

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

THAMYRES VALERIANO TEIXEIRA

**MARCHA BATIDA E MARCHA PICADA: INFLUÊNCIA DE MEDIDAS
ZOOMÉTRICAS E ANGULARES SOBRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E
TERMOGRÁFICOS DE EQUINOS MANGALARGA MARCHADOR**

RIO LARGO - AL

2026

THAMYRES VALERIANO TEIXEIRA

**MARCHA BATIDA E MARCHA PICADA: INFLUÊNCIA DE MEDIDAS
ZOOMÉTRICAS E ANGULARES SOBRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E
TERMOGRÁFICOS DE EQUINOS MANGALARGA MARCHADOR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Alagoas na área de Medicina Veterinária, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra.

Orientador: Prof. Dr. Tobyas Maia de Albuquerque Mariz

RIO LARGO - AL

2026

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Lucicláudia Silva dos Santos – CRB-4 /2115

T266m Teixeira, Thamyres Valeriano.

Marcha batida em marcha picada: influência de medidas zoométricas e angulares sobre parâmetros fisiológicos e termográficos de equinos mangalarga machador / Thamyres Valeriano Teixeira. – 2026.
57f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Tobyas Maia de Albuquerque Mariz.
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Alagoas.
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Rio Largo, 2026. .

Bibliografia: f. 30-33

1. Desempenho fisiológico. 2. Morfometria equina. 3. Recuperação térmica.
I. Título.

CDU: 619.1:363.1

FOLHA DE APROVAÇÃO

THAMYRES VALERIANO TEIXEIRA

MARCHA BATIDA E MARCHA PICADA: INFLUÊNCIA DE MEDIDAS ZOOMÉTRICAS E ANGULARES SOBRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E TERMOGRÁFICOS DE EQUINOS MANGALARGA MARCHADOR

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Alagoas na área de Medicina Veterinária, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra, apresentado em 23/02/ 2026.

Banca Examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Tobyas Maia de Albuquerque Mariz
(Universidade Federal de Alagoas)

Examinador Externo: Prof. Dr. Alexandre Fernandes Perazzo
(Universidade Federal do Piauí)

Examinador Externo: Prof. Dr. Henrique Nunes Parente
(Universidade Federal do Maranhão)

Dedico...

**À minha mãe, que sonhou antes de mim e tornou possível
cada conquista em minha vida.**

**À Nossa Senhora de Fátima, presença silenciosa de fé
em todos os meus passos.**

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor, meu Deus, “Não temas, porque eu estou contigo; não te assustes, porque eu sou teu Deus. Eu te fortaleço, eu te ajudo e te sustento com minha mão vitoriosa.” (Isaias 41, 10).

A minha família, que foi meu porto seguro durante essa caminhada, em especial, ao meu esposo que me incentiva, apoia em todos os meus sonhos e me ajuda em tudo, sempre ao meu lado; Nosso filho José Benício, que me acompanhou desde as pesquisas a campo quando estava sendo gerado, e hoje é meu maior motivo para persistir em meus sonhos, tudo por você meu filho. Amo vocês.

Aos meus Pais, Tarciso e Aparecida, que nunca mediram esforços para investir em minha educação, sou grata por tudo que tenho e sou, se hoje estou aqui parte desse mérito é de vocês; meus irmãos Thacito e Thayane, meus sobrinhos Bianca e Davi, por todo apoio emocional, por sempre estarem ao meu lado e pelo incentivo, cada conquista também é por vocês. Amo vocês. Ao Professor Drº Tobias Mariz pela paciência e companheirismo, sempre incentiva os seus orientados para que possam entregar o seu melhor, e assim contribuindo de maneira significativa com o desenvolvimento da pesquisa. A você minha gratidão.

Aos meus compadres Macdowell David, Tia do Lanche (Ceicilania), Thamires Martins e Mônica Ribeiro, pessoas que sempre estiveram comigo, em oração, carinho, vibração, conselhos, incentivo por sempre vibrarem com as minhas conquistas e estarem presente em todas; Ao meu irmão de vida, que foi meu maior incentivador para seguir na pós-graduação Drº Luiz Arthur, ele segue sendo uma das minhas maiores inspirações.

Aos criadores de cavalo Mangalarga Marchador que abriram as portas para que pudéssemos fazer as coletas: Haras CEL – Gláucio Macário; Haras Mangabeira – Claudio Peixoto; Haras Paraíso das Águas – Jaime Tavares; Haras Maraba – Mauro Paiva; Haras Cavaleiros – Ana Rosa e Haras Boa Vontade – Leandro Lamenha. Obrigada por contribuírem para o desenvolvimento da pesquisa sobre o Marchador Alagoano.

Aos colegas, que sem vocês essas coletas não teriam sido possíveis: Bruno Correa, Giovano Junior, Alana Tenório, Pedro Gustavo e Seu Heleno (motorista). Obrigada pela disponibilidade e companheirismo nos dias de coletas.

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência de medidas zoométricas e angulares de equinos Mangalarga Marchador sobre parâmetros fisiológicos e padrão termográfico, de acordo com o tipo de marcha. Foram utilizados 22 animais, sendo 11 de marcha batida (MB) e 11 de marcha picada (MP). As medidas zoométricas, obtidas utilizando hipômetro, incluíram as alturas da cernelha e da garupa, os comprimentos corporal, dorso-lombo, pescoço, escápula e da garupa, e a largura do peito e da garupa. Mediu-se via artrogoniômetro os ângulos escapulo-solo, escapulo-umeral, úmero-radial, metacarpo-falangeano, coxal-solo, coxo-femoral, fêmur-tibial, tíbio-metatarsiano e metatarso-falangeano. As imagens termográficas e os parâmetros fisiológicos frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e temperatura retal (TR) obtiveram-se no pré-exercício, logo após o exercício, e aos 10, 30 e 60 minutos de descanso após o exercício. A análise estatística foi realizada via modelo misto no SAS (PROC GLIMMIX), considerando Marcha, Tempo e interação Marcha×Tempo como efeitos fixos, e o animal como efeito aleatório. Embora as variáveis zoométricas não tenham apontado diferença significativa entre os tipos de marcha, as variáveis associadas à estrutura posterior (coxo-femoral, fêmur-tibial e garupa) apresentaram maior peso na função discriminante. Nas avaliações termográficas, apenas a variável antebraço (vista cranial) apresentou interação significativa entre marcha e tempo ($p=0,005$), indicando padrão distinto de recuperação térmica entre as marchas. Conclui-se que a zoometria dos membros posteriores exerce maior influência na diferenciação entre os tipos de marcha, destacando-se o comprimento do segmento fêmur-tibial estar associada à expressão da marcha batida. Na situação experimental proposta, identificou-se efeito do tipo de marcha apenas no padrão térmico diferenciado na região do músculo extensor carpal radial na vista cranial antebraço dos animais de marcha batida.

Palavras-chave: desempenho fisiológico; morfometria equina; recuperação térmica.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of zoometric and angular measurements of Mangalarga Marchador horses on physiological parameters and thermographic patterns according to gait type. A total of 22 animals were used, including 11 horses with marcha batida (MB) and 11 with marcha picada (MP). Zoometric measurements were obtained using a hippometer and included withers height, croup height, body length, back–loin length, neck length, scapula length, croup length, and chest and croup width. Joint angles were measured using an arthrogoniometer, including scapula–ground, scapulohumeral, humeroradial, metacarpophalangeal, hip–ground, coxofemoral, femorotibial, tibiotarsal, and metatarsophalangeal angles. Thermographic images and physiological parameters—heart rate (HR), respiratory rate (RR), and rectal temperature (RT)—were obtained before exercise, immediately after exercise, and at 10, 30, and 60 minutes of recovery following exercise. Statistical analysis was performed using a mixed model in SAS (PROC GLIMMIX), considering gait type, time, and the gait $\times$ time interaction as fixed effects, and animal as a random effect. Although zoometric variables did not show significant differences between gait types, variables associated with the hindquarter structure (coxofemoral, femorotibial, and croup measurements) presented greater weight in the discriminant function. In the thermographic evaluations, only the forearm variable (cranial view) showed a significant interaction between gait and time ($p = 0.005$), indicating a distinct thermal recovery pattern between gaits. It is concluded that hind limb zoometry exerts greater influence on the differentiation between gait types, highlighting that the length of the femorotibial segment is associated with the expression of marcha batida. Under the proposed experimental conditions, an effect of gait type was identified only in the differentiated thermal pattern in the region of the extensor carpi radialis muscle, observed in the cranial view of the forearm in marcha batida horses.

Keywords: physiological performance; equine morphometr; thermal recovery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Critérios de avaliação da morfologia de equinos Mangalarga Marchador para registro definitivo.....	19
Figura 2 -	Padrões de apoio nas marchas do Mangalarga Marchador.....	20
Figura 3 -	Termogramas infravermelhos das regiões distais dos membros de um cavalo saudável.....	26
Figura 4 -	Pontos de referência adotados para a mensuração das variáveis morfométricas lineares (A) e angulares (B) em equinos Mangalarga Marchador.....	40
Figura 5 -	Câmera termográfica modelo FLIR Systemis Brasil - FLIR i7.....	42
Figura 6 -	Lado esquerdo membro torácico (LEMT –figura A), lado esquerdo membro pélvico (LEMP – figura B), lado esquerdo (LE – figura C), vista cranial (figura D), lado direito (LD – figura E) e vista caudal (figura E)	43
Figura 7 -	Articulação metacarpofalangeana (A) e termograma da vista cranial do boleto (B).....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Definição das medidas morfométricas avaliadas em equinos da raça Mangalarga Marchador.....	38
Tabela 2 -	Coeficientes canônicos padronizados e contribuição das variáveis morfológicas para a separação dos grupos de marcha em cavalos da raça Mangalarga Marchador.....	42
Tabela 3 -	Significância estatística (p-value) do efeito da marcha, momento da avaliação (tempo) e sua interação sobre as variáveis fisiológicas de equinos da raça Mangalarga Marchador submetidos a exercício de simulação de competição.....	43
Tabela 4 -	Respostas fisiológicas e padrões de recuperação de equinos da raça Mangalarga Marchador após submissão a exercício de simulação de competição agrupadas pelo efeito do tempo.....	45
Tabela 5 -	Médias ajustadas ($\pm$ erro padrão) da variável Temperatura de Antebraço em Vista Cranial segundo as marchas (Batida e Picada) e os diferentes tempos de avaliação (Efeito Marcha*Tempo)	46
Tabela 6 -	Médias e desvio padrão das variáveis fisiológicas e termográficas de cavalos mangalarga Marchador, considerando momento de avaliação.....	48

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 RELEVÂNCIA DO MANGALARGA MARCHADOR NO BRASIL.....	13
2.2 MORFOLOGIA E PADRÃO RACIAL DO CAVALO MANGALARGA MARCHADOR	15
2.2.1 Aparência geral.....	15
2.2.2 Cabeça.....	15
2.2.3 Pescoço	16
2.2.4 Tronco.....	16
2.2.5 Membros anteriores	16
2.2.6 Membros posteriores	17
2.2.7 Avaliação Morfológica	17
2.3 A MARCHA DO MANGALARGA MARCHADOR: CARACTERÍSTICAS E FUNCIONALIDADE.....	20
2.4 PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM EQUINOS EM RESPOSTA AO EXERCÍCIO FÍSICO.....	22
2.5 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA AVALIAÇÃO DE EQUINOS.....	24
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS.....	31
4. ARTIGO.....	35
1. Introdução	36
2. Material e métodos	37
2.1 Dados gerais.....	37
2.2 Coleta das medidas zoométricas e angulares	38
2.3 Parâmetros fisiológicos e Imagens Termográficas	40
2.4 Delineamento experimental e as análises estatísticas	41
4. Resultados.....	42
4.1 Temperatura ambiente e umidade relativa	42
4.2 Avaliação das medidas zoométricas e angulares.....	43
4.3 Variáveis fisiológicas	45
4.4 Avaliação dos termogramas infravermelhos	46
4. Discussão	50
5. Conclusão	53
Referências	54
5. ANEXO A – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO	56

1. INTRODUÇÃO GERAL

A indústria equestre no Brasil, com um rebanho de aproximadamente 5,7 milhões de animais, movimenta mais de R\$ 30 bilhões anualmente e gera mais de três milhões de empregos, desempenhando papel relevante na economia nacional. Entre as raças mais criadas no país, destaca-se o Mangalarga Marchador, genuinamente brasileiro e originário de Minas Gerais, que representa cerca de 31% do rebanho nacional e é reconhecido como patrimônio nacional pela lei nº 12.975/2014, garantindo sua preservação e diversidade genética. A Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM) concentra o maior número de animais registrados e associados, sendo a maior entidade desse tipo na América Latina (IBGE, 2024; TEIXEIRA et al., 2025).

