equinos apresentaram níveis significativamente maiores de glicose em repouso. Estes resultados estão em concordância com o perfil fisiológico descrito na literatura – em exercícios agudos, o músculo inicialmente consome glicose, podendo ocorrer uma diminuição transitória seguida de um aumento mediado por um estímulo adrenérgico (Ferraz *et al.*, 2008; Ferraz *et al.*, 2010; Vincze *et al.*, 2017).

Ferraz *et al.* (2008), avaliaram cavalos submetidos a uma prova de 1600 m, e observaram uma leve diminuição da glicose nos primeiros 5 minutos, seguida de um aumento significativo no final da atividade, atribuída à ação da catecolaminas sobre a glicogenólise hepática. De forma semelhante, Vincze *et al.* (2021) relatou, em cavalos atletas submetidos a treinamento em campo, uma estabilidade glicêmica nas fases iniciais e posterior aumento no final do exercício, associada à ativação do eixo adrenocortical e à libertação de glicose endógena.

Vincze *et al.* (2017), relataram comportamento glicémico semelhante em treinos na passeadeira aquática. Estas alterações podem ser atribuídas ao aumento da sensibilidade à insulina, maior disponibilidade de substrato energético e à transição para o de lipídios como principal fonte de energia durante o exercício, poupando glicose e estabilizando os níveis ao longo da atividade (Vincze *et al.*, 2017).

A resposta dos NEFA ao treino de 10 semanas revelou um comportamento complexo alinhado com adaptações metabólicas esperadas e observadas para glicose sanguínea e cortisol sérico. No TR, houve uma maior mobilização de fontes lipídicas de energia. Do ponto vista prático, este perfil traduz-se numa poupança de glicogénio e numa utilização concomitante de lipídios como combustível durante o exercício, sem sinais de catabolismo excessivo ou de balanço energético negativo.

Estudos comparativos indicam que esforços explosivos ou repetidos (como corridas de velocidade ou percursos de salto) aumentam marcadamente os NEFA (Piccione *et al.*, 2025). Por exemplo, em provas simuladas de alta performance, os níveis de NEFA pós-exercício foram significativamente mais altos do que nos níveis basais. Essa resposta indica intensa lipólise, pois o organismo mobiliza gordura para manter o esforço (Piccione *et al.*, 2025).

Em cavalos saltadores, embora haja poucos dados diretos, espera-se comportamento semelhante: períodos de alto esforço aeróbico/anaeróbico causam aumento agudo dos NEFA para fornecimento de energia (Piccione *et al.*, 2025).

Li *et al.* (2012) mostraram que cavalos de corrida submetidos a treino intenso apresentaram níveis de NEFA cerca de 50% superiores aos de cavalos de sela pouco treinados, indicando uma adaptação metabólica com maior capacidade de utilização de gorduras como fonte energética.

Siqueira *et al.* (2024) também encontraram valores de NEFA significativamente mais altos em cavalos Árabes de corrida do que em cavalos de enduro (0,89 vs. 0,37 mmol/L, $p<0,001$), reforçando que esforços de alta intensidade aumentam a oxidação lipídica.

É importante notar que, apesar do aumento agudo nos esforços intensos, o treino aeróbico prolongado costuma induzir adaptações metabólicas que modulam a resposta dos NEFA (Brandi *et al.*, 2010).

Arfuso *et al.* (2025) relataram que, em cavalos submetidos a um programa aeróbico regular, há *downregulation* da lipólise induzida pelo exercício – ou seja, menor mobilização de

NEFA durante o esforço – associada à maior eficiência muscular no uso de gorduras pós-treino. Por outras palavras, o treino regular promove economia de glicogénio e aumenta a captação e oxidação de ácidos graxos pelo músculo, diminuindo a acumulação de NEFA circulante sob esforços moderados (Brandi *et al.*, 2010).

Esse aumento nos níveis de NEFA pós-exercício no grupo TR sugere que as vias oxidativas de gordura foram reforçadas pelo treinamento, poupando glicogénio muscular, conforme descrito na literatura (Piccione *et al.*, 2025). Por outras palavras, os nossos cavalos treinados adaptaram-se a utilizar mais gordura como combustível, sem sinais de perda proteica ou balanço energético negativo (Li *et al.*, 2012). Isso está de acordo com estudos que mostram que animais submetidos a esforço intenso mantêm ou elevam NEFA (indicando uso de gorduras) quando bem condicionados (Farinelli *et al.*, 2024). Ao mesmo tempo, não houve evidência de catabolismo excessivo, corroborando que o treinamento adequado promove economia de glicogénio e metabolismo lipídico otimizado (Farinelli *et al.*, 2024). Portanto, os nossos resultados confirmam que o protocolo aplicado melhorou o metabolismo energético dos cavalos, estimulando mobilização de ácidos graxos como combustível principal, o que é consistente com as adaptações fisiológicas relatadas na literatura

No PRETR, a prática da atividade física influenciou os valores de NEFA, enquanto que após o treino, essa variável não se alterou em função do esforço imposto. Piccione *et al.* (2025) relataram um aumento discreto, mas sustentado dos NEFA após exercício moderado em cavalos treinados, em contraste com aumentos mais pronunciados em protocolos de alta intensidade.

