



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

**Será um treino de 6 semanas eficiente no
aprimoramento de índices de metabolismo energético
em jovens Lusitanos na disciplina de *dressage*?**

Dissertação apresentada a provas públicas para a obtenção do grau de mestre em
Medicina Veterinária, orientada pela Professora Doutora Clarisse Coelho e coorientada
pela Professor Doutora Joana Simões.

Carolina Maria Bandarra Limpo Vintém, nº 21605178

2024

www.ulusofona.pt



U N I V E R S I D A D E

LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

**Será um treino de 6 semanas eficiente no
aprimoramento de índices de metabolismo energético
em jovens Lusitanos na disciplina de *dressage*?**

VERSÃO FINAL

Dissertação defendida em provas públicas na
Universidade Lusófona, Centro Universitário de
Lisboa no dia 19/ 11/2024, perante o júri, nomeado
pelo Despacho de Nomeação n.º: 1005/2024, de 29 de
Outubro de 2024, com a seguinte composição:

Presidente: Prof. Doutora Laurentina Pedroso

Arguente: Prof. Doutor Mário Cotovio (FMV –
ULUSÓFONA)

Orientadora: Prof. Doutora Clárisse Coelho

Este trabalho também foi orientado pela Prof. Doutora
Joana Simões.

Carolina Maria Bandarra Limpo Vintém, n.º 21605178

2024

www.ulusofona.pt

EPÍGRAFE

A **persistência** é o caminho do êxito.

Charles Chaplin

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus animais. Foram eles que me inspiraram a seguir este caminho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os que me permitiram realizar este meu percurso académico, aos meus pais, que permitiram monetariamente que pudesse frequentar o Curso nesta instituição, àqueles que tomaram conta do Salvador, do Bernardo e do Afonso, para que eu conseguisse assistir às aulas ou realizar o estágio e Tese, nomeadamente, deixo um agradecimento especial à minha mãe, à minha tia Tininha e ao meu namorado André. Obrigada!

Agradeço ao grupo de amigos que a faculdade me deu, à Lamy, à Rita, à Leo, à Vanessa, ao Rian, ao Rúben, ao Gamito e à Inês, convosco ao lado o curso tornou-se muito mais fácil!

Agradeço a todos os meus professores, que contribuíram para a minha formação, em especial às professoras Clarisse Coelho e Joana Simões, por me terem ajudado ao nível do estágio e tese. Obrigada! Sem vós teria sido impossível. Foram incansáveis!

Esta jornada só se tornou possível através da presença destas pessoas na minha vida, Obrigada!

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de um programa de treino no gasto energético (GE), custo de transporte (COT) e poder metabólico (Pmet) de jovens cavalos Puro Sangue Lusitano, utilizados na disciplina de *dressage*. Para tal, 9 equinos machos, ~4 anos, foram avaliados antes (M1) e após seis semanas (M2) de um programa de treino que incluía 40-80 min de exercícios preparatórios de *dressage*, 6x/semana, ajustados individualmente. Em M1 e M2, os animais foram examinados em teste de campo de *dressage* (TCD), quando foram registadas frequência cardíaca (FC) e respiratória (FR), temperatura corporal (TC) e lactato sanguíneo. Nos TCD, os cavalos utilizaram monitor cardíaco (Polar H10) para cálculo utilizando as fórmulas: $GE (J/kg/min) = 0,0566 \times FC^{1,9955}$, $COT = (FC-35)/kg/m \times 10^3$ e $Pmet (batimentos/min/kg) = (FC - 35)/min/kg$. Os dados foram analisados com nível de significância de 5%. O treino levou a redução significativa de GE (799,9 vs. 682,8 J/min; $p=0,037$) e COT (0,73 vs. 0,59 bpm/kg/m. 10^3 ; $p=0,042$), sem alterar Pmet. Ainda, observou-se aumento significativo na velocidade máxima (5,81 vs. 7,36 m/s; $p=0,013$). Foi possível concluir que o treino proposto levou a maior eficiência dos custos de locomoção, com menores valores de GE e COT.

Palavras-chave: custo de transporte, energia, poder metabólico, exercício.

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the influence of a training program on energy expenditure (EE), cost of transport (COT) and metabolic power (Pmet) in young Purebred Lusitano horses used in dressage. With this purpose, 9 male horses, ~4 years old, were evaluated before (M1) and after six weeks (M2) of a training program that included 40-80 min of preparatory dressage exercises, 6x/week, individually adjusted. In M1 and M2, the animals were examined in a dressage field test (DFT), when heart rate (HR) and respiratory rate (RR), body temperature (TC) and blood lactate were recorded. In DFT, the horses used a cardiac monitor (Polar H10) for calculation using the formulas: $EE \text{ (J/kg/min)} = 0.0566 \times HR^{1.9955}$, $COT = (HR-35)/kg/m \times 10^3$ and $Pmet \text{ (beats/min/kg)} = (HR - 35)/min/kg$. The data were analyzed with a significance level of 5%. The training led to a significant reduction in EE (799.9 vs. 682.8 J/min; $p=0.037$) and COT (0.73 vs. 0.59 bpm/kg/m.103; $p=0.042$), without change in Pmet. Furthermore, a significant increase in maximum speed was observed (5.81 vs. 7.36 m/s; $p=0.013$). It was possible to conclude that the proposed training protocol led to greater efficiency in locomotion costs, with lower EE and COT values.

Keywords: Cost of transport, energy, metabolic power, exercise.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

% - Percentagem

~ - Aproximadamente

´ - Latitude

´´ - Longitude

º - Graus

º C - Graus Celsius

vs - versus

Ad libitum – locução latina que significa “À disposição”

ALB - Albumina

AST – Aspartato Aminotransferase

ATP – Adenosina Trifosfato

Av. - Avaliação

bpm - Batimentos por minuto

BT – Temperatura Corporal, do inglês “*Body Temperature*”

CEBEA - Comissão de ética e bem-estar animal

CK – Creatina Quinase

COT – Custo de Transporte, do inglês “*Cost of Transport*”

DP - Desvio-padrão

DFT – Teste a campo de *Dressage*, do inglês “*Dressage Field Test*”

EE – Gasto Energético, do inglês “*Energy Expenditure*”

EUA – Estados Unidos da América

FC - Frequência Cardíaca

FCmax - Frequência Cardíaca máxima

FCmed- Frequência Cardíaca média

FEI – Federação Equestre Internacional

FEP – Federação Equestre Portuguesa

FMV – Faculdade de Medicina Veterinária

FR - Frequência Respiratória

GE – Gasto Energético

GGT - Gama Glutamil Transferase

GPS – Sistema de Posicionamento Global, do inglês “*Global Positioning System*”

h – Hora

HR – Frequência Cardíaca, do inglês “*Heart Rate*”

HRmed – Frequência Cardíaca média, do inglês “*medial Heart Rate*”

J – Joule

J/kg/min – Joule por quilograma por minuto

kg – Quilograma

kJ – Quilojoule

kJ/kg/min - Quilojoule por quilograma por minuto

km/h - Quilômetro por hora

L/min – Litros por minuto

LA – Lactato

m - Metro

m/min – metros por minuto

m/s – metros por segundo

M1/M2 – Momento 1/Momento 2

min - Minuto

mmol/L - Milimol por litro

mrpm – movimentos respiratórios por minuto

N – Norte

NY – Nova Iorque, do inglês “*New York*”

O - Oeste

Pmet – Poder metabólico, do inglês “*Metabolic Energy Requirement*”

PRE – Pura Raça Espanhol

PSL – Puro Sangue Lusitano

PT - Proteínas Totais

RR – Frequência Respiratória, do inglês “*Respiratory Rate*”

seg – Segundos

T0/T1/T2/T3 – Tempo 0/1/2/3

TC – Temperatura Corporal

TECs – Testes de Exercício de Campo

TGL - Triglicéridos

TCD – Teste de Campo de Dressage

V – Velocidade ou em inglês “*velocity*”

V_{max} – Velocidade máxima

V_{med} – velocidade média

VO₂ – consumo de oxigénio

VO₂max – Capacidade de consumo máximo de oxigénio

WBSFH – Federação Mundial de Criadores de Cavalos de Desporto do inglês “*World Breeding Federation for Sports Horses*”

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELAS	12
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	13
ÍNDICE DE FIGURAS	14
CASUÍSTICA DE ESTÁGIO	15
I. INTRODUÇÃO	18
1. O Cavalo Lusitano	18
2. A <i>Dressage</i>	19
2.1. Lusitano e <i>Dressage</i>	20
3. O cavalo como atleta	21
4. Treino.....	21
4.1 A importância do Treino no Desempenho Atlético	23
5. Condicionamento Físico	23
6. Testes de Exercício	24
6.1 Testes de exercício a campo.....	25
7. Frequência cardíaca	27
7.1 FC e Condicionamento Físico	29
8. Volume máximo de Oxigénio (VO ₂).....	29
9. Gasto energético (GE)	31
10. Custo de transporte (COT).....	33
11. Poder metabólico (Pmet).....	34
12. Lactato.....	34
12.1 Lactato e o Efeito do Treino.....	35
12.2 Lactato e Intensidade de Trabalho	36
II. MATERIAL E MÉTODOS	38
1. Amostra	38
2. Programa de treino.....	38
3. Teste de Campo de <i>Dressage</i> (TCD).....	40
4. Monitorização cardíaca.....	43
5. Colheita e Análise sanguínea.....	44
6. Análise estatística	45

III. RESULTADOS	46
IV. DISCUSSÃO.....	48
V. CONCLUSÃO	53
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Esquema de treino proposto para os jovens equinos Lusitanos usados na <i>dressage</i> ..	39
Tabela 2 - Sequência de exercícios do Teste de Campo de <i>dressage</i>	40
Tabela 3 - Parâmetros fisiológicos e lactacidemia (médias $\pm$ desvios padrão) dos equinos nos testes de Campo de <i>dressage</i> , usados na avaliação de um treino físico de 6 semanas.).....	46
Tabela 4 - Gasto energético (GE), custo de transporte (COT) e poder metabólico (Pmet) dos cavalos Lusitanos em testes de Campo de <i>dressage</i> para avaliação de programa de treino físico de 6 semanas.....	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição de tipo de procedimentos efetuados durante o estágio curricular.....17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Picadeiro coberto de 15x30m utilizado no TCD.....	40
Figura 2 - Pista de <i>dressage</i> com a identificação dos percursos através de letras).....	43
Figura 3 - Sistema de monitorização cardíaca M430, Polar Electro, Lake Success, NY, EUA, com sistema de GPS. Monitor cardíaco acoplado a sistema GPS.....	44
Figura 4. Exame físico completo para aferição das frequências cardíaca e respiratória e da temperatura retal em T1.....	45
Figura 5. Análise de lactato sanguíneo, através do aparelho portátil Lactate PRO 2, Arkray, Portugal.....	45

CASUÍSTICA DE ESTÁGIO

O Estágio Curricular da autora efetuou-se entre Setembro de 2021 e Janeiro de 2022 no Centro Universitário de Lisboa da Universidade Lusófona, tendo por base o presente projeto de trabalho, que deu origem a quatro Teses de Mestrado, e a vários artigos e publicações científicas. O ramal comum foi a Fisiologia do Exercício em cavalos criados e treinados em Portugal. Foi feito um trabalho com cavalos de obstáculos, em que se realizou um teste a campo de uma prova simulada de obstáculos, para avaliar o condicionamento destes animais para aquele desporto. E foram realizados dois testes a campo com provas simuladas de *dressage*, com 6 semanas de intervalo entre cada uma, em que se utilizaram cavalos Puro Sangue Lusitano, tendo tido como objetivo avaliar os efeitos do treino no metabolismo destes animais, tendo resultado deste projeto 3 trabalhos, um relacionado com biomarcadores de aptidão física destes animais, outro com biomarcadores de bem estar e o presente estudo sobre índices de metabolismo energético. Ambos os trabalhos incluíram quer a conceptualização e desenho metodológico do mesmo, quer momentos de recolha de dados a campo, com os Testes a Campo, perfazendo um total de 3 meses de acompanhamento dos animais, quer processamento de amostras em laboratório por um período de 1 mês. Tendo a autora completado uma carga horária de 600 horas de trabalho, incluindo a preparação da presente dissertação de mestrado.

Em ambos os projetos, quer no de salto de obstáculos, como no de ensino, realizaram-se medições corporais dos animais: altura, através de hipómetro, medição do perímetro da canela e cálculo do peso através de fórmula que utiliza medição do perímetro torácico. De forma a avaliar o condicionamento e aptidão destes animais realizaram-se várias medições de parâmetros vitais: Frequência Cardíaca, Frequência Respiratória e Temperatura corporal em vários momentos antes e pós exercício, bem como foram realizadas colheitas de amostras sanguíneas nestes momentos. Decorreu ainda uma monitorização cardíaca durante os testes, através do uso de monitor cardíaco. Após estes momentos a autora processou as amostras quer *in loco*, para obter-se os valores de lactato sanguíneo e glicose, através de aparelhos portáteis, quer em laboratório, com realização de esfregaços sanguíneos, separação do plasma através do uso de centrífugadora e avaliação de várias bioquímicas.