As marchas características do Mangalarga Marchador, batida e picada, são naturais, simétricas e de quatro tempos, com posturas laterais e diagonais alternadas das pernas, intercaladas por momentos de tríplex apoio. O padrão ideal envolve um movimento regular e elástico, com membros posteriores estendidos, movimento semicircular dos membros anteriores e boa flexibilidade articular (FONSECA et al., 2023; ABCCMM, 2025). Um aspecto relevante é a dissociação diagonal, que se refere às sutis diferenças de tempo na fase de aterrissagem entre os membros diagonais. Embora não avaliada especificamente nos andamentos do Mangalarga Marchador, em cavalos que realizam o trote essa dissociação positiva (membro posterior primeiro) contribui para a estabilidade do tronco e para a eficiência mecânica do movimento (MARTINS et al., 2025).

A mensuração das características morfométricas do cavalo, como altura da cernelha, comprimento do dorso e lombo, perímetro torácico e comprimento e largura da garupa, são fundamentais para a avaliação da qualidade da raça e influenciam diretamente à execução das marchas. Essas medidas auxiliam na seleção de animais com melhor desempenho locomotor e maior conforto durante o movimento (BASTOS et al., 2023).

Durante o exercício, neste caso representado pela execução da marcha, ocorrem importantes alterações fisiológicas, incluindo aumento da frequência cardíaca, frequência respiratória e do metabolismo muscular, culminando em maior produção de calor corporal. A avaliação do bem-estar físico e da adaptação ao esforço em equinos depende do monitoramento integrado desses parâmetros, uma vez que refletem a eficiência dos sistemas cardiovascular, respiratório e musculoesquelético frente à demanda imposta pelo exercício. Paralelamente, a redistribuição

do fluxo sanguíneo periférico constitui um dos principais mecanismos de termorregulação, favorecendo a dissipação do calor produzido pelo metabolismo muscular. (Simon et al., 2006; Oliveira et al., 2018; Verdegaaal et al., 2023).

Nesse contexto, a termografia infravermelha surge como uma ferramenta não invasiva capaz de detectar alterações térmicas associadas à atividade muscular e ao esforço físico, permitindo avaliar o impacto das diferentes marchas sobre os membros e identificar desequilíbrios ou sobrecargas musculoesqueléticas (KRULJC, 2023). Apesar do potencial da técnica, estudos ainda são escassos sobre como a marcha batida e picada influenciam os parâmetros morfométricos e térmicos do Mangalarga Marchador.

A integração entre avaliações morfológicas, análise fisiológica e termografia infravermelha possibilita uma abordagem mais abrangente do desempenho locomotor, contribuindo para o aprimoramento de estratégias de manejo, treinamento e seleção genética. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência das características zoométricas e angulares de equinos da raça Mangalarga Marchador sobre os parâmetros fisiológicos e o padrão termográfico, considerando os diferentes tipos de marcha, batida e picada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 RELEVÂNCIA DO MANGALARGA MARCHADOR NO BRASIL

O cavalo Mangalarga Marchador ocupa posição de destaque no cenário equino brasileiro, sendo reconhecido não apenas por suas características morfológicas e funcionais, mas também por sua relevância histórica, cultural e econômica. A raça teve origem no sul de Minas Gerais, há mais de 200 anos, a partir do cruzamento entre um garanhão Alter Real, proveniente da Península Ibérica, e éguas nativas brasileiras, provavelmente descendentes dos primeiros equinos trazidos pelos colonizadores portugueses no século XVI (BAENA et al., 2022).

O Alter Real, parente da raça Andaluza, descende de equinos das penínsulas Berbere, Germânica e Ibérica. Ao longo de seu desenvolvimento, o Mangalarga Marchador também recebeu influência genética de raças como Árabe e Crioula, o que contribuiu para aprimorar suas características de resistência, agilidade e andamento. A formação da raça ocorreu na Fazenda Campo Alegre, no sul de Minas Gerais, propriedade de Gabriel Francisco Junqueira, o Barão de Alfenas, considerado o principal responsável por sua consolidação. Seu sobrinho, José Frausino Junqueira, também teve papel importante nesse processo, reconhecendo o valor

dos cavalos marchadores para longas jornadas e atividades rurais (BAENA et al., 2022; ABCCMM, 2024).

Com o passar dos anos, a crescente popularidade do Mangalarga Marchador e a necessidade de padronizar suas características levaram à criação de uma entidade representativa. Assim, em 16 de julho de 1949, foi fundada, em Caxambu (MG), a Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador, atualmente sediada em Belo Horizonte (MG). Reconhecida como a maior associação de criadores de uma única raça na América Latina, conta com mais de 24 mil associados e 56 núcleos regionais (ABCCMM, 2024).

O reconhecimento da raça alcançou um novo patamar com a promulgação da Lei Federal nº 12.975/2014, que definiu oficialmente como “a raça nacional”. Desde então, o Mangalarga Marchador vem apresentando crescimento contínuo e consolidando-se como uma das principais representações do agronegócio brasileiro.

Embora originária do sul de Minas Gerais, a raça está presente em todos os estados do país, com destaque para a expansão em regiões como o Nordeste e Centro-Oeste, além de alcançar mercados internacionais. Em 2024, o efetivo registrado foi de 746.417 animais, distribuídos em todo território nacional e também em países como Estados Unidos, Alemanha, Holanda, Bélgica, Portugal, Itália, Canadá, Israel, Peru, Uruguai, Argentina, Congo, França e Dinamarca. Minas Gerais permanece como principal centro de criação, reunindo mais de 300.000 exemplares, responsáveis por movimentar milhões de reais em vendas diretas, exposições e leilões, além de gerar empregos no setor do agronegócio ligado ao cavalo (SANTIAGO, 2016; ABCCMM, 2024).

O impacto econômico da raça é igualmente expressivo. O Mangalarga Marchador movimenta um amplo mercado que envolve criação, comércio de animais, turismo rural e realização de eventos, contribuindo diretamente para a geração de renda e postos de trabalho em diferentes regiões do país. Estima-se que o mercado equestre brasileiro movimente cerca de R\$ 38 bilhões por ano, dos quais aproximadamente 31% são atribuídos à participação do Mangalarga Marchador (CEPEA; CNA, 2016).

Além da relevância econômica, a raça possui forte importância cultural. O Mangalarga Marchador consolidou-se como símbolo nacional, presente em cavalgadas, provas de marcha e eventos tradicionais que atraem turista e fortalece a identidade equestre brasileira. Sua notoriedade está intimamente ligada ao andamento, a marcha, que não apenas caracterizam a raça, mas também dão origem a competições e encontros que reúnem criadores e admiradores

em todo o país. Essas particularidades funcionais, associadas aos padrões raciais estabelecidos, reforçam o papel do Mangalarga Marchador como referência no cenário equestre nacional.

2.2 MORFOLOGIA E PADRÃO RACIAL DO CAVALO MANGALARGA MARCHADOR

O padrão racial do Mangalarga Marchador reúne as qualidades morfozootécnicas que buscam equilibrar, compensar e harmonizar as regiões do corpo, assegurando a conformação adequada e a funcionalidade desejada nos animais (NASCIMENTO, 1999; FREIRE et al., 2025). Esse padrão, aprovado pelo Conselho Deliberativo Técnico da Associação dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador em 11 de fevereiro de 2003 e homologado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em 8 de dezembro do mesmo ano, define as principais características morfofuncionais da raça, contemplando aspectos de expressão racial, conformação e andadura.

Em equinos, a caracterização morfológica está diretamente associada ao valor econômico, uma vez que as medidas morfométricas influenciam no desempenho e na aptidão funcional dos animais. No caso do Mangalarga Marchador, para que um exemplar seja registrado na associação, são avaliados aspectos de morfologia e andamento por meio de doze medidas corporais, entre as quais se destacam altura da cernelha e da garupa, perímetros torácico e da canela, além da largura da cabeça e da garupa, comparados a valores de referência estabelecidos pela associação (MEIRA et al., 2013; COSTA et al., 2012).

2.2.1 Aparência geral

A aparência geral do cavalo Mangalarga Marchador é marcada por porte médio, estrutura forte, bem proporcionada, transmitindo expressão vigorosa e sadia, visualmente leve na aparência. A raça apresenta pele fina e lisa, pelos curtos, lisos e sedosos, aliados a um bom temperamento e ao mesmo tempo dócil, características que reforçam sua funcionalidade e versatilidade. Quanto à altura, para os machos considera-se ideal a média de 1,52 m, sendo aceitos, para registro definitivo, valores entre 1,47 m e 1,57 m. Já para as fêmeas, a altura ideal é de 1,46 m, com limites que variam de 1,40 m a 1,54 m, conforme os padrões estabelecidos pela associação da raça (SOUZA et al., 2019; FREIRE et al., 2025; ABCCMM, 2025).

2.2.2 Cabeça

A cabeça apresenta formato triangular, tamanho médio e boa proporção, com fronte larga e perfil predominantemente retilíneo, podendo variar para levemente subcôncavo no chanfro. Os olhos, amplos e lateralizados, favorecem amplo campo de visão, característica

funcional importante para percepção ambiental e resposta aos estímulos durante o manejo e a equitação. As orelhas são médias, bem implantadas e móveis, refletindo boa responsividade. Narinas amplas, ganachas afastadas e garganta definida favorecem eficiência respiratória, enquanto boca proporcional e lábios firmes contribuem para funcionalidade e leveza do conjunto cefálico (NASCIMENTO, 1999; ABCCMM, 2025).

2.2.3 Pescoço

O pescoço apresenta forma piramidal, aspecto leve e proporcional, inserção oblíqua e musculatura forte, o que confere equilíbrio e flexibilidade. Sua ligação ao tronco ocorre no terço superior do peito, sendo admitida, nos machos, uma discreta convexidade na borda dorsal como expressão de caráter sexual secundário. As crinas são ralas, finas e sedosas. As características do pescoço, associadas às da cabeça, influenciam diretamente a sustentação da frente do animal, contribuindo para um andamento mais elegante e harmonioso. Anatomicamente, é formado por sete vértebras cervicais, cuja disposição, associada à espessura dos discos intervertebrais, define sua forma e comprimento, resultando em concavidade dorsolombar e ventrolateral na transição com o tórax (SILVA, 2009; ABCCMM, 2025).

2.2.4 Tronco

O tronco do Mangalarga Marchador apresenta cernelha bem definida e longa, proporcionando boa direção à borda dorsal do pescoço. Essa região tem função importante na locomoção, pois, quando curta, dificulta a formação do semicírculo realizado pelos membros torácicos durante a marcha, reduzindo a capacidade de amortecimento e absorção de impactos e comprometendo a maciez percebida na montaria (NASCIMENTO, 1999).

O peito é profundo, largo, musculoso e não saliente. Peito profundo e costelas arqueadas ampliam capacidade torácica, condição associada a melhor desempenho sob esforço prolongado (FERNANDES et al., 2022).

O dorso possui comprimento médio, é reto, musculado e proporcional, harmonizando-se com a cernelha e o lombo. Este, por sua vez, é curto, reto e bem coberto por musculatura. A Garupa longa e levemente inclinada está relacionada à eficiência propulsiva. A inclinação e o comprimento dessa região influenciam a amplitude de passada e a capacidade de impulso, conforme evidenciado em análises morfométricas recentes (SOUZA et al., 2019).

2.2.5 Membros anteriores

Os membros anteriores apresentam conformação associada ao equilíbrio e à eficiência locomotora. Espáduas longas e oblíquas favorecem maior amplitude de movimento, enquanto

braços e antebraços bem alinhados e musculados contribuem para adequada transmissão de força, estabilidade e resistência durante a marcha. Joelhos amplos e bem alinhados asseguram correção dos aprumos, enquanto canelas curtas e tendões definidos contribuem para resistência estrutural. Boletos e quartelas adequadamente articulados, associados a cascos sólidos e proporcionais, garantem sustentação e absorção eficiente de impactos, favorecendo a regularidade e a suavidade da marcha (SILVA, 2009; TORRES; JARDIM, 1985).

Avaliações associando características fenotípicas ao desempenho em competições oficiais indicam que correção de aprumos anteriores está positivamente relacionada à regularidade da marcha e à eficiência locomotora (Nogueira et al., 2023).

2.2.6 Membros posteriores

Os membros posteriores do Mangalarga Marchador destacam-se pela robustez e pelo equilíbrio, fundamentais para impulsão e sustentação durante a marcha. Quando observados de perfil, apresentam quatro angulações que formam o desenho semelhante à letra “Z”, característica que favorece as forças de suspensão e propulsão, resultando em maior amplitude das passadas e regularidade no movimento (NASCIMENTO, 1999).

As coxas apresentam musculatura desenvolvida, porém moderada, condição que favorece geração eficiente de força propulsiva sem comprometer elasticidade e suspensão (GNAGEY, 2006). Pernas longas e bem alinhadas, associadas a jarretes firmes e corretamente angulados, são determinantes para estabilidade e impulsão. Canelas curtas com tendões definidos, boletos bem articulados e quartelas de inclinação adequada contribuem para resistência estrutural e dissipação de forças. Cascos proporcionais e consistentes asseguram suporte mecânico durante a locomoção. A correção dos aprumos posteriores está diretamente relacionada à regularidade do movimento e à eficiência biomecânica da marcha (SOUZA et al., 2019; ARAUJO et al., 2024; FREIRE et al., 2025).