A maioria dos estudos relata um aumento significativo de NEFA imediatamente após o exercício físico. Arfuso *et al.* (2021) observaram que cavalos que competiram num percurso de endurance de 44 km tiveram os NEFA significativamente maiores aos 5, 30 e 60 minutos após a prova.

De modo semelhante, Le Moyec *et al.* (2019), verificaram que os NEFA pós corrida ficaram mais elevados em todas as distâncias, sendo o parâmetro bioquímico de maior peso nos modelos estatísticos.

Estes achados indicam que, independentemente da distância, o exercício prolongado mobiliza lípidos como fonte de energia, aumentando os NEFA circulantes. Até mesmo em exercício moderado repetitivo como salto de obstáculos, Resende *et al.* (2025) descreveram

aumentos dos NEFA após as sessões de treino, especialmente em raças mais adaptadas, comparativamente a cavalos não especializados.

De uma forma geral, estes autores apontam para uma resposta lipídica aguda logo após a atividade. Os NEFA aumentam, refletindo a libertação adrenérgica de ácidos graxos pelos adipócitos. Estes aumentos são geralmente transitórios, pois observa-se uma tendência de retorno progressivo aos valores basais nas horas subsequentes, especialmente após reposição energética e recuperação.

Os valores de lactato permaneceram abaixo do limite anaeróbio (4 mmol/L) em todas as fases do estudo, sugerindo que o TSO usado para avaliar o treino seja maioritariamente de caráter aeróbio (Greco-Otto *et al.*, 2017; Vincze *et al.*, 2017). No teste de campo realizado após as 10 semanas (TR), os cavalos apresentaram valores de lactato mais baixos em relação ao PRETR, sugerindo um menor acúmulo de lactato, possivelmente em decorrência da maior mobilização de outras fontes de energia (glicose e NEFA) e do aprimoramento aeróbio (Vincze *et al.*, 2017; Sikorska *et al.*, 2025). Ao melhorar a capacidade aeróbia do animal, menos lactato é produzido e acumulado, aumentando a resistência à fadiga (Vincze *et al.*, 2017). Este resultado vai ao encontro das conclusões realizadas por Vincze *et al.* (2017), que demonstraram que um regime de treino na passarela aquática melhorou a capacidade de fornecimento de energia aeróbia em cavalos de desporto, observando nos animais concentrações de lactato menores durante o treino.

Em sessões específicas dos treinos na água, foram feitas avaliações seriadas para determinação de lactato sanguíneo com o propósito de verificar se o exercício na água causaria alterações nessa variável sanguínea. Verificou-se que a atividade física na água, mesmo em maiores intensidades (semanas 6 e 8) não foram suficientes para promover alterações significativas, o que poderia sugerir que a intensidade do exercício foi moderada. Contudo, existe a possibilidade da temperatura da água poder influenciar tais resultados. Ela provocaria uma vasoconstrição suficiente para retardar a liberação do lactato muscular ou faria com que sua liberação fosse lenta o suficiente para permitir uma depuração eficiente do lactato liberado.

A análise integrada dos biomarcadores estudados revela que as alterações observadas não ocorrem de forma isolada, mas sim em conjunto. A redução do lactato e a maior disponibilidade de glicose e NEFA, sugerem um aprimoramento do uso das fontes energéticas. Estudo de Piccione *et al.* (2025) descreveu correlações positivas entre He, Hb, Hct e NEFA durante o exercício, atribuindo estas relações à acção das catecolaminas, que estimulam

simultaneamente a libertação de glóbulos vermelhos do baço e a mobilização lipídica. Neste estudo, a tendência semelhante apoia a hipótese de que a adrenalina atua como mediador comum na adaptação hematológica e metabólica.

As proteínas totais (PTN) fornecem informação sobre o estado hídrico, nutricional e inflamatório. Tanto no PRETR como no TR observou-se um aumento significativo de PTN imediatamente após o exercício (T1), seguido de queda rápida em T2 e T3. Este padrão é típico de hemoconcentração aguda e transitória, em que a perda de fluido plasmático pelo suor e pela redistribuição para o espaço intersticial eleva a concentração proteica (Santiago *et al.*, 2013). Contudo, a rápida recuperação sinaliza bom condicionamento físico e não um quadro severo de desidratação (Santiago *et al.* 2013).

Após o treino de 10 semanas, os valores de PTN foram significativamente superiores. Esta interpretação está alinhada com estudos hematológicos em cavalos escolares e de competição, que descrevem aumentos de PTN basais após programas regulares de treino (Maško *et al.*, 2021).

