

ANA MARGARIDA RODRIGUES SANTOS

**AVALIAÇÃO DE *PERFORMANCE* DESPORTIVA DE EQUINOS
DA MODALIDADE DE SALTOS DE OBSTÁCULOS CRIADOS E
TREINADOS EM PORTUGAL**

Orientadora: Prof. Doutora Joana Simões

Coorientadora: Prof. Doutora Clarisse Coelho

**UNIVERSIDADE LUSÓFONA – CENTRO UNIVERSITÁRIO DE
LISBOA**

Faculdade de Medicina Veterinária

LISBOA

2023

ANA MARGARIDA RODRIGUES SANTOS

**AVALIAÇÃO DE *PERFORMANCE* DESPORTIVA DE EQUINOS
DA MODALIDADE DE SALTOS DE OBSTÁCULOS CRIADOS E
TREINADOS EM PORTUGAL**

Dissertação defendida em provas públicas para obtenção do grau de Mestre em Medicina Veterinária no curso de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária, conferido pela Universidade Lusófona, no dia de 23 de março de 2023, perante o júri nomeado pelo Despacho de Nomeação de Júri N°192/2023, 9 março 2023, com a seguinte composição:

Presidente: Professora Doutora Mariana Batista por delegação da Professora Doutora Laurentina Pedroso.

Arguente: Professora Doutora Natália Rebouças

Orientadora: Professora Doutora Joana Simões

**UNIVERSIDADE LUSÓFONA – CENTRO UNIVERSITÁRIO DE
LISBOA**

Faculdade de Medicina Veterinária

LISBOA

2023

Dedicatória

Para a Augusta e o Zeca

Agradecimentos

À Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona, aos seus docentes e colaboradores, um obrigada por estes seis anos de orientação e aprendizagem.

À minha orientadora, Professora Doutora Joana Simões que sempre me apoiou e sempre esteve disponível para me ajudar durante todo este percurso. Agradeço toda a confiança que depositou em mim e obrigada pela transmissão de conhecimentos ao longo do curso.

À Professora Doutora Clarisse Coelho, pela orientação, pelo esforço e pela disponibilidade em concretizar as minhas ideias. Agradeço pelos ensinamentos e pelos convívios e risadas ao longo deste projeto.

Ao Major Médico Veterinário Ricardo de Matos, que me orientou durante o meu estágio curricular. Obrigada por todos os ensinamentos e dicas.

A toda a equipa da Clínica Veterinária Militar de Equinos e equipa siderotécnica, onde fui muito bem recebida e integrada.

A toda a minha família que nunca duvidaram de mim e sempre me apoiaram e incentivaram a fazer mais e melhor. Sem eles nada disto seria possível, obrigada pela vossa paciência e apoio.

A todos os meus amigos, mas essencialmente à Sara, à Mariana, à Bia, à Carlota e à Cascalheira que me acompanham há muitos anos e estiveram presentes em mais uma etapa da minha vida.

A todos os colegas e amigos que a faculdade me deu. Em especial à Cância e à Vanessa que se tornaram muitos importantes para mim. Obrigada por todos os bons momentos partilhados ao longo destes anos. Se podia ter feito o curso sem vocês? Podia, mas não era a mesma coisa. Que estes anos sejam apenas o início de uma jornada.

Aos meus colegas de estágio Miriam e João que me acompanharam durante meses e se tornaram grandes amigos.

A todas as pessoas que conheci durante os meus estágios no estrangeiro, foi uma experiência incrível, um bocadinho cansativa, mas na qual aprendi muito e guardo bons momentos.

Às minhas colegas de equipa neste trabalho, Ana, Catarina e Carolina.

À minha Guccinha que me faz perceber todos os dias que os animais são a melhor coisa que temos no mundo.

Por fim, aos cavalos que estão presentes na minha vida desde muito cedo, que nunca me desiludiram e que vão ser para sempre a minha maior paixão.

Resumo

Os testes de campo são regularmente utilizados para avaliar a capacidade atlética de um indivíduo, através da interpretação e comparação de biomarcadores em repouso e em esforço. Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos nestes testes é necessário conhecer a fisiologia do exercício e as suas adaptações. Estas pesquisas têm como foco o cavalo, pelo seu porte atlético, aptidão, características intrínsecas relacionadas com o metabolismo aeróbio e anaeróbio e pela sua utilização no desporto de alta competição.

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar o impacto de um teste de simulação de obstáculos nos parâmetros fisiológicos, hematológicos e bioquímicos de equinos criados e treinados em Portugal, utilizados na modalidade de saltos de obstáculos.

Para esta finalidade, foram recolhidos dados e amostras de 13 equinos, em quatro momentos diferentes. Em repouso antes do exercício (T0), imediatamente após o teste de simulação de exercício (T1), aos 30 minutos de recuperação (T2) e aos 240 minutos de recuperação (T3). Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o teste de simulação influenciou significativamente alguns dos biomarcadores estudados, pelo que os mesmos poderão ser utilizados futuramente na avaliação do condicionamento físico de equinos da modalidade de saltos de obstáculos.

Palavras-chave: equino, *performance*, treino, teste de simulação, obstáculos, atleta.

Abstract

Field tests are regularly used to evaluate the athletic capacity of an individual, through the interpretation and comparison of biomarkers at rest and under effort. For a better understanding of the results obtained in these tests it is necessary to know the physiology of exercise and its adaptations. These researches focus on the horse, due to its athletic size, fitness, intrinsic characteristics related to aerobic and anaerobic metabolism and its use in high competition sports.

The present work had as main objective to evaluate the impact of an obstacle simulation test on physiological, hematological and biochemical parameters of horses bred and trained in Portugal, used in the discipline of show jumping.

For this purpose, data and samples were collected from 13 horses at four different times. At rest before exercise (T0), immediately after the exercise simulation test (T1), at 30 minutes of recovery (T2) and at 240 minutes of recovery (T3). The results obtained in this study show that the simulation test significantly influenced some of the biomarkers studied, so they may be used in the future in the evaluation of the physical conditioning of horses in the show jumping modality.

Keywords: equine, performance, training, simulation test, obstacles, athlete.

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

® - Marca registada

% - Percentagem

AG – Ácidos Gordos

AGL – Ácidos Gordos Livres

ALB - Albumina

AST – Aspartato Aminotransferase

ATP – Adenosina trifosfato

bpm – Batimentos por minuto

Ca²⁺ – Ião cálcio

CH - Carbohidratos

CHCM – Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média

CK – Creatina Quinase

CO₂ – Dióxido de Carbono

CVME – Clínica Veterinária Militar de Equinos

DC – Débito Cardíaco

DHP – Recetores de diidropiridina

DiH-P – Dihidroxiacetona Fosfato

EA – Escola das Armas

ECG – Eletrocardiogramas

EDTA – Ácido etilenodiamino tetra-acético, do inglês “Ethylenediaminetetraacetic acid”

ERO - Espécies Reativas de Oxigénio

et al. – E outros, da locução latina “et alli”

F-1,6-BP – Fructose-1,6-Bisfosfato

FCmax – Frequência Cardíaca máxima

FCmed – Frequência Cardíaca média

FMV – Faculdade de Medicina Veterinária

FMV-UL – Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona

g – Grama

G-1-P – Glucose-1-Fosfato

G-6-P – Glucose-6-Fosfato

Gl-3-P – Gliceraldeído-3-Fosfato

GPS – Global positioning system

h – Hora

Hb – Concentração de Hemoglobina

Hct - Hematócrito

He – Contagem total de Eritrócitos

IM – Intramuscular

IV – Intravenoso

Km – Quilómetro

Leuco – Leucócitos

Linf – Linfócitos

MIMV – Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

min – Minuto

mL – Mililitro

Ne – Neutrófilos

O₂ – Oxigénio

°C – Grau Celsius

pCO₂ – Pressão Parcial de Dióxido de Carbono

PO – Via de administração oral, da locução latina per os

pO₂ – Pressão Parcial de Oxigénio

PRP – Plasma Rico em Plaquetas

PT – Proteínas Totais

rpm – Respirações por minuto

RVP – Resistência Vascular Periférica

SC - Subcutânea

SNS – Sistema Nervoso Simpático

TR – Temperatura retal

TRC – Tempo de repleção capilar

TSSO – Teste de simulação de saltos de obstáculos

UI – Unidades Internacionais

UL – Universidade Lusófona

VCM – Volume corpuscular médio

Vmax – Velocidade máxima

Vmed – Velocidade média

VO_{2máx} – Consumo máximo de oxigénio

Índice Geral

Índice de Tabelas	10
Índice de Figuras	11
I. Descrição da casuística de estágio.....	12
II. Introdução.....	15
III. Revisão bibliográfica	16
1. Testes de simulação a campo	16
2. Aptidão: saltos de obstáculos.....	17
3. Fisiologia do exercício.....	18
3.1. Particularidades da espécie equina.....	18
3.2. Sistema músculo-esquelético	20
3.2.1. Anatomofisiologia do músculo esquelético.....	20
3.2.2. Contração muscular	22
3.2.3. Produção de energia	23
3.2.4. Tipos de fibras musculares	25
3.2.5. Resposta ao exercício.....	26
3.3. Sistema Cardiovascular	28
3.3.1. Adaptações cardiovasculares ao exercício.....	28
3.3.1.1. Frequência Cardíaca	28
3.3.1.2. Pulso de oxigénio.....	29
3.3.1.3. Débito cardíaco	30
3.3.1.4. Pressão arterial e resistência vascular periférica.....	30
3.3.1.5. Contração esplénica.....	30
3.4. Sistema Respiratório	31
3.4.1. Controlo respiratório durante o exercício.....	31
3.4.2. Adaptações respiratórias ao exercício	32
3.4.3. Recuperação após exercício	32
3.5. Análise Hematológica.....	33
3.5.1. Parâmetros do Hemograma.....	33
3.5.1.1. Leucócitos, Neutrófilos e Linfócitos	33
3.5.1.2. Contagem total de eritrócitos	34
3.5.1.3. Hematócrito.....	34
3.5.1.4. VCM.....	35

3.5.1.5.	CHCM.....	35
3.5.2.	Parâmetros bioquímicos	36
3.5.2.1.	Glicose	36
3.5.2.2.	Lactato	36
3.5.2.3.	Proteínas Totais e Albumina.....	36
3.5.2.4.	Aspartato aminotransferase e creatinoquinase.....	37
IV.	“Avaliação de <i>performance</i> desportiva de equinos da modalidade de saltos de obstáculos criados e treinados em Portugal”.....	39
1.	Objetivos	39
2.	Materiais e Métodos.....	39
2.1.	Caracterização da população	40
2.2.	Desenho experimental	40
2.2.1.	Teste de Simulação de Saltos de Obstáculos	42
2.2.2.	Monitorização cardíaca.....	42
2.2.3.	Colheita e análise sanguínea	43
2.3.	Análise estatística	44
3.	Resultados	44
4.	Discussão	47
5.	Conclusão.....	53
6.	Perspetivas futuras.....	54
7.	Referências bibliográficas	54
8.	Apêndices.....	67
8.1.	Apêndice I.....	67
8.2.	Apêndice II	68

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Parâmetros fisiológicos, glicemia e lactato (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em teste de simulação de salto com obstáculos.	45
Tabela 2 - Parâmetros do hemograma (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em teste de simulação de saltos com obstáculos.	45
Tabela 3 - Parâmetros bioquímicos (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em teste de simulação de salto com obstáculos.	46
Tabela 4 - Dados do monitor cardíaco (M430 Polar) dos equinos em teste de simulação de saltos de obstáculos.	47

Índice de Figuras

Figura 1 – Distribuição da casuística total observada na Clínica Veterinária Militar de Equinos, dividida por área clínica.	13
Figura 2 - Fotografias obtidas durante o período de estágio. Exame de claudicação (A); Zona de drenagem de um abscesso de casco (B); Colocação de penso hipertónico em equino com abscesso de casco (C).	14
Figura 3 - Fotografias obtidas durante o período de estágio. Realização de exame odontológico de rotina (A); Animal com lesões compatíveis com dermatofilose (B); Lavagem gástrica e hidratação de equino por via oral com síndrome de abdómen agudo através de entubação nasogástrica (C).	14
Figura 4 – Diagrama do músculo esquelético (Adaptado de <i>Klein, 2019</i>).	22
Figura 5 - Principais causas de fadiga ao longo da atividade física (Adaptado de Rivero & Piercy, 2014).	28
Figura 6 – Delineamento do protocolo de avaliação dos cavalos aquando da realização do teste de simulação de saltos de obstáculos.	41
Figura 7 - Auscultação cardíaca (A); Medição do perímetro torácico (B); Medição da altura média ao garrote (C).	41
Figura 8 - Pista de saltos de obstáculos com identificação do percurso.	42
Figura 9 – Sensor do monitor cardíaco (A) e (B); Relógio conectado com o monitor cardíaco (B).	43
Figura 10 - Aparelho portátil e tiras utilizadas para medições de glicose (A); Aparelho portátil e tiras utilizadas para medições de lactato (B).	44

I. Descrição da casuística de estágio

O presente relatório visa descrever as atividades desenvolvidas durante o período de estágio curricular do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária (MIMV) da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona (FMV - UL). O estágio foi realizado na Clínica Veterinária Militar de Equinos (CVME), localizada em Mafra, na Escola das Armas (EA), entre os meses de setembro de 2021 e janeiro de 2022, com a duração de 600h, sob orientação do Major Médico Veterinário Ricardo de Matos.

A EA tem um efetivo de cerca de 250 equinos de diversas raças e conta com 150 boxes no total, 18 *paddocks*, uma oficina siderotécnica, responsável pela ferração de equinos, dois picadeiros cobertos, uma guia mecânica, um campo de areia, uma pista de galope, um campo utilizado para a prática de *cross* e um campo relvado utilizado para a prática de saltos de obstáculos. Relativamente às instalações da CMVE, esta conta com duas salas de tratamento cada uma com um tronco de contenção, uma enfermaria com cinco boxes para os cavalos hospitalizados, uma sala de cirurgia com respetiva box de indução/recobro, um laboratório, uma farmácia, uma sala de reuniões e quatro gabinetes.

Neste estágio foram abrangidas as áreas de medicina interna e cirúrgica de equinos, o que permitiu consolidar o conhecimento adquirido ao longo dos anos curriculares que compõem o MIMV, assim como aprendizagem de novos conceitos e aplicação prática dos mesmos, durante este período. Foram realizadas apresentações semanais de artigos por forma a fomentar o espírito crítico e as capacidades de comunicação e interação com toda a equipa e foi também durante este período que foram recolhidos os dados para o projeto de investigação.

No decorrer do estágio, a autora ficou responsável pelos equinos hospitalizados, garantindo que estes recebiam a medicação e tratamentos diários necessários para uma melhor recuperação. Houve oportunidade de realizar procedimentos tais como limpeza e desinfeção de feridas, cálculo de doses, preparação e administração de fármacos via enteral (por via oral (PO)) e parenteral (pelas vias intravenosa (IV), intramuscular (IM) e subcutânea (SC)), realização de pensos, cateterização, entubação nasogástrica, palpação retal e dentro da área da imagiologia foi também possível realizar e interpretar exames radiológicos e ecográficos.

Relativamente à casuística, foram observados no total 92 casos (n=92), as áreas que mais se destacaram foram a ortopedia (n=28), a medicina preventiva (n=18), e a odontologia (n=14), como podemos observar no gráfico 1.

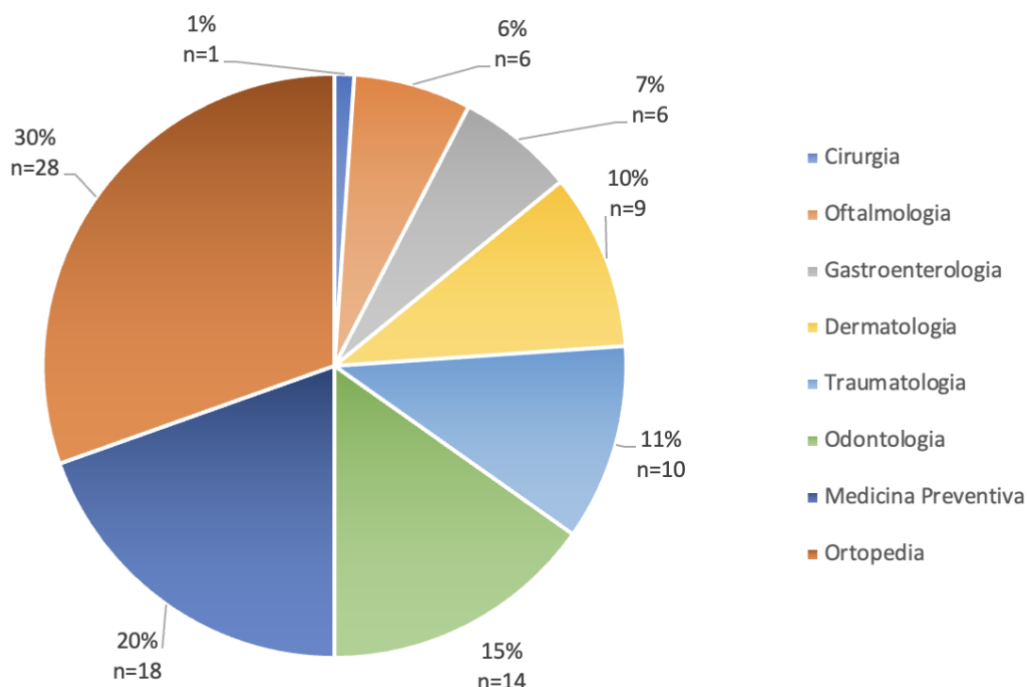


Figura 1 – Distribuição da casuística total observada na Clínica Veterinária Militar de Equinos, dividida por área clínica.