A recolha de dados para o trabalho com os cavalos de ensino realizou-se na Quinta da Fonte Santa, localizada em Caneças, que constitui um Centro Hípico, relacionado com a Coudelaria Bessa de Carvalho, tendo por base a prática de ensino com cavalos Puro Sangue Lusitano. Neste trabalho foram realizados dois momentos de colheitas de amostras em 9 cavalos

de raça Puro Sangue Lusitano, machos, com uma média de idade de 4 anos, de forma a avaliar o efeito do treino de 6 semanas para a disciplina de *dressage* em vários biomarcadores de aptidão física, de bem estar e metabolismo energético, através de 2 Testes de Campo de *Dressage* (TCD), entre os quais se acompanhou o treino destes animais. No momento dos TCD foi realizado um aquecimento à guia de 20 minutos, seguido de 15 minutos de trabalho montados, em que o conjunto (cavalo e cavaleiro) executaram uma sequência de exercícios próprios da disciplina de ensino de competição. Tendo este trabalho ocupado um total de 2 meses e meio.

A recolha de dados para o trabalho com cavalos de obstáculos realizou-se na Escola de Armas, em Mafra, um quartel militar que pertence ao Exército Português e que abriga uma Unidade de Cavalaria, contendo cavalos de desporto pertencentes ao exército. Neste trabalho foi realizado apenas um momento de recolha de dados com 13 equinos, dos quais 10 pertenciam ao sexo masculino e 3 ao sexo feminino, com idades compreendidas entre os 6 e os 17 anos, perfazendo uma média de idades de 12 anos, pertencentes a variadas raças, nomeadamente 11 Cruzado Português, 2 Puro-Sangue Árabe e 1 Puro Sangue Lusitano. Neste trabalho o objetivo passou por avaliar a performance destes animais, através de um Teste de Campo de Salto de Obstáculos. Tendo este trabalho ocupado um total de duas semanas, desde a sua preparação à sua conceção.

Já no laboratório da Faculdade de Medicina Veterinária, da Universidade Lusófona, em Lisboa, foram processadas um total de 144 amostras sanguíneas, pois, para além dos trabalhos já descritos, a autora ainda colaborou no processamento de amostras dum trabalho que engloba cavalos de toureio, através das suas Orientadora e Coorientadora que também estão envolvidas neste projeto. As amostras de sangue dos trabalhos mencionados foram utilizadas para realizar uma análise hematológica através de hemograma e realização de esfregaços sanguíneos, para confirmação de resultados. Estas amostras sofreram uma posterior centrifugação, para separar por camadas e possibilitar a recolha de plasma, através de pipeta, e a colocação do plasma em *eppendorfs*, para posterior congelação, tendo cada amostra sanguínea originado pelo menos 4 amostra de plasma colocadas em *eppendorfs* devidamente identificados. Através das amostras de plasma foi possível realizar ainda várias bioquímicas, nomeadamente Albumina (ALB), Triglicéridos (TGL), Aspartato aminotransferase (AST), Proteínas Totais (PT), Creatina Quinase (CK), Gama Glutamyl Transferase (GGT) para cavalos de *dressage*, ALB, TGL, AST, PT e CK para cavalos de salto de obstáculos e ALB, AST, PT e CK para cavalos de toureio. Tendo o processamento de amostras em laboratório ocupado o total de 1 mês.

Este trabalho ainda englobou a introdução de dados em computador e o processamento destes.

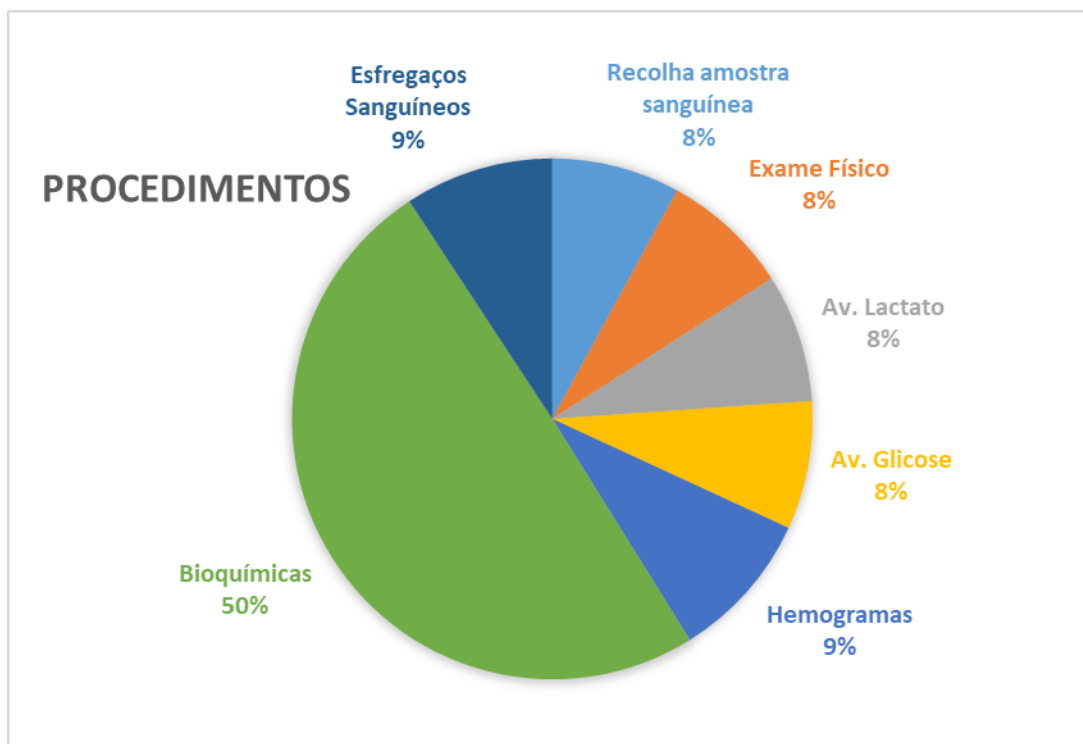


Gráfico 2 - Distribuição de tipo de procedimentos efetuados durante o estágio curricular.

I. INTRODUÇÃO

1. O Cavalo Lusitano

O cavalo Puro-Sangue Lusitano (PSL) é a raça autóctone de equinos mais importante em Portugal, tendo um efetivo de cerca de 1000 garanhões e 5000 éguas reprodutoras registadas num total de 32 países, sendo Portugal, Brasil, França, México e Espanha os países que produzem um maior número de exemplares da raça (Vicente et al., 2005; Vicente et al., 2012; Solé et al., 2014).

O PSL tem um ancestral comum com o cavalo denominado de Espanhol, Andaluz ou Pura Raça Espanhola (PRE), um cavalo que habitava a zona sul da Península Ibérica, o cavalo Ibérico. Estes cavalos eram mundialmente conhecidos como espanhóis, hispânicos, ibéricos ou cavalos da península e apelidados de “filhos do vento”, devido à sua agilidade e velocidade, sendo estes os cavalos de sela mais antigos conhecidos pela civilização ocidental. A designação de Lusitano apenas surge em 1942 e é adotada em cavalos nascidos em Portugal, que apresentem características morfológicas e funcionais da raça Puro-Sangue Lusitano, tendo uma genealogia conhecida que autoriza a utilização dessa designação (Cordeiro, 1989, pp.2-14; Vicente, 2015, pp.28-51), sendo que o livro genealógico oficial do PSL apenas foi criado em 1967 (Solé et al., 2014).

O cavalo ibérico foi selecionado ao longo dos séculos, de acordo com a sua utilização: no trabalho a campo com o gado, nas guerras “à gineta” e nas touradas a cavalo; que têm os seus alicerces nos períodos entre guerras, em que os cavaleiros utilizavam touros para treinarem para as mesmas (Cordeiro, 1989, pp.2-14; Vicente, 2015, pp.28-51).

Todas estas valências exigiram do cavalo Lusitano coragem, resistência, força, agilidade, habilidade muscular, andamentos rápidos, principalmente a galope, capacidade de mudar de amplitude, direção e centro de gravidade muito rapidamente. Tornaram-se animais finos, sensíveis, inteligentes, fiéis e doces, que confiam no seu cavaleiro. Devido a todas estas características o cavalo ibérico ganhou crescente importância e relevância, como melhorador de outras raças, na arte equestre e alta escola, representando o arquétipo do cavalo barroco (Cordeiro, 1989, pp.2-14).

A seleção do cavalo Lusitano pela funcionalidade tem se tornado cada vez mais importante, da mesma forma que a raça tem sido utilizada com mais frequência no desporto, principalmente na *dressage* (Solé et al., 2014).

O cavalo Lusitano tem conseguido ganhar espaço em eventos desportivos equestres, principalmente na Equitação de Trabalho, na *Dressage* e na Atrelagem, mas também nos Salto de Obstáculos e no *Horseball*. (Vicente, 2015, pp.28-51)

A evolução funcional da raça permite à raça “olhar para o futuro” na competição equestre de alto nível com otimismo.

2. A *Dressage*

A *dressage* ou ensino de competição é uma disciplina equestre olímpica, tendo a palavra *dressage* origem na palavra francesa *dresser* que significa ensinar e treinar o cavalo (Coelho et al., 2023; Vicente, 2015, pp. 28-51).

É uma disciplina praticada em vários países, utilizando diversas raças de cavalos com provas organizadas em diferentes níveis de dificuldade, quer a nível nacional, pela Federação Equestre Portuguesa (FEP), ou a nível internacional, pela Federação Equestre Internacional (FEI) (Barrey et al., 2002; Coelho et al., 2023).

As provas de *dressage* são realizadas num picadeiro ou em *carrier*, de 20x40m ou 20x60m, conforme o nível da competição. É uma disciplina, na qual o cavaleiro deve interagir com o cavalo de forma subtil através de ajudas discretas, impercetíveis ao público, realizando uma série de exercícios técnicos diferentes a passo, trote e galope, com pequenas variações na velocidade e cadência nos vários andamentos, numa sequência pré-determinada, guiada por diversas letras colocadas ao longo do picadeiro (Barrey et al., 2002; Coelho et al., 2023; Vicente, 2015, pp. 28-51).

As regras para julgar as provas de ensino, as características dos andamentos e figuras executadas estão descritas pela Federação Equestre Internacional (Barrey et al., 2002).

São necessárias características específicas no passo, trote e galope para a *dressage*. Algumas dessas características podem ser selecionadas geneticamente e contribuir para desempenho nas provas de *dressage*. A frequência da passada, o ritmo do andamento, a flexibilidade e a impulsão são características desejáveis na *dressage* e são fundamentais para um bom andamento concentrado (Barrey et al., 2002). Estas características podem determinar o desempenho do cavalo e são amplamente influenciados pela conformação do mesmo, sendo algumas raças de cavalos preferenciais para a prática de ensino (Barrey et al., 2002; Coelho et al., 2023). Os animais com melhores resultados nesta disciplina pertencem às várias raças alemãs e cruzamentos destas (Barrey et al., 2002).

O treino para a disciplina de ensino exige a realização de exercícios em intensidade submáxima, pois nesta disciplina a frequência cardíaca permanece dentro de parâmetros aeróbios (62-160 bpm), durante 4-8 min tanto em treino como em competição (Munsters et al., 2014).

O treino físico para esta disciplina deve basear-se em força e resistência, pois a exigência é elevada em termos de força e potência nos exercícios específicos de ensino (Munsters et al., 2014).

Apesar da popularidade crescente da *dressage*, existem poucos estudos disponíveis sobre o efeito do treino, sobre a avaliação do condicionamento físico e sobre a relação entre lesões e *performance* desportiva do cavalo nesta disciplina (Munsters et al., 2014).

2.1. Lusitano e *Dressage*

As características morfológicas definem os limites da amplitude de movimento e a capacidade de desempenho dos cavalos, tendo um impacto relevante no movimento, desempenho, solidez e habilidade para a *dressage* (Barrey et al., 2002), sendo que o cavalo Lusitano tem espádua, garupa e perna mais curtas e o ângulo do curvilhão mais fechado em comparação com outras raças de cavalos. Para além de possuir menor amplitude na passada, maior elevação do casco, maior extensão da espádua e maior flexão do boleto, com grande capacidade de concentração, mas maior dificuldade em ter uma boa cobertura de solo comparado com outras raças de cavalos utilizados na disciplina de *dressage* (Santos, 2008, pp.93-107; Vicente, 2015, pp. 28-51).

Apesar das limitações do cavalo Lusitano ligadas à sua morfologia, estas têm vindo a ser ultrapassadas, pois o cavalo Lusitano tem sofrido uma evolução funcional, nos últimos anos, para se adaptar às novas exigências desportivas, sem perder a sua essência. O cavalo Lusitano tem obtido bons resultados em vários eventos internacionais, incluindo a nível olímpico (Santos, 2008, pp.93-107; Solé et al., 2014).

A popularidade do cavalo PSL na disciplina de *dressage* tem aumentado desde a 1.^a presença do cavalo Lusitano em competições internacionais, nas qualificações para o Campeonato do Mundo em Lausanne (Suíça), com a presença do garanhão Ripado a competir na categoria de Grande Prémio (o mais alto nível de *dressage*). A prova final da capacidade do bom desempenho em *dressage*, da raça PSL, ocorreu nos Jogos Olímpicos de Londres, em 2012, quando o garanhão Rubi passou para a final e ficou em 16º lugar, entre os 50 melhores

cavalos do mundo. A popularidade desta raça aumentou exponencialmente, desde aí, com uma presença muito mais significativa nesta disciplina ao nível competitivo nacional e internacional (Vicente, 2015, pp. 28-51).

Em 2020, segundo a Federação Mundial de Criadores de Cavalos de Desporto (*World Breeding Federation for Sport Horses* [WBFSH]) o cavalo PSL alcançou a melhor classificação de sempre enquanto raça na disciplina de *dressage*, tendo atingindo o 6.º lugar. Em 2023 ocupou o 8.º lugar e pelo menos desde 2018 que o cavalo Lusitano não alcança um lugar inferior ao 8.º no ranking da WBFSH (*World Breeding Federation for Sport Horses*, 2023).