Estes autores verificaram que o exercício provoca alterações nas PTN de cavalos atletas, principalmente em função da hemoconcentração decorrente da redistribuição de fluidos durante o esforço. Santiago *et al.* (2013), relatou que cavalos Quarto de Milha submetidos a exercício intenso apresentaram de imediato um aumento das PTN logo após o esforço, atribuído à redução aguda do volume plasmático por perdas de suor e possivelmente à contração esplénica, com retorno dos valores após o exercício. Esta alteração foi mais pronunciado em cavalos de enduro (~19,5% superior ao valor basal) do que em animais de corrida (~8,7%), refletindo a maior duração do exercício de longa distância e a consequente intensificação da desidratação nesses animais (Santiago *et al.*, 2013). Em contrapartida, cavalos submetidos a esforços de menor intensidade/duração não exibiram variações relevantes nas PTN, o que os autores associam ao menor *stress* físico e às mínimas perdas hídricas, evitando alterações plasmáticas significativas após o exercício (Maško *et al.*, 2021).

Por fim, a relação entre glicose e o cortisol sugere que a redução do pico de hipoglicemia pós-treino está associada à modulação da resposta hormonal. O cortisol estimula a gluconeogénese e liberta glicose hepática; com o treino, a necessidade dessa libertação diminui porque os músculos utilizam mais lípidos. A estabilidade glicémica, portanto, reflecte não só melhor adaptação metabólica, mas também menor activação do eixo HHA.

No presente estudo, observou-se uma resposta cardiorrespiratória típica de exercício submáximo durante o protocolo em passeadeira aquática. A frequência cardíaca (FC) aumentou significativamente com o esforço, tanto antes como após o período de treino de 10 semanas, mas retornou rapidamente aos valores basais, indicando recuperação eficiente. A FC basal pré-treino ($30 \pm 5,5$ bpm) elevou-se para $91,3 \pm 27,5$ bpm no pico do exercício, regressando a $34,7 \pm 2,1$ bpm aos 30 min e a $33,7 \pm 4,8$ bpm às 4 horas.

No pós-treino, a FC em repouso foi de $32,8 \pm 3,3$ bpm, atingindo $98,7 \pm 16,1$ bpm imediatamente após o esforço e retornando a $40,7 \pm 3,0$ bpm aos 30 minutos, com estabilização completa às 4 horas. A frequência respiratória (FR) seguiu padrão semelhante, com aumentos transitórios seguidos de recuperação rápida.

A temperatura corporal permaneceu estável em todos os momentos avaliados, dentro dos limites fisiológicos ($37,1$ – $37,8$ °C), com elevações discretas e não significativas após o exercício. Esses dados indicam que, embora o exercício tenha sido suficiente para provocar resposta aguda dos sistemas cardiovascular e respiratório, a magnitude e duração da carga imposta não foram suficientes para induzir adaptações crônicas nesses sistemas, uma vez que não se observaram alterações consistentes na FC basal nem na amplitude da resposta ao esforço.

Os achados estão em concordância com a literatura atual sobre treinamento em passeadeira aquática em equinos. Estudos demonstram que esse tipo de exercício promove elevação temporária da FC e FR, com rápida recuperação, refletindo predominância de metabolismo aeróbico e baixa sobrecarga fisiológica.

Leguillette *et al.* (2020) reportaram ausência de mudanças significativas na FC máxima e na recuperação cardíaca após 18 dias de treino em hidroesteira, enquanto Arfuso *et al.* (2022) e Tranquille *et al.* (2017) apontaram que protocolos com intensidade moderada não são suficientes para promover alterações hemodinâmicas estruturais ou ventilatórias de longa duração. Além disso, a estabilidade térmica observada está de acordo com os efeitos termorregulatórios esperados da imersão em água, que facilita a dissipação de calor e previne aumentos hipertermizantes induzidos pelo exercício. Assim, os dados obtidos sugerem que, embora tenha ocorrido aclimação ao esforço e possível melhora na tolerância física, não houve evidência de adaptações cardiovasculares robustas, o que corrobora com a interpretação de que a intensidade da carga aplicada foi inferior ao limiar necessário para provocar remodelações centrais ou periféricas mensuráveis.

6. Conclusão

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que dez semanas de treino em passadeira aquática induziram adaptações metabólicas favoráveis sem provocar alterações significativas no eixo endócrino ou no perfil hematológico. Os cavalos treinados apresentaram redução do lactato pós-exercício e manutenção da glicemia dentro de valores basais, sugerindo maior eficiência do metabolismo aeróbio; simultaneamente, registou-se um aumento moderado dos NEFA, indicador de mobilização lipídica controlada. O hemograma mostrou apenas incrementos discretos no volume globular e no volume corpuscular médio, com ligeira diminuição da concentração de hemoglobina corpuscular média, reforçando que os estímulos impostos foram submáximos e não desencadearam policitemias ou alterações marcantes do transporte de oxigénio.

Embora as adaptações metabólicas sejam evidentes, o treino não modulou de forma significativa a resposta de cortisol, a frequência cardíaca nem a frequência respiratória: as variações destes parâmetros resultaram principalmente do efeito agudo do exercício (TSO) e regressaram rapidamente ao basal, independentemente do momento do estudo. A ausência de diminuição do cortisol sugere que, apesar da melhoria na eficiência energética, o estímulo aquático continuou a ser percebido como um fator de *stress* pelos animais.