Como é possível observar na figura 1, a especialidade com maior representação foi a de ortopedia (n=28), o que permitiu à autora acompanhar e participar em exames de claudicação, testes de flexão, bloqueios anestésicos, radiografias, ecografias, bem como auxiliar em procedimentos de artrocentese com administração IA de corticosteroides e infiltrações intralesionais com plasma rico em plaquetas (PRP), tal como é possível observar na figura 2. O acompanhamento destes casos contribuiu para uma aprendizagem contínua sobre patologias locomotoras, das quais se destacaram: o abcesso de casco, a osteoartrite, a desmite, a tendinite, exostoses e a laminite. Adicional, foi também possível trabalhar em conjunto com a equipa de ferradores da oficina siderotécnica, sempre que fosse necessário realizar exames radiográficos para controlo de ferração.



Figura 2 - Fotografias obtidas durante o período de estágio. Exame de claudicação (A); Zona de drenagem de um abscesso de casco (B); Colocação de penso hipertónico em equino com abscesso de casco (C).

Relativamente às duas áreas seguintes também com uma casuística elevada, foram realizados procedimentos de medicina preventiva (n=18), tais como, desparasitações, vacinações, resenhos e identificação eletrónica dos equinos (colocação de *microchip*). Quanto à odontologia (n=14) a autora teve oportunidade de realizar dentisterias de rotina (figura 3), desgastando pontas de esmalte, e auxiliar em correções da mesa dentária e extração de dentes de lobo (primeiro pré-molar).

Na área de traumatologia (n=10), destacam-se as feridas e lacerações, tendo sido possível participar na sua abordagem, limpeza e desinfeção, sutura e colocação de penso, quando necessário. Na dermatologia (n=9) foram observados animais com lesões compatíveis com dermatofitose e dermatofilose.



Figura 3 - Fotografias obtidas durante o período de estágio. Realização de exame odontológico de rotina (A); Animal com lesões compatíveis com dermatofilose (B); Lavagem gástrica e hidratação de equino por via oral com síndrome de abdómen agudo através de entubação nasogástrica (C).

Quanto à gastroenterologia (n=6), os casos observados corresponderam a urgências de síndrome de abdómen agudo, nomeadamente cólica por obstrução simples e por rutura de cólon menor, sendo que a última referida culminou em eutanásia. Dentro das patologias oftalmológicas (n=6) destacaram-se as úlceras de córnea e as uveítes. Apesar de existir uma sala de cirurgia totalmente equipada, apenas foi possível assistir a um único procedimento cirúrgico (n=1), correspondente a uma orquiectomia.

II. Introdução

Nos últimos anos a fisiologia do exercício tem sido alvo de vários trabalhos onde são estudadas as adaptações, tanto morfológicas como fisiológicas, criadas pela prática de atividades físicas (Hodgson & McGowan, 2014). Devido à aptidão e importância atlética, esta área ganhou especial importância em medicina equina, de forma a entender os efeitos agudos e crónicos do exercício nesta espécie (Oliveira et al., 2016). Torna-se importante estudar a modalidade de saltos de obstáculos, uma vez que cada disciplina equestre varia em grau de exigência atlética, tendo em conta que esta será influenciada por fatores extrínsecos, como as condições climáticas locais, nutrição, entre outros (Binda et al., 2016; Mattosinho et al., 2017; Coelho et al., 2019). Através destes estudos é possível ainda avaliar o bem-estar do cavalo atleta (Coelho et al., 2022). O estado de bem-estar, nesses casos, torna-se multifatorial, uma vez que depende de muitos aspetos, entre os quais a relação com o homem e outros animais, o ambiente e o maneio (Coelho *et al.*, 2018).

Este trabalho pretende avaliar as alterações induzidas por um teste de simulação de exercício, em cavalos da modalidade de saltos de obstáculos, nos parâmetros físicos e sanguíneos (Art et al., 2010). Com os resultados obtidos poderá ser feita uma avaliação do maneio, condicionamento físico e diagnóstico precoce de lesões, de modo a contribuir para um aumento de vida útil dos equinos atletas (Piccione et al., 2010; Hunka et al., 2018; Gomes et al., 2019).

III. Revisão bibliográfica

1. Testes de simulação a campo

Os testes de simulação de exercício são utilizados para avaliar a condição desportiva, o impacto de patologias no exercício ou descobrir possíveis causas de má performance, nas condições mais realistas possíveis (Allen et al., 2016; Hines, 2018). Segundo a Federação Equestre Internacional (FEI), (2023), o treino de cavalos de competição, acima de tudo deve ter em conta o seu bem-estar e a sua saúde antes de qualquer competição e a frequência das mesmas deve ser avaliada por forma a evitar lesões.

Os testes de exercício podem ser realizados em passadeira ou a campo, apresentando ambos vantagens e desvantagens (Allen et al., 2016; De Maré et al., 2022). Durante muito tempo, os testes de simulação foram realizados em passadeira, já que era possível obter um bom controlo ambiental dos procedimentos, associado a uma maior facilidade de colheita de dados. Atualmente as desvantagens dos testes em passadeira, como o *stress*, o treino de adaptação à passadeira, a disparidade dos resultados, a impossibilidade de adicionar o fator cavaleiro, leva cada vez mais, ao investimento de material apropriado e à prática de testes de simulação a campo (Courouc  -Malblanc & Hodgson, 2014). Os testes a campo, com uma gama limitada de medições, com alterações ambientais e com variações de pista, são considerados mais simples e com resultados mais fidedignos, uma vez que o ambiente do teste é semelhante ao da realidade do atleta. Novas tecnologias como os aparelhos de *global positioning system* (GPS), medidores de frequência cardíaca (FC), medidores de velocidade, endoscópio dinâmico, entre outros, facilitam a execução de testes a campo. (Courouc  -Malblanc & Hodgson, 2014; Hines, 2018).

Medições cardiovasculares, metabólicas e respiratórias fornecem informações sobre os principais sistemas envolvidos na atividade física. Parâmetros como a FC, frequência respiratória, lactato sanguíneo, gases arteriais, hemograma, enzimas musculares, absorção de oxigénio, entre outros, podem ser avaliados nestes testes (Hines, 2018).

2. Aptidão: saltos de obstáculos

Desde 1912, que a disciplina de saltos de obstáculos é uma das três modalidades olímpicas equestres (Omar, 2020), praticada mundialmente (Soares et al., 2016), oficializada em 1864 pela sociedade real de Dublin. Trata-se de um desporto civil, que se desenvolveu através de institutos militares. São utilizadas diversas raças nesta prática, tais como os *warmblood*, sendo que quanto maior é o nível de especialização, maior é a seleção dos animais. Características como uma maior altura ao garrote, um maior comprimento do pescoço, uma maior inclinação dos ombros, um maior comprimento da pélvis e um menor comprimento das costas, são apreciadas nesta modalidade (Van Weeren, 2014).

Para além da componente da velocidade, nesta disciplina é adicionada a destreza do salto e a agilidade para sobrepor o obstáculo sem derrubar as varas. Existem diversos tipos de provas associadas a esta aptidão, sendo o objetivo principal realizar um percurso de obstáculos sem derrubar nenhuma vara, no menor tempo possível (Omar, 2020). O treino destes cavalos envolve o uso de exercícios periódicos de modo a provocar alterações funcionais, estruturais e comportamentais, com o objetivo de os preparar para as competições (Fazio et al., 2014).

Os cavalos desta modalidade, são normalmente desbastados entre os dois e os três anos de idade, sendo, no entanto, expostos a saltos em liberdade a partir dos seis meses de idade, por forma a avaliar e melhorar a técnica de salto com o treino. Contudo Santamaría et al. (2005) demonstraram que o treino precoce em poldros pode influenciar positivamente a técnica de salto até aos quatro anos, embora esta capacidade não mantenha em cavalos com cinco anos de idade, tornando o treino precoce desnecessário. Depois do desbaste estes animais são trabalhados em piso plano, semelhante ao treino básico de outras modalidades, tais como *dressage* ou endurance e após alguns meses são introduzidos os obstáculos. Com a progressão do treino são introduzidos obstáculos mais altos, obstáculos diferentes dos habituais, velocidades diferentes, assim como diferentes ângulos de abordagem ao salto (Omar, 2020).

3. Fisiologia do exercício

3.1. Particularidades da espécie equina

O cavalo é considerado um atleta extraordinário, característica que resulta da sua evolução como presa e uso da velocidade, destreza e resistência para evitar possíveis predadores e procurar o melhor alimento (Gerard et al., 2014; Hinchcliff, 2014). Mais tarde, aquando da domesticação destes animais, foram cada vez mais selecionados e criados pelo homem com diversos propósitos funcionais, dando origem às diferentes raças que conhecemos hoje (Waran et al., 2022). Independentemente da sua utilização, origem ou tamanho, o desempenho atlético do cavalo resulta da combinação entre o correto funcionamento das suas características fisiológicas e anatómicas com o treino a que são sujeitos (Evans, 2007). Algumas destas características são intrínsecas ao indivíduo, tais como o tamanho dos seus pulmões ou coração, enquanto outras características podem ser influenciadas pelo treino, por exemplo o volume sanguíneo (Jose-Cunilleras & McKeever, 2014).

A sua elevada aptidão atlética é uma combinação entre vários fatores, dentro dos quais o seu elevado consumo máximo de oxigénio ($VO_{2máx}$), a qual consiste na quantidade máxima de oxigénio (O_2) que o cavalo consegue transportar do sistema cardiovascular para o músculo e do sistema respiratório para o sangue arterial. O $VO_{2máx}$ resulta de um débito cardíaco máximo superior e de elevadas concentrações de hemoglobina (Hodgson & McGowan, 2014; Navas de Solis, 2019). O seu elevado $VO_{2máx}$, as dimensões dos seus pulmões e a facilidade na troca de gases facilitam a oxigenação do sangue nos pulmões e capacidade de transporte de O_2 . A cadeia de transporte de oxigénio dos cavalos é adequada ao transporte dos grandes volumes de O_2 necessários para suportar exercícios de esforço que requerem uma alta taxa metabólica (Hinchcliff, 2014; Rivero & Piercy, 2014).

Os ácidos gordos (AG) ou os hidratos de carbono (CH)) são necessários para suportar estas elevadas taxas metabólicas durante o exercício. A oxidação dos AG é limitada, pelo que o esforço físico acima de 40% a 60% de $VO_{2máx}$ é fornecido apenas pela oxidação de CH, predominantemente pelo glicogénio (Votion et al., 2007). A elevada concentração de energia intramuscular, é também um fator que contribui para o desempenho atlético, uma vez que o glicogénio é utilizado nas contrações musculares durante o exercício (Weber et al., 1996; Rivero & Piercy, 2014). O volume mitocondrial

intramuscular do cavalo é superior ao de outras espécies. A mitocôndria fornece a energia para a contração muscular, portanto, quanto maior for o número de mitocôndrias por unidade de peso muscular, maior é a capacidade oxidativa do músculo. Esta maior capacidade aeróbica do músculo, quando acompanhada por um fornecimento de oxigénio adequado contribui para uma maior capacidade aeróbica (Kayar et al., 1989; Hinchcliff, 2014).

Os cavalos apresentam um aumento rápido da capacidade de transporte de O₂ no sangue através do aumento da concentração de hemoglobina, resultado da contração esplénica. Este fenómeno aumenta o número de eritrócitos circulantes, mas não afeta o volume sanguíneo e contribui para um aumento de 50% da capacidade de transporte de O₂ durante o exercício intenso (McKeever et al., 1993). Adicionalmente, os andamentos destes animais são energeticamente eficientes, com o trabalho muscular do galopar sendo reduzido a metade devido ao armazenamento de energia por unidades musculares e tendinosas (Yano et al., 2003).

A termorregulação tem um papel fundamental, uma vez que o calor produzido pela contração muscular deve ser acompanhado da dissipação do mesmo. Caso não aconteça poderá ocorrer hipertermia. No cavalo o calor gerado durante a prática de exercício pode aumentar a temperatura corporal entre 3 a 5°C, podendo resultar em valores de temperatura retal de 42°C (McCutcheon & Geor, 2014). A dissipação do calor em equinos ocorre através da evaporação do suor, evaporação de secreções do trato respiratório e perda de calor pelo ar em movimento sobre a pele e membranas respiratórias (McCutcheon & Geor, 2014).

O desempenho máximo envolve o funcionamento ótimo coordenado de quase todos os sistemas corporais. Num cavalo saudável os maiores desafios de desempenho dependem do tipo de exercício e da sua duração. Os cavalos de corrida são provavelmente afetados pelo transporte de oxigénio, os poldros de três dias pela termorregulação, cavalos de resistência pela capacidade de manter a homeostase eletrolítica e os cavalos de tração pela força dos seus músculos (Hinchcliff, 2014).

3.2. Sistema músculo-esquelético

O tecido muscular é composto por células que otimizam a contratilidade. Existem três tipos de tecido muscular com base em características morfológicas e funcionais, o músculo cardíaco, o músculo liso e o músculo esquelético, sendo este último o de maior interesse nesta dissertação (Singh & Dyce, 2018).

3.2.1. Anatomofisiologia do músculo esquelético

A maioria dos músculos esqueléticos são derivados de tecido mesodérmico. À medida que este se diferencia são formados segmentos que contêm subconjuntos de células miogénicas. Células de diferentes subconjuntos têm destinos diferentes, por exemplo para a musculatura axial ou para músculos dos membros. As células precursoras miogénicas diferenciam-se em mioblastos e estes fundem-se para posteriormente formar as miofibras (Rivero & Piercy, 2014).

O músculo esquelético trata-se de uma unidade contrátil composta por dois tendões nas suas extremidades com origem e inserção em ossos distintos e tem como função primária os movimentos voluntários (Pilliner et al., 2002). É composto por três importantes camadas de tecido conjuntivo, o epimísio, bainha externa que envolve todo o músculo, o perimísio, camada fina que rodeia cada feixe de fibras musculares, denominados fascículos, e o endomísio que rodeia as fibras musculares individuais (Mescher & Junqueira, 2018).

Os músculos são compostos por diferentes fibras musculares multinucleadas, que contêm mitocôndrias, entre outros organelos (Singh & Dyce, 2018). O sarcolema é a membrana externa altamente organizada das fibras musculares, que consiste numa membrana plasmática e numa camada externa de polissacarídeo que se liga aos tendões nas extremidades das células (figura 4). Cada fibra muscular é composta por subunidades mais pequenas, as miofibrilas, dispostas em paralelo ao longo do seu comprimento. Estas quando seccionadas longitudinalmente apresentam bandas claras chamadas de bandas I isotrópicas e bandas escuras chamadas de bandas A anisotrópicas. O padrão de bandas A e I deve-se principalmente à disposição de filamentos de actina e miosina (Klein, 2019).

Cada miofibrila apresenta uma série linear de sarcómeros (unidade contrátil básica da fibra muscular), que se estendem entre discos Z (Rivero & Piercy, 2014). Os sarcómeros contêm diferentes tipos de proteínas responsáveis pela contração muscular,

das quais a actina; a tropomiosina; a troponina, que tem afinidade com os iões cálcio e move a tropomiosina para expor a ligação actina-miosina; a miosina, que pode ligar a adenosina trifosfato (ATP) à actina, e por fim, a titina, que ajuda a manter a relação da actina e da miosina, bem como a elasticidade e o comprimento em repouso do sarcómero (Klein, 2019). Independentemente da presença das várias proteínas nos sarcómeros, a miosina e a actina representam a maior percentagem das proteínas presentes no músculo esquelético (Mescher & Junqueira, 2018).

Localizados perpendicularmente ao longo das fibras musculares encontram-se invaginações denominadas de túbulos T, que penetram profundamente no sarcoplasma e admitem que a membrana plasmática transporta a despolarização do potencial de ação para o interior da fibra. O retículo sarcoplasmático é bem desenvolvido e contém proteínas para sequestro de cálcio. Ao conjunto de um túbulo T com duas cisternas terminais é denominado tríade do retículo (Mescher & Junqueira, 2018; Klein, 2019).

As mitocôndrias, o glicogénio e os lípidos, estão localizados entre as miofibrilas, o que significa que o ATP produzido está disponível para a contração muscular. A mioglobina e as enzimas glicolíticas encontram-se por todo o sarcoplasma (Rivero & Piercy, 2014).