2.2.7 Avaliação Morfológica

O padrão da raça Mangalarga Marchador define características morfofuncionais para expressão, conformação e andadura, detalhando as qualidades da cabeça, pescoço, tronco, membros e movimento. Para avaliação, são utilizadas doze medidas corporais, como alturas da cernelha e da garupa, perímetros torácicos e da canela, e larguras da cabeça e da garupa, com padrões estabelecidos para valores específicos (FREIRE et al., 2025).

A avaliação morfológica do Mangalarga Marchador é realizada tanto no momento do registro genealógico quanto em competições oficiais, nas quais são realizados campeonatos de

morfologia e marcha. No registro genealógico, além da avaliação subjetiva da conformação geral do animal, são aferidas 12 medidas corporais padronizadas, conforme descrito por Lage et al. (2009), Santiago et al. (2016) e Freire et al. (2025). As medidas incluem:

- Altura da cernelha- distância vertical entre o processo espinhoso da quarta vértebra torácica e o solo;
- Altura da garupa- distância vertical entre a tuberosidade sacral do ílio e o solo;
- Comprimento da cabeça- distância entre o vértice da cabeça e a ponta do focinho;
- Comprimento do pescoço- distância entre a nuca (osso atlas) e o terço médio da escápula;
- Comprimento do dorso- distância entre a base da cernelha e a tuberosidade sacral do ílio;
- Comprimento da garupa- distância entre a porção cranial da tuberosidade ilíaca e a caudal da tuberosidade isquiática;
- Comprimento da espádua- distância entre a articulação escapuloumeral e a cartilagem escapular;
- Comprimento do corpo- distância entre a articulação escapuloumeral e a tuberosidade isquiática;
- Largura da cabeça- distância entre as faces externas das arcadas orbitárias;
- Largura das ancas- distância entre as tuberosidades coxais dos ossos ilíacos;
- Perímetro do tórax- diâmetro obtido ao nível dos processos espinhosos da oitava e nona vértebra torácica;
- Perímetro da canela- diâmetro medido no terço médio do osso metacarpiano.

Utilizando essas doze medidas corporais e a avaliação da andadura, os animais são pontuados para fins de registro no livro de genealogia da associação da raça (Figura 1).

Figura 1 - Critérios de avaliação da morfologia de equinos Mangalarga Marchador para registro definitivo.

ESPECIFICAÇÃO	VALORES
I - APARÊNCIA GERAL	04 pontos
II - CABEÇA	05 pontos
III - CARACTERIZAÇÃO/EXPRESSÃO	10 pontos
IV - PESCOÇO	04 pontos
V - TRONCO	23 pontos
CERNELHA	03 pontos
PEITO	02 pontos
TÓRAX	03 pontos
DORSO-LOMBO	07 pontos
ANCAS	02 pontos
GARUPA	06 pontos
CAUDA	01 ponto
VI - MEMBROS ANTERIORES	24 pontos
ESPADUA	04 pontos
ANTEBRAÇO/ BRAÇO	04 pontos
JOELHOS	03 pontos
CANELAS	02 pontos
BOLETOS	03 pontos
QUARTELAS	02 pontos
CASCOS	02 pontos
APRUMOS	04 pontos
VII - MEMBROS POSTERIORES	20 pontos
COXA/PERNA	04 pontos
JARRETES	03 pontos
CANELAS	02 pontos
BOLETOS	03 pontos
QUARTELAS	02 pontos
CASCOS	02 pontos
APRUMOS	04 pontos
VIII - AÇÃO	10 pontos
PASSO	05 pontos
GALOPE	05 pontos
SUB-TOTAL	100 pontos
IX - ANDAMENTO	100 pontos
TOTAL	200 pontos

Fonte: ABCCMM, 2025.

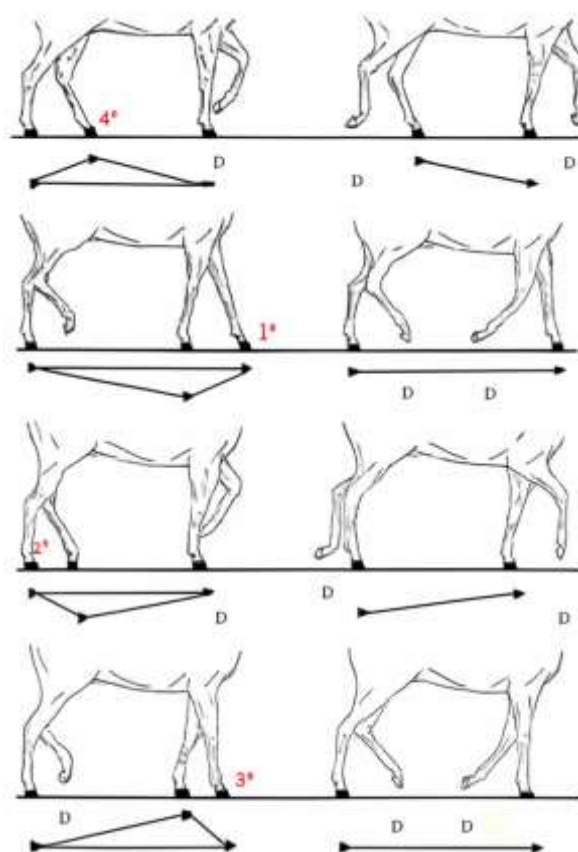
A avaliação morfológica do Mangalarga Marchador, baseada em medidas corporais padronizadas, fornece parâmetros objetivos que permitem selecionar e aprimorar o plantel, garantindo conformação equilibrada, funcionalidade adequada e desempenho característico da raça. Esses critérios asseguram que os atributos físicos do animal estejam harmonizados, refletindo diretamente na eficiência da sua marcha.

2.3 A MARCHA DO MANGALARGA MARCHADOR: CARACTERÍSTICAS E FUNCIONALIDADE

Os cavalos podem apresentar diferentes tipos de andamento e podem ser categorizados em “cavalos de andamento”. Esses movimentos são caracterizados por um ritmo de quatro tempos e pela ausência de fase de suspensão, o que proporciona suavidade e conforto ao cavaleiro. Ao longo da passada, o corpo do animal pode ser sustentado por dois ou três membros, ocasionalmente por apenas um ou até mesmo por quatro, mas nunca ocorre uma fase em que todos os membros estejam fora do solo. Na andadura, a sequência de apoios segue a ordem: membro posterior esquerdo (PE), membro anterior esquerdo (AE), membro posterior direito (PD) e membro anterior direito (AD), conferindo estabilidade e regularidade ao deslocamento (NICODEMOS; CLAYTON, 2003; SIMONATO et al., 2021).

Dentro do grupo de andamentos, a marcha é amplamente utilizada tanto em atividades de lazer quanto em competições específicas, como provas de andamento, cabresto e conformação. No Mangalarga Marchador, ela se apresenta em duas modalidades principais: a marcha batida e a marcha picada, ambas caracterizadas como um andamento natural, simétrico e a quatro tempos. Nelas, ocorrem apoios alternados dos bípodes laterais e diagonais, intercalados por momentos de tríplice apoio (Figura 2). As características ideais desse andamento incluem regularidade, elasticidade, equilíbrio e ocorrência de sobrepegada ou ultrapegada. Além disso, o movimento dos anteriores deve ser discreto, descrevendo um semicírculo quando observado de perfil, aliado à boa flexibilidade articular (FONSECA et al., 2023; ABCCMM, 2025).

Figura 2 - Padrões de apoio nas marchas do Mangalarga Marchador.



Fonte: Dittrich, 2018.

A marcha batida é caracterizada pelo maior tempo de apoio nos bípodes diagonais, apresentando movimento equilibrado, elástico e com avanço sempre em diagonal. Já a marcha picada distingue-se pelo predomínio dos apoios laterais e do tríplice apoio, conferindo maior comodidade ao cavaleiro. Em ambos os casos, o andamento é simétrico, regular e de quatro tempos, marcado pela suavidade e ausência de fase de suspensão, o que o torna um dos grandes diferenciais funcionais da raça. As diferenças entre os tipos de marcha são avaliadas visual e qualitativamente por técnicos e juízes oficiais da ABCCMM, que classificam os animais em competições específicas. Desde cedo os cavalos são preparados para essas avaliações, participando de provas de cabresto a partir dos 12 meses de idade e, posteriormente, de competições sob sela a partir dos 36 meses, quando já se exige maior desempenho (BARCELOS et al., 2016).

As variações nos padrões de apoio entre os diferentes tipos de marcha influenciam diretamente a distribuição de cargas e o esforço articular dos equinos. Tais diferenças biomecânicas refletem-se também nas respostas fisiológicas durante o exercício, evidenciando a importância da análise de parâmetros corporais, fundamental para compreender as adaptações do organismo às exigências de cada tipo de andamento.

2.4 PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM EQUINOS EM RESPOSTA AO EXERCÍCIO FÍSICO

Durante o exercício, diversos sistemas corporais atuam de forma integrada, promovendo adaptações fisiológicas que permitem a manutenção da atividade física. Entre os principais, destacam-se os sistemas cardiovascular, respiratório, muscular, termorregulador, endócrino e locomotor. A avaliação do bem-estar físico dos equinos depende do monitoramento de parâmetros relacionados a esses sistemas, os quais fornecem informações essenciais sobre a capacidade de adaptação do organismo frente à carga de trabalho. Respostas fisiológicas inadequadas ou anormais podem indicar a necessidade de ajustes no treinamento, a fim de preservar a saúde e o desempenho do animal (AARTS et al., 2025).

Entre os parâmetros mais utilizados na fisiologia do exercício estão a frequência cardíaca (FC) e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC). A FC em equinos varia de aproximadamente 35-45 batimentos por minuto em repouso até cerca de 220-240 batimentos por minuto durante o esforço máximo, refletindo a intensidade do exercício. Enquanto a FC indica o número médio de batimentos por minuto, a VFC representa as flutuações nos intervalos entre batimentos cardíacos e é considerada um indicador sensível do equilíbrio entre os ramos simpático e parassimpático do sistema nervoso autônomo (SANTIS et al., 2023).

O sistema respiratório é um fator limitante para o desempenho dos cavalos, pois o treinamento não promove adaptações significativas como ocorre nos sistemas cardiovascular e musculoesquelético. Além de transportar oxigênio (O_2) e dióxido de carbono (CO_2), o sistema respiratório desempenha funções essenciais durante o exercício, incluindo umidificação, aquecimento e filtragem do ar inspirado, regulação ácido-base e termorregulação (FIGUEIREDO et al., 2021).

A frequência respiratória (FR), definida como o número de movimentos respiratórios por minuto (mpm), varia em repouso entre 12 e 20 mpm, podendo aumentar devido a fatores como temperatura corporal elevada ou esforço. Durante o exercício, a FR pode superar 180 mpm, ajustando-se à intensidade do esforço e à demanda de oxigênio. Após a interrupção do exercício, a FR diminui gradualmente, permanecendo entre 60 e 100 mpm até que o equilíbrio do fluxo de O_2 seja restabelecido. Em seguida, a resposta respiratória depende da temperatura corporal, se estiver baixa, a FR retorna aos valores de repouso, se elevada, o cavalo ofega para dissipar calor (FIGUEIREDO et al., 2021).

Durante o exercício, a produção de calor aumenta devido à intensificação da atividade metabólica e muscular. Uma termorregulação eficiente é essencial para prevenir hipertermia e

manter o desempenho físico. A quantidade de calor gerada depende de fatores como condições ambientais, grau de aclimatação, tipo e intensidade do exercício, estado de treinamento e condição corporal do cavalo. A regulação da temperatura ocorre principalmente por evaporação (suor e respiração), e em menor grau por convecção e radiação, podendo ser avaliada por meio da temperatura retal ou da temperatura da pele (AARTS et al., 2025).

A temperatura retal (TR) varia normalmente entre 37,2 °C e 38,6 °C, com média de 38,0 °C. Durante exercícios intensos, a TR pode atingir 39-40 °C cerca de 10 minutos após o término da atividade, diminuindo gradualmente nos 10-20 minutos subsequentes. O aumento térmico ocorre porque apenas cerca de 20-25% da energia química usada para a contração muscular é convertida em movimento, os 75-80% restantes são liberados como calor. Caso esse calor não seja dissipado adequadamente, há risco de elevação patológica da temperatura corporal, comprometendo a performance. Fatores como temperatura e umidade do ambiente, hidratação e espessura do pelo influenciam a magnitude desse aumento (FIGUEIREDO et al., 2021).

A temperatura da pele é menos invasiva de medir, mas mais suscetível a influências externas e, portanto, não substitui a TR como indicador da temperatura central. Outro parâmetro relevante é a taxa de suor, principal mecanismo de dissipação de calor nos cavalos, junto com a respiração. A taxa de suor pode ser medida por higrometria, utilizando um higrômetro na pele para quantificar a evaporação, ou por métodos indiretos, como a coleta direta de suor ou a determinação da perda de água corporal durante o exercício (calculada pela diferença de peso antes e após a atividade, ajustada por perdas respiratórias e excretas). Este último método fornece apenas uma estimativa da perda de calor por evaporação (MATSUI et al., 2002; VERDEGAAL et al., 2023).