Com isto, podemos concluir que a raça Puro-Sangue Lusitano tem um excelente potencial e que pode ser melhorada, através de mais estudos sobre a mesma e consequente melhoria da seleção dos animais, da sua alimentação e dos seus planos de treino.

3. O cavalo como atleta

O cavalo é um atleta extraordinário que possui um grande potencial para realizar exercício físico, a um nível que supera a maioria dos animais de porte similar. Esta sua capacidade atlética superior é atribuída à sua capacidade máxima aeróbia, ao seu enorme armazenamento intramuscular de substratos de energia, à sua capacidade de aumentar a eficiência do transporte de oxigénio no sangue, à sua eficiência locomotora e à sua termorregulação, criando o exercício, no corpo do cavalo, uma necessidade de uso eficiente de todos os sistemas fisiológicos. Segundo Siqueira et al.(2023), o exercício cria uma necessidade de uso eficiente de todos os sistemas fisiológicos do corpo do cavalo, ocorrendo, então, respostas complexas e integradas para permitir a contração muscular enquanto o organismo mantém a homeostase. Essas respostas incluem um grande aumento no fluxo de substrato, cuja oxidação depende de um suprimento quase constante de oxigénio. O aumento de aporte de oxigénio ao músculo é conseguido através do aumento da minuto-ventilação, da ventilação alveolar e da taxa de fluxo sanguíneo nos tecidos, que é largamente regulado pela frequência cardíaca (FC) (Piccione et al., 2013).

4. Treino

Em todas as disciplinas equestres o treino é essencial para garantir um bom desempenho, de forma a garantir o bem-estar do animal (Coelho et al., 2023; Hinchcliff et al., 2024). O treino promove alterações fisiológicas no sistema cardiorrespiratório e ocorre uma redução da FC,

aumento do volume cardíaco, um maior volume sistólico e uma maior eficiência na contratilidade cardíaca, o que origina um esforço cardíaco menor ao realizar um esforço físico da mesma intensidade (Siqueira et al., 2023). O treino prepara o cavalo para a exigência da sua aptidão induzindo adaptações fisiológicas necessárias ao seu desempenho e reduzindo o risco de lesões (Hinchcliff et al., 2024; Munsters et al., 2014).

O princípio básico do treino é expor um cavalo a uma intensidade gradual de trabalho. Este aumento lento e gradual da carga de trabalho permite ao cavalo adaptar-se quer fisicamente quer mentalmente (Bruijn et al., 2017). Existem três princípios básicos extrapolados da fisiologia do exercício humana, que podem ser utilizados no treino das disciplinas equestres: a repetição, a carga total de trabalho e a duração (Hinchcliff et al., 2024). No entanto, estes princípios devem sempre ser adaptados à disciplina equestre e ao nível de condição física do cavalo, com o objetivo de garantir uma adaptação fisiológica ideal e a melhoria do nível de condicionamento físico, reduzindo simultaneamente a fadiga, a exaustão, a angústia e o risco de lesões (Coelho et al., 2023).

Os programas de treino consistem em macrociclos, geralmente construídos de acordo com o objetivo específico da temporada. Variáveis como a duração, a intensidade e a frequência de cada sessão de treino podem ser manipuladas para alcançar adaptações de forma individual, para cada cavalo, dependendo do seu treino anterior e da sua habilidade atlética (Siqueira et al., 2023).

Entretanto, os programas de condicionamento ainda são pouco influenciados pelo conhecimento científico da fisiologia equina, e a maior parte dos protocolos de condicionamento são adaptados de cavalos *Standardbred* e *Thoroughbred* (Coelho et al., 2023). Existem poucos estudos científicos sobre protocolos de treino e testes de exercício adequados a cada disciplina, para além de ser necessária uma abordagem específica de cada raça nas diferentes disciplinas equestres (Bruijn et al., 2017). A maioria dos cavaleiros tende a utilizar programas de treino empíricos quando se condiciona um cavalo para um determinado evento, podendo o maneio ou treino inadequado levar a resultados inferiores ao ideal ou até mesmo à ocorrência de lesões e ao *overtraining*, ou síndrome de excesso de treino (Coelho et al., 2023; Siqueira et al., 2023).

4.1 A importância do Treino no Desempenho Atlético

O Código de Conduta da Federação Equestre Internacional (FEI) estabelece que durante todas as fases de preparação e treino dos cavalos de competição, o bem-estar deve ter prioridade sobre todas as exigências e os cavalos devem estar em boa forma, competentes e em boa saúde antes de serem autorizados a competir, e a frequência das competições e quaisquer outros fatores de risco devem ser examinados cuidadosamente para minimizar lesões. Portanto, existe a necessidade de monitorizar de perto o condicionamento físico, a carga de trabalho e as lesões em cavalos de desporto, para melhorar a compreensão do efeito dos métodos de treino e, assim, ajudar a reduzir o número de lesões (Coelho et al., 2023; Munsters et al., 2014).

5. Condicionamento Físico

O condicionamento físico corresponde à indução de adaptações fisiológicas e estruturais nos tecidos corporais que maximizam a performance e mantêm a solidez, através do treino. (Clayton, 1993)

O condicionamento físico depende do funcionamento adequado e coordenado dos principais sistemas orgânicos: cardiovascular, respiratório, hematológico e muscular (Couroucé, 1999). A eficácia do treino e o grau de condicionamento ou capacidade atlética podem ser determinados através da relação entre diferentes variáveis fisiológicas nomeadamente bioquímicas, como a concentração de lactato sanguíneo (LA) e cardiovasculares, como a frequência cardíaca (FC) (Couroucé, 1999). Um cavalo bem condicionado apresentará valores menores de FC e lactato sanguíneo, para um trabalho de igual intensidade submáxima após um período de treino (Couroucé, 1999). Isso sinaliza adaptação à carga imposta (Aguera et al., 1995).

A FC e o lactato, juntamente com a velocidade (V), que representa a captação de oxigénio em relação à intensidade do exercício e é obtida através do sistema de posicionamento global (GPS, do inglês *Global Position System*), permitem estimar a intensidade do exercício e determinar a intensidade ótima de treino, otimizando o uso de energia pelas vias aeróbias e anaeróbias (Aguera et al., 1995), tornando-se ferramentas importantes para a avaliação do condicionamento em cavalos de desporto, em condições de campo (Aguera et al., 1995; Berkman et al., 2015; Bitschnau et al., 2010). No entanto, o desempenho do cavalo não depende apenas do seu grau de condicionamento, mas também de outros parâmetros, como o seu estado

geral de saúde, fatores herdados, condições do solo e “vontade de vencer” (Bitschnau et al., 2010).

A avaliação da condição física é importante em todas as disciplinas desportivas equestres (Bitschnau et al., 2010). Por isso existe a necessidade de definir melhor os índices de aptidão para as diferentes disciplinas e níveis de competição, pois o nível de condicionamento dos cavalos é um fator determinante de lesões (Munsters et al., 2014).

Têm sido realizados estudos a campo com o objetivo de investigar a intensidade do exercício e as necessidades fisiológicas dos cavalos em diferentes desportos equestres, de forma a desenvolverem-se programas de treino adequados e específicos (Berkman et al., 2015).

6. Testes de Exercício

A implementação de testes de exercício regulares em cavalos de desporto e a monitorização das sessões de treino têm um valor acrescido na avaliação da capacidade de desempenho e na prevenção de lesões em cavalos de desporto e podem ajudar a entender quando um cavalo está “apto para competir” e como responde a diferentes métodos de treino (Munsters et al., 2014). Assim, é de grande importância os cavalos serem submetidos a testes de exercício ao longo de um programa de treino, porque estes permitem avaliar de forma objetiva a resposta do organismo ao treino e ajustar o protocolo de treino de acordo com os resultados obtidos (Bruijn et al., 2017). Para além disso, os testes de exercício devem ser fáceis de realizar e não devem alterar os horários de treino, de forma a puderem ser introduzidos regularmente no programa de treino (Munsters et al., 2014).

Em atletas de elite, humanos, os programas de testes contínuos são considerados essenciais para otimizar a conceção do programa de treino, reduzir o risco de lesões e doenças, permitindo aumentar a longevidade da carreira e maximizar a performance desportiva (Allen et al., 2015b).

Estes testes geralmente avaliam vários fatores fisiológicos que estão relacionados com a capacidade de desempenho do cavalo e por isso têm uma grande importância para o treinador e para o médico veterinário (Couroucé, 1999; Munsters et al., 2014). Representam dados de referência para os treinadores na avaliação do nível de condicionamento e na avaliação da resposta ao treino, sendo bastante importante realizar testes de exercício a campo regulares em cavalos de desporto de forma a avaliar a resposta de um cavalo a um programa de treino específico (Couroucé, 1999).

Existem dois tipos de testes de exercício: Testes de *Performance* e Testes Clínicos.

Os testes de *performance* normalmente são realizados em indivíduos aparentemente saudáveis e podem ser realizados de forma regular para avaliar o condicionamento físico e o programa de treino a que os animais são sujeitos, e assim ajudar a otimizar a concepção do programa de treino, reduzindo o risco de lesões, aumentando longevidade da carreira e maximizando o desempenho desportivo. A maioria destes testes têm sido realizados em cavalos de corrida; no entanto, existe uma crescente necessidade do desenvolvimento de testes de exercício noutras disciplinas equestres. Os testes de Performance podem ser realizados por cavaleiros e proprietários e tendem a aumentar no futuro à medida que os proprietários e cavaleiros se tornam mais científicos na sua abordagem ao condicionamento físico e ao desempenho dos seus cavalos. (Allen et al., 2015b)

Já os Testes Clínicos requerem um maior envolvimento do Médico Veterinário, porque são principalmente usados para permitir a investigação de distúrbios induzidos pelo exercício físico em cavalos que apresentam um mau desempenho desportivo ou intolerância ao exercício. Estes testes são exclusivos de atendimento Médico Veterinário porque envolvem exames complementares de diagnóstico, como por exemplo Endoscopia ao Trato Respiratório Superior, Avaliação da Função Respiratória, Eletrocardiografia, e Medição de Enzimas Musculares. (Allen et al., 2015b)

Os testes de exercício em cavalos envolvem a avaliação de uma larga variedade de medições fisiológicas que se relacionam com o nível de condicionamento do cavalo. Estes testes podem ser realizados quer a campo, num picadeiro, quer em laboratório, num ambiente controlado como uma passadeira, existindo diferenças significativas entre os testes no picadeiro e na passadeira, não apenas relativamente à carga de trabalho, mas também à biomecânica da locomoção (Couroucé, 1999; Munsters et al., 2014), com vantagens e desvantagens para ambos (Allen et al., 2015b).

6.1 Testes de exercício a campo

Na passadeira, os testes de exercício permitem um ambiente controlado, com instrumentos mais sofisticados que permitem maior precisão e exatidão na medição das variáveis fisiológicas, sendo possível realizar uma grande variedade de medições durante o exercício e as condições de teste podem ser facilmente padronizadas. No entanto, o teste de exercício na passadeira não reproduz o ambiente de treino habitual do cavalo, e alguns autores

mostraram que o gasto energético durante o exercício na passadeira é quantitativamente diferente do exercício no picadeiro, sendo mais adequados a disciplinas de corrida (Allen et al., 2015b; Couroucé, 1999; Munsters et al., 2014).

Um teste de exercício a campo normalmente consiste em várias sessões de exercício com aumento de intensidade, de sessão para sessão, nas quais são medidas a FC (bpm), LA (mmol/L) e velocidade (m/s) (Couroucé, 1999; Munsters et al., 2014). Os testes de exercício a campo (TECs) são mais limitados em termos do número de variáveis avaliadas do que os testes na passadeira, mas têm a vantagem de não necessitarem de equipamentos sofisticados, permitem avaliar os efeitos potenciais da interação do cavaleiro com o cavalo ou das mudanças de direção, para além de serem realizados no ambiente de treino habitual do cavalo, sendo mais representativos do ambiente de competição, adequando-se melhor às disciplinas olímpicas, por serem tecnicamente mais exigentes, para além do seu custo ser mais reduzido e alguns testes podem ser integrados nos programas de treino, o que facilita a aceitação dos proprietários e do cavaleiro. Os protocolos de teste de exercício a campo devem sempre ser definidos rigorosamente, qualquer que seja a disciplina, de forma a medir variáveis importantes no condicionamento físico e a limitar a variabilidade (Couroucé, 1999).

A verdadeira dificuldade dos testes a campo reside na padronização dos mesmos, que está relacionada com fatores externos (Aguera et al., 1995; Allen et al., 2015b; Couroucé, 1999; Munsters et al., 2014). Por isso mesmo, testes de exercício submáximo em cavalos de desporto, devem ser realizados num picadeiro coberto para reduzir a quantidade de influências externas que afetam as variáveis fisiológicas (Aguera et al., 1995).

Se os TECs não forem realizados de forma altamente reprodutível, os fatores de confusão podem distorcer significativamente a interpretação. Fatores como a temperatura, a humidade do ar, o fluxo de ar, o cavaleiro, a aderência, a inclinação, o picadeiro e o solo influenciam os resultados dos TECs e podem criar fatores de confusão. A rotina do cavalo durante o período de recuperação, a velocidade da passada (e a frequência da mesma), a duração da recuperação entre cada esforço, o método da colheita de sangue e o momento da mesma, o maneo e a análise das amostras de sangue devem ser o mais consistente possível. A padronização dos testes de exercício quer sob condições clínicas ou a campo é muitas vezes difícil, apesar do controlo frequente dos vários fatores (Munsters et al., 2014; Bitschnau et al., 2010).