O presente estudo, ao monitorizar um painel de biomarcadores metabólicos, endócrinos e hematológicos, reforça a importância de avaliar múltiplas dimensões fisiológicas para compreender a adaptação ao treino.

Em síntese, a passadeira aquática revela-se um recurso promissor, mas a sua eficácia plena na melhoria do desempenho e da saúde dos cavalos depende de uma prescrição individualizada e baseada em evidência.

7. Referências bibliográficas

Allen, K. J., van Erck-Westergren, E., & Franklin, S. H. (2015). *Exercise testing in the equine athlete*. Equine Veterinary Education, 28(2), 89–98. <https://doi.org/10.1111/eve.12410>

Anderson, M. G. (1975). *The effect of exercise on blood metabolite levels in the horse*. Research in Veterinary Science, 18(1), 53–56. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/234843/>

Arfuso, F., Giannetto, C., Giudice, E., Fazio, F., & Piccione, G. (2016). *Dynamic modulation of platelet aggregation, albumin and nonesterified fatty acids during physical exercise in Thoroughbred horses*. Research in veterinary science, 104, 86-91 . <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.11.013>.

Arfuso, F., Giannetto, C., Giudice, E., Fazio, F., Panzera, M., & Piccione, G. (2021). *Peripheral Modulators of the Central Fatigue Development and Their Relationship with Athletic Performance in Jumper Horses*. Animals: an Open Access Journal from MDPI, 11. <https://doi.org/10.3390/ani11030743>.

Art, T., Amory, H., Desmecht, D., & Lekeux, P. (2010). *Effect of show jumping on heart rate, blood lactate and other plasma biochemical values*. Equine Veterinary Journal, 22(S9), 78–82. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1990.tb04740.x>

Aurich, J., Wulf, M., Ille, N., Erber, R., von Lewinski, M., Palme, R., & Aurich, C. (2015). *Effects of season, age, sex, and housing on salivary cortisol concentrations in horses*. Domestic Animal Endocrinology, 52, 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2015.01.003>

Becker, K., & Lewczuk, D. (2022). *Variability of Jump Biomechanics Between Horses of Different Age and Experience Using Commercial Inertial Measurement Unit Technology*. Journal of Equine Veterinary Science, 119, 104146. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2022.104146>

Blaue, D., Schedlbauer, C., Starzonek, J., Gittel, C., Brehm, W., Einspanier, A., & Vervuert, I. (2019). *Effects of body weight gain on insulin and lipid metabolism in equines*. Domestic animal endocrinology, 68, 111-118 . <https://doi.org/10.1016/J.DOMANIEND.2019.01.003>.

Borgia, L. A., Valberg, S. J., & Essen-Gustavsson, B. (2010). *Differences in the metabolic properties of gluteus medius and superficial digital flexor muscles and the effect of*

water treadmill training in the horse. Equine Veterinary Journal Supplement, 38, 665–670. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00229.x>

Bröjer, J. T., Katarina E. A. Nostell, Birgitta Essén-Gustavsson, & Hedenström, U. O. (2012). *Effect of repeated oral administration of glucose and leucine immediately after exercise on plasma insulin concentration and glycogen synthesis in horses*. American Journal of Veterinary Research, 73(6), 867–874. <https://doi.org/10.2460/ajvr.73.6.867>

Cappai, M., Taras, A., Biggio, G., Dimauro, C., Gatta, D., Cossu, I., Cherchi, R., & Pinna, W. (2021). *NEFA, BHBA, UREA and Liver Enzyme Variation in the Bloodstream of Weaned Foals up to 18 Months of Age*. Animals: an Open Access Journal from MDPI, 11. <https://doi.org/10.3390/ani11061746>.

Cayado, P., Muñoz-Escassi, B., Domínguez, C., Manley, W., Olabarri, B., Muela, M. S., Castejon, F., Marañon, G., & Vara, E. (2006). *Hormone response to training and competition in athletic horses*. Equine Veterinary Journal, 38(S36), 274–278. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05552.x>

Coelho, C. S., Silva, A. S. B. A., Santos, C. M. R., Santos, A. M. R., Vintem, C. M. B. L., Leite, A. G., Fonseca, J. M. C., Prazeres, J. M. C. S., Souza, V. R. C., Siqueira, R. F., Manso Filho, H. C., & Simões, J. S. A. (2022). *Training Effects on the Stress Predictors for Young Lusitano Horses Used in Dressage*. Animals, 12(23), 3436. <https://doi.org/10.3390/ani12233436>

Coelho, D., Valera, M., Sousa, C. P., Teixeira-Neto, A. R., & Canisso, I. F. (2022). *Physiological, hematological and heart rate variability responses to a 6-week training program in Lusitano horses*. Animals, 12(23), 3436. <https://doi.org/10.3390/ani12233436>

Cywińska, A., Witkowski, L., Szarska, E., Górecka, R., Hecold, M., Strzelec, K., & Winnicka, A. (2010). *The effect of the 162 km endurance ride on equine peripheral blood neutrophil and lymphocyte functions*. Polish Journal of Veterinary Sciences, 13(3), 507–513. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20731182>

Daradics, Z., Niculae, M., Crecan, C., Lupsan, A., Rus, M., Andrei, S., Ciobanu, D., Cătoi, F., Pop, I., Mircean, M., & Catoi, C. (2022). *Clustering and Correlations amongst NEFA, Selected Adipokines and Morphological Traits—New Insights into Equine Metabolic*

Syndrome. Animals: an Open Access Journal from MDPI, 12. <https://doi.org/10.3390/ani12202863>.