Sob a perspectiva biomecânica, a locomoção equina pode ser analisada por meio de dois enfoques complementares: cinético e cinemático. A análise cinética investiga as forças envolvidas no movimento, especialmente as forças de reação do solo, enquanto a análise cinemática descreve o deslocamento e a rotação das estruturas corporais nos três planos do espaço, permitindo caracterizar o padrão de movimento. Como a mensuração de forças em condições de campo ainda apresenta limitações práticas, a maioria dos estudos tem se concentrado na análise cinemática (AARTS et al., 2025).

Atualmente, a captura de movimento tridimensional (3D) com câmeras e marcadores refletivos é amplamente utilizada para esse tipo de avaliação. No entanto, sistemas mais portáteis e acessíveis, baseados em Unidades de Medição Inercial (IMU), vêm sendo desenvolvidos e validados, permitindo a mensuração de parâmetros de locomoção de forma

prática e precisa em diferentes contextos de manejo e treinamento (CRECAN; PESTEAN, 2023; AARTS et al., 2025).

Do ponto de vista fisiológico, o sistema muscular é fundamental para a produção de força e movimento, sendo determinante no desempenho e bem-estar dos equinos atletas. Entre os diversos indicadores metabólicos utilizados para avaliar sua resposta ao exercício, o lactato sanguíneo destaca-se como o parâmetro mais amplamente estudado, por refletir de forma direta o equilíbrio entre a oferta e o consumo de oxigênio durante o esforço. O aumento de sua concentração indica maior solicitação anaeróbica e serve como ferramenta valiosa para determinar a intensidade do exercício, o nível de condicionamento físico e o limiar de fadiga (FIGUEIREDO et al., 2021; AARTS et al., 2025).

Além do lactato, outros biomarcadores também contribuem para a compreensão das adaptações e exigências musculares, como glicose, creatina quinase (CK), aspartato aminotransferase (AST), lactato desidrogenase (LDH), além de bicarbonato e eletrólitos, que auxiliam na avaliação do equilíbrio metabólico e na identificação de possíveis danos ou sobrecargas musculares decorrentes do treinamento ou da competição (FIGUEIREDO et al., 2021).

A análise integrada desses parâmetros contribui para compreender de forma mais completa as adaptações fisiológicas e musculares dos equinos ao exercício. Nesse contexto, o uso de ferramentas complementares, como a termografia infravermelha, mostra-se promissor para identificar variações térmicas associadas à atividade muscular e possíveis alterações decorrentes do esforço físico, especialmente após a prova de marcha, estabelecendo uma interface entre a avaliação fisiológica e o monitoramento do desempenho atlético.

2.5 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA AVALIAÇÃO DE EQUINOS

A termografia é uma técnica de diagnóstico por imagem não invasiva, baseada na detecção da radiação emitida pela superfície corporal. Essa ferramenta permite identificar regiões com aumento ou diminuição de temperatura, refletindo alterações fisiológicas e fisiopatológicas associadas ao fluxo sanguíneo, à taxa metabólica e à produção de calor tecidual. As mudanças térmicas registradas podem indicar estresse físico, lesões, condições médicas e influências ambientais (KRULJC, 2023).

O princípio físico da termografia fundamenta-se na emissão de energia térmica pelos corpos, uma vez que qualquer objeto com temperatura acima do zero absoluto emite energia radiante, formando um espectro eletromagnético que pode ser absorvido por outros corpos ou sensores. As câmeras infravermelhas detectam essa radiação e geram imagens nas quais as

variações de cor correspondem às diferenças de temperatura, permitindo identificar até mesmo alterações mínimas (ROBERTO et al., 2014).

O funcionamento da câmera termográfica baseia-se na captação da radiação infravermelha emitida pelo corpo e sua conversão em sinais elétricos por meio de sensores específicos. Esses sinais são processados e transformados inicialmente em imagens em escala de cinza, que posteriormente são convertidas em termogramas coloridos por softwares especializados, possibilitando a visualização da distribuição térmica corporal (ROSA; BECK; FERREIRA, 2019).

Para garantir resultados precisos, é essencial padronizar as condições de exame e controlar fatores internos e externos que influenciam a temperatura corporal. A termografia apresenta sensibilidade até dez vezes superior à palpação manual, porém é suscetível a variações ambientais e fisiológicas, por isso, a análise deve ocorrer em ambiente controlado e considerando o estado fisiológico do animal, reduzindo variabilidade e minimizando erros de interpretação (SOROKO; HOWELL, 2018).

Diferente de técnicas convencionais como radiografia ou ultrassonografia, a termografia permite uma avaliação fisiológica dinâmica, pois registra mudanças térmicas em tempo real. Essa característica representa uma vantagem significativa, tornando-a útil não apenas para diagnóstico, mas também para monitoramento preventivo e acompanhamento terapêutico. Alterações sutis de temperatura em indivíduos aparentemente saudáveis podem indicar desequilíbrios metabólicos ou inflamatórios iniciais, permitindo intervenções precoces e o ajuste do manejo ou treinamento dos animais (RADAELLI et al., 2014).

Apesar de suas vantagens, a técnica apresenta limitações como o alto custo de câmeras de qualidade e manutenção, além da necessidade de interpretação cuidadosa dos resultados. Embora identifique áreas com alterações fisiológicas, a termografia não permite determinar, isoladamente, a causa ou a natureza da lesão, sendo necessária a associação com outros métodos diagnósticos para a definição de condutas adequadas (RADAELLI et al., 2014).

Em equinos, os padrões termográficos são estabelecidos pela topografia das estruturas anatômicas, normalmente apresentam uma alta simetria entre os lados direito e esquerdo do corpo (Figura 3). As regiões de maior temperatura nos membros dos equinos concentram-se ao longo dos principais vasos sanguíneos superficiais. Nos membros anteriores, as áreas mais quentes acompanham as artérias e veias palmares, tanto nos aspectos lateral quanto medial, enquanto nos membros posteriores seguem as artérias e veias plantares. Essa distribuição térmica reflete o trajeto vascular e a perfusão sanguínea periférica (SOROKO; HOWELL, 2018).

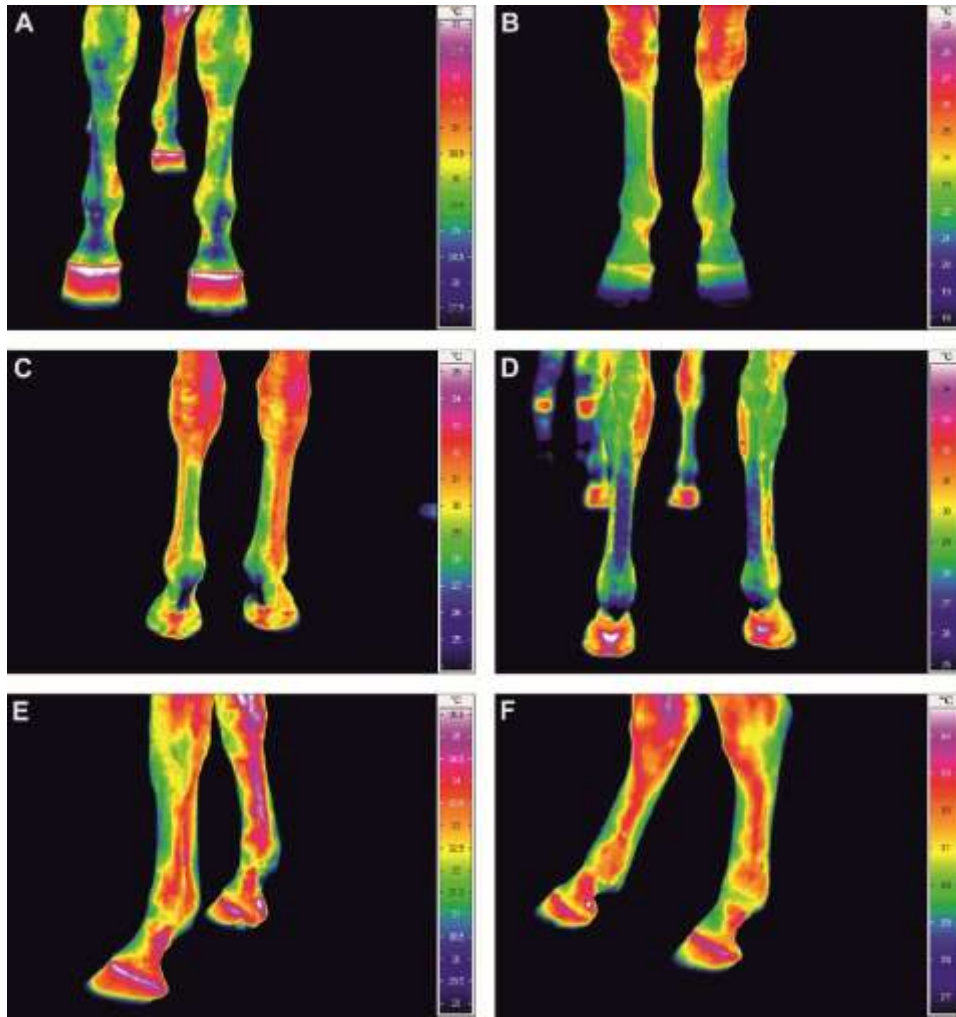


Figura 3 - Termogramas infravermelhos das regiões distais dos membros de um cavalo saudável. (A) Vista dorsal dos membros anteriores; (B) vista dorsal dos membros posteriores; (C) vista palmar dos membros anteriores; (D) vista plantar dos membros posteriores; (E) vistas lateral esquerda e medial direita dos membros anteriores; e (F) vistas lateral esquerda e medial direita dos membros posteriores. Fonte: Soroko; Howell, 2018.

Nos aspectos distais, estruturas como o terceiro metacarpiano e o terceiro metatarsiano, bem como as articulações metacarpofalangeanas e metatarsofalangeanas, tendem a apresentar temperaturas mais baixas. Entre os tendões flexores e esses ossos, observa-se uma faixa de temperatura mais elevada, associada à presença da artéria e da veia palmar digital. De modo geral, o calor dos membros tende a acompanhar as principais vias vasculares, como a veia cefálica na região anterior e a veia safena na região caudal, demonstrando o padrão fisiológico de irrigação e dissipação térmica (ROSA; BECK; FERREIRA, 2019).

A termografia é útil para a detecção precoce de alterações nos tecidos, permitindo intervenções em estágios iniciais até duas semanas antes dos sinais clínicos se manifestarem.

Pode ser aplicada em todas as regiões do corpo, sendo especialmente eficaz na identificação de distúrbios musculoesqueléticos e processos inflamatórios, comuns em diversas doenças e lesões. Além disso, a técnica possibilita o monitoramento da evolução e do sucesso do tratamento, frequentemente detectando alterações antes que sinais clínicos ou outros métodos de imagem se tornem evidentes (KRULJC, 2023; CASAS-ALVARADO et al., 2024).

A aplicabilidade da termografia em equinos pode ser abordada sob três principais perspectivas. A primeira é o uso como ferramenta de avaliação fisiológica, auxiliando na identificação de assimetrias térmicas e mudanças sutis na temperatura superficial, que podem indicar áreas anatômicas suspeitas. A segunda forma de aplicação é a utilização diagnóstica da termografia como técnica de imagem complementar. Nesse contexto, tanto o aumento quanto a diminuição da temperatura cutânea possuem relevância, uma vez que o termograma permite localizar áreas de interesse que podem ser posteriormente avaliadas por ultrassonografia, radiografia ou outros métodos complementares (RADAELLI et al., 2014).

Durante o exame termográfico, processos inflamatórios mesmo sem alterações visíveis podem resultar em aumentos detectáveis de temperatura superficial, já que tecidos inflamados apresentam circulação alterada e vasodilatação local (MCMANUS et al., 2016). Além disso, a atividade muscular também influencia o padrão térmico, pois aproximadamente 75% da energia gerada pelo aparelho locomotor durante o exercício é dissipada na forma de calor. O cavalo mantém sua temperatura corporal dentro da faixa fisiológica de 37 a 40 °C por meio de mecanismos de termorregulação que envolvem a convecção e a evaporação, responsáveis por reduzir a temperatura superficial. Assim, durante a atividade física, a produção de calor aumenta proporcionalmente à intensidade do esforço, o que se reflete nas imagens termográficas (RADAELLI et al., 2014).

Um estudo de Simon et al. (2006), o efeito do exercício sobre as temperaturas superficiais dos membros torácicos e pélvicos em cavalos. Os animais foram submetidos a um protocolo padronizado em esteira, composto por etapas de passo, trote e galope, com varreduras termográficas realizadas antes, imediatamente após e até seis horas após o exercício. Os resultados mostraram elevação significativa da temperatura muscular e das regiões metacarpal e metatarsal, com aumento de aproximadamente 6 °C e 8 °C, respectivamente, logo após o término do treino. Mesmo após 45 minutos de repouso, as temperaturas permaneceram acima dos valores basais, retornando aos níveis normais cerca de 60 minutos após o exercício. Esses achados demonstram a sensibilidade da termografia para detectar alterações térmicas decorrentes da atividade física e o tempo necessário para a recuperação térmica das estruturas musculares e distais dos membros.