A maioria dos estudos existentes sobre testes de exercício têm se focado em cavalos de corrida *Thoroughbred* e *Standardbred*, nos quais as adaptações ao exercício cardiovasculares,

respiratórias, metabólicas e músculo-esqueléticas estão bem estudados e foram adotados procedimentos padrão para testes de exercício a campo. Embora estes dados sobre testes de exercício em raças de corrida sejam úteis, podem servir de base para o desenvolvimento de procedimentos para testes de exercício em cavalos *Warmblood* de desporto, existindo diferenças significativas entre as exigências dos cavalos de corrida e dos cavalos de desporto *Warmblood* nas disciplinas olímpicas (Munsters et al., 2014).

7. Frequência cardíaca

A frequência cardíaca (FC) de cavalos em repouso depende principalmente do seu grau de relaxamento e saúde. A frequência cardíaca do cavalo em repouso ronda normalmente os 25 a 40 batimentos por minuto (bpm). A excitação súbita, o medo e a expectativa do treino pode rapidamente aumentar a frequência cardíaca para valores superiores a 100 batimentos por minuto (Mlynekova et al., 2016).

O aumento da FC durante o exercício ajuda a melhorar o fluxo sanguíneo para os tecidos envolvidos no esforço físico, melhorando o suprimento sanguíneo e a remoção de metabólitos, resultantes do exercício (Hunka et al., 2017). Muitas das vezes, as variações de FC estão relacionadas a mudanças de velocidade, mostrando uma correlação positiva com essa (Munsters et al., 2014), associadas ao condicionamento físico, especialmente durante exercícios de curta duração e alta intensidade (Hunka et al., 2017). A resposta da frequência cardíaca ao exercício é um importante indicador da capacidade metabólica. A resposta da FC ao exercício é gradual e varia entre 120 e 210 bpm (Couroucé,1999).

A intensidade da carga de trabalho do cavalo pode ser caracterizada, segundo Mlynekova et al. (2016), pela frequência cardíaca, sendo que um trabalho de baixa intensidade corresponde a uma frequência cardíaca inferior a 100 bpm, um trabalho de intensidade moderada compreende uma frequência entre os 100 a 124 bpm, e uma intensidade de trabalho maior caracterizada por uma frequência cardíaca entre os 124 a 150 bpm. Acima dos 150 bpm é característica do trabalho de alta intensidade. No geral, em competições de curta duração e alta intensidade, a média da FC é maior quando comparado com competições de resistência (Hunka et al., 2017). Segundo Manso Filho et al. (2012), a FC durante o exercício submáximo se encontra entre os 170 a 180 bpm, situando-se o limite aeróbio entre os 150 e 170 bpm.

A medição da FC durante o exercício   fácil de executar, acessível e menos dispendiosa (Coelho et al., 2019; Nery et al., 2018) e pode fornecer informações importantes sobre o

condicionamento físico e a intensidade do exercício (Manso Filho et al., 2012), porque o aumento no valor desta variável se relaciona diretamente com a intensidade relativa do próprio exercício (Hinchliff & Geor, 2004) e da duração do mesmo (Hunka et al., 2017). Tem uma mais-valia porque são tidas em conta as condições genuínas de treino, como o peso do cavaleiro, o comportamento do cavalo e o tipo de solo (Coelho et al., 2019; Fortier et al., 2015).

Para tal, usam-se frequencímetros cardíacos, que representam uma ferramenta fácil de usar a campo e pouco dispendiosa na monitorização do treino e condicionamento de cavalos de desporto. Apesar da maior parte destes ser adaptada de modelos para humanos ainda sem validação para cavalos (Hunka et al., 2017), diversos são os aparelhos que já foram validados, tornando bastante eficientes as avaliações destes animais em condições de competição ou campo (Williams et al., 2009). Estes monitores equipados com GPS permitem aos cavaleiros monitorizar a frequência cardíaca, velocidade e distância percorrida durante o treino (Bruijn et al., 2017). O aparelho recolhe informações com o animal montado e durante o treino, podendo ser utilizado para estimar o gasto de energia e avaliar a evolução física do cavalo durante o condicionamento (Manso Filho et al., 2012). Os monitores cardíacos possuem ainda aplicações que permitem avaliar a distribuição da frequência cardíaca em diferentes zonas, contribuindo para a compreensão dos vários tipos de exercícios praticados durante as disciplinas equestres (Hunka et al., 2017).

As medições simultâneas de FC e a velocidade permite a determinação de variáveis como a frequência cardíaca máxima (FCmax), frequência cardíaca média (FCmed), velocidade máxima (Vmax) e velocidade média (Vmed) (Allen et al., 2015b). A FC e FCpico refletem o nível de esforço ao qual o cavalo é submetido, enquanto a FC e V refletem o nível de treino e esforço físico ao qual o cavalo é sujeito (Hunka et al., 2017). A avaliação da FC e V pode contribuir para a compreensão das adaptações do sistema cardiovascular ao exercício e melhor estimar o consumo de energia e a intensidade do exercício durante o esforço físico (Hunka et al., 2017), podendo ser usadas para avaliar o potencial atlético (Berkman et al., 2015).

A FCmax é determinada através dos dados de FC durante os testes, sendo o valor máximo identificado durante a fase de *plateau* da curva de FC *versus* velocidade, correspondendo à maior frequência cardíaca obtida durante uma sessão de treino de exercício submáximo (Berkman et al., 2015; Piccione et al., 2013).

A determinação destas variáveis pode facilitar a adoção de programas de treino e nutricionais mais específicos e melhorar a compreensão do treino e condicionamento físico de cavalos, contribuindo assim para o bem-estar destes animais (Hunka et al., 2017).

7.1 FC e Condicionamento Físico

A avaliação da frequência cardíaca (FC) é um dos métodos mais importante para avaliar os níveis de condicionamento físico antes, durante e após a atividade física (Hunka et al., 2017) e permite aferir o gasto energético durante o esforço físico (Williams et al., 2009). A importância de registrar a frequência cardíaca durante o treino, ou a competição é baseada no conhecimento da relação direta que existe entre a frequência cardíaca e o desempenho do cavalo. Geralmente, quanto maior for a FC, maior será a carga de trabalho físico ou mental. No entanto, as FCs mais elevadas não se correlacionam necessariamente com velocidades mais elevadas no trabalho, consequentemente o uso de um teste de exercício com esforço progressivo numa pista de corrida em que se avalia a intensidade, a velocidade e a duração, como ocorre em cavalos de corrida, não é adequado a uma disciplina como a *dressage* (Munsters et al., 2014).

A monitorização da frequência cardíaca durante uma carga de trabalho submáxima pode ser um meio para avaliar a adaptação do sistema cardiovascular ao treino. Está descrito que a bradicardia é alcançada após 5 semanas de treino periódico. A diminuição da frequência cardíaca na intensidade de trabalho submáxima, num treino periódico é geralmente de 10 a 20 bpm. Um alcance rápido de bradicardia a uma intensidade submáxima pode ser explicado pelo bom condicionamento dos cavalos e pelo treino sistemático (Bitschnau et al., 2010; Mlynekova et al., 2016).

A recuperação da frequência cardíaca é um qualificador importante do nível de condicionamento físico, capacidade e solidez do cavalo, pois ela melhora com o treino, tendo sido estabelecida uma relação entre os dois (Bitschnau et al., 2010). Já foi descrita que a recuperação da FC em cavalos como uma diminuição bi-exponencial, ou seja, inicialmente o animal recupera mais rápido e posteriormente mais lentamente, o que suporta a teoria de uma interação coordenada entre a reativação parassimpática e a retirada da ação do sistema nervoso simpático durante a recuperação do exercício (Bitschnau et al., 2010).

8. Volume máximo de Oxigénio (VO₂)

O cálculo da capacidade de consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}) é a melhor forma de avaliar capacidade de trabalho aeróbia, sendo este o melhor indicador de aptidão cardiovascular. Representa uma medida indireta da taxa metabólica que pode ser convertido em

taxa de gasto de energia. Quanto maior for a distância percorrida na competição, maior a importância do VO_{2max} visto esse ser um bom preditor da *performance* desportiva equestre. (Piccione et al., 2013)

Segundo Mlynekova et al. (2016), os cavalos têm um consumo máximo de oxigénio superior em relação ao peso corporal em comparação com outros mamíferos. A contração do coração de um cavalo treinado bombeia mais de 1 litro de sangue, com os valores máximos da corrente sanguínea durante o trabalho a rondar os 300 L/min.

O VO_{2max} é calculado através de um teste de exercício em que se aumenta progressivamente a intensidade até que esse não se altere mesmo com o aumento da velocidade. A medição do VO_{2max} é feita em teste de passadeira através de um sistema de fluxo aberto ou por um sistema *breath-by-breath*. No entanto, existem poucos equipamentos disponíveis comercialmente, tecnicamente adequados para o alto fluxo e frequência respiratória do cavalo em exercício, especialmente para o seu uso a campo (Allen et al., 2015 b), tornando a medição direta do consumo de oxigénio (VO_2) a campo não prática (Coelho et al., 2021; Nery et al., 2018).

Quando o VO_2 não pode ser obtido diretamente, como ocorre em testes de exercício a campo, é possível utilizar registos de frequência cardíaca (FC) e velocidade devido à relação matemática linear entre estas variáveis (Coelho et al., 2021; Hunka et al., 2017; Manso Filho et al., 2012; Williams et al., 2009). Indivíduos com uma maior capacidade atlética atingirão a FC_{max} em velocidades mais elevadas (Allen et al., 2015b), o que faz com que a FC seja uma ferramenta útil para estimar o metabolismo energético durante a locomoção, especialmente em exercícios de velocidade constante e intensidade submáxima (Berkman et al., 2015; Coelho et al., 2021; Hanak, 2001; Williams et al., 2009). Desta forma, sistemas portáteis de monitorização cardíaca têm sido utilizados em cavalos, adaptados da utilização em humanos (Osgnach et al., 2010), para medir indiretamente a VO_2 numa ampla variedade de disciplinas equestres, através da FC (Coelho et al., 2021). De acordo com Serrano et al. (2002), a correlação positiva entre a FC, consumo de oxigénio e gasto energético possibilita a caracterização de cada tipo de exercício e do nível de esforço físico, com base na variação da FC (Manso Filho et al., 2012). A FC pode ainda ser utilizada para quantificar o custo de transporte (COT) por unidade de distância e o poder metabólico (P_{met}) por quilograma de peso, com o objetivo de definir o gasto energético relacionado com o consumo de oxigénio (Lage et al., 2017).

Em intensidades de exercício inferiores a 30% da V_{max} (passo e trote) está ativo principalmente o metabolismo aeróbio. Já no exercício com valores acima de 30% da $V_{máx}$

(galope) ocorre um déficit pulmonar de oxigénio mais acentuado; no entanto, o metabolismo aeróbio mantém-se com o aumento da absorção de oxigénio numa relação linear com a intensidade do exercício. Apesar do aumento da distribuição de oxigénio, e da contribuição da reposição de energia anaeróbia, a necessidade de energia pelo exercício aumenta exponencialmente com a intensidade do exercício. A contribuição do metabolismo anaeróbio durante o exercício a 50% e 70% da V_{max} está entre 18,6% e 29,5% do balanço energético total do exercício. É possível supor que consoante a intensidade do exercício, haja uma dependência crescente da energia anaeróbia. A contribuição crescente de energia anaeróbia em níveis de exercício acima de 70% da V_{max} é ainda mais acentuada em cavalos de sela. A contribuição do metabolismo anaeróbio em exercício com aumento de intensidade entre os 15 a 70% da V_{max} é aproximadamente 40 vezes maior que a do metabolismo aeróbio (Hanak et al., 2001).

9. Gasto energético (GE)

O gasto total de energia ou simplesmente, gasto energético, inclui quer a energia interna necessária para mover os membros relativamente ao centro de massa do cavalo e o trabalho externo necessário para superar a gravidade e o atrito do ar para mover o centro de massa (Schroter et al., 1996).

A medição directa do consumo de oxigénio é difícil de aplicar em condições de campo, devido à necessidade de equipamentos caros e tecnicamente complexos. Além disso, é difícil de realizar em condições a campo sem interferir na atividade habitual do cavalo, porque algumas medições podem recorrer a técnicas invasivas, como o uso de uma máscara de medição de trocas gasosas, para além do cavaleiro muitas vezes não compreender a importância da definição precisa dos requisitos energéticos do cavalo, acontecendo uma estimativa demasiado elevada e generalizada das necessidades energéticas do cavalo, que pode originar distúrbios associados ao excesso de energia, como patologias metabólicas e endócrinas (Nery et al., 2018). É importante também considerar que a carga de trabalho exigida ao cavalo varia de um dia para outro, mudando de acordo com a sua duração e intensidade, fazendo com que se recorra a diferentes fontes de energia celular (Nery et al., 2018).