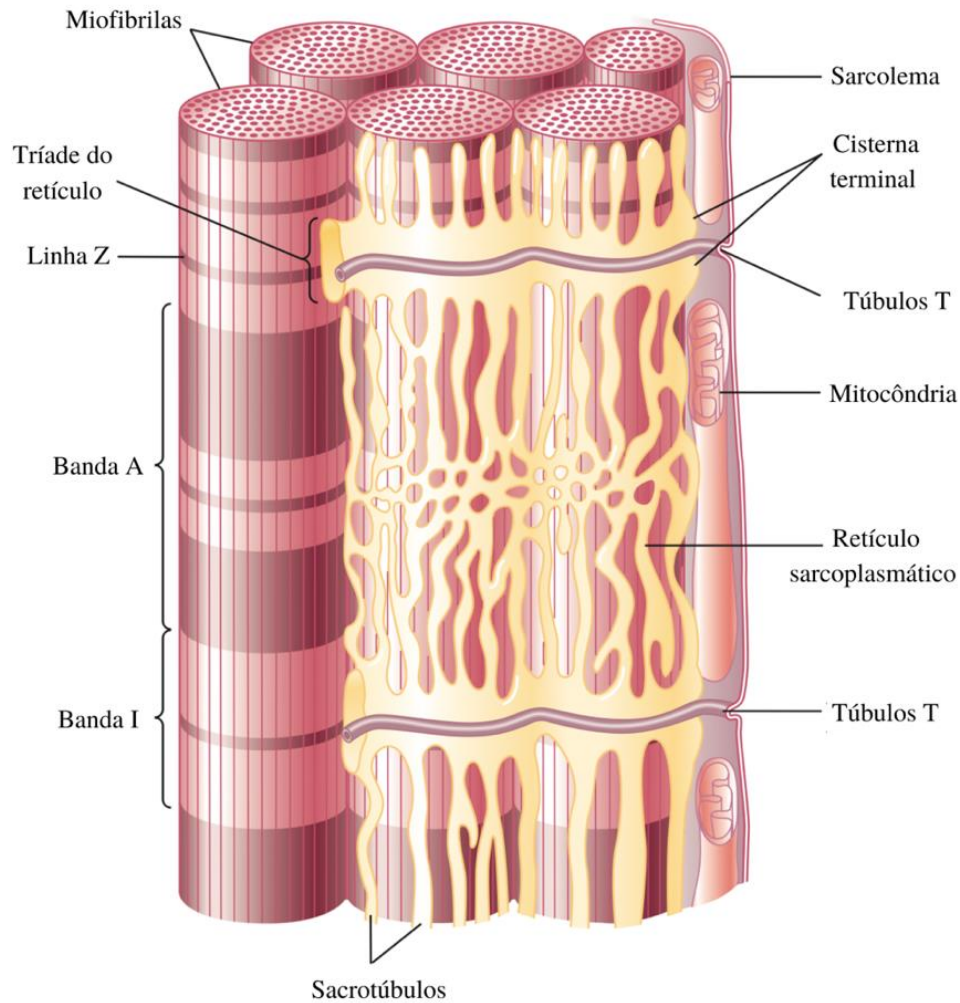


Figura 4 – Diagrama do músculo esquelético (Adaptado de Klein, 2019).

3.2.2. Contração muscular

Em todos os tipos de músculos, a contração é o resultado da interação dos filamentos espessos de miosina com os filamentos finos de actina, sendo que as outras proteínas referidas anteriormente geram as forças necessárias para que o deslizamento ocorra (Votion et al., 2007).

As células musculares esqueléticas têm um potencial de membrana em repouso e a membrana da célula muscular pode ser despolarizada por transmissão sináptica na junção neuromuscular. Para iniciar a contração muscular é necessário existir um aumento de cálcio no sarcoplasma (Klein, 2019). A contração é induzida quando um potencial de ação atinge a junção neuromuscular, transmitida através dos túbulos T para o complexo de tríades, que permite a despolarização no sarcolema e desencadeia o retículo sarcoplasmático a libertar os iões Ca^{2+} para o sarcoplasma (Mescher & Junqueira, 2018).

O relaxamento ocorre quando o potencial de ação se difunde ao longo da fibra muscular e o cálcio é bombeado novamente de volta para o retículo sarcoplasmático. A ligação entre o potencial de ação nos túbulos T e a libertação de Ca^{2+} é mediada por canais de cálcio, os recetores de dihidropiridina (DHP) e os recetores de rianodina (Klein, 2019; Rivero & Piercy, 2014).

A energia produzida nesta fase é proveniente da hidrólise do ATP nas cabeças de miosina. Na presença continuada dos iões Ca^{2+} e do ATP no sarcómero, os filamentos de actina deslizam paralelamente ao longo dos filamentos de miosina, encurtando assim o sarcómero. Na ausência de ATP, as pontes transversais de actina e miosina tornam-se estáveis. Uma vez que existem diversos sarcómeros em cada miofibrila de músculo, o resultado é o encurtamento das duas extremidades do músculo, dando origem à contração muscular (Mescher & Junqueira, 2018; Klein, 2019).

Os nervos motores ramificam-se no perímio e as suas ramificações chegam a atingir o endomísio. Nas junções neuromusculares existem mitocôndrias e vesículas sinápticas, estas vesículas contêm o neurotransmissor acetilcolina. Quando o potencial de ação atinge as junções a acetilcolina é libertada e liga-se aos recetores do sarcolema, permitindo o influxo de catiões e produzindo o potencial de ação muscular (Mescher & Junqueira, 2018). A força de contração dos músculos varia de acordo com o número de unidades motoras ativas, sendo estas denominadas por um neurónio motor alfa (α) e todas as fibras que o mesmo inerva, ou com o aumento da frequência de ativação, de uma unidade motora (Rivero, 2007).

3.2.3. Produção de energia

Como referido anteriormente a energia produzida durante a contração muscular, resulta da hidrólise do ATP, sem este não existiria energia para preencher requisitos metabólicos celulares, nem para bombear gradientes de concentração de iões. Existem duas vias de obtenção de energia, a via aeróbia e a via anaeróbia (Votion et al., 2007).

A glicólise, no citoplasma, e a fosforilação oxidativa, a β -oxidação de ácidos gordos livres (AGL) e o ciclo de *Krebs*, que decorrem na mitocôndria, trabalham em conjunto para produzir ATP através da via aeróbia.

No citoplasma, para se proceder à glicólise é necessário glucose-6-fosfato (G-6-P), que pode ser produzida através da metabolização do glicogénio para glucose-1-fosfato

(G-1-P), via glicogenólise ou através da fosforilação da glucose (Rivero & Piercy, 2014). A G-6-P é então fosforilada a fructose-6-fosfato (F-6-P), que de seguida é também fosforilada em fructose-1,6-bisfosfato (F-1,6-BP), com o custo de uma molécula de ATP. O isómero gliceraldeído-3-fosfato (Gl-3-P) é proveniente da F-1,6-BP, bem como do isómero dihidroxiacetona fosfato (DiH-P) e através de uma série de reações, sendo o resultado o piruvato, o ATP, o NADH, a água e iões de hidrogénio. O hidrogénio é transferido para a cadeia de transporte de eletrões, enquanto que o piruvato é utilizado como substrato da acetilcoenzima A (Acetil-CoA) (Nelson et al., 2021). Durante o processo da fosforilação oxidativa, as coenzimas flavina adenina dinucleótido (FAD) e nicotinamida adenina dinucleótido (NAD) são reduzidas a FADH₂ e NADH₂ respetivamente, e através da cadeia de transporte de eletrões são reoxidadas a FAD e NAD, sendo que o oxigénio recebe o hidrogénio, levando à formação de uma molécula de água (Gerard et al., 2014). O ciclo de *Krebs* produz 12 moléculas de ATP através do uso da acetil-CoA, produto da glicólise no citoplasma. Com a decomposição completa da glucose são formadas 36 moléculas de ATP, no entanto após a mobilização de AG, a partir do fígado ou tecido adiposo, com a β -oxidação dos mesmos é possível obter até 146 moléculas de ATP (Gerard et al., 2014) .

Relativamente à via anaeróbia, existem dois mecanismos responsáveis por repor a energia muscular. O primeiro sistema envolve a transferência de fosfato de alta energia e as enzimas que catalisam estes processos aumentam as concentrações de creatina, da adenosina monofostato (AMP), e de inosina monofosfato (IMP), através do uso de fosfocreatina e adenosina monofosfato (ADP). Ainda, é produzida amónia (NH₃), ácido úrico e alantoína através da decomposição dos nucleótidos de adenosina. Estas reações sucedem-se em músculos ativos a velocidades extremas, no entanto produzem apenas e temporariamente uma pequena quantidade de ATP (Gerard et al., 2014; Rivero & Piercy, 2014). O segundo mecanismo envolve a glicólise, este processo é idêntico ao referido na glicólise aeróbica, no entanto, na ausência de oxigénio, as duas moléculas de piruvato, são transformadas em lactato (J. Rivero, 2007). Uma molécula de glicogénio produz três moléculas de ATP, enquanto que uma molécula de glucose produz apenas 2 moléculas de ATP (Gerard et al., 2014).

Resumidamente, a energia concebida através da via aeróbia é altamente eficiente, no entanto trata-se de um processo lento, enquanto na via anaeróbia a energia é

produzida mais rapidamente, mas de forma ineficiente (Votion et al., 2007). O uso das diferentes vias durante o exercício depende do músculo, do tipo de fibra muscular, da intensidade do esforço, das concentrações de certos metabolitos e da disponibilidade de O₂ e substratos. Geralmente, quando o oxigénio é abundante, em exercícios de baixa velocidade, a energia depende maioritariamente das vias aeróbias, com início no metabolismo do glicogénio e posteriormente aquando do esgotamento progressivo de O₂ há alteração para a oxidação dos AGL (Gerard et al., 2014; Rivero & Piercy, 2014). Quando existe uma maior demanda de energia, a relação ADP/ATP muscular diminui e por consequência é utilizada predominantemente a via anaeróbia. Durante a fosforilação oxidativa a disponibilidade do oxigénio torna-se um fator limitante, porque como referido no parágrafo anterior, na ausência de O₂, o piruvato é transformado em lactato. Assim, é caracterizado como limiar anaeróbio o ponto em que o aumento da taxa de produção de lactato é detetado no sangue (Rivero & Piercy, 2014). Existem diversos fatores que podem afetar este limiar, tais como, o tipo de fibra muscular, a aptidão do cavalo e a sua dieta (Geelen et al., 2001).

3.2.4. Tipos de fibras musculares

Os músculos esqueléticos responsáveis pela movimentação dos olhos são diferentes dos músculos associados à postura. Estas diferenças são possíveis devido à expressão variada das diferentes fibras. Estas podem ser identificadas com base na sua taxa de contração, bem como na sua preferencial via de síntese de ATP (Mescher & Junqueira, 2018).

A maioria das fibras musculares esqueléticas são divididas entre fibras de contração lenta (tipo I) e fibras de contração rápida (tipo II). A distribuição das diferentes fibras musculares depende principalmente de cada músculo e da sua função, bem como da aptidão do cavalo (Klein, 2019).

As fibras de contração lenta correspondem a fibras musculares mais finas, ricas capilares sanguíneos, mitocôndrias e grande quantidade de mioglobina, características que as fazem parecer de cor escura ou vermelha (Klein, 2019). Contêm um alto teor em lípidos e valores relativamente baixos de glicogénio e capacidade glicolítica, pelo que não são geradoras de energia significativa (Rivero & Piercy, 2014). Estas fibras são altamente eficientes e económicas, mais dependentes do metabolismo oxidativo e estão mais

adaptadas à contração contínua e a movimentos lentos, tornando-se menos suscetíveis à fadiga.

Em contraste, relativamente às fibras de contração rápida, estas são mais espessas, apresentam um retículo sarcoplasmático extenso para a libertação rápida do cálcio e têm menos reservas de sangue e mitocôndrias porque o metabolismo aeróbico é o menos importante, levando a uma aparência mais branca. Estas fibras estão adaptadas a movimentos breves e de explosão, tal como os *sprints* e os saltos (Mescher & Junqueira, 2018). É possível distinguir dois tipos de fibras rápidas, as fibras IIA e as fibras IIX com diferentes características aeróbias/anaeróbias e com diferentes diâmetros (d'Argenteuil et al., 2021). As fibras IIX foram descritas anteriormente como as “verdadeiras” fibras de contração rápida, enquanto que as fibras IIA podem ser consideradas um terceiro tipo de fibras, com características fisiológicas e histológicas intermediárias entre as dos outros dois tipos (Klein, 2019). Estas apresentam um menor diâmetro e uma maior capacidade aeróbica que as IIX, têm um número considerável de capilares e mitocôndrias, adquirindo uma coloração rosada e dependem do metabolismo glicolítico e oxidativo, dando origem a um tipo de contração rápida, mas pouco precisa. Estão aptas a manter um exercício de potência elevada durante mais tempo do que as fibras IIX e são fibras típicas de exercícios de duração curta, mas com elevada intensidade (Rivero & Piercy, 2014).

Em equinos da modalidade de saltos de obstáculos existe uma proporção equilibrada dos três tipos de fibras mencionadas anteriormente, devido à versatilidade de movimentos encontrada neste tipo de exercício. Uma vez que os saltos são considerados movimentos de explosão, estes animais apresentam quantidades superiores de fibras do tipo II, particularmente do tipo IIX (Rivero, 2007).

3.2.5. Resposta ao exercício

Durante o exercício submáximo o metabolismo aeróbio satisfaz as necessidades energéticas, no entanto, se o consumo de oxigénio diminuir, a procura de energia é satisfeita pelo metabolismo anaeróbio, levando à acumulação de lactato e à fadiga. Inicialmente é utilizado o metabolismo aeróbio uma vez que se trata de uma via de obtenção de energia mais rápida. Quanto mais cedo o animal recorrer à via anaeróbia, pior é o seu condicionamento físico (Rivero & Piercy, 2014).

No exercício aeróbio, a oxidação de AGL aumenta com o tempo, enquanto a glicogenólise muscular e as concentrações de aminoácidos diminuem. No exercício submáximo, os lípidos são o combustível predominante, no entanto, a fadiga ocorre muito antes destas reservas serem utilizadas. Como a oxidação dos AGL não produz ATP suficiente sem uma fonte de piruvato, a fadiga é associada ao esgotamento do glicogénio intramuscular. Durante o trabalho submáximo prolongado, para além do esgotamento do glicogénio ocorre também o recrutamento de fibras musculares, começando pelas do tipo I, seguidas pelas IIA e por fim IIX. Assim, a fadiga muscular ocorre de forma progressiva nas fibras, sendo o desempenho do cavalo comprometido gradualmente (Rivero & Piercy, 2014). É necessário que exista repouso entre cada atividade física, de modo a ocorrer uma reposição total do glicogénio, podendo demorar cerca de 72h (Bröjer et al., 2006). Fatores como a desmotivação, a desidratação e a hipertermia (figura 5), podem em conjunto ser sinónimos de fadiga, no entanto é difícil de avaliar objetivamente o momento em que esta ocorre (Lacombe et al., 2003). Durante o exercício, com o aumento da utilização do O₂, aumenta proporcionalmente a produção de espécies reativas de oxigénio (ERO), que ao ultrapassarem a capacidade antioxidante do corpo, podem resultar em *stress* oxidativo (Kinnunen et al., 2005).

O exercício anaeróbio está associado a exercícios de alta intensidade que, para repor o ATP utiliza a glicose sanguínea e o glicogénio intramuscular, através da glicólise anaeróbia (Rivero & Piercy, 2014). As concentrações de lactato muscular são superiores no metabolismo anaeróbio, uma vez que o piruvato na ausência de oxigénio é convertido em lactato (Ronéus et al., 1999). Inicialmente, o lactato é removido da célula por transporte ativo para o sangue, através dos transportadores de monocarboxilato. Contudo, ocorre a saturação deste mecanismo quando o lactato plasmático atinge os 4mmol/L, denominando-se limiar anaeróbio (Koho et al., 2006). Consequentemente, o aumento de lactato intracelular juntamente com os iões H⁺ livres, resultam numa diminuição do pH citoplasmático, que provoca uma disfunção na contração muscular, através da diminuição da libertação e consequente diminuição na produção de ATP (Väihkönen et al., 2001; Bronsart et al., 2009). Paralelamente ocorre um aumento de IMP, que atua como marcador de esgotamento das reservas de nucleótidos que está diretamente relacionado com produção de ácido úrico e amoníaco (Ronéus et al., 1999; Pösö et al., 2002). Na atividade física máxima a concentração de glicogénio diminui e este esgotamento ocorre mais rapidamente em fibras do tipo IIX. Posto isto, concluímos que valores baixos de pH e o

esgotamento de ATP são algumas das principais causas de fadiga durante este tipo de exercício (Rivero & Piercy, 2014).

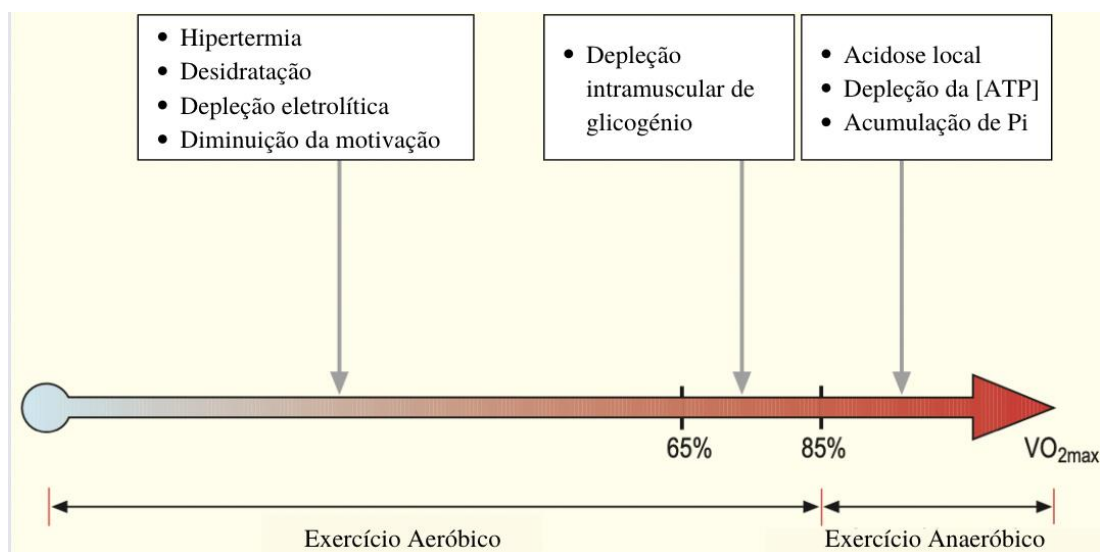


Figura 5 - Principais causas de fadiga ao longo da atividade física (Adaptado de Rivero & Piercy, 2014).