Um estudo recente de Teixeira Neto et al. (2020) avaliou as variações na temperatura superficial dos membros torácicos e pélvicos de cavalos Mangalarga após o exercício de marcha, utilizando termografia infravermelha. Os animais foram submetidos a um protocolo de exercício moderado de 20 minutos de marcha, e os resultados indicaram que esse esforço não promoveu aumento suficiente da temperatura corporal para ser detectado pela técnica. Ainda assim, a termografia mostrou-se segura e sensível para identificar pequenas variações térmicas, destacando a necessidade de estudos adicionais que relacionem a intensidade do exercício às respostas fisiológicas dos equinos.

Alterações musculoesqueléticas e articulares também podem ser identificadas pela técnica. Traumas diretos ou indiretos estão entre as principais causas de afecções articulares em equinos, e o estresse excessivo sobre a cartilagem sadia ou o esforço normal sobre a cartilagem alterada podem desencadear processos degenerativos (ROSA; BECK; FERREIRA, 2019).

Soroko et al. (2013) observaram que diferenças térmicas de 1,25 °C entre as partes distais direita e esquerda dos membros podem indicar inflamação subclínica do tendão flexor digital superficial em cavalos de corrida. Turner (1991) verificou aumentos locais de 1–2 °C sobre o terceiro metacarpo dorsal nos estágios iniciais da doença do metacarpo dorsal. Entretanto, Soroko (2018) alertar que uma maior sustentação de peso em repouso sobre um membro não lesionado pode resultar em aumento compensatório da temperatura a longo prazo.

A termografia tem se mostrado útil no diagnóstico de diversas lesões dos membros, como tendinopatias (Turner, 2001), inflamações articulares do joelho (Purohit; Turner; Pascoe, 2006), carpo e tarso, além de canelas arqueadas. Também é empregada na detecção de doenças neuromusculares da região toracolombar, inflamações musculares e subluxações vertebrais. A identificação dessas condições é de grande relevância, pois estão diretamente associadas à redução do desempenho esportivo, permitindo à termografia atuar como ferramenta preventiva e auxiliar no monitoramento musculoesquelético dos equinos atletas (SOROKO; HOWELL, 2018).

A terceira forma de uso é no monitoramento do bem-estar animal, considerando que as variações de temperatura da pele refletem respostas fisiológicas e emocionais associadas à vasoconstrição periférica, o que torna a técnica útil na avaliação do estado emocional e de estresse dos equinos. Outros usos relatados incluem o acompanhamento de procedimentos clínicos, como monitoramento do efeito de medicamentos, terapia de choque, avaliação de consolidação de fraturas e até a detecção de alterações relacionadas a programas antidoping (RADAELLI et al., 2014).

Nesse contexto, a termografia também se mostra valiosa para avaliar como os cavalos reagem a situações estressantes específicas, como durante competições. Durante esses eventos, os animais são expostos a diversos fatores estressantes que podem comprometer o bem-estar e o desempenho. A termografia infravermelha, especialmente pela avaliação da temperatura ocular máxima, tem se mostrado uma ferramenta não invasiva e eficaz na detecção de respostas fisiológicas ao estresse agudo e crônico. Estudos indicam que variações na temperatura ocular podem refletir alterações hormonais e que a TRI tem sido utilizada também como critério em programas de melhoramento, auxiliando na seleção de animais com melhor adaptação fisiológica e menor sensibilidade ao estresse (VALERA et al., 2012; SÁNCHEZ; BARTOLOMÉ; VALERA, 2016; NEGRO et al., 2018).

Além disso, a termografia pode ser empregada na reabilitação, permitindo a detecção de distensões musculares, inflamações e alterações neuromusculares, e fornecendo imagens que orientam a aplicação de exames diagnósticos complementares ou tratamentos terapêuticos, como ultrassom, massagem ou acupuntura. Apesar do potencial demonstrado, mais estudos são necessários para consolidar sua eficácia na monitorização da reabilitação (SOROKO; HOWELL, 2018).

A termografia tem se mostrado uma ferramenta relevante na equinocultura, capaz de identificar alterações fisiológicas e musculoesqueléticas de forma não invasiva e precisa. Sua aplicação na avaliação da marcha do Mangalarga Marchador é especialmente importante, dada a variabilidade natural dos movimentos e o impacto que pequenas alterações podem ter no desempenho e no bem-estar do animal. No entanto, ainda são escassos os estudos que investigam o uso da termografia para analisar as diferentes marchas, batida e picada, evidenciando uma lacuna importante que precisa ser explorada para consolidar seu potencial na prática esportiva.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão integrada das características do Mangalarga Marchador é essencial para otimizar seu desempenho e bem-estar. O estudo das marchas batida e picada permite avaliar as respostas fisiológicas ao esforço durante o exercício. A análise de parâmetros fisiológicos fornece informações valiosas sobre a capacidade de adaptação dos animais às exigências do treinamento e das provas de marcha. Nesse contexto, a termografia infravermelha se destaca como uma ferramenta não invasiva e complementar, capaz de detectar alterações térmicas relacionadas à atividade muscular e ao esforço físico, auxiliando na identificação precoce de desequilíbrios ou sobrecargas. A integração dessas abordagens proporciona uma avaliação mais precisa do desempenho locomotor, favorecendo estratégias de manejo, treinamento e seleção que promovam a saúde e o rendimento atlético dos equinos.

REFERÊNCIAS

- AARTS, R. M. et al. Technologies for equine welfare and performance monitoring under field conditions—Where do we stand?. **Equine Veterinary Journal**, 2025.
- ABCCMM – Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador. 2020. A raça Mangalarga Marchador. Disponível em: <<http://leia.abccmm.org.br/portal/regulamentos/padraodaraca.pdf>>. Acesso em: 31 de mar. 2025.
- ARAUJO, B. P. G. et al. Genetic divergence and phenotypic characterization in the Mangalarga Marchador breed. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 53, e20230165, 2024. DOI: 10.37496/rbz5320230165.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DO CAVALO MANGALARGA MARCHADOR (ABCCMM). **A raça Mangalarga Marchador**. Disponível em: <<https://www.abccmm.org.br/araca>>. Acesso em: 31 de mar. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DO CAVALO MANGALARGA MARCHADOR (ABCCMM). **ABCCMM 75 anos- Edição Especial**. Disponível em: <<https://www.abccmm.org.br/revista>>. Acesso em: 19 de mai. 2025.
- BAENA, M. M. et al. Genetic characterization of Mangalarga Marchador horse. **Livestock Science**, v. 258, p. 104899, 2022.
- BARCELOS, K. M. C. et al. Prevalence of tarsal diseases in champion Mangalarga Marchador horses in the marcha picada modality and its association with tarsal angle. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 47, p. 25-30, 2016.
- BASTOS, M. S. et al. Genomic association using principal components of morphometric traits in horses: identification of genes related to bone growth. **Animal Biotechnology**, v. 34, n. 9, p. 4921-4926, 2023.
- CASAS-ALVARADO, A. et al. Application of infrared thermography in the rehabilitation of patients in veterinary medicine. **Animals**, v. 14, n. 5, p. 696, 2024.
- COSTA, M. D. et al. Caracterização morfofuncional e padrões raciais do cavalo Mangalarga Marchador. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 64, n. 2, p. 449-456, 2012.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA); CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **Estudo do Complexo do Agronegócio Cavalo no Brasil**. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP; Brasília: CNA, 2016.
- CONTALBRIGO, L. et al. Equine-assisted interventions (EAI) for children with autism spectrum disorders (ASD): behavioural and physiological indices of stress in domestic horses (*Equus caballus*) during riding sessions. **Animals**, v. 11, n. 6, p. 1562, 2021.

CRECAN, C. M.; PEȘTEAN, C. P. Inertial sensor technologies—their role in equine gait analysis, a review. **Sensors**, v. 23, n. 14, p. 6301, 2023.

DE SOLIS, C. N. Cardiovascular response to exercise and training, exercise testing in horses. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, v. 35, n. 1, p. 159-173, 2019.

DITTRICH, J.R. **EQUINOS** - Livro Multimídia, versão on line. Disponível em: <<http://www.gege.agrarias.ufpr.br/livro/index.html>>. Acesso em: 19 de mai. 2025.

FERNANDES, T. J. et al. Avaliação do desenvolvimento de potros da raça Mangalarga Marchador em seu primeiro ano de vida. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 59, 2022.

FIGUEIREDO, M. D.; COSTA, G. B.; RODRIGUES, V.; PAULINO JUNIOR, D. Exercise physiology an essential tool in the evaluation of equine athletes. Review. **Pubvet**, v. 15, n 06, p. 1-10, 2021.

FONSECA, M. G. et al. Association of phenotypical characteristics with performance of Mangalarga Marchador horses during official competitions of endurance, working equitation and gait assessment. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 17, n. 4, 2023. DOI: 10.21708/avb.2023.17.4.11885.

FREIRE, A. et al. Phenotypic divergences in a subpopulation of Mangalarga Marchador equine: May we improve the breed's definitive register?. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 54, p. e20240139, 2025.

GNAGEY, L.; CLAYTON, H. M.; LANOVAZ, J. L. Effect of standing tarsal angle on joint kinematics and kinetics. **Equine veterinary journal**, v. 38, n. 7, p. 628-633, 2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional da Pecuária 2023, Rebanho Equino. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/equinos/br>>. Acesso em: 12 de mai. 2025.

KOZŁOWSKA, N., et al. Advances in the diagnosis of equine respiratory diseases: a review of novel imaging and functional techniques. **Animals**, v.12, n.3, p. 381, 2022.

KRULJC, P. Thermographic Examination of the Horse. **Acta Veterinaria**, v. 73, n. 3, 2023.

LAGE, M. C. G. R. et al. Associação entre medidas lineares e angulares de equinos da raça Mangalarga Marchador. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 968-979, 2009.

LEE, K. E. et al. Behavioral and cardiac responses in mature horses exposed to a novel object. **Journal of animal science and technology**, v. 63, n. 3, p. 651, 2021.

MARTINS, N. A. et al. Head and Neck Positions Affect Equine Kinematic Variables in Marcha Batida Gait—A Pilot Study. **Animals: an Open Access Journal from MDPI**, v. 15, n. 8, p. 1090, 2025.

MATSUI, A. et al. Differences in unit area sweating rate among different areas of the body in exercising horses. **Journal of equine science**, v. 13, n. 4, p. 113-116, 2002.

MCMANUS, C. et al. Infrared thermography in animal production: An overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 123, p. 10-16, 2016.

MEIRA, C. T. et al. Seleção de características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 1843-1848, 2013.

MITCHELL, K. J.; SCHWARZWALD, C. C. Heart rate variability analysis in horses for the diagnosis of arrhythmias. **The Veterinary Journal**, v. 268, p. 105590, 2021.

NASCIMENTO, J. F. **Mangalarga marchador: tratado morfofuncional**. Belo Horizonte: ABCCMM, 577 p., 1999.

NEGRO, S. et al. Stress level effects on sport performance during trotting races in Spanish Trotter Horses. **Research in veterinary science**, v. 118, p. 86-90, 2018.

NICODEMUS, M. C.; CLAYTON, H. M. Temporal variables of four-beat, stepping gaits of gaited horses. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 80, n. 2, p. 133-142, 2003.

NOGUEIRA, W. A.; LUIZ, M. A.; NOTHAFT, I. T.; FONSECA, A. B. M.; PADILHA, F. G. F.; FERREIRA, A. M. R. Association of phenotypical characteristics with performance of Mangalarga Marchador horses during official competitions of endurance, working equitation and gait assessment. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 17, n. 4, p. [páginas], 2023. DOI: 10.21708/avb.2023.17.4.11885.

PUROHIT, R. C.; TURNER, T. A.; PASCOE, D. D. Use of infrared imaging in veterinary medicine. In: **Medical Devices and Systems**. CRC Press, p. 725-732, 2006.

REDAELLI, V. et al. Use of thermography techniques in equines: principles and applications. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 34, n. 3, p. 345-350, 2014.

ROBERTO, J. V. B. et al. Thermal gradients and physiological responses of goats in the Brazilian semi-arid using thermography infrared. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, n. 1, p. 11-19, 2014.

ROSA, B. K. S.; BECK, C. A. C.; FERREIRA, M. P. Avaliação termográfica em equinos: uma revisão. **Ciênc. Anim.(Impr.)**, p. 83-93, 2019.

SÁNCHEZ, M. J.; BARTOLOMÉ, E.; VALERA, M. Genetic study of stress assessed with infrared thermography during dressage competitions in the Pura Raza Español horse. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 174, p. 58-65, 2016.

SANTIAGO, J. M. et al. Evolution of morphometric measures in the Mangalarga Marchador breed. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 01, p. 191-199, 2016.

SIMON, E. L. et al. Influence of exercise on thermographically determined surface temperatures of thoracic and pelvic limbs in horses. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 229, n. 12, p. 1940-1944, 2006.

SIMONATO, S. P. et al. 3D kinematic of the thoracolumbar spine in Mangalarga Marchador horses performing the marcha batida gait and being led by hand—A preliminary report. **PloS one**, v. 16, n. 7, p. e0253697, 2021.