O gasto energético está diretamente relacionado com a FC e o consumo de oxigénio (Nery et al., 2018). Assim, em condições de campo, a FC representa um método mais fácil e preciso para avaliar os requisitos de energia (Hunka et al., 2017; Nery et al., 2018; Piccione et al., 2013; Schroter et al., 1996, Williams et al., 2009). Este método já foi utilizado anteriormente

para calcular o GE em cavalos de desporto em vários tipos de competições equestres e até mesmo em competições de alto nível (Hunka et al., 2017; Nery et al., 2018). Este método avalia a energia metabolizada com base na relação entre a FC (batimentos por minuto) e o consumo de oxigénio (VO_2), permitindo estimar a produção de energia anaeróbia em níveis mais elevados de exercício (Nery et al., 2018) e é dado pela fórmula: $\text{GE (J/kg/min)} = 0,0566 \times \text{FC}^{1,9955}$ (Coenen, 2010).

No entanto, a monitorização da FC para avaliação do GE apresenta algumas desvantagens: (1) a FC varia também com o *stress* e a excitação, (2) a diminuição da FC durante os períodos de recuperação após o exercício não é imputável ao GE, (3) desconforto da cilha e sela e (4) problemas de precisão (Nery et al., 2018). Apesar disto, quando os testes são realizados em condições de campo, os dados do gasto energético incluem o efeito do cavaleiro e por isso são mais representativos das condições de competição (Munsters et al., 2014; Hunka et al., 2017).

De acordo com Hoyt & Tabor (1981), citado por Piccione et al. (2013), o GE apresenta uma relação curvilínea com a velocidade. No entanto, também é importante para os desportos equestres incluir a estimativa do gasto energético nos momentos de aceleração e desaceleração, mesmo em velocidades mais baixas, porque representam momentos essenciais no hipismo e no ensino (Coelho et al., 2021).

O andamento é um fator importante que influencia as necessidades de energia durante a locomoção porque, de acordo com Schroter et al. (1996), o uso de grupos musculares específicos pode mudar dependendo do andamento adotado numa determinada velocidade, o que afeta a eficiência mecânica e o consumo de oxigénio durante a locomoção (Piccione et al., 2013). As diferentes necessidades energéticas durante a locomoção refletem a eficiência mecânica dos andamentos avaliados e são proporcionais à frequência da passada a velocidades semelhantes (Piccione et al., 2013; Williams et al., 2009). Diferentes tipos de exercício e esforços, como os saltos, a inclinação, a natureza do terreno e o efeito de excitação aumentam o gasto de energia (Schroeter et al., 2010). Ainda, o condicionamento físico influencia a FC_{med} e o GE, então cavalos em estados iniciais de treino apresentam uma maior FC_{med} e GE em comparação com animais melhor condicionados (Manso Filho et al., 2012).

10. Custo de transporte (COT)

O custo de transporte (COT) é a energia metabólica, além das necessidades de repouso, necessária para transportar uma unidade de massa do animal numa unidade de distância. É dada pela seguinte fórmula: $COT (bpm/kg/m \times 10^3) = (FC - 35)/kg/m \times 10^3$ utilizada pela primeira vez por Williams et al. (2009) (Piccione et al., 2013; Schroeter et al., 2010). É uma constante que pode ser deduzida da FC, de forma confiável (Williams et al., 2009), pois está bem documentado que a FC tem uma relação linear com a carga de trabalho (Piccione et al., 2013).

Representa a carga de trabalho a que um animal é sujeito e é utilizado para avaliar a eficiência biomecânica durante a locomoção (Coelho et al., 2021; Piccione et al., 2013; Siqueira et al., 2023; Williams et al., 2009). As diferenças no tamanho corporal e no comprimento dos membros entre animais e, conseqüentemente, nas características da passada e eficiência muscular, influencia a quantidade de trabalho necessário para transportar um animal numa determinada distância a uma determinada velocidade (Schroeter et al., 2010).

Existe evidência de que a COT está diretamente relacionada com a taxa de produção de força e, portanto, com o tempo de apoio (Piccione et al., 2013). Diferentes estudos com mamíferos, incluindo cavalos, observaram que a COT por unidade de distância é uma constante independente da velocidade, mas claramente dependente do peso: quanto mais pesado for o animal, menor será o custo energético por quilograma por cada unidade de distância percorrida (Coelho et al., 2021; Piccione et al., 2013; Schroter et al., 1996; Williams et al., 2009).

Relativamente à velocidade, Wickler et al. (2000) demonstraram que quando o cavalo era livre para escolher a velocidade, a velocidade selecionada produzia uma COT mínima (Piccione et al., 2013), ou seja, a “velocidade preferida” é a velocidade que produz o COT mínimo, poupando energia. Durante exercícios físicos, a COT é maior em velocidades inferiores, sendo menor no trote do que no galope, porque, no trote, o centro de massa tem uma maior amplitude de movimento vertical do que no galope, envolvendo mais trabalho contra a gravidade (Schroeter et al., 2010). Durante o exercício de salto, o centro de massa do animal tem um movimento acentuado na vertical, para cima e para baixo, maior do que quando o cavalo trotava e galopava a altas velocidades, o que envolve maior trabalho contra a gravidade, fazendo com que a COT seja superior nessa disciplina equestre (Piccione et al., 2013).

A COT, ainda, aumenta ou diminui de acordo com a inclinação numa ampla gama de espécies (Williams et al., 2009).

11. Poder metabólico (Pmet)

O Poder Metabólico (Pmet) é o requerimento de força metabólica total por quilograma de peso (Piccione et al., 2013), que deve incluir o peso de carga, e representa o valor de energia necessária, por unidade de tempo, para reconstituir o ATP utilizado para desempenhar o trabalho (Siqueira et al., 2023).

O Pmet é calculado através da seguinte fórmula, descoberta por Schroter et al. (1996):
$$\text{Pmet (batimentos/min/kg)} = (\text{FC} - 35)/\text{min/kg}.$$

Segundo Piccione et al. (2013), o Pmet apresenta uma relação linear negativa com a velocidade, sendo que conforme a velocidade aumenta, o Pmet diminui, como demonstrou Schroter et al. (1996). Diferentes disciplinas equestres podem apresentar resultados metabólicos totais similares, mesmo que o GE seja significativamente diferente (Hunka et al., 2017).

12. Lactato

A medição de lactato é outra medição metabólica importante a campo (Aguera et al., 1995; Fortier et al., 2015), porque ajuda a estimar a contribuição aeróbia e anaeróbia do gasto energético (Hanak et al., 2001).

O lactato é um produto do metabolismo muscular anaeróbio, sendo a sua medição importante porque fornece informações relativas tanto à capacidade aeróbia como anaeróbia do cavalo (Allen et al., 2016), permitindo quantificar a intensidade relativa do exercício (Munsters et al., 2014). A concentração de LA no sangue e/ou plasma é o resultado da produção de LA na fibra muscular, após a sua subsequente difusão dos músculos para o sangue e eliminação, captação e consumo pelos diferentes tecidos (Aguera et al., 1995; Munsters et al., 2014). Existem alguns fatores intrínsecos que podem interferir com a produção de lactato, como a capacidade de remoção, o fluxo sanguíneo local, a quantidade de capilares, a capacidade de oxidação dos músculos, e o nível de gliconeogénese (Berkman et al., 2015).

Em repouso, os níveis de lactato sanguíneo são de 0,5 a 1,5 mmol/L (Amaral et al., 2013). Durante o exercício, a concentração de lactato sanguíneo e a velocidade apresentam uma relação que forma uma curva exponencial (Allen et al., 2016). No nível inicial de atividade, ocorre um aumento inicial na produção de lactato, seguido por um estado estacionário em que a produção e a utilização de lactato igualam; quando o nível de atividade aumenta, ocorre uma deflexão da curva, representando o início de um desequilíbrio em que a produção excede a sua utilização/remoção, começando a ocorrer acumulação de lactato na corrente sanguínea (Allen

et al., 2016; Couroucé,1999). Esta transição aeróbia-anaeróbia ocorre em concentrações de lactato sanguíneo entre os 2 e os 4 mmol/L, em exercícios de intensidade progressiva (Campbell, 2011; Aguera et al., 1995). A partir de então, o aumento da concentração de lactato no sangue é mais acentuado em resposta ao aumento da velocidade, definindo este valor o limiar anaeróbio de lactato, ou seja, a partir deste nível de exercício ocorre acidose metabólica (Allen et al., 2016; Couroucé, 1999; Munsters et al., 2014).

A concentração de lactato é diferente no sangue total e no plasma, sendo a concentração superior cerca de 30-50% no plasma, devido à captação de lactato pelas hemácias (Munsters et al, 2014). A concentração de lactato sanguínea pode ser medida no final do exercício, pelo meio de amostras de sangue, obtidas através da punção da veia jugular, sendo estas posteriormente colocadas em tubos que cont m heparina de lítio ou oxalato de flúor, devendo ser analisadas no prazo de 4 horas (Allen et al., 2016; Couroucé,1999).   preferível a análise no sangue total porque também é contabilizado o lactato presente nos glóbulos vermelhos e a técnica não requer centrifugação (Allen et al., 2016). No entanto, se a análise demorar mais de 4 horas, deve ser obtido o plasma e proceder ao congelamento para análise posterior (Evans and Golland, 1996). Em laboratório, a análise da concentração de lactato numa máquina analítica de bioquímicas é considerada o padrão ouro na precisão (Allen et al., 2016). No campo, o uso de um analisador de lactato portátil   mais conveniente e permite que análises imediatas sejam realizadas sem a necessidade de enviar amostras ao laboratório, devendo apenas ser utilizados analisadores de lactato validados para utilização em cavalos., sendo um bom método a recolha após um exercício submáximo (Davie and Evans, 2000).

12.1 Lactato e o Efeito do Treino

O lactato é um dos parâmetros bioquímicos mais importantes na Medicina Desportiva e está relacionado com a intensidade do esforço e com os níveis de condicionamento físico e de treino (Binda et al., 2016), sendo o lactato sanguíneo/plasmático considerado uma variável confiável para avaliação do condicionamento segundo a carga de trabalho imposta (Munsters et al., 2014).

O treino aumenta o tempo até   ocorrência de fadiga devido às adaptações fisiológicas, que incluem o aumento do poder aeróbio e da capacidade anaeróbia (Siqueira et al., 2023). O exercício físico contínuo induz o desenvolvimento da capacidade aeróbia do indivíduo para que possa realizar exercícios de maior intensidade com menor acúmulo de lactato no plasma

sanguíneo (Aguera et al., 1995), reduzindo a dependência do cavalo do metabolismo anaeróbio e atrasando o início da fadiga devido à acumulação de lactato (Couroucé,1999). O treino intervalado envolve essencialmente o condicionamento através da alternância de vários graus de esforço e incorpora períodos de recuperação entre os esforços. Esta abordagem treina o corpo do cavalo para alternar eficientemente entre o metabolismo aeróbio e anaeróbio (Bruijn et al., 2017).

A resposta ao treino pode ser aferida de forma adequada através de um seguimento contínuo dos valores de lactato (Bruijn et al., 2017), sendo que cavalos treinados apresentam concentrações mais baixas de lactato durante a realização de um exercício pela menor produção do mesmo no interior das fibras musculares e pelo aumento da capacidade oxidativa, paralelamente   diminuição na utilização no metabolismo glicolítico (Aguera et al., 1995).

12.2 Lactato e Intensidade de Trabalho

Na fisiologia do exercício, em cavalos, a concentração de lactato sanguíneo é utilizada como indicador da energia libertada por via anaeróbia (Hanak et al., 2001), sendo o lactato um produto do metabolismo muscular que se acumula no músculo e no sangue em exercício de alta intensidade (Couroucé,1999). Os cavalos dependem significativamente da energia metabólica anaeróbia em velocidades superiores a 13 m/s (Schroeter et al., 1996), caracterizados como exercícios de alta intensidade e curta duração, quando há predominância da produção de energia por via de glicolítica, ou seja anaeróbia (Hunka et al., 2017). Esse tipo de esforço é caracterizado por índices de lactato acima do limiar anaeróbio de 4 mmol/L (Binda et al., 2016; Ferraz et al., 2009). Exercício de intensidade submáxima levam a aumentos do lactato plasmático, abaixo de 4,0 mmol/L, indicando uma fonte de produção de energia aeróbia (Binda et al., 2016).

Sabe-se que a frequência cardíaca está exponencialmente relacionada com a acumulação de lactato após o exercício, com ambos os parâmetros sendo marcadores da intensidade do exercício realizado e do grau de desempenho do indivíduo (Aguera et al., 1995). No entanto, a capacidade aeróbia em cavalos pode melhorar sem haver diminuição significativa da FC com o treino (Bruijn et al., 2017).

O objetivo deste estudo passou por avaliar se existe melhoria ao nível do metabolismo energético de jovens cavalos de Raça Puro Sangue Lusitano, criados e treinados em Portugal, para a disciplina de *dressage*, após um protocolo de treino de seis semanas, através da avaliação

de índices como GE, COT, e Pmet. A hipótese sugerida pela autora é que o treino melhora a eficiência do metabolismo energético dos jovens cavalos Lusitanos.

Este estudo é pioneiro na área da Medicina Desportiva Equestre, pois até à data não se encontram mais estudos publicados que avaliem o metabolismo energético em cavalos Lusitanos, muito menos especificamente na disciplina de *dressage*. Pretende-se que os resultados obtidos neste estudo sirvam de base de comparação das necessidades metabólicas nas várias disciplinas equestres, nomeadamente para o cavalo Lusitano e que a partir deste estudo possam ser feitos planos nutricionais específicos para a disciplina e para a raça.

II. MATERIAL E MÉTODOS

O presente projeto de pesquisa teve aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEBEA-FMV-ULHT), tendo sido registado sob o número 112-2021 (aprovado em 18/11/2021).