Djoković, R., Mitić, N., Cincović, M. R., Jašović, B., Stanimirović, Z., & Boboš, S. (2021). *Changes in hematological parameters in endurance horses during a 60-km race and five days of recovery*. *Acta Veterinaria-Beograd*, 71(2), 210–220. <https://doi.org/10.2478/acve-2021-0017>

Donovan, D. C., Jackson, C. A., Colahan, P. T., Norton, N., Hurley, D. J., & Moore, J. N. (2007). *Assessment of exercise-induced alterations in neutrophil function in horses*. *American Journal of Veterinary Research*, 68(11), 1198–1204. <https://doi.org/10.2460/ajvr.68.11.1198>

Dunkel, B., Mason, C., & Chang, Y. (2019). *Retrospective evaluation of the association between admission blood glucose and l-lactate concentrations in ponies and horses with gastrointestinal disease (2008-2016): 545 cases*. *Journal of veterinary emergency and critical care*. <https://doi.org/10.1111/vec.12851>.

Equine Hydrotherapy Working Group. (2020). *Equine Water Treadmill Exercises: A guide for users*. In Hartpury University. <https://pure.hartpury.ac.uk/en/publications/equine-water-treadmill-exercises-a-guide-for-users>

Farinelli, R., Silva, B. O., Fernandes, M. L., & Fernandes, W. R. (2024). *Evaluation basal lipid metabolism components and adiposity in trained Arabian horses for Endurance and Racing*. *Ciência Rural*, 54(10), e20230373. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20230373>

Fazio, F., Assenza, A., Tosto, F., Casella, S., Piccione, G., & Caola, G. (2014). *Training and haematochemical profile in Thoroughbreds and Standardbreds: A longitudinal study*. *Comparative Clinical Pathology*, 23, 993–1003. <https://doi.org/10.1007/s00580-013-1764-5>

Fazio, F., Aragona, F., Piccione, G., Pino, C., & Giannetto, C. (2023). *Cardiac biomarker responses to acute exercise in show jumping horses*. *Journal of equine veterinary science*, 104882. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2023.104882>.

Ferraz, G. C., Teixeira-Neto, A. R., D'Angelis, F. H. F., Lacerda-Neto, J. C., Queiroz-Neto, A., & Carregaro, A. B. (2010). *Aerobic training, but not creatine supplementation, alters*

the glutathione antioxidant system and hematological parameters of horses. Journal of Animal Science, 88(2), 544–552. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2145>

Fercher, C. (2017). *The Biomechanics of Movement of Horses Engaged in Jumping Over Different Obstacles in Competition and Training*. Journal of Equine Veterinary Science, 49, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.10.002>

Ferlazzo, A., Cravana, C., Fazio, E., & Medica, P. (2020). *The different hormonal system during exercise stress coping in horses*. In Veterinary World (Vol. 13, Issue 5, pp. 847–859). Veterinary World. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.847-859>

Figueiredo, M., Costa, G., Rodrigues, V., & Junior, D. (2021). *Exercise physiology na essential tool in the evaluation of equine athletes: Review*. Pubvet, 15(6), 1-10. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n06a848.1-10>

Frishman, A. (2010). *Heart rate and respirator rate response to exercise in horses (Proceedings)*. DVM 360. <https://www.dvm360.com/view/heart-rate-and-respirator-rate-response-exercise-horses-proceedings>

Gama Neto, A. M., Dias, R. V. C., Lacerda, R. B., Almeida, F. Q., & Orozco, C. A. G. (2012). *Blood lactate concentration in Mangalarga Marchador horses submitted to field march test*. Ciência Animal Brasileira, 13(1), 71–77. <https://doi.org/10.5216/cab.v13i1.14449>

Greco-Otto, P., Bond, S., Sides, R., Kwong, G. P. S., Bayly, W., & Léguillette, R. (2017). *Workload of horses on a water treadmill: effect of speed and water height on oxygen consumption and cardiorespiratory parameters*. BMC Veterinary Research, 13(1), 360. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1290-2>

Greco-Otto, P., Bond, S., Sides, R., Bayly, W., & Léguillette, R. (2020). *Conditioning equine athletes on water treadmills significantly improves peak oxygen consumption*. Veterinary Record, 186(8), 250. <https://doi.org/10.1136/vr.104684>

Grzędzicka, J., Dąbrowska, I., Malin, K., & Witkowska-Piłaszewicz, O. (2023). *Exercise-related changes in the anabolic index (testosterone to cortisol ratio) and serum amyloid A concentration in endurance and racehorses at different fitness levels*. Frontiers in Veterinary Science, 10, 1148990. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1148990>

Guimaraes, R. (2013). *Validação de um protocolo de treinamento para provas de marcha da Raça Mangalarga Marchador*.