SOUZA, F. A. C. et al. Morphometric characteristics of the Mangalarga Marchador horse breed determined by nonlinear models. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. e01145, 2019. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.01145.

SILVA, A. T. M. **Hipologia: guia para o estudo do cavalo**. Lisboa: Lidel, 2009. ISBN 9789727576012.

SOROKO, M. et al. The effectiveness of thermographic analysis in equine orthopedics. **Journal of equine veterinary science**, v. 33, n. 9, p. 760-762, 2013.

SOROKO, M. Thermographic evaluation of racehorse performance. In: **Veterinary Science: Breakthroughs in Research and Practice**. IGI Global, p. 93-115, 2018.

SOROKO, M.; HOWELL, K. Infrared thermography: Current applications in equine medicine. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 60, p. 90-96. e2, 2018.

SZABÓ, C.; VIZESI, Z.; VINCZE, A. Heart rate and heart rate variability of amateur show jumping horses competing on different levels. **Animals**, v. 11, n. 3, p. 693, 2021.

TEIXEIRA, A. R. et al. Changes in surface temperature of upper fore and hindlimbs of horses submitted to four beat gait exercise determined by thermography. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 04, p. 1566-1570, 2020.

TEIXEIRA, C. S. et al. Genetic parameters for latent variables derived from factor analysis of morphological and gait traits in Mangalarga Marchador horses. **Livestock Science**, v. 295, p. 105691, 2025.

TORRES, A. P.; JARDIM, W. R. **Hipologia equina**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1985.

TURNER, T. A. Diagnostic thermography. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 17, n. 1, p. 95-114, 2001.

TURNER, T. A. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 7, n. 2, p. 311-338, 1991.

VALERA, M. et al. Changes in eye temperature and stress assessment in horses during show jumping competitions. **Journal of equine veterinary science**, v. 32, n. 12, p. 827-830, 2012.

VERDEGAAL, E. L. J., et al. Thermoregulation during field exercise in horses using skin temperature monitoring. **Animals**, v. 14, n. 1, p. 136, 2023.

4. ARTIGO

Marcha batida e marcha picada: influência de medidas zoométricas e angulares sobre parâmetros fisiológicos e termográficos de equinos Mangalarga Marchador

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência de medidas zoométricas e angulares de equinos Mangalarga Marchador sobre parâmetros fisiológicos e padrão termográfico, de acordo com o tipo de marcha. Foram utilizados 22 animais, sendo 11 de marcha batida (MB) e 11 de marcha picada (MP). As medidas zoométricas, obtidas utilizando hipômetro, incluíram as alturas da cernelha e da garupa, os comprimentos corporal, dorso-lombo, pescoço, escápula e da garupa, e a largura do peito e da garupa. Mediu-se via artrogoniômetro os ângulos escapulo-solo, escapulo-umeral, úmero-radial, metacarpo-falangeano, coxal-solo, coxo-femoral, fêmur-tibial, tíbio-metatarsiano e metatarso-falangeano. As imagens termográficas e os parâmetros fisiológicos frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e temperatura retal (TR) obtiveram-se no pré-exercício, logo após o exercício, e aos 10, 30 e 60 minutos de descanso após o exercício. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times t$ (dois tipos de marcha e t momentos de avaliação). A análise estatística foi realizada via modelo misto no SAS (PROC GLIMMIX), considerando Marcha, Tempo e interação Marcha $\times$ Tempo como efeitos fixos, e o animal como efeito aleatório. Os resultados da função canônica indicam que há tendência morfológica diferenciada, ainda que não estatisticamente comprovada na amostra atual, as variáveis associadas à estrutura posterior (coxo-femoral, fêmur-tibial e garupa) apresentaram maior peso na função discriminante. Nas avaliações termográficas, apenas a variável vista cranial do antebraço apresentou interação significativa entre marcha e tempo ($p=0,005$), indicando padrão distinto de recuperação térmica entre as marchas. Conclui-se que a zoometria dos membros posteriores exerce maior influência na diferenciação entre os tipos de marcha, destacando-se o comprimento do segmento fêmur-tibial estar associada à expressão da marcha batida. Na situação experimental proposta, identificou-se efeito do tipo de marcha apenas no padrão térmico diferenciado na região do músculo extensor carpal radial na vista cranial antebraço dos animais de marcha batida.

Palavras-chave: Desempenho fisiológico, morfometria equina, recuperação térmica.

1. Introdução

O cavalo Mangalarga Marchador destaca-se amplamente no cenário equino brasileiro, sendo reconhecido não apenas por sua conformação e desempenho funcional, mas também por sua relevância histórica, cultural e econômica para o país (Barbosa et al., 2020).

A marcha, andamento característica da raça, apresenta-se na maioria dos indivíduos em duas modalidades, batida (MB) e picada (MP), ambas naturais, simétricas e de quatro tempos, com alternância entre apoios laterais e diagonais, intercaladas por momentos de tríplice apoio, numa variação bastante própria que, por diminuir o estágio de suspensão dos quatro membros em relação ao solo característico do trote, proporcionam menor impacto e consequentemente maior conforto para o cavaleiro. O padrão ideal envolve movimento regular e elástico, com boa extensão dos membros posteriores, ação semicircular dos anteriores e adequada flexibilidade articular (Abccmm, 2020; Fonseca et al., 2023).

No contexto do desempenho locomotor, compreender as respostas fisiológicas ao exercício torna-se essencial, já que o organismo equino ativa uma série de mecanismos coordenados para sustentar o esforço físico (Ferreira et al., 2008). Entre esses ajustes, destacam-se a atuação integrada dos sistemas cardiovascular, respiratório e termorregulador. Durante a atividade, a frequência cardíaca (FC) aumenta para suprir a maior demanda de oxigênio; a frequência respiratória (FR) se eleva para intensificar as trocas gasosas; e a temperatura retal (TR) tende a subir devido ao calor produzido pela contração muscular, exigindo mecanismos eficientes de dissipação térmica para a manutenção da homeostase (Melo et al., 2021). A interação harmoniosa dessas respostas garante que o cavalo suporte diferentes intensidades de trabalho sem comprometer o desempenho (Andrade et al., 2018).

A avaliação morfológica exerce papel determinante na definição do valor funcional e econômico dos equinos, uma vez que as medidas corporais estão diretamente relacionadas à aptidão e ao rendimento esportivo (Teixeira et al., 2023). No Mangalarga Marchador, o processo de registro oficial na ABCCMM exige a análise simultânea da conformação e do andamento. Para isso, são avaliadas doze medidas zoométricas, incluindo altura da cernelha e da garupa, perímetros torácico e da canela, além das larguras da cabeça e da garupa, que são comparadas a padrões previamente estabelecidos pela associação (Abccmm, 2025).

Nesse conjunto de ferramentas aplicadas à compreensão da performance e da saúde dos equinos, a termografia infravermelha aparece como método moderno e não invasivo, capaz de captar a radiação térmica emitida pela superfície corporal (Pompermayer, et al., 2019; Verdegaaal, et al., 2023). O mapeamento térmico permite identificar variações sutis de temperatura relacionadas ao fluxo sanguíneo, à atividade metabólica e à produção de calor nos

tecidos, indicando possíveis adaptações ao exercício, estresse fisiológico, inflamações, lesões musculoesqueléticas ou até influências ambientais. Por fornecer essa leitura funcional e sensível das alterações superficiais, a técnica tem se consolidado como recurso valioso voltada ao monitoramento de animais atletas (Kruljc, 2023).

A integração entre avaliações morfológicas, análises fisiológicas e termografia infravermelha permite uma compreensão mais abrangente do desempenho locomotor de equinos, ampliando a capacidade de identificar variações biomecânicas e respostas fisiológicas associadas ao exercício. Essa abordagem integrada contribui para o aprimoramento de estratégias de manejo, treinamento e seleção genética, favorecendo o desempenho atlético e o bem-estar dos animais. Nesse contexto, parte-se da hipótese de que as diferenças entre os tipos de marcha do Mangalarga Marchador promovem alterações distintas nos parâmetros fisiológicos e no padrão termográfico, refletindo adaptações específicas relacionadas à dinâmica locomotora de cada andamento.

Assim, objetivou-se por meio desse trabalho, avaliar a influência de medidas zoométricas e angulares sobre parâmetros fisiológicos e padrão termográfico em equinos dessa raça, de acordo com o tipo de marcha, batida e picada.

2. Material e métodos

O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Alagoas – CEUA/UFAL, sob nº12/2024. A realização do estudo contou com a autorização dos proprietários dos haras, formalizada mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

2.1 Dados gerais

O estudo foi conduzido em seis haras no estado de Alagoas de acordo com o tipo de marcha dos animais. O treinamento dos animais era direcionado para a preparação e participação em competições regionais e nacionais organizadas pela ABCCMM. Foram avaliados 22 animais, sendo 11 MB e 11 MP, todos com andamento natural de marcha e devidamente registrados na associação da raça.

Os dados de temperatura (T) e umidade relativa (UR) do ambiente foram obtidas através de um higrômetro digital.

2.2 Coleta das medidas zoométricas e angulares

Foram realizadas 18 medições corporais (9 lineares e 9 angulares) utilizando-se um hipômetro e um artrogoniômetro. As medidas (figura 1 – A e B) seguiram as descrições propostas por Torres e Jardim (1992) e Lage (2009).

Tabela 1 – Definição das medidas morfométricas avaliadas em equinos da raça Mangalarga Marchador.

Variável	Descrição
Altura da cernelha	medida do ponto mais alto da região interescapular até o solo
Altura da garupa	partindo do ponto mais alto da tuberosidade sacral do íleo até o solo
Comprimento corporal	distância que se estende da extremidade distal da escápula à ponta distal do ísquio
Largura do peito	distância entre as extremidades laterais das articulações escapulo-umerais direita e esquerda
Comprimento do pescoço	distância entre a extremidade cranial do arco dorsal do atlas e o terço médio da borda cranial da escápula
Comprimento do dorso-lombo	distância entre o final da cernelha, processo espinhoso da 8ª vértebra torácica, e a tuberosidade ilíaca
Comprimento da garupa	distância que vai do ângulo externo do íleo (ponta da anca) ao ângulo posterior ou externo do ísquio (ponta da nádega)
Comprimento da escápula	distância entre a borda dorsal da cartilagem escapular e o centro da articulação escapulo-umeral (ponta da escápula)
Largura da garupa	distância entre as extremidades laterais das tuberosidades ilíacas, direita e esquerda (região das ancas direita e esquerda)
Angulação escapulo-solo	aferida apoiando-se o centro do artrogoniômetro no ponto determinado pelo encontro da escápula com o úmero, mantendo a haste fixa no sentido horizontal paralela ao solo e a haste móvel passando no ponto marcado na crista da escápula
Angulação escapulo-umeral	aferida a partir do encontro da escápula com o úmero, com a haste fixa passando pelo ponto marcado na região mediana da linha que liga a ponta da escápula ao codilho e a haste móvel passando pelo ponto marcado na crista da escápula
Angulação úmero-radial	aferida apoiando-se o centro do artrogoniômetro no ponto marcado da articulação entre o capitulo do úmero e a cabeça do rádio, com a haste fixa acompanhando paralelamente o antebraço e a haste móvel passando pelo ponto marcado no encontro da escápula com o úmero
Angulação metacarpo-falangeana	aferida apoiando-se o centro do artrogoniômetro no ponto marcado na região mediana do boleto, mantendo-se a haste fixa paralela ao metacarpo e a haste móvel acompanhando paralelamente a face lateral da quartela e do casco
Angulação coxal-solo	aferida apoiando-se o centro do artrogoniômetro na articulação dos ossos íleo e fêmur, mantendo-se a haste fixa no sentido horizontal paralela ao solo e haste móvel passando pela ponta do íleo
Angulação coxo-femoral	aferida apoiando-se o centro do artrogoniômetro na articulação dos ossos íleo e fêmur, com a haste móvel passando pela ponta do íleo, levando-se a haste fixa até o ponto marcado na soldra
Angulação femorotibial	aferida apoiando-se o centro do artrogoniômetro no ponto marcado na soldra, com a haste fixa passando pelo ponto marcado na articulação dos ossos íleo e fêmur e a haste móvel passando pelo ponto marcado na região mediana do jarrete
Angulação tíbio-metatarsiano	aferida apoiando-se o centro do artrogoniômetro na região mediana do jarrete, mantendo-se a haste fixa paralelamente ao osso metatarso e a haste móvel passando pelo ponto marcado na soldra
Angulação metatarso-falageano	aferida apoiando-se o centro do artrogoniômetro no ponto marcado na região mediana do boleto, mantendo-se a haste fixa paralela ao metatarso e a haste móvel acompanhando paralelamente a face lateral da quartela e do casco

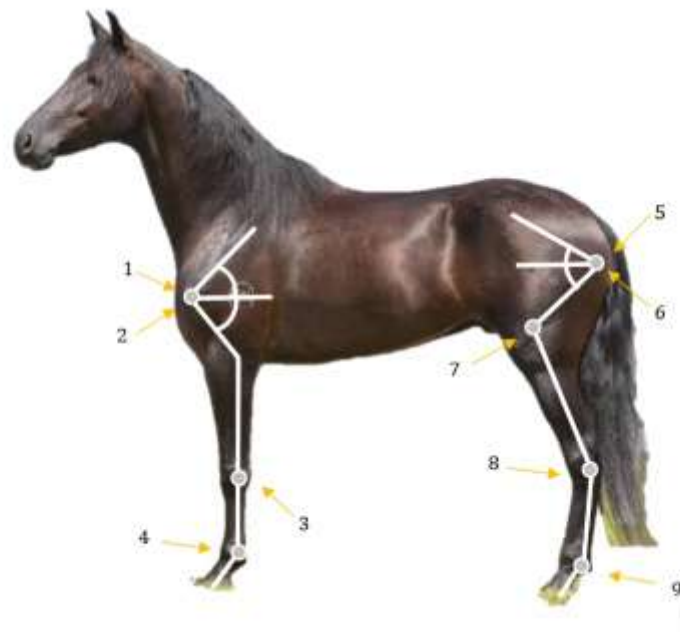
Figura 4 – Pontos de referência adotados para a mensuração das variáveis morfométricas lineares (A) e angulares (B) em equinos Mangalarga Marchador.