1. Amostra

Foram utilizados 9 cavalos de raça Puro-Sangue Lusitano, machos, com uma idade média de 4 anos e com um peso médio de $473,9 \pm 44,0$ kg, considerados clinicamente saudáveis. Os equinos pertenciam a um centro hípico, localizado em Caneças, Lisboa (38°49'12.2"N 9°13'16.5"O). Os animais usufruíram do mesmo tipo de manejo alimentar e sanitário, tendo sido mantidos em boxes individuais (4,0x3,5m). A base alimentar do grupo foi constituída por feno de azevém, distribuído em duas porções diárias, sendo a quantidade adequada individualmente (tendo em conta o peso corporal, a condição corporal e o nível de esforço físico), e água *ad libitum*. O alimento concentrado foi fornecido na proporção de 1% do peso corporal, dividindo-se em três refeições diárias (9h00, 12h30 e 18h00), com 13,0% de proteína bruta.

Os cavalos utilizados no estudo encontravam-se em plena atividade física, tendo um treino regular e semanal adequado à disciplina de *dressage* há pelo menos seis meses. O desbaste, fase inicial de treino, deu-se entre o final dos 3 anos de idade e o início dos 4 anos. Esta fase é caracterizada pela familiarização do cavalo a novas experiências, sendo marcada pela saída do campo e o processo de adaptação às cavalariaças, bem como da aceitação e interação com o trabalho de equitação. De forma inicial, os cavalos são introduzidos ao trabalho no solo e à guia, à *posteriori*, em trabalho montado e por fim, em exercícios de equitação propriamente ditos. Os cavalos foram trabalhados entre 5 a 6 vezes por semana, tendo sido cumprido um programa individual de treino, sendo este adaptado de acordo com necessidades específicas e individuais de cada animal. Os programas individuais de treino incluíram o manejo e o trabalho à guia, montado e “à mão” de cada animal.

2. Programa de treino

Ao longo de seis semanas, os 9 equinos selecionados foram trabalhados durante 40 a 80 minutos, 6 dias por semana, tendo executado exercícios preparatórios para as provas equestres

de *dressage* (Tabela 1). A intensidade imposta foi ajustada individualmente. No turno oposto ao do trabalho (manhã ou tarde), os animais foram soltos em *padock* por um período médio de 50 minutos. Aos domingos, não foi programado exercício. O protocolo foi executado sempre pelo mesmo cavaleiro, com registo diário nas fichas de treino, incluindo as informações obtidas pelo frequencímetro cardíaco.

Tabela 1. Esquema de treino proposto para os jovens equinos Lusitanos usados na *dressage*.

1	• Aquecimento em trabalho á guia com bridão (apx.15min) • Trabalho de descontração (a variar com cada cavalo) • Familiarização com o picadeiro interno • Trabalho montado entre 20 – 30 min • 1 a 2 dias semanais de trabalho cardiovascular- montado e em liberdade (5 min)
2	• Aquecimento em trabalho á guia com bridão (apx.15min) • Trabalho de descontração (a variar com cada cavalo) • Trabalho de base (retitude e regularidade) • Círculos e encurvações • Trabalho montado entre 20 – 30 min • 1 a 2 dias semanais de trabalho cardiovascular- montado e em liberdade (5 min)
3	• Aquecimento em trabalho á guia com bridão (apx.15min) • Trabalho de descontração (a variar com cada cavalo) • Retitude, regularidade, cadencia com grau de energia superior a semana 2 • Trabalho montado entre 20 – 30 min • 2 a 3 dias semanais de trabalho cardiovascular- montado e em liberdade (5 min)
4	• Aquecimento em trabalho á guia com bridão (apx.15min) • Trabalho de descontração (a variar com cada cavalo) • Círculos e encurvações • Regularidade • Trabalho montado entre 20 – 30 min • 2 a 3 dias semanais de trabalho cardiovascular- montado e em liberdade (5 - 10 min)
5	• Aquecimento em trabalho á guia com bridão (apx.15min) • Trabalho de descontração (a variar com cada cavalo) • Energia e variações de amplitude nos 3 andamentos (passo, trote e galope) • Trabalho montado entre 20 – 30 min • 2 a 3 dias semanais de trabalho cardiovascular- montado e em liberdade (5 - 10 min)
6	• Aquecimento em trabalho á guia com bridão (apx.15min) • Trabalho de descontração (a variar com cada cavalo) • Círculos e encurvações • Variações de amplitude • Mudanças de energia introduzindo alargamentos e concentrações • Trabalho montado entre 20 – 30 min • 2 a 3 dias semanais de trabalho cardiovascular- montado e em liberdade (5 - 10 min)

3. Teste de Campo de *Dressage* (TCD)

Os animais foram submetidos a dois Teste de Campo de *Dressage*, um realizado antes (M1) e outro após (M2) as seis semanas de treino, para avaliar os efeitos do programa de treino. Os testes foram executados num picadeiro coberto de 15x30 m (Figura 1). Com o intuito de preparar os equinos para a execução do TCD, e alcançar o máximo de descontração no trabalho montado, foi realizado um aquecimento à guia de 20 minutos, seguido de 15 minutos de trabalho montados.



Figura 1. Picadeiro coberto de 15x30m utilizado no TCD.
Original da autora.

No TCD, o conjunto (cavalo e cavaleiro) executaram uma sequência de exercícios próprios da disciplina de ensino de competição, com a qual ambos estavam familiarizados. A sequência de exercícios, e as suas diretrizes, estão descritas na **Tabela 2** e **Figura 2**, e duraram 5min ($\pm$ 32,6 seg), tendo sido percorridos em média 220 metros. Aquando o término, os animais foram imediatamente avaliados (T1).

Tabela 2. Sequência de exercícios do Teste de Campo de *dressage*.

N	LETRA	EXERCÍCIO	DIRECTRIZES/ IDEIA CENTRAL
1	A	Entrada	Retitude, Transição
2	X	Paragem	Estabilidade do conjunto de frente (nuca), a paragem
3	X	Sair a trote de trabalho sentado	A transição, Retitude

4	C	Pista para a direita	A encurvação, equilíbrio
5	M-X-K	Diagonal com algumas passadas a trote médio	Ritmo e cadência
6	K	Trote de trabalho	A transição
7	K-A-F	Trote de trabalho levantado	Ritmo e equilíbrio
8	F-M	Trote de trabalho sentado com algumas passadas concentrando o trote	A transição progressiva, equilíbrio e ritmo
9	C	Linha do meio	A encurvação, equilíbrio
10	C-A	Serpentina de 3 arcos a trote levantado	Regularidade, ritmo e retitude
11	A	Trote sentado e Pista para a direita	Manutenção do ritmo e encurvação
12	K-H	Trote de trabalho sentado com algumas passadas concentrando o trote	A transição progressiva, equilíbrio e ritmo
13	C	Linha do meio	A encurvação, equilíbrio
14	C-A	Serpentina de 3 arcos a trote sentado	Regularidade, ritmo e retitude
15	A	Pista para a esquerda	A encurvação, equilíbrio
16	F-X-H	Algumas passadas a trote médio	Regularidade, ritmo e retitude
17	C	Passo médio	Transição, regularidade (fluidez)
18	C-B	Passo médio	Ritmo, regularidade e retitude (transições entre amplitudes)
19	B-K-A-F	Passo concentrado	
20	F-H	Passo largo	
21	H	Passo médio	

22	C	Transição ao trote e círculo de 15 metros	Retitude, ritmo
23	M-F-A-K	Galope de trabalho	A transição
24	K-M	Algumas passadas a galope médio	A transição, ritmo
25	Antes de M	Transição ao trote	A transição, ritmo
26	C-E-A	Passo médio	A transição, ritmo e retitude
27	A	Transição ao trote e círculo de 15 metros	Retitude, ritmo
28	F-M-C-H	Galope de trabalho	A transição
29	H-F	Algumas passadas a galope médio	A transição, ritmo
30	F-A	Galope ao revés	Ritmo, equilíbrio, regularidade
31	A	Paragem e imobilidade 4seg	A paragem, estabilidade, submissão
32	A	Trote sentado e círculo de 15 metros a direita	Retitude, ritmo
33	K-B	Diagonal a trote de trabalho	Retitude, ritmo
34	C	Círculo de 15 metros a esquerda	Retitude, ritmo
35	H-K-A	Trote de trabalho	A transição, ritmo
36	A	Linha do meio	A encurvação, equilíbrio
37	X	Paragem e finalização	Estabilidade do conjunto de frente (nuca), a paragem

Nota: As letras identificam o trajeto na pista conforme Figura 2.

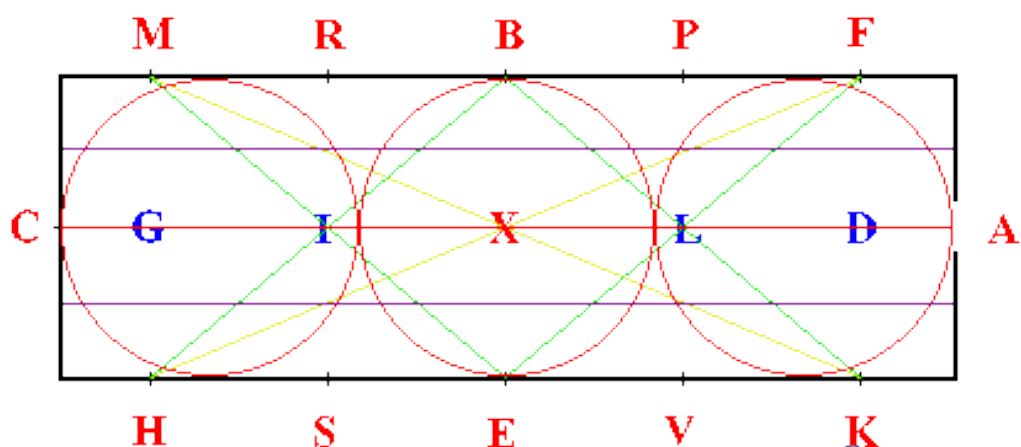


Figura 2. Pista de *dressage* com a identificação dos percursos através de letras.

O protocolo foi realizado durante o Verão, nos meses de Agosto/Setembro, durante o período da manhã entre as 07h00 e 11h00, com temperatura média de 19,7°C, humidade relativa de 83,8%, tendo sido os cavalos montados por um único cavaleiro com um peso corporal de 62,1 kg; o peso da sela (do tipo selim de ensino à inglesa) era de 8,2 kg e o dos acessórios foi estimado em 0,9-1,2 kg. A pista de areia encontrava-se seca. Todo o protocolo experimental seguiu os preceitos de bem-estar animal.

4. Monitorização cardíaca

Durante o exercício, os animais utilizaram um sistema de monitorização cardíaca (M430, Polar Electro, Lake Success, NY, EUA; Figura 3) com sistema de GPS (Global Positioning System), que registou a velocidade, a frequência cardíaca e a distância percorrida a cada segundo ao longo de toda a execução do TCD. Os dados contidos no equipamento foram transferidos para o computador e analisados pelo Polar Flow Software.



Figura 3. Sistema de monitorização cardíaca com sensor H10 e relógio M430, Polar Electro, Lake Success, NY, EUA, com sistema de GPS. Original da autora.

O gasto energético (GE), custo de transporte (COT) e poder metabólico (Pmet) foram calculados através de fórmulas utilizadas em estudos anteriores (Coelho et al., 2021), através das constantes: FC de repouso de 35 batimentos por minuto (bpm), peso corporal total (kg; considerando cavalo, cavaleiro e acessórios) e distância percorrida (m) para COT e duração (min) para Pmet.

$$GE \text{ (J/kg/min)} = 0,0566 \times FC^{1,9955} \text{ (Coenen et al., 2010)}$$

$$COT \text{ (batimentos/ kg/m} \times 10^3) = (FC - 35)/\text{kg/m} \times 10^3 \text{ (Williams et al., 2009)}$$

$$Pmet \text{ (batimentos/min/kg)} = (FC - 35)/\text{min/kg} \text{ (Schoeter et al., 1996)}$$

5. Colheita e Análise sanguínea

As amostras de sangue foram colhidas individualmente em quatro tempos, T0, referente ao período de repouso antes do exercício (ainda na *box*, com o animal sem sela), T1 (imediatamente após a atividade física), T2 (com 30 minutos de recuperação) e T3 (com 240 minutos de recuperação). Em cada um desses tempos, foi realizado um exame físico completo para aferição das frequências cardíaca (FC) e respiratória (FR), por meio de um estetoscópio e da temperatura retal, por meio de um termômetro clínico digital, como demonstrado na **Figura**

4, para além da análise de lactato sanguíneo, através de um aparelho portátil (Lactate PRO 2, Arkray, Portugal; **Figura 5**) após punção asséptica da veia jugular esquerda.



Figura 4. Exame físico completo para aferição das frequências cardíaca e respiratória e da temperatura retal em T1. Original da autora.



Figura 5. Análise de lactato sanguíneo, através do aparelho portátil Lactate PRO 2, Arkray, Portugal. Original da autora.

6. Análise estatística

A análise estatística foi realizada num programa computadorizado (PROC MIXED program, SAS 9.1, SAS Institute Inc., Cary, North Caroline, EUA). A normalidade das variáveis foi avaliada usando o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para avaliar a influência do exercício físico em M1 e M2 e influência do treino (M1 vs. M2), os dados de lactato, FC, FR e TC foram submetidos a ANOVA para medidas repetidas seguido de comparação entre médias (teste de Tukey). Para a análise dos resultados que envolviam o gasto energético, seguiram-se as mesmas etapas, e a comparação entre M1 e M2 foi feita usando o teste-t de Student e Os resultados foram expressos como médias $\pm$ desvios-padrão e a significância estabelecida em $p < 0,05$ em todos os casos.