Harari, S., Deretz, S., Priest, D., Richard, E., & Ricard, A. (2024). *Comparison of blood parameters in two genetically different groups of horses for functional longevity in show jumping*. *Frontiers in Genetics*, 15. <https://doi.org/10.3389/fgene.2024.1455790>.

Hart, K., Wochele, D., Norton, N., McFarlane, D., Wooldridge, A., & Frank, N. (2016). *Effect of Age, Season, Body Condition, and Endocrine Status on Serum Free Cortisol Fraction and Insulin Concentration in Horses*. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 30, 653 - 663. <https://doi.org/10.1111/jvim.13839>.

Hinchcliff, K. W. (2014). *The horse as an athlete*. In *Equine sports medicine and surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete* (2. ed, pp. 14–21). Saunders Elsevier.

Hodgson, D. R., & McGowan, C. M. (2014). *An Overview of Performance and Sports Medicine*. In *The athletic horse: Principles and practice of equine sports medicine* (2nd ed, pp. 1–8). Saunders/Elsevier/doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.07.019

Hovey, M. R., Davis, A., Chen, S., Godwin, P., & Porr, C. A. S. (2020). *Evaluating Stress in Riding Horses: Part One - Behavior Assessment and Serum Cortisol*. *Journal of Equine Veterinary Science*, 96, 103297. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103297>

Jackson, M., Johnson, K., Leatherwood, J., & Bradbery, A. (2022). *Blood Lactate Response of Yearling Horses on a Progressive Workload*. *Journal of Animal Science*. <https://doi.org/10.1093/jas/skac028.089>.

Johansson, A. M., Jäderkvist Fegraeus, K., Jansson, A., & Essen-Gustavsson, B. (2024). *Plasma proteome adaptations in horses to two years of training: Effects of age, training intensity and discipline*. *Scientific Reports*, 14(1), 3456. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75266-8>

Jose-Cunilleras, E., & Hinchcliff, K. (2004). *Carbohydrate metabolism in exercising horses*. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 1, 23-32. <https://doi.org/10.1079/ECP20031>.

Jumping |. (2022). FEI.org. <https://www.fei.org/jumping>

- Kentucky Equine Research. (2013). *Aerobic and Anaerobic Exercise in Horses*. Kentucky Equine Research. <https://ker.com/equinews/aerobic-anaerobic-exercise-horses/>
- King, M. R. (2016). *Principles and Application of Hydrotherapy for Equine Athletes*. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, 32(1), 115–126. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2015.12.008>
- Kirsch, K., Fercher, C., Horstmann, S., von Reitzenstein, C., Augustin, J., & Lagershausen, H. (2022). *Monitoring Performance in Show Jumping Horses: Validity of Non-specific and Discipline-specific Field Exercise Tests for a Practicable Assessment of Aerobic Performance*. Frontiers in Physiology, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.818381>
- Krumrych, W., Gołda, R., Gołyński, M., Markiewicz, H., & Buzala, M. (2018). *Effect of physical exercise on cortisol concentration and neutrophil oxygen metabolism in peripheral blood of horses*. Annals of Animal Science, 18(1), 53–68. <https://doi.org/10.1515/aoas-2017-0019>
- Kurhaluk, N., Pasichnyk, L., & Marenkov, O. (2023). *Exercise-induced changes in the level of total protein and its fractions in the blood of horses involved in recreational horseback riding*. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 25(107), 12–18. <https://doi.org/10.32718/nlvvet10702>
- Lawrence, L. M., Hintz, H. F., Soderholm, L. V., Williams, J., & Roberts, A. M. (2010). *Effect of time of feeding on metabolic response to exercise*. Equine Veterinary Journal, 27(S18), 392–395. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1995.tb04959.x>
- Le Moyec, L., Robert, C., Triba, M. N., Bouchemal, N., Mach, N., Rivière, J., Zalachas-Rebours, E., & Barrey, E. (2019). *A First Step Toward Unraveling the Energy Metabolism in Endurance Horses: Comparison of Plasma Nuclear Magnetic Resonance Metabolomic Profiles Before and After Different Endurance Race Distances*. Frontiers in Molecular Biosciences, 6. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2019.00045>
- Léguillette, R., Bond, S. L., Lawlor, K., Haan, T. de, & Weber, L. M. (2020). *Comparison of physiological demands in Warmblood show jumping horses over a standardized 1.10 m jumping course versus a standardized exercise test on a track*. BMC Veterinary Research, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02400-9>

Leonhardt, A., Politz, N., & Rasch, K. (2025, May 13). *Continuous glucose measurement (CGM) in the horse -A field trial*. ResearchGate; unknown. https://www.researchgate.net/publication/391687451_Continuous_glucose_measurement_CGM_in_the_horse_-A_field_trial

Lindner, A., Mosen, H., Kissenbeck, S., Fuhrmann, H., & Sallmann, H. (2009). *Effect of blood lactate-guided conditioning of horses with exercises of differing durations and intensities on heart rate and biochemical blood variables*. Journal of animal science, 87 10, 3211-7 . <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2001>.