3.3. Sistema Cardiovascular

Tendo em conta todos os parâmetros avaliados na *performance* desportiva de atletas equinos, os parâmetros cardiovasculares são os que apresentam melhores indicadores de desempenho e aptidão física e por isso são também os mais estudados (Frippiat et al., 2021). Qualquer patologia ou defeito na estrutura ou função cardíaca pode ser a causa de uma má performance desportiva (Durando, 2019).

3.3.1. Adaptações cardiovasculares ao exercício

3.3.1.1. Frequência Cardíaca

A frequência cardíaca é uma das métricas mais frequentemente utilizada para monitorizar o impacto do treino e da atividade física em equinos (Hines, 2018). Esta é influenciada por diferenças individuais, alterações respiratórias, *stress*, condições atmosféricas, entre outros (Coelho et al., 2019) e pode ser avaliada durante o exercício através de monitores de frequência cardíaca e/ou eletrocardiogramas (ECG) (Frippiat et al., 2021; Woort et al., 2021). Nem sempre valores elevados de FC coincidem com velocidades elevadas, principalmente na disciplina de saltos de obstáculos (Bazzano et al., 2016; Szabó et al., 2021).

A frequência cardíaca de equinos em repouso apresenta valores entre os 25 e os 40 batimentos por minuto (bpm) (Hines, 2018). Existem cavalos em que os valores de FC em repouso são mais baixos devido ao treino, no entanto nem sempre acontece (Navas de Solis, 2019). Com o início da atividade física a FC aumenta rapidamente, devido ao sistema nervoso simpático (SNS), e estabiliza em cerca de dois a três minutos e a sua cinética depende da intensidade do exercício. Antes de qualquer competição ou esforço físico é recomendado um aquecimento adequado, de modo que o consumo de oxigénio no início do exercício aumente mais rapidamente (Mlyneková et al., 2016).

Durante o exercício submaximal, existe uma relação linear entre a FC e o esforço do trabalho, fatores como o tipo de andamento, a extensão da pista e a posição influenciam a posição da linha de regressão da FC. A relação da FC com a carga do trabalho também pode ser afetada por patologias, tais como, a asma equina (Mazan, 2022) ou a fibrilação atrial (Durando, 2019), entre outras. Quando este exercício decorre a um ritmo constante, é possível que ocorra um aumento gradual da FC. Fatores como a condição física, as condições ambientais e a intensidade do exercício afetam a FC em exercícios de duração longa. A frequência cardíaca máxima trata-se do valor mais elevado de FC registado durante um período e pode variar consideravelmente entre animais. Em exercícios com uma velocidade elevada a linha de regressão da FC perde a sua linearidade. A FC máxima não é afetada pelo treino e por isso não se trata de um fator importante de aptidão física, independentemente do aumento de $VO_{2\text{máx}}$ (Hodgson, 2014).

Logo após o exercício, existe uma recuperação muito rápida da FC, posteriormente existe uma diminuição mais gradual até atingir valores de referência em repouso. Cavalos que apresentam uma FC até 60bpm, 30 minutos após o exercício, são menos suscetíveis a apresentar desidratação ou a desenvolver miopatias (Hodgson, 2014).

3.3.1.2. Pulso de oxigénio

O pulso de oxigénio corresponde ao volume de O_2 que é bombeado pelos ventrículos durante a contração cardíaca e é o ratio do consumo de oxigénio e da frequência cardíaca (Klein et al., 2019). A capacidade aeróbica máxima em cavalos é altamente influenciada pelo treino e mesmo durante o exercício pode variar entre os 0,4 - 0,8mL/kg/batimento e os 180 - 400mL/Kg/batimento. Esta diferença de valores é sobretudo influenciada pelo teor de O_2 e o volume máximo de esforço. O pulso de oxigénio aumenta à medida que a FC aumenta durante o exercício e esta relação linear

poderá permitir uma estimativa da capacidade aeróbica máxima, através da inclinação desta linha (Evans, 2007).

3.3.1.3. Débito cardíaco

O débito cardíaco (DC) trata-se do volume de sangue bombeado pelos ventrículos a cada minuto, produto da frequência cardíaca com o volume sistólico. Posto isto, o principal meio para aumentar a absorção de oxigénio durante o exercício é através do aumento do DC. Durante o exercício submáximo, devido à taquicardia, o DC aumenta proporcionalmente com o aumento do esforço físico e o volume sistólico aumenta entre 20 – 50% na transição do repouso para este tipo de exercício. A pressão de enchimento ventricular deve aumentar o suficiente com o aumento do volume sanguíneo e do retorno venoso, de modo a não comprometer o DC. Fatores como a duração, a frequência e a intensidade podem influenciar a resposta cardiovascular ao treino (Evans, 2007; Hodgson, 2014).

A hipertrofia cardíaca é uma das principais adaptações cardiovasculares ao treino. A relevância desta hipertrofia é a relação que a mesma tem com o volume sistólico, o $VO_{2máx}$ e por consequência com o DC. As alterações cardiovasculares durante o treino podem levar a um aumento de 10 a 20% de $VO_{2máx}$, no entanto não existe correlação entre este e a frequência cardíaca (Navas de Solis, 2019; Szabó et al., 2021).

3.3.1.4. Pressão arterial e resistência vascular periférica

A pressão arterial é o produto do débito cardíaco e da resistência vascular periférica (RVP). A RVP é influenciada pela viscosidade do sangue e pelo diâmetro dos vasos sanguíneos.

A coloração das mucosas e o TRC são parâmetros que podem ser utilizados durante o exame físico para avaliar a pressão arterial. As mucosas em animais saudáveis devem ser rosadas e húmidas e o TRC inferior a dois segundos, caso a coloração esteja alterada ou o tempo seja superior ao normal, podemos concluir que existe má perfusão (Hines, 2018).

3.3.1.5. Contração esplénica

O baço de um cavalo consegue transferir rapidamente grandes quantidades de eritrócitos para a circulação sanguínea através da contração esplénica induzida pela epinefrina. Esta pode ocorrer durante o exercício intenso ou excitação (Walton, 2014).

A contração esplénica ocorre durante o exercício e após o limiar anaeróbio ser ultrapassado, mimetizando o *doping* ou mesmo uma autotransfusão. É possível o hematócrito aumentar até cerca de 60 a 70% o que eleva a capacidade de transporte de O₂ para os tecidos. Por consequência e devido à hipoventilação, limites de difusão e discrepância da ventilação/perfusão, ocorre uma diminuição da pressão parcial de oxigénio (Navas de Solis, 2019).

3.4. Sistema Respiratório

A principal função do sistema respiratório são as trocas gasosas, absorção de oxigénio e emissão de dióxido de carbono (CO₂). Mesmo em animais saudáveis este sistema pode tornar-se um fator limitativo na *performance* do atleta (Mazan, 2022). Para além do sistema cardiovascular, o sistema respiratório também está na origem da síndrome de má *performance* desportiva, uma vez que qualquer disfunção pulmonar poderá prejudicar o metabolismo aeróbico durante o exercício (Lekeux et al., 2014).

3.4.1. Controlo respiratório durante o exercício

O exercício influencia a troca e o transporte de gases e a oxigenação dos tecidos. Quando a intensidade é crescente a absorção de O₂ é linear, até ser atingido o VO₂máx. Os principais fatores que afetam a troca de gases são a ventilação, a perfusão, a relação ventilação-perfusão, a mecânica e o controlo da respiração (Art & Bayly, 2014).

Durante o exercício de baixa intensidade de curto prazo devido ao aumento conjunto da taxa de ventilação e da taxa metabólica, a composição química e os gases arteriais não se alteram (Lekeux et al., 2014).

Em animais em repouso, a pressão venosa parcial de oxigénio (pO₂) é de 85-100 mmHg e a do dióxido de carbono (pCO₂) é de 40-45 mmHg (Art & Bayly, 2014). Durante o exercício de alta intensidade, mas de curto prazo, ocorre uma diminuição de pH e de pO₂ e um aumento de pCO₂, independentemente da aptidão do atleta. No cavalo não ocorre uma resposta hiperventilatória como consequência do défice das trocas gasosas, mas sim uma hipoventilação hipercápnica. No exercício submáximo prolongado, a diminuição das trocas gasosas é progressivamente compensada, possivelmente devido às alterações induzidas pela fadiga diafragmática (Franklin et al., 2012; Lekeux et al., 2014).

3.4.2. Adaptações respiratórias ao exercício

Como descrito anteriormente, o treino influencia significativamente o $VO_{2\text{máx}}$, e tanto a extração do O_2 como o aumento do débito cardíaco contribuem para uma melhor absorção de O_2 (Mazan, 2022).

O exercício tem impacto na ventilação uma vez que, à medida que a velocidade aumenta, aumenta também de forma linear a ventilação expirada por minuto. Ao galopar, existe uma correlação entre o ritmo do galope e a frequência respiratória, que pode estar relacionado com a biomecânica deste andamento. A ventilação alveolar refere-se ao volume inspirado de ar que atinge o pulmão onde ocorrem as trocas de gasosas (Art & Bayly, 2014). Associado a uma melhoria na extração alveolar de oxigénio está a diminuição do equivalente ventilatório após o treino, esta melhoria está relacionada com o aumento da afinidade da hemoglobina para o O_2 . Isto significa que os equinos asseguram uma determinada captação de O_2 através de uma menor percentagem de ar inspirado. Após um treino prolongado, uma lenta diminuição do $VO_{2\text{máx}}$ tem impacto no desempenho, bem como na aptidão aeróbica, o que pode levar a um período de recuperação superior (Lekeux et al., 2014).

Durante o exercício o padrão de distribuição do fluxo sanguíneo para as regiões dorsais do pulmão é exacerbado, mantendo a heterogeneidade da perfusão durante o esforço. O fluxo sanguíneo e a pressão arterial pulmonar aumentam significativamente durante o exercício intenso, causando hipertensão pulmonar. Quanto à resistência vascular pulmonar, esta é relativamente baixa em repouso, no entanto, os seus valores durante o exercício moderado são ainda mais inferiores. A relação entre a ventilação e perfusão em cavalos é muito pouco afetada pelo exercício (Art & Bayly, 2014).

3.4.3. Recuperação após exercício

Após qualquer tipo de esforço é esperado que todas as constantes fisiológicas regressem aos seus valores basais. Este retorno é influenciado por constantes como a aptidão do animal, as condições climatéricas, o tipo, a intensidade e a duração do exercício. O catabolismo ou anabolismo do lactato sanguíneo, a síntese da fosfocreatina nos músculos e a persistência de uma elevada temperatura corporal, contribuem para um excesso de O_2 pós exercício (Lekeux et al., 2014).

Após a prática de exercício, à medida que as variáveis regressam aos valores de repouso, a resistência pulmonar torna-se menor, o que significa que a dilatação da laringe e a broncodilatação já não são ultrapassadas pelos fenómenos que tentam aumentar a resistência pulmonar. O aumento da frequência respiratória é a causa para a hiperventilação pós esforço, sendo a termorregulação responsável por esta alteração (Lekeux et al., 2014).

O consumo máximo de oxigénio é influenciado e melhora com o treino, contudo não é acompanhado por uma melhoria das alterações induzidas pelo exercício no sangue, tais como a absorção de oxigénio e o equivalente ventilatório de O₂. Estes valores, com o tempo, acabam por regressar aos seus valores basais, o que indica que se trata apenas de alterações transitórias e reversíveis (Art & Bayly, 2014).

3.5. Análise Hematológica

A circulação de sangue representa um dos aspetos mais importantes da fisiologia do exercício, uma vez que os resultados do hemograma e das bioquímicas podem oferecer informações sobre a função dos órgãos, equilíbrio eletrolítico/ácido base e transporte de oxigénio. Fatores intrínsecos, tais como a raça, a idade, o sexo, bem como fatores extrínsecos, tais como o ambiente, o clima, o manejo, entre outros podem influenciar a hematologia. Tal como comprovado nos sistemas fisiológicos, o exercício também influencia a hematologia e por isso é essencial uma interpretação correta dos resultados obtidos por forma a avaliar possíveis lesões, patologias e desafios fisiológicos ou de desempenho atlético (Mattosinho et al., 2017; McKenzie, 2014b).

3.5.1. Parâmetros do Hemograma

O hemograma avalia as células da linha vermelha (eritrograma), células da linha branca (leucograma) e as plaquetas (Walton, 2014).

3.5.1.1. Leucócitos, Neutrófilos e Linfócitos

O leucograma pode ser útil na identificação de processos fisiológicos ou patológicos no entanto, raramente conduz a um diagnóstico específico e isoladamente não tem um valor na avaliação da aptidão (Walton, 2014). O tempo de semi-vida dos leucócitos pode durar apenas horas e é inferior ao dos eritrócitos. A contagem total de leucócitos é tão importante quanto as contagens diferenciais dos tipos de células específicas, como por exemplo os neutrófilos e os linfócitos. Estas contagens podem ser

afetadas pelo exercício ou patologias. A avaliação do leucograma é uma ferramenta útil na identificação da presença de processos infecciosos que podem afetar o desempenho desportivo. Os leucócitos podem também ser sequestrados pelo baço e por isso libertados na contração esplénica durante o exercício que alteram o perfil do cortisol e das catecolaminas (McKenzie, 2014b).

O leucograma fisiológico ocorre quando há mobilização de neutrófilos e linfócitos periféricos para a circulação, processo promovido pela adrenalina. Pode também ocorrer um leucograma de *stress*, quando o cortisol provoca um aumento do número de neutrófilos e uma diminuição de linfócitos (Coelho et al., 2022; Klein & Cunningham, 2019).

3.5.1.2. Contagem total de eritrócitos

Os eritrócitos são células anucleadas, com uma semivida em circulação de cerca de 150 dias e são utilizadas principalmente no transporte de O₂ e CO₂. Nos eritrócitos estão presentes moléculas de hemoglobina combinadas com o oxigénio, o que aumenta a capacidade de transporte de oxigénio no sangue (McKenzie, 2014b; Hines, 2018). Apresentam valores de referência entre 6,0–10,0x10⁶/μL (Dunkel, 2018).

A eritrocitose ou a anemia são consequência de um aumento/diminuição da produção dos eritrócitos na medula ou por perda de sangue (Dunkel, 2018). A eritrocitose pode também ocorrer secundariamente à contração esplénica ou à hemoconcentração. A idade influencia o valor de eritrócitos, sendo que os poldros apresentam valores elevados ao nascimento (Walton, 2014). Mesmo em casos de anemia regenerativa, normalmente não é possível identificar reticulócitos em circulação, pelo que se questiona se eles estão presentes em equinos (McKenzie, 2014b).

3.5.1.3. Hematócrito

O hematócrito (Hct) representa a percentagem de volume de sangue preenchido por eritrócitos (McKenzie, 2014b). Os valores de referência para cavalos são de 32-50%. Estes valores podem sofrer alterações de acordo com a idade, raça e capacidade atlética (Dunkel, 2018).

As alterações que o exercício provoca no Hct dependem da sua intensidade, duração e esforço da atividade. Contudo, até exercício de baixa intensidade pode provocar um ligeiro aumento deste parâmetro, consequência da perda de fluídos ou da contração

esplénica (McKenzie, 2014b). O hematócrito regressa aos valores basais, após contração esplénica entre 40/60 minutos a várias horas. A idade também influencia os valores de Hct, poldros à nascença apresentam percentagens de hematócrito superiores, que vão diminuindo até 12 a 24 horas (Walton, 2014).

Aumentos de Hct, contagens de eritrócitos e concentrações de hemoglobina que ocorrem durante a atividade física contribuem para um melhor transporte de oxigénio e um aumento de viscosidade no sangue. Por outro lado, estes aumentos acompanhados de desidratação podem prejudicar o transporte de oxigénio aos tecidos, levando ao desenvolvimento de hipoxemia arterial (McKenzie, 2014b).

3.5.1.4. VCM

Os valores de referência são considerados de 42-58 fL (Dunkel, 2018). A libertação de eritrócitos com o dobro do tamanho normal é denominada de macrocitose, que em cavalos não está relacionada com a reticulocitose. Trata-se do indicador de regeneração mais sensível e é um dos primeiros parâmetros a demonstrar alterações após uma anemia em cavalos, no entanto pode nem sempre estar presente. O VCM é elevado à nascença e vai diminuindo até aos três a cinco meses de idade. Quanto à microcitose, em cavalos esta é fisiológica e está normalmente associada à idade, ocorre normalmente entre os nove meses a um ano de idade. Noutras espécies pode ocorrer microcitose em casos de deficiência de ferro, no entanto em cavalos está pouco documentado (Walton, 2014).

3.5.1.5. CHCM

O CHMC representa a concentração de hemoglobina por eritrócito médio (Walton, 2014). Os valores de referência são considerados de 32-38g/dL (Dunkel, 2018). Fisiologicamente, é impossível este índice atingir valores superiores aos de referência, pelo que, caso se verifique é considerado um artefacto, consequência por exemplo da aglutinação de hemácias, da lipémia ou da hemólise *in vitro*. Diminuições de CHCM são comumente associadas a respostas regenerativas noutras espécies, no entanto, no cavalo a resposta regenerativa é normocrómica (Walton, 2014).