III. RESULTADOS

Os resultados de FC, FR, TC e lactato sanguíneo encontram-se na **Tabela 3**, na qual se observa que a prática de atividade física influenciou grande parte das variáveis analisadas em ambos os TCD. Em M2, ou seja, após 6 semanas de treino, observou-se uma diminuição dos valores de FC e TC e um aumento dos valores de FR e lactato.

Tabela 3. Parâmetros fisiológicos e lactacidemia (médias $\pm$ desvios padrão) dos equinos nos testes de campo de *dressage*, usados na avaliação de um treino físico de 6 semanas.

Parâmetros	Tempos de avaliações				Valor de p	
	T0	T1	T2	T3	Exercício	Treino
FC, bpm						
M1	38,8 $\pm$ 17,2 ^b	76,4 $\pm$ 12,4 ^a	41,1 $\pm$ 4,8 ^b	39,8 $\pm$ 4,4 ^b	<0,0001	0,0283
M2	28,9 $\pm$ 4,5 ^b	71,0 $\pm$ 14,8 ^a	34,4 $\pm$ 2,9 ^b	38,1 $\pm$ 11,8 ^b	<0,0001	
FR, mrpm						
M1	20,8 $\pm$ 6,8 ^b	49,1 $\pm$ 9,6 ^a	18,0 $\pm$ 3,6 ^b	16,9 $\pm$ 4,4 ^b	<0,0001	0,0226
M2	19,1 $\pm$ 9,9 ^b	72,3 $\pm$ 28,7 ^a	18,5 $\pm$ 3,00 ^b	21,1 $\pm$ 4,1 ^b	0,0001	
TC, °C						
M1	37,6 $\pm$ 0,5 ^b	38,9 $\pm$ 0,3 ^a	37,9 $\pm$ 0,5 ^b	37,4 $\pm$ 0,3 ^b	<0,0001	<0,0001
M2	37,2 $\pm$ 0,5	37,6 $\pm$ 0,4	37,6 $\pm$ 0,4	37,1 $\pm$ 0,7	0,2143	
Lactato, mmol/L						
M1	1,13 $\pm$ 0,19	1,28 $\pm$ 0,77	1,26 $\pm$ 0,25	1,31 $\pm$ 0,15	0,8221	0,0433
M2	1,29 $\pm$ 0,11	1,64 $\pm$ 0,73	1,30 $\pm$ 0,68	0,76 $\pm$ 0,18	0,0536	

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; M1 – antes do treino; M2 – após o treino. FC, frequência cardíaca (bpm – batimentos por minuto); FR, frequência respiratória (mrpm – movimentos respiratórios por minuto); TC, temperatura corporal (°C – graus Celsius); LA, lactato (mmol/L – milimol por Litro).

Na **Tabela 4**, é possível observar que o treino de seis semanas influenciou significativamente todas as variáveis energéticas estudadas, sendo os valores significativamente menores em M2 para FC, GE e COT e significativamente maiores para Vmax. Pmet não se alterou após o programa de treino estabelecido.

Tabela 4. Gasto energético (GE), custo de transporte (COT) e poder metabólico (Pmet) dos cavalos Lusitanos em testes de Campo de *dressage* para avaliação de programa de treino físico de 6 semanas.

	M1	M2	p
Frequência cardíaca (bpm)	119,2 ± 16,0 ^a	108,6 ± 24,5 ^b	0,039
Vmax (m/s)	5,81±0,94 ^b	7,36±1,15 ^a	0,013
Vmed (m/s)	2,11±0,39	2,31±0,70	0,323
Gasto energético (J/kg/min)	799,9 ±226,4 ^a	682,8 ± 272,3 ^b	0,037
Custo de transporte (batimentos/kg/m x 10 ³)	0,73 ± 0,14 ^a	0,59 ± 0,24 ^b	0,042
Poder metabólico (batimentos/min/kg)	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,227

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas na análise pelo tempo de coleta pelo teste-t ($p \leq 0,05$). M1, antes do treino de 6 semanas; M2, após o treino de 6 semanas.

IV. DISCUSSÃO

A hipótese proposta pela autora, no presente estudo, de que se verificasse a melhoria da eficiência do metabolismo energético dos jovens cavalos Lusitanos após um programa de treino de seis semanas confirmou-se através da diminuição do COT e do GE, apesar de não haver melhoria do Pmet.

A redução significativa do GE desses cavalos pode ser explicada pela maior eficiência mecânica dos andamentos executados. Segundo Piccione et al. (2013) e Williams et al. (2009), as necessidades energéticas durante a locomoção refletem a eficiência mecânica dos andamentos avaliados e são proporcionais à frequência da passada a velocidades semelhantes. Assim, quanto mais eficiente forem as passadas e velocidades estabelecidas pelos animais num determinado andamento, menos energia gastar-se-á na execução do mesmo.

Comparativamente a outros estudos e desportos, o GE dos jovens cavalos Lusitanos apresentou-se maior que o GE determinado por Hanak et al. (2001) em cavalos *Warmblood* trabalhados ao passo (~438,4 J/kg/min, em velocidade a 15% da Vmax); entretanto, foi inferior quando os mesmos executavam trote (~982,8 J/kg/min, em velocidade a 30% da Vmax), *canter* (~1712,8 J/kg/min, em velocidade a 50% da Vmax) e galope (~2447,3 J/kg/min, em velocidade a 70% da Vmax). Coenen et al. (2010) descreveram um gasto energético de 3216 kJ/kg/min para equinos exercitados em velocidades de ~16 m/s, um aumento considerável se compararmos com os valores basais em que descreveram 68 kJ/kg/min quando os animais estavam em repouso. Já em equinos usados em disciplinas de alta intensidade, como as provas de vaquejada (Coelho et al., 2021), foram observados valores também bem superiores aos do presente estudo. As diferenças entre os estudos estão relacionadas com a intensidade de esforço imposto, pois quanto maior a intensidade, espera-se uma maior FC e por consequência, um maior gasto energético. Acrescenta-se ainda, que quanto mais adaptado ao nível de esforço imposto o animal tiver, menor a sua FC e, por conseguinte, menor será o seu gasto energético.

É importante ressaltar que para o cálculo do GE, Hanak et al. (2001) fizeram uso da análise a campo do consumo de oxigênio. No presente estudo, a estimativa do GE foi feita usando a fórmula descrita por Coenen et al. (2010). No referido artigo, os autores ressaltam a correlação entre a carga de trabalho e o VO_2 , e as dificuldades de estimar GE e VO_2 na prática clínica (Nery et al., 2018). Para contornar isso, eles desenvolvem uma fórmula usando a FC para estimar a parte aeróbia do gasto energético. Apesar da FC ser uma resposta complexa das exigências metabólicas que integram diversos fatores, tais como peso corporal, raça,

velocidade, vento, cavaleiro, etc (Coenen et al., 2010), a mesma está diretamente relacionada com a intensidade da atividade física, isto é, com a velocidade (Coelho et al., 2019; Manso Filho et al., 2012).

A medição da FC durante o exercício físico, conforme realizado neste estudo, é uma prática comum e adotada por diversos autores, e geralmente é feita com equipamentos de baixo custo e validação para a espécie equina (Coelho et al., 2019; Coelho et al., 2021; Manso Filho et al., 2012; Nery et al., 2018; Hunka et al., 2017). Essa técnica permite avaliar os animais a praticar desporto em condições de campo, nas suas verdadeiras condições de prova, o que é importante no estabelecimento de programas de nutrição e condicionamento físico (Manso Filho et al., 2012) e ainda no estudo de disciplinas desportivas difíceis de serem mimetizadas na passeadeira, como a prática de *dressage*, objeto de estudo no presente trabalho.

O frequencímetro cardíaco é uma ferramenta muito útil nos testes a campo, permitindo obter vários índices através de cálculos com os dados fornecidos por este. No entanto, é de extrema importância que os elétrodos estejam corretamente colocados em contacto com o tórax do cavalo para garantir uma transmissão absoluta e contínua da FC para o recetor, sendo por vezes necessário humedecer o mesmo, de modo a obter um registo da FC preciso e fiável (Coelho et al., 2019; Woort et al., 2021).

A melhoria do gasto energético, discutido anteriormente, está diretamente relacionada com a redução significativa da FC registada pelo sistema de monitorização cardíaco. A melhoria do condicionamento físico com as seis semanas do protocolo de treino proposto originou uma redução da FC_{med} (de ~119,2 bpm para ~108,6 bpm) e tais valores enquadram, de acordo com Manso Filho et al. (2012) e Coelho et al. (2019), o esforço físico praticado em M1 e M2 pelos jovens Lusitanos como predominantemente aeróbio.

Quantificar o gasto energético e os seus respetivos componentes aeróbios e anaeróbios é crucial durante o planeamento de um programa de treino (Hanak et al., 2001), contribuindo para o bem-estar dos cavalos de desporto (Manso Filho et al., 2012). A componente aeróbia da produção de energia pode ser facilmente calculada a partir da VO₂, conforme discutido anteriormente, porém, estimar a componente anaeróbia é mais difícil, utilizando-se geralmente o lactato sanguíneo como indicador metabólico (Hanak et al., 2001; Manso Filho et al., 2012; Fortier et al., 2015).

Durante o treino para a disciplina de *dressage* é usual adicionar intensidade de forma progressiva, por etapas, através de transições entre andamentos ou do alargamento ou concentração do mesmo andamento (Munsters et al., 2014). Tal como no estudo de Coelho et

al. (2023), no presente trabalho houve um aumento progressivo da duração e intensidade dos exercícios de *dressage* ao longo das sessões de treino, de acordo com a resposta individual de cada cavalo. Uma resposta positiva relativamente ao programa de treino, para além do que se já discutiu a respeito do gasto energético e FC, foi o aumento significativo da Vmax aquando a execução do segundo TCD, mesmo com a redução da FCmed. Isso sugere uma possível eficiência cardiovascular (Allen et al., 2016).

Entretanto, esse aumento da carga de trabalho (maior velocidade) levou ao aumento da concentração de lactato em M2, ilustrando uma maior contribuição do metabolismo anaeróbio (Hanak et al., 2001). No entanto, apesar do maior concentração de lactato, este aumento não se refletiu na FC, apesar de ambos os parâmetros serem marcadores da intensidade de exercício e do grau de desempenho do indivíduo (Aguera et al., 1995). O maior recrutamento do metabolismo anaeróbio pode ter decorrido do ajuste tardio das funções cardiorrespiratórias para atender a necessidade de oxigénio dos músculos em atividade (Hanak et al., 2001).

A rápida recuperação dos valores basais de lactato sanguíneo, já com 30 minutos de recuperação, sugere que os cavalos utilizados neste estudo estavam bem treinados para esta disciplina, tal como observou Binda et al. (2016), em cavalos da raça Quarto de Milha na prova de três tambores. Pesquisas prévias descrevem recuperação em tempos ainda inferiores, em 10 minutos pós-esforço, seja parados ou mantidos ao passo (Berkman et al., 2015; Munoz et al., 2010; Schroter et al, 1996; Oldruitenborgh-Oosterbaan, 2006).

Corroborando com os achados de FC, os jovens equinos usados no presente estudo apresentaram um esforço predominantemente aeróbio, com níveis de lactato sempre abaixo do limiar anaeróbio de 4 mmol/L (Couroucé, 1999), e ainda abaixo da transição aeróbia-anaeróbia de lactato sanguíneo entre os 2 e os 4 mmol/L (Aguera et al., 1995).

Para o estudo do custo energético de transporte (COT) nos jovens Lusitanos utilizados, fez-se o uso de fórmulas para estimar a COT através da FC (Williams et al., 2009), tal como foi feito para o gasto energético. O COT é uma constante dependente do peso corporal e da carga, mas também relacionada com a velocidade (Williams et al., 2009). É sabido que a frequência e a duração das passadas podem influenciar a eficiência do transporte, visto que a fôrça necessária para suportar o peso do animal precisa de ser gerada durante o período de contato dos cascos com o solo (Williams et al., 2009). Na presente pesquisa, as seis semanas de treino levaram a uma redução da COT, o que sugere que os exercícios propostos fizeram com que os cavalos estudados encontrassem sua “velocidade ideal” na qual poupam os custos de deslocamento (Piccione et al., 2013).

As disciplinas desportivas equestres diferem quanto a velocidade e características, levando, assim, ao registo de diferentes COT. O COT calculado para os cavalos Lusitanos na disciplina de *dressage* neste trabalho mostrou-se superior a valores calculados noutras disciplinas em outros estudos. A exemplo disso estão os equinos praticantes de *steplechase* (corrida com sebes, muros, fossas e outros obstáculos dispersos pela pista) em que se registaram valores entre 0,319 e 0,408 batimentos/kg/m x 10³ (Schroter et al., 1996); e equinos trabalhados em salto de obstáculos (~0,25 batimentos/kg/m x 10³) (Piccione et al., 2013). Ainda foi superior as estimativas feitas por Coelho et al. (2021) que estudou equinos usados em provas de vaquejada. Os valores registados foram similares aos descritos para equinos trabalhados em passeadeira sem inclinação a passo (~0,8 batimentos/kg/m x 10³) e a trote (~0,6 batimentos/kg/m x 10³) (Williams et al., 2009). Os valores de COT obtidos por Lage et al. (2017) em cavalos na disciplina de marcha apresentam-se bastante inferiores, oscilando entre ~0,042 e 0,045 batimentos/kg/m x 10³.