Machado, L. P. (2006). *Resposta do eritrograma e do leucograma de equinos Árabes submetidos a exercício progressivo em esteira com e sem suplementação de vitamina E* [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital USP. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10133/tde-23082007-111103/>

Malik, C. E., Wong, D. M., Dembek, K. A., & Wilson, K. E. (2022). *Comparison of two glucose-monitoring systems for use in horses*. American Journal of Veterinary Research, 1–7. <https://doi.org/10.2460/ajvr.21.05.0068>

Malinowski, K. (2020). *Stress Management for Equine Athletes* | Equine Science Center. Rutgers.edu. https://esc.rutgers.edu/fact_sheet/stress-management-for-equine-athletes/

Marc, M., Parvizi, N., Ellendorff, F., Kallweit, E., & Elsaesser, F. (2000). *Plasma cortisol and ACTH concentrations in the warmblood horse in response to a standardized treadmill exercise test as physiological markers for evaluation of training status*. Journal of Animal Science, 78(7), 1936. <https://doi.org/10.2527/2000.7871936x>

Massányi, P., Massányi, M., Kováčik, A., Toman, R., Martiniaková, M., Omelka, R., & Formicki, G. (2023). *Salivary cortisol as a biomarker of stress in horses during training and transportation*. Animals, 13(15), 2486. <https://doi.org/10.3390/ani13152486>

Maško, M., Domino, M., Jasiński, T., & Witkowska-Piłaszewicz, O. (2021). *The Physical Activity-Dependent Hematological and Biochemical Changes in School Horses in Comparison to Blood Profiles in Endurance and Race Horses*. Animals, 11(4), 1128. <https://doi.org/10.3390/ani11041128>

Mattosinho, R. D. O., Sampaio, A. J. S. de A., Balarin, M. R. S., Fiorato, C. A., Vasques, G. M. B., Silva, A. L. Y. da, & Marcusso, P. F. (2017). *Alterações hematológicas e bioquímica sérica de equinos atletas*. Revista de Ciência Veterinária E Saúde Pública, 4(1), 082. <https://doi.org/10.4025/revcivet.v4i1.35706>

Miglio, A., Falcinelli, E., Mezzasoma, A. M., Cappelli, K., Mecocci, S., Gresele, P., & Antognoni, M. T. (2021). *Effect of First Long-Term Training on Whole Blood Count and Blood Clotting Parameters in Thoroughbreds*. Animals, 11(2), 447. <https://doi.org/10.3390/ani11020447>

Moreira, D. O., Leme, F. de O. P., Marques, M. M., Leão, N. F., Viana, W. S., Faleiros, R. R., & Alves, G. E. S. (2015). *Concentrações de proteínas totais, glicose, cálcio, fósforo, lactato, ureia e creatinina em equinos de cavalaria militar antes e após trabalho de patrulhamento urbano*. Ciência Animal Brasileira, 16(1), 73–80. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v16i115233>

Muñoz, A., Becero, M., Aritz Saitua, Argüelles, D., Sánchez, A., & Castejón-Riber, C. (2019). *Exercise in the water: should we incorporate it into training and rehabilitation programs for the sport horse?* 107(2), 1–11. <https://doi.org/10.6092/1828-6550/apmb.107.2.2019.sd3>

Muñoz, A., Saitua, A., Becero, M., Riber, C., Satué, K., Medina, A. S. de, Argüelles, D., & Castejón-Riber, C. (2019). *The use of the water treadmill for the rehabilitation of musculoskeletal injuries in the sport horse*. Journal of Veterinary Research, 63(3), 439–445.

Nankervis, K., Tranquille, C., McCrae, P., York, J., Lashley, M., Baumann, M., King, M., Sykes, E., Lambourn, J., Miskimmin, K.-A., Allen, D., van Mol, E., Brooks, S., Willingham, T., Lacey, S., Hardy, V., Ellis, J., & Murray, R. (2021). *Consensus for the General Use of Equine Water Treadmills for Healthy Horses*. Animals, 11(2), 305. <https://doi.org/10.3390/ani11020305>

Navas de Solis, C. (2019). *Cardiovascular Response to Exercise and Training, Exercise Testing in Horses*. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, 35(1), 159–173. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2018.11.003>

Obstáculos. (2024). Wwww.fep.pt. <https://www.fep.pt/Disciplinas/Obst%C3%A1culos>

Oliveira NJF, Pereira LFL, Mendes LJ, Wenceslau RR, Souza RM. *Interferentes intrínsecos, extrínsecos e de condicionamento físico em parâmetros sanguíneos de equídeos*. Cad. Ciênc. Agrá. V.8, n.1, p.90-100, 2016.