3.5.2. Parâmetros bioquímicos

As bioquímicas mais utilizadas na avaliação de um equino atleta, são as proteínas totais (PT), a albumina (ALB), o lactato e as enzimas musculares: aspartato aminotransferase (AST) e a creatina quinase (CK) (McGowan & Hodgson, 2014).

3.5.2.1. Glicose

Os valores de referência oscilam entre os 71-122 mg/dL (NCSU, North Carolina State University, 2017). A glicose aumenta em resposta ao exercício, uma vez que ocorre estimulação da glicogenólise hepática. A extensão do seu aumento está diretamente relacionada com a intensidade do exercício, contudo durante a atividade física prolongada as concentrações de glucose acabam por diminuir ao atingir o esgotamento do glicogénio hepático e muscular (McGowan & Hodgson, 2014).

3.5.2.2. Lactato

O lactato é o produto da glicólise anaeróbia e apresenta valores de referência de <0,7mmol/l (Williamson et al., 1996; Witkowska-Piłaszewicz et al., 2021). Aumentos deste parâmetro são normalmente resultado de uma oxigenação inadequada de tecidos resultantes de condições como anemia, hipoxémia, diminuição de perfusão ou hipovolémia. Uma diminuição da concentração de lactato é indicativo de melhorias no desempenho cardiovascular (Hurcombe, 2018). Assim, os valores de lactato em neonatos são superiores aos valores de referência e diminuem até às 48h de vida (Henderson, 2013).

Durante o exercício o lactato é produzido no músculo através do metabolismo anaeróbio (McGowan & Hodgson, 2014). Cavalos com um elevado débito cardíaco, resultado de elevadas capacidades aeróbias tendem a apresentar valores de lactato mais baixos. Valores de lactato podem ser utilizados para avaliar a capacidade desportiva dos equídeos (Hines, 2018).

3.5.2.3. Proteínas Totais e Albumina

As proteínas são moléculas essenciais para a função biológica e são frequentemente combinadas com outras moléculas (Wallace, 2014). Apresentam valores de referência entre os 5,4-7,0 g/dL (NCSU, 2017). Os valores de proteínas totais são o resultado do conjunto das globulinas com a albumina. Podem ser caracterizadas em três diferentes grupos, proteínas de fase aguda positiva (aumentam a sua concentração em casos de inflamação), proteínas de fase aguda negativa (diminuem a sua concentração em

caso de inflamação) e proteínas de resposta tardia (aumentam a sua concentração duas a três semanas depois de ocorrer inflamação). As alterações dos valores de PT são resultado de alterações na estrutura ou concentração das proteínas (McKenzie, 2014a).

A albumina é uma proteína hidrossolúvel de fase aguda negativa produzida pelos hepatócitos que constitui cerca de 35-50% das proteínas plasmáticas (Wallace, 2014), com valores de referência entre 2,9-3,6 g/dL (NCSU, 2017). Esta proteína atua como portadora de AG, hormonas, iões ou fármacos e é responsável por regular e manter a pressão oncótica. Esta função é importante durante o exercício, devido às mudanças de fluídos para fora do plasma, resultado de mudanças de fluxo e pressão hidrostática (Arfuso et al., 2016). Hormonas como a insulina, o cortisol e a tiroxina são responsáveis pela sua produção, e pode apresentar valores diminuídos em caso de inflamação ou infeção (Wallace, 2014).

Medições de PT e de ALB fornece informações sobre doenças infecciosas ou parasitárias (McKenzie, 2014a). Casos de hipoalbuminémia com hipoglobulinémia podem ser o resultado de diluição ou perda de sangue, no entanto, quando apenas a albumina está diminuída pode significar diminuição da produção (através de falha hepática) ou perda (por exemplo em casos de doença renal (Gratwick, 2021)). Quanto ao quadro de hipoglobulinémia com albumina normal a aumentada, este é normalmente associado à diminuição de imunoglobulinas, que pode ocorrer em casos de imunodeficiência ou falha de transferência passiva de imunidade (Wallace, 2014). A hiperalbuminemia ocorre principalmente em casos de desidratação (Convertino et al., 1980).

Durante o exercício ocorre um rápido declínio no volume do plasma devido à perda de fluídos através da transpiração e esta diminuição provoca aumentos nos valores de proteínas totais e albumina. Este processo é proporcional à intensidade do exercício, no entanto é mais comum em cavalos de endurance, podendo indicar falta de condição física em animais de outras modalidades (McKenzie, 2014b).

3.5.2.4. Aspartato aminotransferase e creatinoquinase

A função muscular do cavalo atleta é principalmente avaliada através das enzimas AST e CK (Teixeira-Neto et al., 2008; McGowan & Hodgson, 2014; McKenzie, 2014b).

A AST é considerada uma enzima hepatocelular e está presente nos hepatócitos e nos miócitos. Também pode ser encontrada nos eritrócitos, o que significa que pode apresentar valores aumentados na presença de hemólise da amostra (Meyer & Walton, 2014). Tem valores de referência de 222-489 UI/l (NCSU, 2017). Esta enzima em soro mantém-se estável durante dias a temperatura ambiente, refrigerada ou congelada. A sua semivida é de três a quatro dias, pelo que apresenta uma semivida mais longa quando comparada com a CK, e os seus valores máximos em equinos são atingidos entre as 24h e as 48h. Uma alteração dos valores séricos desta enzima pode indicar lesão hepatocelular ou lesão dos miócitos. Posto isto, a AST não se trata de uma enzima músculo específica e a sua avaliação em casos musculo-esqueléticos deve ser combinada com a avaliação da enzima CK. Os seus valores em casos de lesão muscular têm um aumento gradual e podem estar alterados desde uma a várias semanas (Billings, 2014).

A CK tem uma elevada atividade muscular, sendo por isso considerada um marcador específico na avaliação musculo-esquelética (Billings, 2014; Meyer & Walton, 2014). Apresenta valores de referência entre os 171-567 UI/l (NCSU, 2017). A sua semivida é curta, o pico varia entre 6 a 12h e permanece alterado poucos dias após a lesão muscular, pelo que devem ser colhidas amostras no máximo até 6h após o exercício (Billings, 2014; McKenzie, 2014b). Está presente em grandes concentrações no músculo esquelético e cardíaco. Esta enzima forma fosfocreatina e ADP através da catalisação da fosforilação da creatina pelo ATP, reação utilizada para disponibilizar o ATP na contração muscular (Billings, 2014).

A CK em conjunto com a AST podem ser utilizadas para medir a progressão temporal das lesões musculares. Em casos de lesão recente apenas observamos um aumento nos valores de CK, enquanto que níveis aumentados de AST e baixos de CK indicam uma lesão muscular com pelo menos 24h (Mattosinho et al., 2017). Ambas sofrem alterações durante a prática de exercício físico, embora aumentos discretos possam nem sempre ser clinicamente significativos (Thomassian et al., 2007). Em exercícios de curta duração ou leves o aumento destes valores é mínimo ou mesmo nulo, no entanto nos casos em que o aumento destas enzimas for associado a um quadro clínico de dor muscular sugere a ocorrência de lesão. Em exercícios de elevada intensidade ou longa duração, como no caso da endurance, é relatado um aumento significativo nos valores de CK, enquanto que a AST apresenta aumentos ligeiros a moderados (Billings,

2014; McKenzie, 2014b). Aumentos de CK e AST após a prática de exercício físico podem estar relacionados com a permeabilidade mitocondrial, concluindo que o aumento destes parâmetros nem sempre está associado a dano muscular, sendo por isso importante associar os achados laboratoriais ao exame físico dos animais (Fazio et al., 2014).

IV. “Avaliação de performance desportiva de equinos da modalidade de saltos de obstáculos criados e treinados em Portugal”

O presente estudo trata-se de um estudo prospetivo e descritivo não aleatório, que teve aprovação da Comissão de Ética e Bem Estar Animal (CEBEA) da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona, sendo registado sob o parecer 108-2021 (aprovado em 18/11/2021).

Este trabalho foi aceite, sob o formato de póster, nas 14^a Jornadas Internacionais do Hospital Veterinário Muralha de Évora, sendo o resumo do mesmo publicado na Revista de Ciências Veterinárias Portuguesa.

1. Objetivos

O seguinte estudo tem como objetivos:

- a) Desenvolver um teste de simulação de saltos de obstáculo a campo adaptado a uma população de equinos desta modalidade.
- b) Estudar a influência de um teste de simulação de saltos de obstáculos sobre variáveis fisiológicas e sanguíneas de equinos treinados em Portugal.
- c) Estabelecer possíveis índices de performance e bem-estar para animais treinados em Portugal.

2. Materiais e Métodos

Este trabalho foi realizado na Escola das Armas, em Mafra, no período compreendido entre os dias 19 e 20 de janeiro de 2022, essencialmente durante a manhã com início às 08h00. Foi registada uma temperatura média de 6°C e humidade relativa de 73%. Os cavalos foram montados pelos seus cavaleiros habituais (peso médio de 66,8 ±14,8kg). Todo este protocolo experimental seguiu as regras de bem-estar animal descritas por Coelho et al. 2018.

2.1. Caracterização da população

A amostra em estudo é composta por 13 equinos ($n=13$), dos quais 84,6% ($n=11$) são de raça português de desporto, e os 15,4% restantes ($n=2$) são compostos por um Puro Sangue Árabe e um Puro Sangue Lusitano. Apresentam idades compreendidas entre os 6 e os 17 anos, com uma média de idades de $11,54 \pm 4,18$ anos (sendo 76,9% de sexo masculino ($n=10$) e 23,1% de sexo feminino ($n=3$)).

Todos foram sujeitos às mesmas condições de manejo alimentar, sendo estabulados em boxes individuais (3,0x3,0m), num centro hípico localizado em Mafra (N 38° 56' 12.8862", W 9° 19' 39.5292"). Relativamente à alimentação, é fornecido alimento composto dividido em três refeições diárias (08:00h, 12:00h, 17:00h), com 12,70% de proteína bruta, em feno de mistura dividido em duas porções diárias, em quantidades adequadas ao indivíduo (peso corporal, condição corporal, nível de esforço físico), e água sempre à disposição.

A amostra utilizada foi considerada não aleatória e constituída por conveniência, uma vez que foram incluídos equinos de qualquer idade, género ou raça. Estes animais apresentavam um exame físico e musculoesquelético sem alterações dignas de registo e sem histórico de lesões precedentes há pelo menos seis meses. Todos se encontravam em plena atividade física, praticando semanalmente para a prática de saltos de obstáculos. Na sua rotina diária de treino, os animais trabalham cinco a seis dias por semana, durante um período diário médio de 50 minutos, no qual realizam trabalho no piso plano, nos andamentos de passo, trote e galope e em média realizam exercícios com saltos de obstáculos pelo menos três dias por semana, com diferentes graus de complexidade.

Em T0, todos os animais foram considerados clinicamente saudáveis, sem qualquer comportamento indicativo de dor e todos os valores registados encontravam-se dentro dos valores de referência. De acordo com os cavaleiros, nenhum dos cavalos apresentou desconforto ou alteração na performance ao realizar o teste.

2.2. Desenho experimental

O protocolo experimental foi dividido em quatro tempos, sendo o T0 referente ao período de repouso antes do exercício (sem sela ou qualquer aparelho, ainda na boxe), o T1, relativo ao momento imediatamente após a atividade física, o T2, aos 30 minutos

de recuperação após exercício, e o T3, aos 240 minutos de recuperação após exercício (figura 6).



Figura 6 – Delineamento do protocolo de avaliação dos cavalos aquando da realização do teste de simulação de saltos de obstáculos.

Em cada um destes tempos, foi realizado um exame físico completo com registo da atitude, avaliação da frequência cardíaca, da frequência respiratória, da motilidade intestinal, coloração das mucosas e do tempo de repleção capilar (TRC), bem como medição da temperatura retal com um termómetro digital. Em T0 foi também realizada a medição do perímetro torácico de cada um dos animais, de modo a determinar o seu peso, e da sua altura média ao garrote com auxílio de um hipómetro (figura 7). Durante o exercício foi utilizado um monitor cardíaco acoplado a um sistema GPS (M430 sincronizado ao sensor H10, Polar Eletro; Lake Success, NY, EUA). Após a realização da atividade física os animais foram acompanhados e monitorizados até ao fim do protocolo experimental, garantindo que não apresentavam quaisquer sinais de dor.

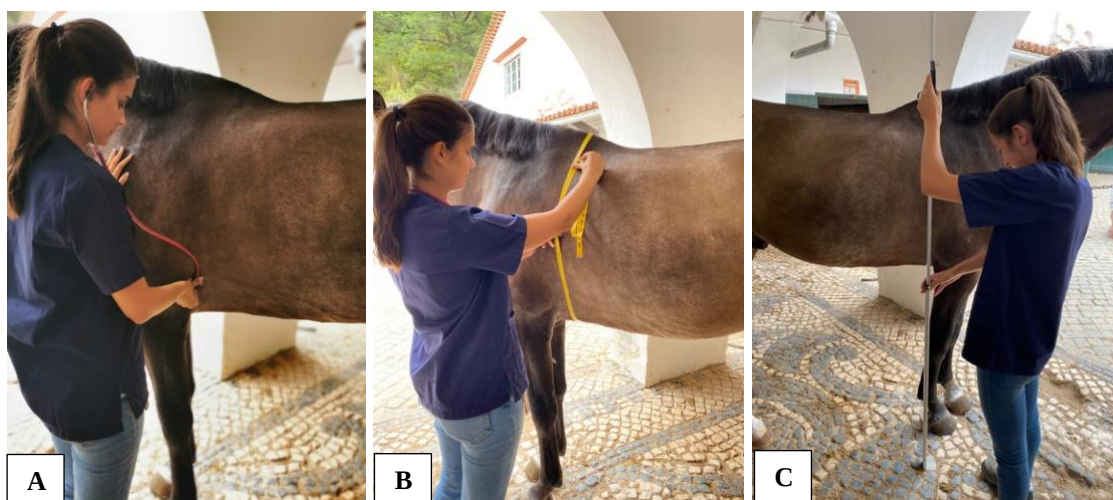


Figura 7 - Auscultação cardíaca (A); Medição do perímetro torácico (B); Medição da altura média ao garrote (C).

2.2.1. Teste de Simulação de Saltos de Obstáculos

Para avaliar o condicionamento físico, os equinos foram submetidos a um Teste de Simulação de Saltos de Obstáculos (TSSO) num relvado ao ar livre com 130x60m. Previamente à execução deste teste, os animais realizaram um aquecimento em média de 15 minutos, que compreendeu trabalho no piso plano, bem como a execução de 3 obstáculos (2 verticais e 1 *oxer*), com o intuito de preparar os animais e alcançar o máximo de descontração no trabalho montado. Após o aquecimento, todos os conjuntos realizaram o mesmo percurso de obstáculos com as seguintes especificações: oito obstáculos (três verticais e cinco *oxers*) de 80cm de altura, tendo a pista um total de 700m de comprimento. O tempo médio de realização do percurso foi de $4,9 \pm 2,3$ minutos. A figura 8 ilustra uma representação esquemática da pista utilizada no TSSO.

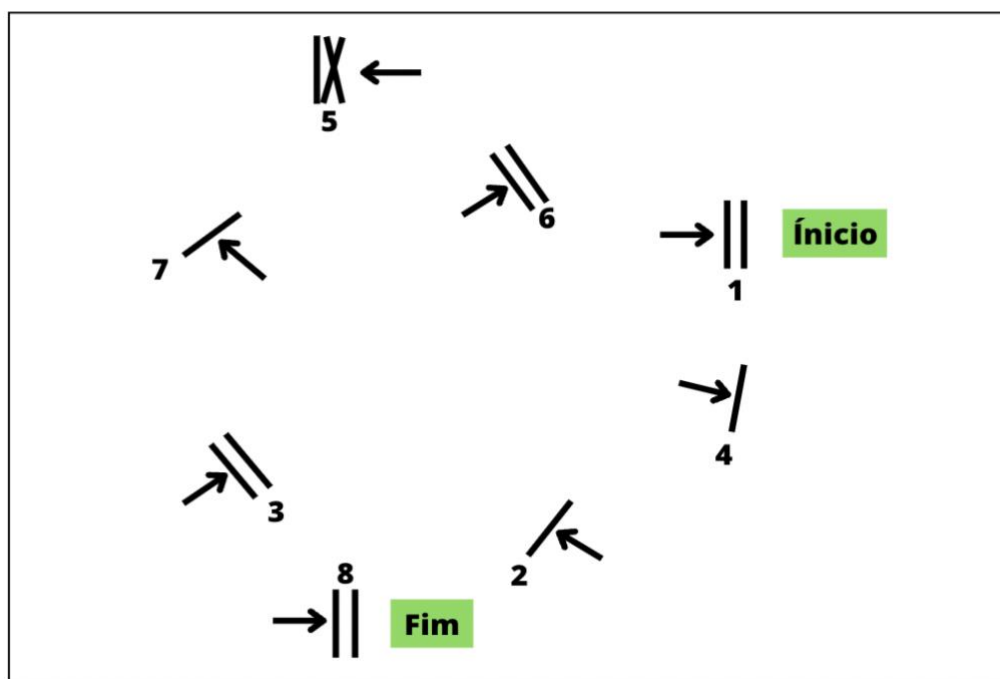


Figura 8 - Pista de saltos de obstáculos com identificação do percurso.

2.2.2. Monitorização cardíaca

Durante a realização do TSSO, os equinos utilizaram um monitor cardíaco (M430 com sensor H10, Polar Eletro; Lake Success, NY, EUA) com sistema GPS (Global Positioning System). Para resultados precisos deste parâmetro é necessário garantir que os eletrodos estão colocados corretamente e em contacto com o tórax do cavalo (Coelho et al., 2019; Woort et al., 2021). A figura 9 ilustra o correto posicionamento do sensor,

sendo por vezes necessário humedecer o mesmo de modo a obter um melhor registo dos resultados.