A



Altura da cernelha (1); Altura da garupa (2); Comprimento corporal (3); Largura do peito (4); Comprimento do pescoço (5); Comprimento do dorso-lombo (6); Comprimento da garupa (7); Comprimento da espádua (8); Largura da garupa (9).

B



Fonte: Arquivo pessoal.

Angulação escapulo-solo (1); Angulação escapulo-umeral (2); Angulação úmero-radial (3); Angulação metacarpo-falangeana (4); Angulação coxal-solo (5); Angulação coxo-femoral (6); Angulação fêmur-tibial (7); Angulação tibio-metatarsiano (8); Angulação metatarso-falangeano (9).

2.3 Parâmetros fisiológicos e Imagens Termográficas

Os parâmetros fisiológicos e termográficos foram obtidos antes e após a atividade física. O exercício consistiu em uma simulação de prova de marcha, conduzida em redondéis presentes em todos os haras, a uma velocidade média de 15 km/h, durante 30 minutos ininterruptos, conforme metodologia descrita por Teixeira Neto et al., (2020). As avaliações foram realizadas nos seguintes momentos: Tempo 1: antes do exercício; Tempo 2: assim que finalizou o exercício; Tempo 3: 10min após o término; Tempo 4: 30min após o término; Tempo 5: 60min após o término do exercício de marcha.

Os parâmetros fisiológicos mensurados foram a frequência cardíaca (FC) usando um estetoscópio no lado esquerdo do tórax por 15 segundos e multiplicando o resultado por 4, a frequência respiratória (FR) medida pela contagem dos movimentos do flanco durante 30 segundos, e a temperatura retal (TR) utilizando um termômetro digital.

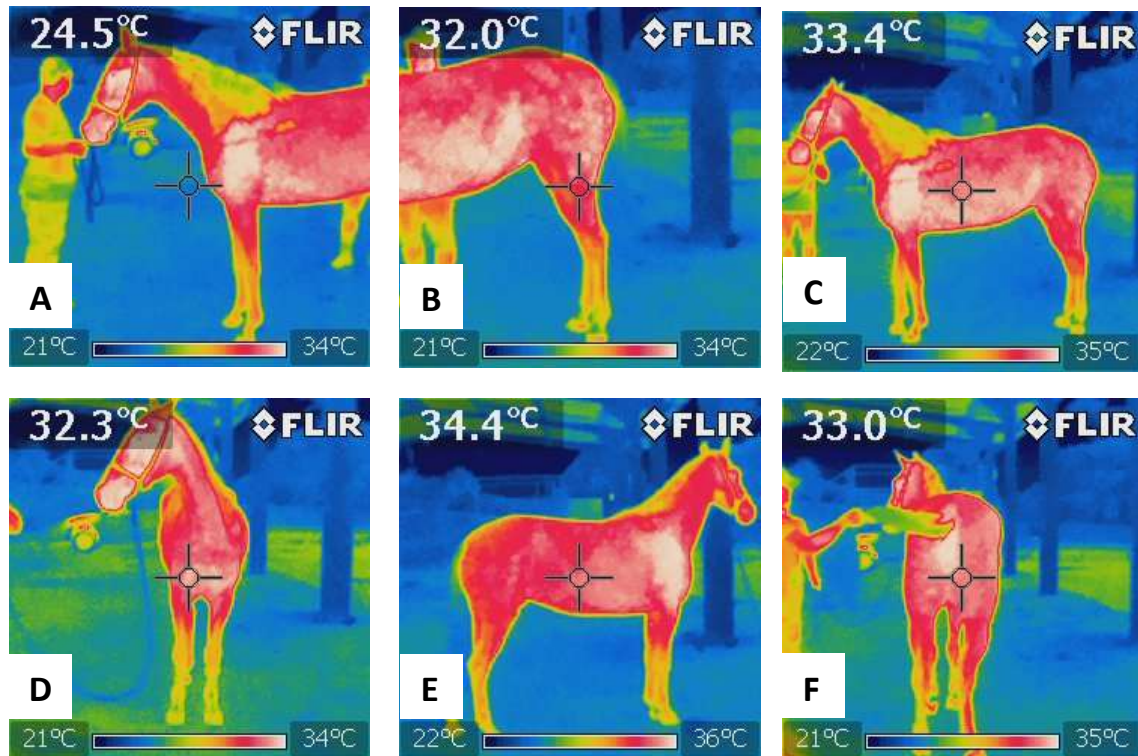
As imagens termográficas foram registradas utilizando uma câmera termográfica modelo FLIR Systemis Brasil - FLIR i7 (Figura 2), a uma distância padronizada de 1 metro, com a escala definida na opção de paleta frio/quente e com a temperatura variando entre 15 e 44°C cobrindo o animal todo e a extensão das articulações dos membros torácicos (MT) e pélvicos (MP), sendo obtidas as seguintes imagens (Figura 3): lado esquerdo MT (LEMT – figura A), lado esquerdo MP (LEMP – figura B), lado esquerdo (LE – figura C), vista cranial (figura D), lado direito (LD – figura E) e vista caudal (figura E).

Figura 5 - Câmera termográfica modelo FLIR Systemis Brasil - FLIR i7



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 6 - Lado esquerdo membro torácico (LEMT – figura A), lado esquerdo membro pélvico (LEMP – figura B), lado esquerdo (LE – figura C), vista cranial (figura D), lado direito (LD – figura E) e vista caudal (figura F).



Fonte: Arquivo pessoal.

2.4 Delineamento experimental e as análises estatísticas

O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times t$, sendo dois tipos de marcha (Marcha Batida e Marcha Picada) e t momentos de avaliação (quando aplicável às variáveis fisiológicas e termográficas), com medidas repetidas no tempo. As unidades experimentais foram compostas por equinos da raça Mangalarga Marchador, distribuídos de acordo com o tipo de marcha.

Foram realizadas utilizando o software Statistical Analysis System Institute (SAS, 2000). Para cada variável fisiológica e termográfica, foi aplicado o seguinte modelo linear misto:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + T_j + (M \times T)_{ij} + A_k + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

- Y_{ijk} = valor observado da variável para o animal k , no tipo de marcha i e no tempo j ;
- μ = média geral;

- M_i = efeito fixo do tipo de marcha (Picada ou Batida);
- T_j = efeito fixo do tempo de avaliação (Pré, Pós, 10 min, 30 min, 60 min);
- $(M \times T)_{ij}$ = efeito fixo da interação marcha $\times$ tempo;
- A_k = efeito aleatório do animal, para controlar a correlação entre medições repetidas no tempo;
- ε_{ijk} = erro residual, assumindo distribuição normal com média zero e variância constante.

As variáveis foram analisadas utilizando o procedimento de PROC GLIMMIX do SAS que corresponde ao modelo misto, considerando o TEMPO de avaliação como efeito fixo e os ANIMAIS como efeito aleatório para controlar a repetição das medições nos indivíduos avaliados.

Foram calculadas as médias, desvios-padrão, e o coeficiente de variação (CV) que foi incluído para avaliação da variabilidade relativa. Quando o teste global indicou significância entre os tempos, foram realizadas comparações múltiplas pelo método de Tukey, para determinar as diferenças estatísticas entre os diferentes momentos de avaliação (Pré, Pós, 10 min, 30 min, 60 min).

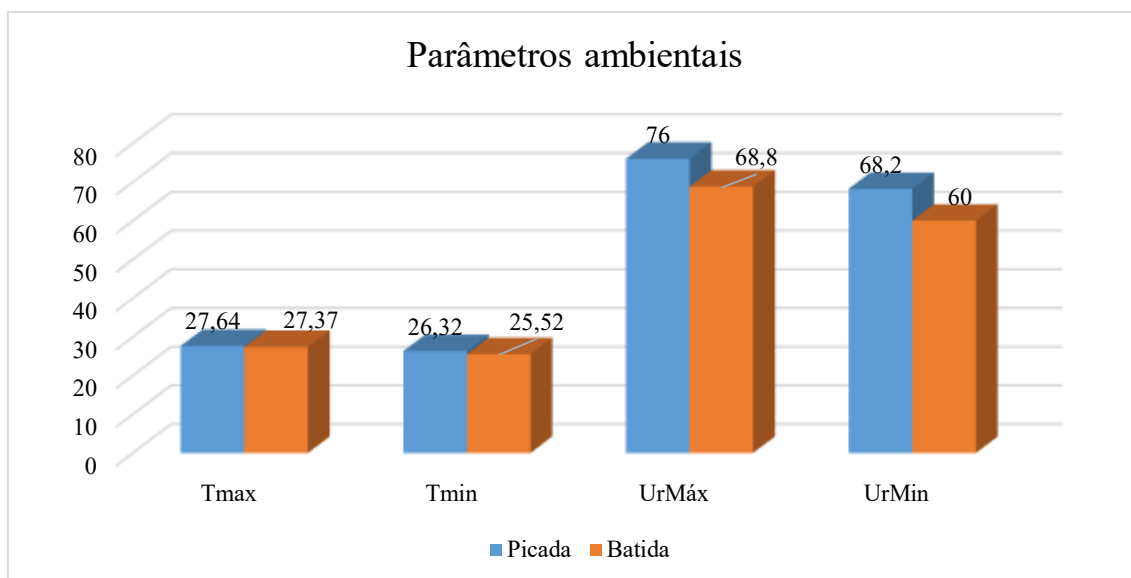
Para a avaliação morfológica, foi considerada ainda a utilização de Análise Discriminante Canônica. Os dados foram previamente padronizados pelo procedimento STANDARD do software estatístico SAS (Statistical Analysis System, versão 9.4). Em seguida, foram realizadas as análises multivariadas por meio dos procedimentos STEPDISC, DISCRIM e CANDISC.

4. Resultados

4.1 Temperatura ambiente e umidade relativa

Em todos os haras foi possível encontrar um ambiente coberto (natural ou artificial), protegido do sol para realizar as avaliações, verificando-se uma temperatura média do ambiente aberto de exercício de no mínimo 26,32 e no máximo de 27,64°C e de umidade relativa do ar mínima de 68,8% e máxima de 70%.

Gráfico 1 – Valores médios da máxima e mínima da temperatura e umidade durante as avaliações antes e durante o exercício de marcha



4.2 Avaliação das medidas zoométricas e angulares

A estrutura canônica permitiu identificar quais variáveis morfológicas (Tabela 5) apresentaram maiores contribuições positivas para variação entre as marchas, com maior magnitude para os ângulos coxo-femoral (0,222), fêmur-tibial (0,229), e menor magnitude para os ângulos largura de garupa (0,120) e tíbio-metatarsiano (0,097). A Magnitude refere-se ao tamanho absoluto do coeficiente canônico: quanto mais longe do zero, maior é a influência daquela variável na separação dos grupos; quanto mais perto do zero, menor é a contribuição.