Özcan, C., Başoğlu, A., Erdemli, E., & Birdane, F. M. (2002). *The effects of physical exercise on plasma lipid and protein profile in race horses*. Acta Veterinaria-Beograd, 52(5-6), 365–374. <https://doi.org/10.2298/AVB0206365O>

Pratt-Phillips, S. E., Thornton, J. R., Williamson, A. K., Whitfield-Cargile, C. M., & Staniar, W. B. (2024). *Effect of exercise conditioning on countering the effects of dexamethasone administration in horses*. Frontiers in Physiology, 15, 1565005. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1565005>

Piccione, G., Arfuso, F., Giudice, E., Aragona, F., Pietro Pugliatti, Panzera, M. F., Zumbo, A., Monteverde, V., Bartolo, V., Barbera, A., & Giannetto, C. (2025). *Dynamic Adaptation of Hematological Parameters, Albumin, and Non-Esterified Fatty Acids in Saddlebred and Standardbred Horses During Exercise*. Animals, 15(3), 300–300. <https://doi.org/10.3390/ani15030300>

Rhodes, A., Wilkins, P., & McCoy, A. (2024). *Comparison of plasma l-lactate between jugular and cephalic veins in healthy and systemically ill horses using a point-of-care device*. Journal of veterinary emergency and critical care. <https://doi.org/10.1111/vec.13364>.

Rivero, J.-L., & Piercy, R. (2014). *Muscle physiology: Responses to exercise and training*. In Equine sports medicine and surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete (2. ed, pp. 69–108). Saunders Elsevier.

Robinson, N. E. (2002). *Current therapy in equine medicine* (5th ed.). Saunders.

Robyn, J., Plancke, L., Boshuizen, B., De Meeûs, C., De Bruijn, M., & Delesalle, C. (2017). *Substrate use in horses during exercise - the “fasted” compared to the postprandial state*. Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift, 86(5), 275–284. <https://doi.org/10.21825/vdt.v86i5.16166>

Scacco, L., Marzi, I., Pieramati, C., & Rueca, F. (2011). *Studio delle modificazioni ematobiochimiche osservate in cavalli da completo durante le competizioni*. Ippologia, 22(2). https://vetjournal.it/images/archive/pdf_riviste/4477.pdf

Saitua, A., Becero, M., Argüelles, D., Castejón-Riber, C., De Medina, A., Satué, K., & Muñoz, A. (2020). *Combined Effects of Water Depth and Velocity on the Accelerometric Parameters Measured in Horses Exercised on a Water Treadmill*. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 10. <https://doi.org/10.3390/ani10020236>.

Santiago, J. M., Almeida, F. Q., Silva, L. L. F., Miranda, A. C. T., Azevedo, J. F., Oliveira, C. A. A., & S.S. Carrilho. (2013). *Hematologia e bioquímica sérica de equinos de concurso completo de equitação em treinamento Hematology and serum biochemistry of event horses in training*. DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals).

Satué, K., Muñoz, A., & Gardón, J. C. (2014). *Interpretation of Alterations in the Horse Erythrogram*. *Journal of Hematology Research*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.12974/2312-5411.2014.01.01.1>

Sikorska, U., Maško, M., Rey, B., & Domino, M. (2025). *Heart Rate, Hematological, and Biochemical Responses to Exercise on Water Treadmill with Artificial River in School Horses*. *Applied Sciences*, 15(4), 1772. <https://doi.org/10.3390/app15041772>

Silva, A. S. B. A. da. (2022). *Caracterização de biomarcadores de bem-estar em resposta a um protocolo de treino de seis semanas em cavalos Puro Sangue Lusitano* [Dissertação de mestrado, Universidade Lusófona – Centro Universitário de Lisboa].

Titotto, A. C., Santos, M. M., Ramos, G. V., dos, M., Benvenuto, G. V., Luciana, Júlio A. N. Lisboa, & Lacerda-Neto, J. C. (2023). *Effect of Lactate Minimum Speed-Guided Training on the Fluid, Electrolyte and Acid-Base Status of Horses*. *Animals*, 13(20), 3290–3290. <https://doi.org/10.3390/ani13203290>

Tranquille, C. A., Nankervis, K. J., Walker, V. A., Tacey, J. B., & Murray, R. C. (2017). *Current Knowledge of Equine Water Treadmill Exercise: What Can We Learn From Human and Canine Studies?* *Journal of Equine Veterinary Science*, 50, 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.10.011>

Van Weeren, R. (2014). *Training Show Jumpers*. In Hodgson, D., McKeever, K. & McGowan, C. *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine* (pp. 337–346). Elsevier.

Vincze, A., Szabo, C., Veres, S., Uto, D., & Hevesi, A. T. (2017). *Fitness improvement of show jumping horses with deep water treadmill training*. *Veterinari Medicina*, 62(4), 192–199.

Voss, B., Mohr, E., & Krzywanek, H. (2002). *Effects of Aqua-Treadmill Exercise on Selected Blood Parameters and on Heart-Rate Variability of Horses*. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 49(3), 137–143. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2002.00420.x>

Witkowska-Piłaszewicz, A., Grzeskowiak, M., Czopowicz, M., Domino, M., Kluciński, W., & Winnicka, A. (2021). *Endocrine stress response in horses: Cortisol, catecholamines, and their interactions during different types of exercise*. *Domestic Animal Endocrinology*, 74, 106505. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2021.106505>