Após a realização do teste, os dados do equipamento foram transferidos para um computador e analisados através do software Polar Flow, de modo a analisar a velocidade (média e máxima), frequência cardíaca (média e máxima) e distância percorrida.

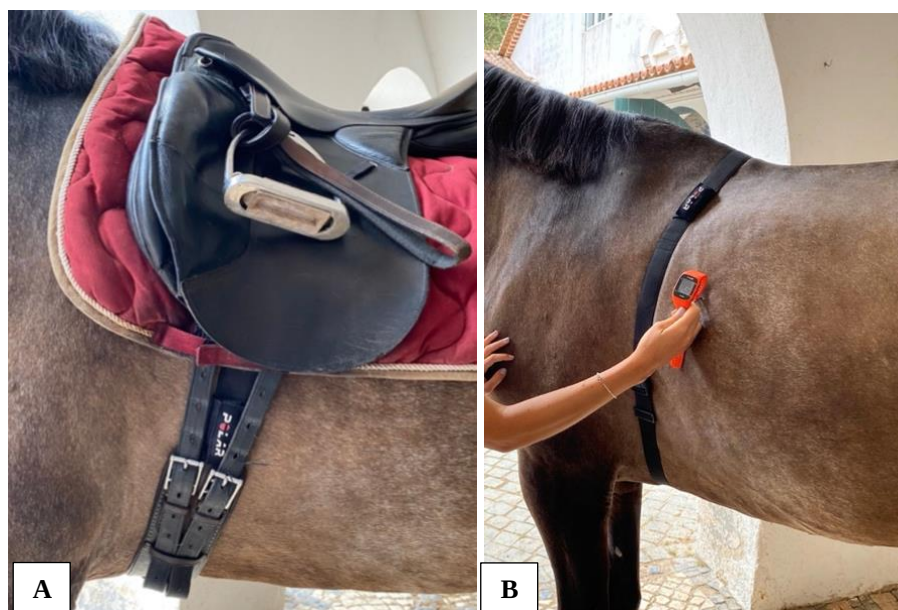


Figura 9 – Sensor do monitor cardíaco (A) e (B); Relógio conectado com o monitor cardíaco (B).

2.2.3. Colheita e análise sanguínea

As amostras de sangue foram obtidas assepticamente através venipuntura da jugular (13mL) recorrendo a agulhas descartáveis de 25x0,8mm. Para determinação do hemograma foram utilizados tubos com capacidade de 4mL com anticoagulante EDTA (BD Vacutainer ®), enquanto que para a determinação sérica das proteínas, albumina, CK e AST foram utilizados tubos de 9 mL com ativador de coagulo (BD Vacutainer ®). Todas as amostras foram enviadas para o Laboratório Clínico Veterinário da FMV-ULHT, com um intervalo médio de 2-4 horas entre as colheitas de sangue e o processamento laboratorial das mesmas. As amostras obtidas nos tubos sem anticoagulante foram imediatamente centrifugadas (Hettich Universal 320 R) durante 10 minutos a 2.000g para separação de soro e congeladas em *eppendorfs* a -80°C até ao processamento das análises laboratoriais.

O hematócrito, a contagem de eritrócitos, a concentração de hemoglobina, bem como os índices hematimétricos (VCM e CHCM) foram realizados com recurso ao equipamento de análise hematológica IDEXX ProCyte Dx no mesmo dia do TSSO. Como ilustrado na figura 10, as medições de glicose e lactato foram realizadas em aparelhos portáteis Glucomen Areo 2K (Menarini) e Lactate pro 2 (Arkray) respetivamente. As bioquímicas séricas PT, ALB, CK e AST foram determinadas através de kits comerciais num equipamento de análise de bioquímicas automático Spotchem EZ SP-4430.



Figura 10 - Aparelho portátil e tiras utilizadas para medições de glicose (A); Aparelho portátil e tiras utilizadas para medições de lactato (B).

2.3. Análise estatística

A análise estatística foi realizada com recurso ao software PROC MIXED program, SAS 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, North Caroline, EUA). A normalidade das variáveis foi avaliada através do teste de Kolmogorov-Smirnov. Para avaliar a influência do exercício físico sobre os biomarcadores avaliados, os dados foram submetidos a análise de variância para medidas repetidas, seguida de comparação das médias com recurso ao teste de Tukey. Os resultados foram expressos como médias $\pm$ desvio padrão e os resultados foram considerados significativos quando $p < 0,05$.

3. Resultados

A Tabela 1 apresenta os valores médios e desvios padrão dos parâmetros fisiológicos (FC, FR, TR), de glicose e de lactato sanguíneo, durante os 4 tempos de avaliação, bem como a sua significância. Nas variáveis FC, FR, TR e lactato o valor mais elevado foi atingido em T1, com recuperação progressiva dos valores basais até T3.

Relativamente à glicose, este apresenta o valor mais elevado em T0, diminuindo em T1 e voltando a aumentar progressivamente até T3.

Tabela 1 - Parâmetros fisiológicos, glicemia e lactato (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em teste de simulação de salto com obstáculos.

Parâmetros	Tempos de avaliação				
	T0	T1	T2	T3	p
FC (bpm)	38,85 $\pm$ 6,61 ^b	98,31 $\pm$ 15,79 ^a	40,08 $\pm$ 5,42 ^b	38,62 $\pm$ 6,08 ^b	<0,0001
FR (rpm)	12,08 $\pm$ 4,01 ^b	74 $\pm$ 18,07 ^a	16,77 $\pm$ 5,69 ^b	11,62 $\pm$ 5,82 ^b	<0,0001
TR (°C)	37,27 $\pm$ 0,33 ^b	38,06 $\pm$ 0,55 ^a	37,89 $\pm$ 0,33 ^a	36,82 $\pm$ 0,5 ^b	<0,0001
Glicose (mg/dL)	92,62 $\pm$ 13,45 ^a	73,08 $\pm$ 7,34 ^b	75,62 $\pm$ 7,86 ^b	91,08 $\pm$ 11,61 ^a	<0,0001
Lactato (mmol/L)	1,13 $\pm$ 0,26 ^b	2,38 $\pm$ 0,94 ^a	1,41 $\pm$ 0,35 ^b	1,15 $\pm$ 0,29 ^b	<0,0001

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas na análise pelo tempo de coleta pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); 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.

A Tabela 2 apresenta os valores médios e desvios padrão dos parâmetros do hemograma durante os quatro tempos de avaliação, bem como a sua significância. Nas variáveis do leucograma, é possível observar pico de valores em T1 para leucócitos e linfócitos, enquanto para neutrófilos foi observado apenas em T3. Em relação ao eritrograma, o pico de valores foi registado em T1 para contagem de eritrócitos, hemoglobina e hematócrito, sem influência do TSSO para volume corpuscular médio e concentração de hemoglobina corpuscular média.

Tabela 2 - Parâmetros do hemograma (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em teste de simulação de saltos com obstáculos.

Parâmetros	Tempos de avaliações				
	T0	T1	T2	T3	p
Leuco ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	6,2 $\pm$ 1,58 ^b	7,73 $\pm$ 0,66 ^a	6,46 $\pm$ 0,87 ^b	7 $\pm$ 1,19 ^{ab}	0,0071

Ne (x10³/μL)	3,19±0,91 ^b	3,86±0,49 ^{ab}	3,38±0,28 ^{ab}	3,96±0,82 ^a	0,0113
Linfo (x10³/μL)	2,66±0,77 ^b	3,47±0,61 ^a	2,73±0,61 ^b	2,65±0,62 ^b	0,0072
He (x10⁶/μL)	7,85±0,92 ^b	10,28±0,59 ^a	7,77±0,65 ^b	7,97±0,75 ^b	<0,0001
Hb (g/dL)	12,52±1,40 ^b	16,58±0,78 ^a	12,59±1,01 ^b	12,78±1,07 ^b	<0,0001
Hct (%)	35,01±4,61 ^b	47,85±2,91 ^a	35,53±3,04 ^b	35,66±3,35 ^b	<0,0001
VCM (fL)	44,65±3,44	46,64±3,18	45,78±2,94	44,83±3,07	0,3665
CHCM (g/dL)	34,47±5,43	34,68±0,86	35,44±0,89	35,87±0,97	0,5949

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas na análise pelo tempo de coleta pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); 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; Hb, concentração de hemoglobina; Hct, volume globular; VCM, volume corpuscular médio; CHCM, concentração de hemoglobina corpuscular média.

A Tabela 3 apresenta os valores médios e desvios padrão dos parâmetros bioquímicos durante os quatro tempos de avaliação, bem como a sua significância. Assim, é possível observar que o TSSO apenas influenciou a albumina, com um pico de valores em T1 e recuperação em T3.

Tabela 3 - Parâmetros bioquímicos (médias ±desvios-padrão) dos equinos em teste de simulação de salto com obstáculos.

Parâmetros	Tempos de avaliações				
	T0	T1	T2	T3	p.
AST, UI/L	269,69±74,38	297,23±77,31	277,77±72,78	284,46±82,19	0,8256
ALB, mg/dL	2,9±0,2 ^b	3,18±0,18 ^a	2,98±0,2 ^{ab}	2,97±0,2 ^b	0,0052

PT, mg/dL	5,61±0,47	5,79±0,4	5,63±0,35	5,76±0,39	0,5667
CK, UI/L	144,92±57,45	194,69±66,01	170,46±49,85	173,92±40,87	0,1535

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas na análise pelo tempo de coleta pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); T0: repouso; T1: imediatamente após o exercício; T2: com 30 minutos de recuperação; T3, com 240 minutos de recuperação. AST, aspartato aminotransferase; ALB, albumina; PTN, proteínas totais; CK, creatinoquinase.

A Tabela 4 apresenta os valores médios e desvios padrão dos parâmetros obtidos através do monitor cardíaco (M430 Polar) dos equinos durante o teste de simulação de saltos de obstáculos.

Tabela 4 - Dados do monitor cardíaco (M430 Polar) dos equinos em teste de simulação de saltos de obstáculos.

Parâmetros	Valores
FCmax (bpm)	109,5±34,4
FCmed (bpm)	85,9±20,9
Vmax (m/s)	26,9±2,8
Vmed (m/s)	11,6±1,3

Nota: Dados expressos em médias e desvio-padrão. FCmax, frequência cardíaca máxima; FCmed, frequência cardíaca média; Vmax, velocidade máxima; Vmed, velocidade média.

4. Discussão

Os testes de campo, têm sido utilizados na medicina humana desde há muitos anos, por forma a avaliar a capacidade física de um atleta e o impacto de diversas doenças na prática de exercício (Courouc -Malblanc & Hodgson, 2014). Posteriormente, estes estudos foram adaptados   espécie equina, devido à sua importância e porte atlético, onde uma correta interpretação dos resultados é essencial para a avaliação de desempenho (Binda et al., 2016).

Este projeto de investigação foi desenvolvido através da necessidade de avaliar a condição física de equinos e o impacto de um teste de campo da modalidade de obstáculos nos parâmetros fisiológicos e hematológicos, uma vez que são escassos os estudos desta área realizados em Portugal. Posto isto, foi selecionado para este estudo uma população de origem portuguesa. O TSSO foi realizado em condições adequadas, submetendo os animais a um nível de exercício para o qual estavam treinados, respeitando por isso o seu bem-estar geral. Este protocolo antecedeu a realização de uma prova de avaliação com as mesmas características, contribuindo para a sua adaptação ao percurso e permitindo à equipa médica veterinária avaliar objetivamente o nível de desempenho físico de cada animal. Todos os parâmetros avaliados neste estudo antes dos animais serem sujeitos ao TSSO se encontravam dentro dos valores de referência (NCSU, 2017).

Existem diversos biomarcadores que podem ser utilizados na avaliação de *performance* de um atleta, contudo está descrito na literatura que a FC (Frippiat et al., 2021; Nyerges-Bohák et al., 2021; Szabó et al., 2021), o lactato (Lindner, 2000; Bitschnau et al., 2010; Kirsch et al., 2022), o hemograma (Piccione et al., 2010; Silva et al., 2018), as PT (Carvalho Filho et al., 2020) e as enzimas musculares AST e CK (Teixeira-Neto et al., 2008; Mattosinho et al., 2017; Gonçalves et al., 2022) são os mais fidedignos, pelo que se optou por incluir os mesmos neste trabalho. Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o teste de simulação de obstáculos, apresentou efeitos significativos em alguns dos biomarcadores estudados.

O uso do frequencímetro cardíaco permitiu uma monitorização mais detalhada do TSSO. Em Itália foi utilizado um monitor cardíaco acoplado a GPS com medição de velocidade e, numa prova de saltos de obstáculos, contendo saltos de diferentes alturas. A avaliação destes parâmetros, bem como a gravação das provas permitiu correlacionar as alterações de FC com a fase do percurso (Bazzano et al., 2016). Assim, verificaram-se aumentos de frequência cardíaca à entrada da pista, o que sugere que este aumento também está associado a fatores de *stress* (Jansen et al., 2009; Bazzano et al., 2016; Henshall et al., 2022). A correlação entre a FC e os obstáculos pode explicar o facto de Bazzano et al. (2016) apresentar FC mais elevadas (~176,5) durante o percurso, do que o presente trabalho (~109,5), uma vez que no primeiro os saltos apresentavam alturas entre os 100cm e os 135cm e no último tinham todos uma altura de 80cm.

Em relação à FC, as suas medições têm sido muito utilizadas na avaliação de desempenho e esforço físico (Bazzano et al., 2016) e é um dos parâmetros mais utilizados para avaliar o nível de aptidão em cavalos (Szabó et al., 2021). Foram observadas alterações significativas, com valores mais elevados em T1 ($98,31 \pm 15,79$ bpm), o qual foi esperado, uma vez que resultados semelhantes foram reportados por outros autores na Bélgica e Hungria, para a disciplina de saltos de obstáculos (Art et al., 2010; Szabó et al., 2021). Este aumento de FC é normalmente associado à libertação de adrenalina e ao aumento da atividade simpática (Mlyneková et al., 2016).

O uso de monitores cardíacos com sistema GPS, permite-nos correlacionar os valores de FC com os da velocidade (Fripiat et al., 2021). Segundo Hodgson (2014), durante o exercício submáximo em testes em passadeira, existe uma relação linear entre a frequência cardíaca e a velocidade. Por outro lado, FC superiores nem sempre se correlacionam com velocidades elevadas (Munsters et al., 2014). Na modalidade de saltos de obstáculos a correlação não é tão evidente, possivelmente devido ao aumento de FC durante o salto, independentemente da sua velocidade (Bazzano et al., 2016).

A hipertermia, associada à taquicardia observadas em T1 são compatíveis com um aumento do metabolismo fisiológico dos músculos aquando da prática de exercício físico. Cerca de 70-80% da energia produzida pelos músculos é libertada em forma de calor (Soroko et al., 2019) e por isso é essencial que ocorra a dissipação do mesmo através da sudorese e vasodilatação, de modo a que o atleta seja capaz de realizar o exercício. Aumentos de FR concomitantes com aumentos de FC, como é o caso em T1, confirma que os músculos exercitados aumentaram a procura de oxigénio com envolvimento de ambos os parâmetros. Este aumento na frequência respiratória logo após o exercício, atua como dissipação de calor e vai de encontro com outros trabalhos publicados (Gundasheva, 2015; Binda et al., 2016; Gomes et al., 2019; Gonçalves et al., 2022).

Uma correta monitorização do desempenho aeróbio é essencial, de modo a verificar se o treino promoveu as adaptações necessárias (Kirsch et al., 2022). Neste estudo foi possível caracterizar o esforço realizado como exercício predominantemente aeróbio, uma vez que os valores de lactato logo após o exercício ($2,38 \pm 0,94$ mmol/L) não atingiram o limiar anaeróbio de 4 mmol/L (Ferraz et al., 2009). O valor mais alto registado no presente trabalho foi inferior aos reportados por Soares et al. (2011) e por Macedo et al. (2017). Estes autores representaram valores de lactato de $3,9 \pm 0,70$ mmol/L

com obstáculos entre os 80 e os 120cm e de $3,54 \pm 1,98$ mmol/L com obstáculos entre os 80 e 100cm, respetivamente.

Por outro lado, Fazio et al. (2014) e Art et al. (2010) observaram valores de lactato superiores ao referido limiar anaeróbio, atingindo, respetivamente, valores de $5,00 \pm 0,46$ mmol/L e $9,04 \pm 0,9$ mmol/L, também na modalidade de saltos de obstáculos. Nestes estudos, houve predominância do metabolismo anaeróbio com acumulação de grandes quantidades de lactato (Henderson, 2013). De acordo Kirsch et al. (2022) o nível da competição tem um efeito significativo na concentração de lactato após o exercício, sendo que valores de lactato mais elevados estão associados a competições com níveis de dificuldade superiores. Aumentos de apenas 10 cm na altura do obstáculo foram suficientes para provocar um aumento significativo nos valores de lactato. O mesmo foi também verificado por Art et al. (2010), Fazio et al. (2014) e Bazzano et al. (2016). Em disciplinas como a *dressage* estão descritos valores de lactato após exercício entre 0.6-1,1mmol/L, enquanto que em corridas os valores podem variar entre 0,9-19 mmol/L (Kędzierski, 2014). Deste modo é possível concluir que o valor de lactato e o metabolismo predominante variam também com as diferentes modalidades equestres.