Segundo Piccione et al. (2013), que estudaram COT e Pmet de equinos submetidos a diferentes esforços físicos, o maior COT registado para equinos da disciplina de salto de obstáculos deve-se ao fato de que no exercício de salto o centro de massa move-se para cima e para baixo de forma mais constante do que o trote e galope em altas velocidades, envolvendo maior esforço contra a gravidade. Entretanto, os valores descritos pelos referidos autores foram inferiores aos observados na presente pesquisa. Isso pode ser justificado por uma maior necessidade energética para os exercícios específicos de *dressage*, com destaque para o trote concentrado, amplitude de movimentos, transições de passadas, ritmo de andamento, flexibilidade e impulsão.

A redução do COT com o programa instituído de treino para os jovens equinos da raça Lusitano ocorreu provavelmente devido à melhoria na qualidade de locomoção, que está de acordo com os estudos de Lage et al. (2017), Piccione et al. (2013), Schroter et al. (1996) e Siqueira et al. (2023).

Relativamente ao poder metabólico, calculado a partir da fórmula de Schroter et al. (1996) através da FC, como foi feito para o gasto energético e COT, este não se alterou com o treino proposto. Isso sugere uma constância nas acelerações e desacelerações durante a prática de ambos os TCD. Assim, diferentes disciplinas equestres podem apresentar poder metabólico semelhante, apesar de um gasto energético diferente. Os valores registados para os jovens Lusitanos mostraram-se inferiores aos observados para equinos usados em provas de *steplechase* (Schroter et al., 1996), para equinos trabalhados a trote (660 m/min, 2000 m) e

galope (700 m/min, 2100 m) (Piccione et al., 2013) e ainda para equinos usados em provas de vaquejada onde há mudanças bruscas de direção para acompanhar os bois (Coelho et al., 2021). Entretanto, foi superior a outras disciplinas desportivas como a marcha (Lage et al., 2017) e salto de obstáculos (13 obstáculos, 700 m) (Piccione et al., 2013).

No trabalho de Piccione et al. (2013) é possível verificar o aumento do Pmet, estando este relacionado com a aceleração, ou seja, quanto maior a velocidade, maior o valor de Pmet. Isso justifica valores superiores quando os animais galopam, comparando com a prática de *dressage* e de marcha, por exemplo. Schroter et al. (1996) também verificaram aumento do Pmet em conjunto com aumento da velocidade. A *dressage*, tal como o salto de obstáculos, incluem acelerações e desacelerações, mesmo que em velocidades inferiores às aquelas registradas nas disciplinas que utilizam touros; apesar de serem momentos essenciais nestas disciplinas (Coelho et al., 2021).

V. CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados obtidos no presente projeto de investigação foi possível concluir que o treino proposto melhorou índices relacionados com o metabolismo energético, mais especificamente o gasto energético e o custo de transporte, dos jovens equinos de raça PSL praticantes da disciplina de *dressage*. Assim, é possível concluir que o treino proposto mostrou-se eficiente para o grupo de equinos estudados, tendo, assim, os objetivos para este trabalho sido atingidos.

O cálculo dos índices usados foi possível através da utilização de um frequencímetro cardíaco. Seu uso permite realizar ajustes rápidos no treino e monitorizar em tempo real o exercício, promovendo o bem-estar dos cavalos de desporto. No entanto, para a obtenção fidedigna de dados, deve-se atentar a correta colocação dos recetores e monitorar seus registos devido à possibilidade de perda de contato.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguera, E., Rubio, D., Vivo, R., Santisteban, R., Aguera, S., Muñoz, A., & Castejón, F. (1995). Heart rate and plasma lactate responses to training in Andalusian horses. *J Equine Vet Sci*, 15, 532–536.
- Allen, K., Van Erck-Westergren, E. & Franklin, S. (2016). Exercise testing in the equine athlete. *Equine Vet Educ*, 28, 89-98.
- Amaral, L., Torres, A., Rabassa, V., Martins, C., Correa, M., & Nogueira, C. (2013). Limiar anaeróbico (V4) e frequência cardíaca de cavalos Crioulos condicionados para prova funcional. *Arq Bras Med Vet Zootec*, 65, 181-188
- Barrey, E., Desliens, F., Poirel, D., Biau, S., Lemaire, S., Rivero, J. & Langlois, B. (2002). Early evaluation of dressage ability in different breeds. *Equine Vet J*, 34, 319-324.
- Berkman, C., Teixeira, L., Pereira, M., Sampaio, R., Bernardi, N., Lacerda,..., Ferraz, G. (2015). Distance exercised during submaximal training on race winnings for Thoroughbred racehorses. *Ciênc Rural*, 45, 1268–1273.
- Binda, M., Teixeira, F., Carvalho, R., Macedo, L., Conti, L., Manso Filho, H. & Coelho, C. (2016). Effects of 3-barrel racing exercise on electrocardiographic and on blood parameters of quarter horses. *J Equine Vet Science*, 47, 71-76.
- 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. *Equine Vet J*, 42, 17–22.
- Bruijn, C., Houterman, W., Ploeg, M., Ducro, B., Boshuizen, B., Goethals, K.,..., Delesalle, C. Monitoring training response in young Friesian dressage horses using two different standardised exercise tests (SETs). (2017) *BMC Vet Res*, 13, 49.
- Campbell, E. (2011). Lactate driven equine conditioning programmes. *Vet J*, 190, 199-207.

Clayton, H. (1991). Conditioning Sport Horses. Sport Horse Publications (1.^a Ed).
Disponível em
https://www.researchgate.net/publication/275891542_Conditioning_Sport_Horses

Coelho, C., Adam, G., Silva, G., Carvalho, R., Souza, V. & Fazio, F., (2019). Heart rate monitoring in Mangalarga Marchador horses during a field marcha test. *J Equine Vet Sci*, 79, 50-53.

Coelho, C., Adam, G., Silva, G., Carvalho, R., Souza, V., & Fazio, F. (2019). Heart rate monitoring in Mangalarga Marchador horses during a field Marcha Test. *J Equine Vet Sci*, 79, 50-53.

Coelho, C., Adam, G., Silva, G., Carvalho, R., Souza, V., & Fazio, F. (2019). Heart Rate Monitoring in Mangalarga Marchador Horses During a Field Marcha Test. *J Equine Vet. Sci*, 79, 50–53

Coelho, C., Manso, H., Manso Filho, H., Ribeiro Filho, J., Abreu, J., Escodro, P. & Valença, S. (2018). Escala para avaliação do bem-estar em equídeos atletas (Scale for assessing well-being in athletes equids). *Rev Bras Med Equina*, 75, 4-8.

Coelho, C., Sodré, T., & Sousa, L. (2021). How much energy Vaquejada horse spend in a field simulation test?. *Animals*. 11, 3421.

Coenen, M. (2010). Remarks on the benefits of heart rate recordings. In *Proceedings of the 17th Kentucky Equine Research*. Lexington, KY, USA, 26–27 Abril. (pp. 42–54).

Cordeiro, A. (1989). Cavalo Lusitano: O filho do vento (pp.2-14). Lisboa: Edições Inapa.

Courouge, A. (1999) Field exercise testing for assessing fitness in French Standardbred Trotters. *Vet J*, 157, 112-122.

Davie, A. & Evans, D. (2000). Blood lactate responses to submaximal field exercise tests in Thoroughbred racehorses. *Vet J*, 159, 252-258.

Evans, D. & Golland, L. (1996). Accuracy of Accusport for measurement of lactate concentrations in equine blood and plasma. *Equine Vet J*, 28, 398-402.

Ferraz, G., Teixeira-Neto, A., Lacerda-Neto, J., Pereira, M. & Queiroz-Neto, A. (2009b). Respostas ao exercício de intensidade crescente em equinos: alterações na glicose, insulina e lactato (Responses to incremental exercise in equines: alterations in glucose, insulin and lactate). *Ciênc Animal Bras*, 10, 1332-1338.

Fortier, J., Deley, G., Goachet, A.G., & Julliand, V. (2015). Quantifications of the energy expenditure during training exercises in Standardbred trotters. *Animal*, 9, 793–799.

Hanak, J., Jahn, P., Kabeš, R., Sedlinska, M., Zert, Z., Mezerova, J., & Chvatal, O. (2001). A field study of oxygen consumption and estimated energy expenditure in the exercising horse. *Acta Vet Br*, 70, 133–139.

Hinchcliff, K. & Geor R. (2024). Integrative physiology of exercise. In K. Hinchcliff, A. Kaneps, R. Geor, & E. Van Erck-Westergen (Eds.), *Equine Sports Medicine and Surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete* (3^a Ed., pp. 130-46). St. Louis, MO: Saunders-Elsevier.

Hinchcliff, K. & Geor, R., (2008). The horse as an athlete: a physiological overview. In: Hinchcliff, K.W., Geor, R.J. and Kaneps, A.J. (eds.) *Equine exercise physiology* (1^a Ed. pp. 2-11). Philadelphia, PA, USA: Saunders.

Hoyt, D., & Taylor, C. (1981) Gait and the energetics of locomotion in horses. *Nature*, 292, 239-40.

Hunka, M., Souza, L., Ameida, T., Nery, P., Manso, H., & Manso Filho, H. (2018). Metabolic and physiological changes during and after vaquejada exercise in horses. *Comp Exerc Physiol*, 13(1), 25-30.

Lage, J., Fonseca, M., Barros, G., Feringer-Junior, W., Pereira, G., & Ferraz, G. (2017). Workload of official contests, net cost of transport, and metabolic power of Mangalarga Marchador horses of marcha batida or picada gaits. *J Anim Sci*, 95, 2488–2495.

Manso Filho, H., Manso, H., Cardoso, E., Melo, R., Silva, F., & Abreu, J. (2012). Avaliação da frequência cardíaca e do esforço físico em cavalos atletas pelo uso do frequencímetro (Evaluation of heart rate and physical effort in athlete horses by the use of a frequency meter). *Cienc Vet Trop*, 15, 41–48.

Mlyneková, E., Halo, M., Maršálek, M., & Starostová, L. (2016). Impact of training load on the heart rate of horses. *Acta Fytotec Zootec*, 19(4), 167–170.

Munsters, C., Iwaarden, A., Weeren, R., & Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. (2014). Exercise testing in Warmblood sport horses under field conditions. *Vet J*, 202 (1), 11–19.

Nery, J., Racioppi, F., Valle, E., Assenza, A., & Bergero, D. (2018) Proof of concept on energy expenditure assessment using heart rate monitoring and inertial platforms in show-jumping and riding school horses. *J Equine Vet Sci*, 61, 1–6.

Oldruitenborgh-Oosterbaan, S., Spierenburg, M., and Van den Broek, E. (2006). The work load of riding-school horses during jumping. *Equine Vet J*, 36, 93-97.

Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & Di Prampero, P. (2010) Energy cost and metabolic power in elite soccer: A new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc*, 42, 170 –178.

Piccione, G., Messina, V., Bazzano, M., Giannetto, C., & Fazio, F. (2013) Heart rate, net cost of transport, and metabolic power in horse subjected to different physical exercises. *J Equine Vet Sci*, 33, 586–589.

Santos, R. (2008). *Caracterización genética de la aptitud deportiva del caballo Pura Sangre Lusitano a partir de variables biocinémáticas al trote* (Tese de Doutoramento), Universidade de Córdoba. Disponível em <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/3632>. Acedido a 25/01/2024.

Schroter, R., Baylis, E., & Marlin, D. (1996) Gait, estimated net cost of transport and heat production at different speeds in three-day event horses. *Equine Vet J*, 22, 16–23.

Serrano, M., Evans, D. & Hodgson, J. (2002) Heart rate and blood lactate responses during exercise in preparation for eventing competition. *Equine Vet J*, 34, 135-139.

Siqueira, R., Teixeira, M., Perez, F., & Gulart, L. (2023). Effect of lunging exercise program with Pessoa training aid on cardiac physical conditioning predictors in adult horses. *Arq Bras Med Vet Zootec*, 75(4), 545-553.

Solé, M., Santos, R., Molina, A., Galisteo, A. & Valera, M. (2014). Genetic analysis of kinematic traits at the trot in Lusitano horse subpopulations with different types of training. *Animal*, 8, 192-199.

Vicente, A. (2015). *Characterization and selection of the Lusitano horse breed* (Tese de Doutoramento). Universidade de Lisboa. Disponível em <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/8646>. Acedido a 25/01/2024.

Vicente, A., Carolino, N., & Gama, L. T. (2012). Genetic diversity in the Lusitano horse breed assessed by pedigree analysis. *Livestock Sci*, 148 (1-2), 16-25.

Wickler, S., Hoyt, D., Cogger, E., & Hirschbein, M. (2000). Preferred speed and cost of transport: the effect of incline. *J Exp Biol*, 203, 2195-200.

Williams, R., Nankervis, K., Colborne, G., Marlin, D., & Schroter, R. (2009) Heart rate, net transport cost and stride characteristics of horse exercising at walk and trot on positive and negative gradients. *Comp Exerc Physiol*, 6, 113-9.

Woort, F., Dubois, G., Didier, M., & Van Erck-Westergren, E. (2020). Validation of an equine fitness tracker: Heart rate and heart rate variability. *Comp Exerc Physiol*, 17(2), 189–198.

World Breeders Federations for Sport's Horses (2024). *Breeder Rankings*. Disponível em <https://www.wbfsh.com/breeder-rankings>. Acedido a 25/01/2024.