Não existem até ao momento avaliações concretas na relação direta entre a capacidade aeróbia e o desempenho em saltos de obstáculos, o que ilustra a complexidade desta modalidade e onde o desempenho não depende apenas da aptidão física, mas também da motivação e destreza (Kirsch et al., 2022). Assim, podemos afirmar que mesmo que as provas de obstáculos não apresentem velocidades e durações elevadas, é possível uma contribuição de energia através do metabolismo anaeróbico (Art et al., 2010; Munsters et al., 2014; Kirsch et al., 2022). Isto significa que o protocolo utilizado pelos autores referidos apresenta uma população menos apta a realizar este nível de atividade física ou envolve a realização de um exercício mais intenso do que o implementado no presente trabalho. Valores semelhantes ou inferiores ao limiar anaeróbio, foram apresentados por Soares et al. (2011) e por Macedo et al. (2017) de $3,9 \pm 0,70$ mmol/L e de $3,54 \pm 1,98$ mmol/L, respetivamente.

Tanto em humanos como em equinos, o impacto do exercício na glicose pode culminar em diferentes resultados, dependendo da intensidade e duração do exercício (Art et al., 2010; Santiago et al., 2013). Neste caso, foram registados valores de glicose mais elevados em repouso (T0) e aos 240 minutos de recuperação (T3). Em T1 foi observada

uma diminuição significativa destes valores, possivelmente devido à depleção intramuscular de glicogénio, consequência da ativação das vias glicolíticas. O aumento novamente em T3, poderá ser resultado da estimulação da glicogenólise hepática, da ativação do metabolismo da gordura ou da diminuição do volume sanguíneo (Piccione et al., 2010). Conclusões semelhantes foram observadas por Fazio et al. (2014) e Gonçalves et al. (2022). O aumento do valor deste parâmetro em T0 e T3 coincide com o horário de alimentação dos animais, o que provoca um aumento da absorção de glicose e justifica este aumento.

Os parâmetros hematológicos são bons indicadores do estado fisiológico do animal e sofrem alterações com o esforço físico (Silva et al., 2018), pelo que estas alterações têm sido alvo de investigações em diferentes tipos, intensidades e duração de exercícios (Piccione et al., 2010). O TSSO levou ao aumento significativo de Hct (37%), He (31%) e Hb (32,4%). Este aumento ocorre por ação da adrenalina (ação do sistema nervoso simpático) e subsequente contração esplénica (Busechian et al., 2018; Silva et al., 2018), sendo os achados semelhantes aos encontrados noutros estudos (Piccione et al., 2010; Binda et al., 2016; Macedo et al., 2017; Busechian et al., 2018). A elevação destes parâmetros é necessária para garantir um aporte correto de metabolitos energéticos, uma correta oxigenação dos tecidos e remoção de catabolitos da atividade muscular (Macedo et al., 2017; Silva et al., 2018). Pode estar relacionado com diversos fatores, um dos quais o ambiente e o *stress* térmico, com o aumento de temperatura corporal ocorre perda de fluidos, quer por sudorese quer pelo sistema respiratório, levando à diminuição do volume sanguíneo e por consequência aumentos no hematócrito (Mattosinho et al., 2017).

Relativamente aos índices eritrocitários, nem o VCM nem o CHCM apresentaram alterações significativas durante os períodos de avaliação. O mesmo foi comprovado por outros autores (Miranda et al., 2011; Gundasheva, 2015; Binda et al., 2016). No estudo realizado por Carvalho et al. (2016) em cavalos da raça Quarto de Milha, ocorreu o aumento significativo dos valores de VCM em T1 o que indica que ocorreu um aumento do tamanho dos eritrócitos circulantes, resultado da contração esplénica proporcional à prática da atividade exigida. Entretanto, Muñoz et al. (2008) observaram uma redução do VCM nos equinos da raça Anglo-Árabe estudados e associaram tal achado à liberação de células menores e mais velhas por parte do baço.

Quanto ao leucograma, o TSSO levou a uma leucocitose por neutrofilia e linfocitose em T1, com redução da relação N:L, que pode estar associado ao efeito predominante da ação de adrenalina (leucograma fisiológico) e da contração esplénica, tal como ocorre com os eritrócitos (Snow et al., 1983; Piccione et al., 2010; Djokovic et al., 2021). O mesmo foi comprovado por Coelho et al. (2022) na modalidade de *dressage*.

Na análise dos dados registados na tabela 3, não ocorreram alterações hidrolíticas em grande escala durante a execução deste teste de simulação, visto que não foram observadas alterações para as proteínas totais. No entanto, há estudos onde ocorreu efetivamente uma variação deste parâmetro, ainda que não muito elevada, com valores superiores representados logo após o exercício (Soares et al., 2011; Carvalho Filho et al., 2020). Os autores justificam este aumento com a perda de fluídos na sudorese decorrente do exercício e resultante da redistribuição de fluídos dos compartimentos intravasculares para os extravasculares.

Os resultados de albumina neste estudo foram considerados significativos, com um valor mais elevado após o exercício ($3,18 \pm 0,18$ em T1). Estão descritos aumentos de albumina associados ao exercício físico em cavalos (Arfuso et al., 2016), bem como em humanos (Convertino et al., 1980). Este aumento ocorre para facilitar a hipervolemia e o transporte e metabolismo de ácidos gordos (Convertino et al., 1980). Neste trabalho, as PT não apresentaram resultados significativos comparativamente com a ALB, pelo que a medição dos valores de globulinas será um parâmetro a considerar em estudos futuros, sendo que está descrito um ratio de albumina:globulina de 1 para 1 (Bayly, 1987).

A AST e a CK não foram influenciados de forma significativa pelo TSSO, semelhante a outras pesquisas (Gomes et al., 2019; Macedo et al., 2017). Este resultado justifica-se por alterações na permeabilidade do sarcolema em decorrência da prática da atividade física (Thomassian et al., 2007; Fazio et al., 2014; Mattosinho et al., 2017). Alterações muito significativas na atividade sérica destas enzimas são frequentemente associadas a lesão muscular ou a exercício extenuante (Fazio et al., 2014). É necessário correlacionar os resultados obtidos 30 minutos após o exercício com um exame físico completo, de modo a distinguir lesão de aumentos fisiológicos (Thomassian et al., 2007).

Os valores médios da AST em T0 foram compatíveis com os dados apresentados por Thomassian et al. (2007) em cavalos de raça Árabe e foram inferiores aos apresentados por Busechian et al. (2018) de 171 ± 40 UI/L e Macedo et al. (2017) de

143,4 ± 21.0 UI/L, que estudaram equinos da modalidade de saltos de obstáculos. Esta variação de resultados foi provavelmente decorrente da população utilizada. A atividade sérica da CK, neste trabalho em T0 foi de 144,92±57,45 UI/L. Resultados idênticos aos apresentados por Busechian et al. (2018) com valores de 134 ± 109 UI/L e por Gonçalves et al. (2022) de 130,4 ± 36 UI/L. Thomassian et al. (2007), por outro lado citou resultados em T0 de 262 ± 98 UI/L, muito superiores aos constatados aos obtidos neste trabalho, mas ainda dentro dos valores de referência, possivelmente pela população ser composta por cavalos árabes, uma vez que estes podem apresentar valores basais de CK superiores aos de outras raças (McKenzie, 2014b).

A recuperação dos parâmetros fisiológicos e hematológicos observada nos resultados obtidos neste estudo em T2 e T3, está descrita na literatura em cavalos com uma boa *performance* desportiva (Fazio et al., 2014; Binda et al., 2016; Macedo et al., 2017), pelo que podemos concluir que a população deste estudo estava apta a realizar este tipo de exercício. Para além disto, não foram constatados quaisquer sinais clínicos de lesão muscular decorrente do protocolo utilizado e o binómio cavalo-cavaleiro não demonstrou quaisquer dificuldades durante a realização do TSSO. Assim, o TSSO utilizado no presente estudo poderá ser utilizado futuramente para avaliar cavalos da modalidade de saltos de obstáculos, assegurando condições ambientais semelhantes a uma prova da modalidade.

5. Conclusão

Os testes a campo são cada vez mais utilizados na avaliação de *performance* desportiva em equinos, na medida que nos permite avaliar o impacto do exercício nos sistemas afetados pela atividade física, estabelecer valores de referência e descobrir eventuais causas de má *performance*.

Foram atingidos com sucesso os objetivos determinados para a presente dissertação, uma vez que foi possível comprovar que um teste de simulação de saltos de obstáculos teve impacto nas variáveis fisiológicas e sanguíneas dos cavalos estudados. Desta forma, esta investigação permitiu à autora quantificar como cada cavalo avaliado neste estudo responde a um teste a campo o que contribuirá para avaliação do seu bem-estar e capacidade física.

A possibilidade de no futuro utilizar estes resultados na avaliação de *performance* em equinos com características ou aptidão idêntica é um fator importante, na medida que podem ser desenvolvidos planos de treino desta modalidade adaptados às características fisiológicas de cada indivíduo.

6. Perspetivas futuras

A fisiologia do exercício desperta cada vez mais o interesse dos médicos veterinários na abordagem de bem-estar e de perda de *performance* desportiva em equinos. A presente dissertação, tal como os estudos mencionados anteriormente, sugere que existem diversas alterações fisiológicas durante o exercício.

Considerando que em Portugal existem poucos estudos que avaliem a *performance* desportiva em equinos da modalidade de saltos de obstáculos, seria vantajoso avaliar um maior número de equinos, com idades mais homogêneas, com o intuito de estabelecer valores de referência mais fidedignos e adaptados à realidade dos cavalos criados e treinados em Portugal. Por fim, o estudo de outros parâmetros associados ao exercício pode demonstrar-se útil, por forma a obter cada vez mais informações sobre o impacto do exercício na *performance* desportiva.

7. Referências bibliográficas

Allen, K. J., van Erck-Westergren, E., & Franklin, S. H. (2016). Exercise testing in the equine athlete. *Equine Veterinary Education*, 28(2), 89–98. <https://doi.org/10.1111/eve.12410>

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>

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>

Art, T., & Bayly, W. (2014). Lower airway function: Response to exercise and training. Em *Equine sports medicine and surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete* (2. ed, pp. 586–602). Saunders Elsevier.

Bayly, W. M. (1987). The Interpretation of Clinicopathologic Data from the Equine Athlete. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 3(3), 631–647. [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30668-5](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30668-5)

Bazzano, M., Giudice, E., Rizzo, M., Congiu, F., Zumbo, A., Arfuso, F., Di Pietro, S., Bruschetta, D., & Piccione, G. (2016). Application of a combined global positioning and heart rate monitoring system in jumper horses during an official competition—A preliminary study. *Acta Veterinaria Hungarica*, 64(2), 189–200. <https://doi.org/10.1556/004.2016.019>

Billings, A. (2014). Skeletal Muscle. Em *Equine Clinical Pathology* (pp. 153–179). Wiley blackwell.

Binda, M. B., Teixeira, F. A., Carvalho, R. S., Macedo, L. P., Conti, L. M. C., Manso Filho, H. C., & Coelho, C. S. (2016). Effects of 3-Barrel Racing Exercise on Electrocardiographic and on Blood Parameters of Quarter Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 47, 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.08.001>

Bitschnau, C., Wiestner, T., Trachsel, D. S., Auer, J. A., & Weishaupt, M. A. (2010). Performance parameters and post exercise heart rate recovery in Warmblood sports horses of different performance levels: Exercise testing in Warmblood sports horses. *Equine Veterinary Journal*, 42, 17–22. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00260.x>

Bröjer, J., Holm, S., Jonasson, R., Hedenström, U., & Essén-Gustavsson, B. (2006). Synthesis of proglycogen and macroglycogen in skeletal muscle of Standardbred trotters after intermittent exercise. *Equine Veterinary Journal*, 38(S36), 335–339. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05564.x>

Bronsart, L. L., Sides, R. H., & Bayly, W. M. (2009). A comparative study of interval and continuous incremental training in Thoroughbreds. *Comparative Exercise Physiology*, 6(02), 49. <https://doi.org/10.1017/S1755254009990080>

Busechian, S., Marchesi, M. C., Pieramati, C., Forte, C., Zappulla, F., Conti, M.

B., Buttarelli, D., & Rueca, F. (2018). Changes in Blood Parameters in Healthy Horses and Horses With Upper and Lower Respiratory Tract Diseases Undergoing Treadmill Exercise Tests. *Journal of Equine Veterinary Science*, 71, 35–39. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.09.002>

Cabrera, A. M. Z., Soto, M. J. C., Aranzales, J. R. M., Valencia, N. M. C., & Gutiérrez, M. P. A. (2021). Blood lactate concentrations and heart rates of Colombian Paso horses during a field exercise test. *Veterinary and Animal Science*, 13, 100185. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100185>

Carvalho, R. S. de, Macedo, L. P., Teixeira, F. A., Binda, M. B., & Coelho, C. S. (2016). VOLUME CORPUSCULAR MÉDIO (VCM) E AMPLITUDE DA DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DOS ERITRÓCITOS (RDW) EM EQUINOS DA RAÇA QUARTO DE MILHA USADOS EM PROVAS DE TRÊS TAMBORES. *Ciência Animal Brasileira*, 17(3), 411–417. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v17i335842>

Carvalho Filho, W. P. de, Girardi, F. M., Souto, P. C., Orozco, A. M. O., de Oliveira, T., Dornelas, L. R. S. M., Jimenez, A. K. A., & Fonseca, L. A. da. (2020). Profile of Acute-Phase Proteins of Horses Submitted to Low-Level Show Jumping Classes. *Journal of Equine Veterinary Science*, 91, 103105. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103105>

Coelho, C. S., Adam, G. L., Agra de Omena e Silva, G., Silva de Carvalho, R., Cuña de Souza, V. R., & Fazio, F. (2019). Heart Rate Monitoring in Mangalarga Marchador Horses During a Field Marcha Test. *Journal of Equine Veterinary Science*, 79, 50–53. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.05.020>

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>

Convertino, V. A., Brock, P. J., Keil, L. C., Bernauer, E. M., & Greenleaf, J. E. (1980). Exercise training-induced hypervolemia: Role of plasma albumin, renin, and vasopressin. *Journal of Applied Physiology*, 48(4), 665–669.

<https://doi.org/10.1152/jappl.1980.48.4.665>

Courouc -Malblanc, A., & Hodgson, D. (2014). Clinical Exercise Testing. Em *The athletic horse: Principles and practice of equine sports medicine* (2nd ed, pp. 366–378). Saunders/Elsevier.

d'Argenteuil, C., Boshuizen, B., Vidal Moreno de Vega, C., Leybaert, L., de Mar , L., Goethals, K., De Spiegelaere, W., Oosterlinck, M., & Delesalle, C. (2021). Comparison of Shifts in Skeletal Muscle Plasticity Parameters in Horses in Three Different Muscles, in Answer to 8 Weeks of Harness Training. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 718866. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.718866>

De Mar , L., Boshuizen, B., Vidal Moreno de Vega, C., de Mee s, C., Plancke, L., Gansemans, Y., Van Nieuwerburgh, F., Deforce, D., de Oliveira, J. E., Hosotani, G., Oosterlinck, M., & Delesalle, C. (2022). Profiling the Aerobic Window of Horses in Response to Training by Means of a Modified Lactate Minimum Speed Test: Flatten the Curve. *Frontiers in Physiology*, 13, 792052. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.792052>

Dunkel, B. (2018). Disorders of the Hematopoietic System. Em *Equine internal medicine* (4th ed, pp. 991–1028). Elsevier.

Durando, M. M. (2019). Cardiovascular Causes of Poor Performance and Exercise Intolerance and Assessment of Safety in the Equine Athlete. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 35(1), 175–190. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2018.12.002>

Evans, D. L. (2007). Physiology of equine performance and associated tests of function. *Equine Veterinary Journal*, 39(4), 373–383. <https://doi.org/10.2746/042516407X206418>

Fazio, F., Casella, S., Assenza, A., Arfuso, F., Tosto, F., & Piccione, G. (2014). Blood biochemical changes in show jumpers during a simulated show jumping test. *Vet. Arhiv*, 10.

Franklin, S. H., Van Erck-Westergren, E., & Bayly, W. M. (2012). Respiratory responses to exercise in the horse: Respiratory responses of healthy horses to exercise. *Equine Veterinary Journal*, 44(6), 726–732. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2012.00666.x>

Frippiat, T., van Beckhoven, C., Moyse, E., & Art, T. (2021). Accuracy of a heart rate monitor for calculating heart rate variability parameters in exercising horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 104, 103716. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103716>

Geelen, S. N. J., Blázquez, C., Geelen, M. J. H., Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. M., & Beynen, A. C. (2001). High fat intake lowers hepatic fatty acid synthesis and raises fatty acid oxidation in aerobic muscle in Shetland ponies. *British Journal of Nutrition*, 86(1), 31–36. <https://doi.org/10.1079/BJN2001364>

Gerard, M., Graaf-Roelfsema, E., Hodgson, D., & Kolk, J. (2014). Energetic Considerations of Exercise. Em *The athletic horse: Principles and practice of equine sports medicine* (2nd ed, pp. 19–33). Saunders/Elsevier.

Gomes, C. L. N., Ribeiro Filho, J. D., Silva, L. P., Aranha, R. M. C., Moraes Júnior, F. J., Cardoso, J. K. M., & Monteiro, L. C. (2019). Parâmetros fisiológicos e bioquímicos de equinos em treinamento de três tambores: Pós-condicionamento, pós-percurso e pós-descanso. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71(2), 631–639. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10270>

Gonçalves, J. A., Filho, N. A. K., Rodrigues, R., Jadoski, W., Aymone, A. C. B., & Neves, A. P. (2022). *Fitness of Eventing Horses Submitted to Interval Training*. 1(2), 10.

Gratwick, Z. (2021). An updated review: Laboratory investigation of equine renal disease. *Equine Veterinary Education*, 33(10), 546–555. <https://doi.org/10.1111/eve.13373>

Gundasheva, D. (2015). Effect of exercise on erythron, heart and respiratory rates in horses vaccinated against equine herpes virus 4/1 and equine influenza virus. *Comparative Clinical Pathology*, 24(6), 1565–1572. <https://doi.org/10.1007/s00580-015-2117-9>

Henderson, I. S. F. (2013). Diagnostic and prognostic use of L-lactate measurement in equine practice: Clinical use of lactate. *Equine Veterinary Education*, 25(9), 468–475. <https://doi.org/10.1111/eve.12033>

Henshall, C., Randle, H., Francis, N., & Freire, R. (2022). The effect of stress

and exercise on the learning performance of horses. *Scientific Reports*, 12(1), 1918. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03582-4>

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

Hines, M. (2018). Clinical Approach to Commonly Encountered Problems. Em *Equine internal medicine* (4th ed, pp. 232–312). Elsevier.

Hodgson. (2014). The Cardiovascular System: Anatomy, Physiology, and Adaptations to Exercise and Training. Em *The athletic horse: Principles and practice of equine sports medicine* (2nd ed, pp. 162–173). Saunders/Elsevier.

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

Hunka, M. M., Araújo Souza, L., Sougey de Almeida, T. H., Rolim Nery, P. C., Cordeiro Manso, H. E. C. da C., & Manso Filho, H. C. (2018). Metabolic and physiological changes during and after vaquejada exercise in horses. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, 12(4), 254. <https://doi.org/10.26605/medvet-v12n4-2454>

Hurcombe, S. (2018). Critical Care. Em *Equine internal medicine* (4th ed, pp. 158–190). Elsevier.

Jansen, F., Van der Krogt, J., Van Loon, K., Avezzù, V., Guarino, M., Quanten, S., & Berckmans, D. (2009). Online detection of an emotional response of a horse during physical activity. *The Veterinary Journal*, 181(1), 38–42. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.03.017>

Jose-Cunilleras, E., & McKeever, K. H. (2014). Body fluids and electrolytes. Em *Equine Sports Medicine and Surgery* (pp. 837–854). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4771-8.00038-7>

Kayar, S. R., Hoppeler, H., Lindstedt, S. L., Claassen, H., Jones, J. H., Essen-Gustavsson, B., & Taylor, C. R. (1989). Total muscle mitochondrial volume in relation to aerobic capacity of horses and steers. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*, 413(4), 343–347. <https://doi.org/10.1007/BF00584481>

Kędzierski, W. (2014). Changes in plasma leptin concentration during different types of exercises performed by horses. *Animal*, 8(9), 1456–1461. <https://doi.org/10.1017/S1751731114001220>

Kinnunen, S., Hyypä, S., Lappalainen, J., Oksala, N., Venojärvi, M., Nakao, C., Hänninen, O., Sen, C. K., & Atalay, M. (2005). Exercise-induced oxidative stress and muscle stress protein responses in trotters. *European Journal of Applied Physiology*, 93(4), 496–501. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1162-x>

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, 818381. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.818381>

Klein, B. G. (2019). The Physiology of Muscle. Em *Cunningham's textbook of veterinary physiology* (Sixth edition, pp. 73–81). Elsevier.

Klein, B. G., & Cunningham, J. G. (2019). *Cunningham's textbook of veterinary physiology* (Sixth edition). Elsevier.

Klein, B. G., Cunningham, J. G., & Stephenson, Robert. (2019). Overview of Cardiovascular Function. Em *Cunningham's textbook of veterinary physiology* (Sixth edition, pp. 173–185). Elsevier.

Koho, N. M., Hyypä, S., & Pösö, A. R. (2006). Monocarboxylate transporters (MCT) as lactate carriers in equine muscle and red blood cells. *Equine Veterinary Journal*, 38(S36), 354–358. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05568.x>

Lacombe, V. A., Hinchcliff, K. W., & Devor, S. T. (2003). Effects of exercise and glucose administration on content of insulin-sensitive glucose transporter in equine skeletal muscle. *American Journal of Veterinary Research*, 64(12), 1500–1506. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2003.64.1500>

Lekeux, P., Art, T., & Hodgson, D. R. (2014). The Respiratory System: Anatomy, Physiology, and Adaptations to Exercise and Training. Em *The athletic horse: Principles and practice of equine sports medicine* (2nd ed). Saunders/Elsevier.

Lindner, A. (2000). Use of blood biochemistry for positive performance

diagnosis of sport horses in practice. *Revue Méd. Vét.*, 8.

Macedo, L. P., Binda, M. B., Teixeira, F. A., Carvalho, R. S., Conti, L. M. C., Manso Filho, H. C., & Coelho, C. S. (2017). Electrocardiographic and Blood Parameters in Show Jumping Horses Submitted to a Field Test Under Tropical Conditions. *Journal of Equine Veterinary Science*, 58, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.08.005>

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>

Mazan, M. (2022). Equine exercise physiology—Challenges to the respiratory system. *Animal Frontiers*, 12(3), 15–24. <https://doi.org/10.1093/af/vfac035>

McCutcheon, L. J., & Geor, R. J. (2014). Thermoregulation and exercise-associated heat illnesses. Em *Equine sports medicine and surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete* (2. ed, pp. 901–918). Saunders Elsevier.

McGowan, C. M., & Hodgson, D. (2014). Hematology and Biochemistry. Em *The athletic horse: Principles and practice of equine sports medicine* (2nd ed, pp. 56–68). Saunders/Elsevier.

McKeever, K. H., Hinchcliff, K. W., Reed, S. M., & Hamlin, R. L. (1993). Splenectomy alters blood pressure response to incremental treadmill exercise in horses. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 265(2), R409–R413. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1993.265.2.R409>

McKenzie, E. (2014a). Biochemical abnormalities of athletic horses. Em *Equine sports medicine and surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete* (2. ed, pp. 914–921). Saunders Elsevier.

McKenzie, E. (2014b). Hematology and serum biochemistry of the equine athlete. Em *Equine sports medicine and surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete* (2. ed, pp. 905–913). Saunders Elsevier.

Mescher, A. L., & Junqueira, L. C. U. (2018). Muscle Tissue. Em *Junqueira's basic histology: Text and atlas* (Fifteenth edition, pp. 193–214). McGraw-Hill Education.

Meyer, D., & Walton, R. (2014). The Liver. Em *The Equine Clinical Pathology* (pp. 71–86). Wiley blackwell.

Miranda, R. L. de, Mundim, A. V., Saquy, A. C. S., Costa, Á. S., Guimarães, E. C., Gonçalves, F. C., & Silva, F. O. C. e. (2011). Perfil hematológico de equinos submetidos à prova de Team Penning. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 31(1), 81–86. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2011000100013>

Mlyneková, E., Halo, M., Maršálek, M., & Starostová, L. (2016). Impact of training load on the heart rate of horses. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 19(4), 167–170. <https://doi.org/10.15414/afz.2016.19.04.167-170>

Munsters, C. C. B. M., van Iwaarden, A., van Weeren, R., & Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. M. (2014). Exercise testing in Warmblood sport horses under field conditions. *The Veterinary Journal*, 202(1), 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.07.019>

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>

Nelson, D., Cox, M., & Hoskins, A. (2021). Glycolysis, gluconeogenesis, and the pentose phosphate pathway. Em *Lehninger: Principles of Biochemistry* (8.^a ed., pp. 1865–2027). Macmillan Learning.

Nyerges-Bohák, Z., Nagy, K., Rózsa, L., Póti, P., & Kovács, L. (2021). Heart rate variability before and after 14 weeks of training in Thoroughbred horses and Standardbred trotters with different training experience. *PLOS ONE*, 16(12), e0259933. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259933>

Piccione, G., Casella, S., Giannetto, C., Messina, V., Monteverde, V., Caola, G., & Guttadauro, S. (2010). Haematological and haematochemical responses to training and competition in standardbred horses. *Comparative Clinical Pathology*, 19(1), 95–101. <https://doi.org/10.1007/s00580-009-0902-z>

Pilliner, S., Elmhurst, S., & Davies, Z. (2002). The whole horse. Em *The horse in motion* (pp. 3–18). Blackwell Science.

Pösö, A. R., Eklund-Uusitalo, S., Hyyppä, S., & Pirilä, E. (2002). Induction of

heat shock protein 72 mRNA in skeletal muscle by exercise and training. *Equine Veterinary Journal*, 34(S34), 214–218. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05421.x>

Rivero, J. (2007). A Scientific Background for Skeletal Muscle Conditioning in Equine Practice. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 54(6), 321–332. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2007.00947.x>

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

Ronéus, N., Essén-Gustavsson, B., Lindholm, A., & Persson, S. (1999). Muscle characteristics and plasma lactate and ammonia response after racing in Standardbred trotters: Relation to performance. *Equine Veterinary Journal*, 31(2), 170–173. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1999.tb03811.x>

Santamaría, S., Bobbert, M. F., Back, W., Barneveld, A., & van Weeren, P. R. (2005). Effect of early training on the jumping technique of horses. *American Journal of Veterinary Research*, 66(3), 418–424. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2005.66.418>

Santiago, J. M., Almeida, F. Q., Silva, L. L. F., Miranda, A. C. T., Azevedo, J. F., Oliveira, C. A. A., & Carrilho, S. S. (2013). Hematologia e bioquímica sérica de equinos de concurso completo de equitação em treinamento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(2), 383–392. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000200013>

Silva, G. A. O., Rodrigues, L. M., Monteiro, B. S., de Souza, V. R. C., Manso Filho, H. C., & Coelho, C. S. (2018). Effect of a Marcha Field Test on Some Blood and Electrocardiographic Parameters of Mules. *Journal of Equine Veterinary Science*, 70, 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.08.009>

Singh, B., & Dyce, K. M. (2018). General anatomy: Some Basic Facts and Concepts. Em *Dyce, Sack, and Wensing's textbook of veterinary anatomy* (Fifth edition, pp. 1–28). Saunders.

Snow, D. H., Ricketts, S. W., & Mason, D. K. (1983). Haematological response to racing and training exercise in Thoroughbred horses, with particular reference to the

leucocyte response. *Equine Veterinary Journal*, 15(2), 149–154. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1983.tb01742.x>

Soares, J. C. M., Zanella, R., Bondan, C., Alves, L. P., de Lima, M. R., da Motta, A. C., & Zanella, E. L. (2011). Biochemical and Antioxidant Changes in Plasma, Serum, and Erythrocytes of Horses before and after a Jumping Competition. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31(7), 357–360. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.03.017>

Soares, O. A. B., Ferraz, G. C., Trigo, P., D'Angelis, F. H. F., Feringer Júnior, W. H., Nardi, K. B., Almeida, F. Q., & Queiroz Neto, A. (2016). Comparison between specific and nonspecific tests for evaluating the physical fitness of show jumping horses. *Comparative Exercise Physiology*, 12(3), 131–140. <https://doi.org/10.3920/CEP160018>

Soroko, M., Śpitalniak-Bajerska, K., Zaborski, D., Poźniak, B., Dudek, K., & Janczarek, I. (2019). Exercise-induced changes in skin temperature and blood parameters in horses. *Archives Animal Breeding*, 62(1), 205–213. <https://doi.org/10.5194/aab-62-205-2019>

Szabó, C., Vizesi, Z., & Vincze, A. (2021). Heart Rate and Heart Rate Variability of Amateur Show Jumping Horses Competing on Different Levels. *Animals*, 11(3), 693. <https://doi.org/10.3390/ani11030693>

Teixeira-Neto, A. R., Ferraz, G. C., Moscardini, A. R. C., Balsamão, G. M., Souza, J. C. F., & Queiroz-Neto, A. (2008). Alterations in muscular enzymes of horses competing long-distance endurance rides under tropical climate. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60(3), 543–549. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000300004>

Thomassian, A., Carvalho, F. D., Watanabe, M. J., Silveira, V. F. da, Alves, A. L. G., Hussni, C. A., & Nicoletti, J. L. de M. (2007). Atividades séricas da aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase de eqüinos submetidos ao teste padrão de exercício progressivo em esteira. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 44(3), 183. <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2007.26637>

Väihkönen, L. K., Heinonen, O. J., Hyypä, S., Nieminen, M., & Pösö, A. R. (2001). Lactate-transport activity in RBCs of trained and untrained individuals from four racing species. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 281(1), R19–R24.

<https://doi.org/10.1152/ajpregu.2001.281.1.R19>

Van Weeren, R. (2014). Training Show Jumpers. Em *The athletic horse: Principles and practice of equine sports medicine* (2nd ed, pp. 337–346). Saunders/Elsevier.

Votion, D.-M., Navet, R., Lacombe, V. A., Sluse, F., Essén-Gustavsson, B., Hinchcliff, K. W., Rivero, J.-L. L., Seretyn, D., & Valberg, S. (2007). Muscle energetics in exercising horses. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 4(3–4), 105–118. <https://doi.org/10.1017/S1478061507853667>

Wallace, K. (2014). Proteins. Em *Equine Clinical Pathology* (pp. 119–130). Wiley blackwell.

Walton, R. M. (2014). Equine Hematology. Em *Equine Clinical Pathology* (pp. 15–36). Wiley blackwell.

Waran, Natalie K, Pearson, Gemma, & Fraser, Andrew F. (2022). Development and Assessment of Equine Behaviour. Em *Fraser's The Behaviour and Welfare of the Horse* (3.^a ed., pp. 2–21). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781789242133.0000>

Weber, J.-M., Roberts, T. J., Vock, R., Weibel, E. R., & Taylor, C. R. (1996). *DESIGN OF THE OXYGEN AND SUBSTRATE PATHWAYS*. 8.

Williamson, C. C., James, E. A., James, M. P., May, C. D., & Casey, P. J. (1996). Horse plasma lactate determinations: Comparison of wet and dry chemistry methods and the effect of storage. *Equine Veterinary Journal*, 28(5), 406–408. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1996.tb03113.x>

Witkowska-Piłaszewicz, O., Cywińska, A., Michlik-Półczyńska, K., Czopowicz, M., Strzelec, K., Biazik, A., Parzeniecka-Jaworska, M., Crisman, M., & Witkowski, L. (2021). Variations in haematological and biochemical parameters in healthy ponies. *BMC Veterinary Research*, 17(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02741-5>

Woort, F., Dubois, G., Didier, M., & Van Erck-Westergren, E. (2021). Validation of an equine fitness tracker: Heart rate and heart rate variability. *Comparative Exercise Physiology*, 17(2), 189–198. <https://doi.org/10.3920/CEP200028>

Yano, J.-I., Talagrand, O., & Drossart, P. (2003). Origins of atmospheric zonal winds. *Nature*, 421(6918), 36–36. <https://doi.org/10.1038/421036a>

8. Apêndices

8.1. Apêndice I – Ficha 1 do teste de simulação de obstáculos.

Dia do teste de esforço: _____

Equino: _____

Peso do cavaleiro: _____

Peso dos equipamentos: _____

Medições (lado esquerdo do animal):

Com hipómetro:

Altura (pelo garrote/cernelha): _____

Dia do teste de esforço: _____

Temperatura externa: _____

Humidade do ar: _____

Exame clínico – PRÉ ATIVIDADE FÍSICA (tempo 0):

Hora: _____ FC: _____ FR: _____ TC: _____

TRC: _____ Mucosas: _____

Atitude: _____

Auscultação torácica: _____

Auscultação abdominal: _____

EXECUÇÃO DO TESTE:

Hora de início:

Hora de término:

Relógio:

FC Max: _____ FC med: _____

~~V~~max: _____ ~~V~~med: _____

Comportamento do animal: _____

Observações: _____

Exame clínico – PÓS ATIVIDADE FÍSICA – até 5 MINUTOS (tempo 1)

Hora: _____ FC: _____ FR: _____ TC: _____

TRC: _____ Mucosas: _____

Atitude: _____

Auscultação torácica: _____

Auscultação abdominal: _____

Exame clínico – PÓS ATIVIDADE FÍSICA – 30 MINUTOS (tempo 2)

Hora: _____ FC: _____ FR: _____ TC: _____

TRC: _____ Mucosas: _____

Atitude: _____

Auscultação torácica: _____

Auscultação abdominal: _____

Exame clínico – PÓS ATIVIDADE FÍSICA – 240 minutos (tempo 3)

Hora: _____ FC: _____ FR: _____ TC: _____

TRC: _____ Mucosas: _____

Atitude: _____

Auscultação torácica: _____

Auscultação abdominal: _____

8.2. Apêndice II – Ficha 2 do teste de simulação de obstáculos.

ANÁLISES LACTATO E GLICOSE

Dia do teste de esforço: _____

Aparelho Glicose: _____

Tiras de Glicose: _____

Aparelho Lactato: _____

Tiras de Lactato: _____

Resultados:

Equino	Tempo	LACTATO	GLICOSE
1	T0		
	T1		
	T2		
	T3		
2	T0		
	T1		
	T2		
	T3		
3	T0		
	T1		
	T2		
	T3		
4	T0		
	T1		
	T2		
	T3		
5	T0		
	T1		
	T2		
	T3		
6	T0		
	T1		
	T2		
	T3		
7	T0		
	T1		
	T2		
	T3		
8	T0		
	T1		
	T2		
	T3		
9	T0		
	T1		
	T2		
	T3		