Tabela 2 – Coeficientes canônicos padronizados e contribuição das variáveis morfológicas para a separação dos grupos de marcha em cavalos da raça Mangalarga Marchador

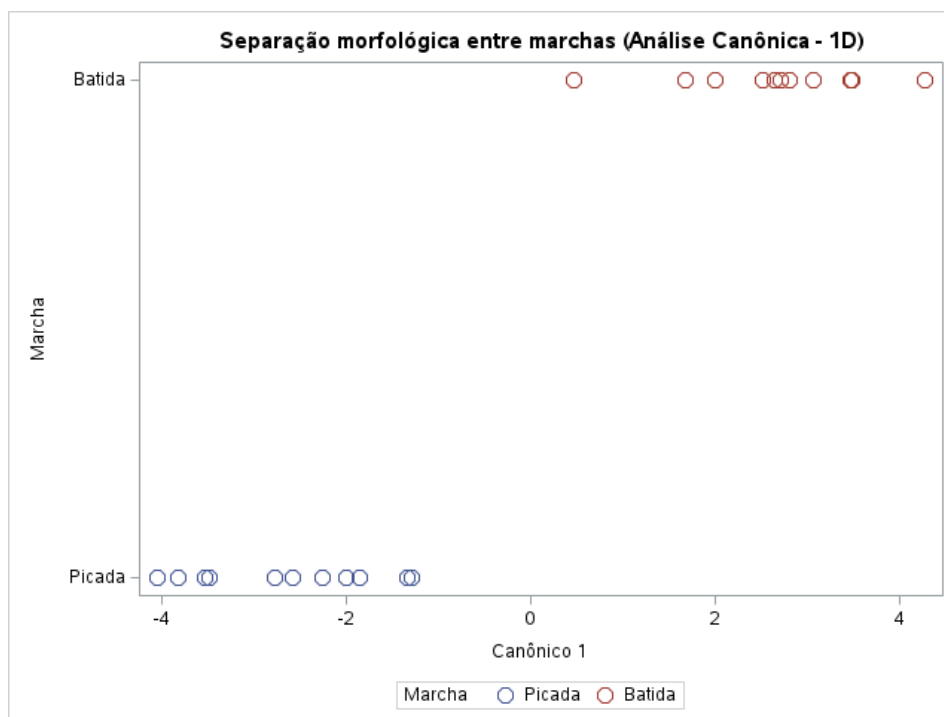
Variável	Can1
ACernelha	-0,155
AGarupa	-0,090
CompCorpo	0,155
CompPescoco	0,076
LargPeito	0,019
CompEscapula	-0,102
CompDorsoLombo	0,013
CompGarupa	-0,023
LargGarupa	0,120
Esc.-Solo	-0,114
Esc.-Umeral	-0,077
Umero-Radial	0,094

Variável	Can1
Metacarpo-Falan.	-0,025
Coxal-Solo	-0,035
Coxo-Femoral	0,222
Fêm.-Tibial	0,229
Tib.-Metatarsiano	0,097
Metatarso-Falan.	-0,018
Correlação canônica	0,94
Variação (%)	99,8

ACernelha = altura da cernelha; AGarupa = altura da garupa; CompCorpo = comprimento do corpo; CompPescoço = comprimento do pescoço; LargPeito = largura do peito; CompEscápula = comprimento da escápula; CompDorsoLombo = comprimento do dorso-lombo; CompGarupa = comprimento da garupa; LargGarupa = largura da garupa; Esc.-Solo = ângulo escápulo-solo; Esc.-Umeral = ângulo escápulo-umeral; Umero-Radial = ângulo úmero-radial; Metacarpo-Falan. = ângulo metacarpo-falangeano; Coxal-Solo = ângulo coxal-solo; Coxo-Femoral = ângulo coxo-femoral; Fêm.-Tibial = ângulo fêmur-tibial; Tib.-Metatarsiano = ângulo tíbio-metatarsiano; Metatarso-Falan. = ângulo metatarso-falangeano.

A segunda função canônica não pôde ser gerada no procedimento PROC CANDISC devido a existência de apenas dois grupos (batida e picada) e a função utilizada é sempre (o número de grupos -1), então $2-1 = 1$ função canônica. Nesse sentido o Gráfico 4 apresentado é em uma dimensão (1D) com ejeção lateral entre os grupos, para evitar a sobreposição dos pontos e permitir a visualização da distribuição das observações por marcha, deslocando cada grupo verticalmente de forma artificial. Assim, o eixo vertical não representa uma dimensão canônica real, servindo apenas para organizar visualmente os grupos. Observa-se que os indivíduos da marcha picada se concentram predominantemente em valores negativos da função canônica 1, enquanto os indivíduos da marcha Batida ocupam majoritariamente valores positivos.

Gráfico 2 - Medidas zoométricas em uma dimensão com separação por tipo de marcha



4.3 Variáveis fisiológicas

Observou-se (Tabela 1) efeito significativo do momento da avaliação (tempo) sobre todas as variáveis fisiológicas (FC, FR e TR) avaliadas ($p < 0,0001$).

Tabela 3. Significância estatística (p-value) do efeito da marcha, momento da avaliação (tempo) e sua interação sobre as variáveis fisiológicas de equinos da raça Mangalarga Marchador submetidos a exercício de simulação de competição

Variável	Marcha	Tempo	Marcha×Tempo
Frequência Cardíaca (FC, bpm)	6.848	<.0001	7.557
Frequência Respiratória (FR, mpm)	4.664	<.0001	6.994
Temperatura Retal (TR, °C)	2.706	<.0001	4.671

Identifica-se aumento significativo ($p < 0,05$) nas variáveis fisiológicas (Tabela 2) após o exercício, com declínio durante o período de recuperação avaliado. A FR e FC exibiram redução acentuada nos primeiros 10 minutos de recuperação, respectivamente, $82,09 \pm 23,02$ mpm para $56,86 \pm 16,56$ mpm e $98,82 \pm 10,56$ bpm para $68,64 \pm 11,93$ bpm, seguida de queda (Gráfico 2) mais gradual entre 30 e 60 minutos, aproximando-se dos valores basais de recuperação adequados para espécie equina ao final do período de avaliação. Esse comportamento

(especialmente, essa queda acentuada aos 10 minutos) sugere resposta fisiológica compatível com exercício moderado, sendo o tempo de recuperação influenciado tanto pela intensidade do esforço quanto pela condição física dos animais avaliados.

O coeficiente de variação (CV) indicou maior variabilidade nas respostas de FC (39,71 %) e FR (33,5 %), o que é comum em respostas fisiológicas agudas ao exercício, possivelmente associadas a diferenças individuais no condicionamento físico, temperamento e nível de treinamento.

Tabela 4 - Respostas fisiológicas e padrões de recuperação de equinos da raça Mangalarga Marchador após submissão a exercício de simulação de competição agrupadas pelo efeito do tempo

Momento de Avaliação	FR Média ± DP (mpm)	FC Média ± DP (bpm)	TR Média ± DP (°C)
Pré-exercício	36.55±4.98 A	48.95±8.01 A	37.71±0.22 A
Logo após o exercício	82.09±23.02 B	98.82±10.56 C	39.89±0.46 B
10min após	56.86±16.56 C	68.64±11.93 B	39.33±0.57 C
30min após	50.18±11.56 CD	51.32±6.50 A	38.61±0.45 D
60min após	42.45±9.11 AD	49.64±8.61 A	38.20±0.37 E
CV(%)	33,5	39,71	2,28

Frequência Cardíaca (FC, bpm); Frequência Respiratória (FR, mpm); Temperatura Retal (TR, °C) Médias e desvio padrão seguidos por letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0.05$). DP: Desvio Padrão.

4.4 Avaliação dos termogramas infravermelhos

O momento de avaliação exerceu efeito significativo ($p < 0,05$) sobre a maioria das variáveis termográficas, confirmando alterações imediatas após o exercício e posterior retorno gradual em direção aos valores iniciais ao longo do período de recuperação estudado (10, 30 e 60 minutos).

Entretanto, foi observada interação significativa marcha x tempo no tempo de 60min (Tabela 4; gráfico 3) para a temperatura do antebraço em vista cranial ($p = 0,005$), resultado sugestivo de que determinados pontos corporais podem apresentar dinâmica distinta de recrutamento e recuperação conforme o tipo de marcha executada. Esse achado sugere que a região do antebraço pode demandar maior atenção no período de recuperação após o exercício, podendo ser considerada em estratégias de manejo e conforto muscular pós-atividade.

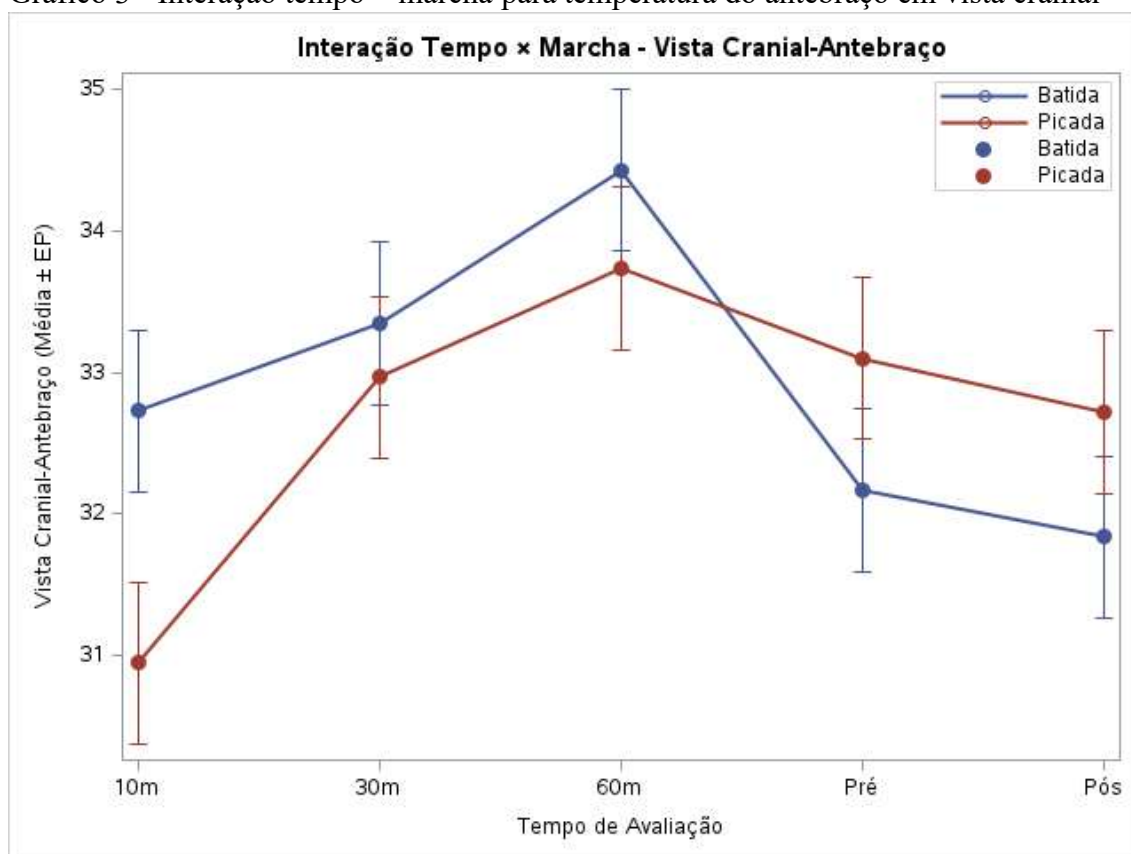
Tabela 5. Médias ajustadas ($\pm$ erro padrão) para temperatura de antebraço em vista cranial segundo as marchas (Batida e Picada) e os diferentes tempos de avaliação (Efeito $\text{Marcha} \times \text{Tempo}$).

Tempo	Batida (n=11)	Picada (n=11)
Pré-exercício	$32.16 \pm 1,72$ abA	$33.10 \pm 2,18$ aA
Logo após o exercício	$31.84 \pm 2,15$ aA	$32.72 \pm 2,01$ aA
10min após	$32.73 \pm 1,60$ abcA	$30.95 \pm 2,27$ bB
30min após	$33.35 \pm 1,66$ bcA	$32.96 \pm 1,94$ abA
60min após	$34.43 \pm 1,72$ cA	$33.74 \pm 1,62$ abA

letras minúsculas compara os tempos dentro de cada marcha

letras maiúsculas compara marchas dentro de cada tempo. Teste Tukey, $p < 0,05$.

Gráfico 3 - Interação tempo $\times$ marcha para temperatura do antebraço em vista cranial



De forma semelhante, a variável temperatura do joelho em vista cranial (VCJoelho) apresentou tendência de aumento gradual ao longo do período pós-exercício. Observou-se efeito significativo do tempo de avaliação para diversas variáveis termográficas ($p < 0,05$). De modo

geral, houve redução das temperaturas logo após o exercício e/ou aos 10 minutos, seguida de elevação progressiva, com maiores valores registrados aos 60 minutos.

Na vista cranial, as variáveis VCCasco, VCLMT e VCBoleto apresentaram queda nos momentos iniciais e aumento significativo aos 60 minutos, enquanto VCJoelho não diferiu entre os tempos.

Na vista lateral, as variáveis VLLMT, VLPAntebraço, VLPJoelho, VLPBoleto, VLPCasco, VLPJarrete e VLPCasco2 apresentaram menores valores aos 10 minutos e elevação aos 60 minutos. VLLMP, VLPOlho, VLPPerna e VLPBoleto2 mantiveram-se estáveis ao longo do momento de avaliação.

Na vista caudal, as variáveis VCAPerna, VCAJarrete, VCABoleto e VCALMP apresentaram aumento significativo aos 60 minutos. Linha do Pescoço e Elipse do Corpo também apresentaram maiores temperaturas nesse momento. VCAGarupa manteve-se estável ao longo do momento de avaliação.

O coeficiente de variação variou de 4,17% a 11,31%, indicando adequada homogeneidade experimental.

Tabela 6. Médias e desvio padrão das variáveis fisiológicas e termogramas de cavalos mangalarga Marchador, considerando momento de avaliação

Variável	Pré-exercício	Logo após o exercício	10min após	30min após	60min após	CV (%)
VCJoelho	32.42 ± 2.60 a	31.06 ± 2.40 a	31.07 ± 2.55 a	31.41 ± 2.44 a	33.05 ± 1.97 a	7.85
VCBoleto	32.34 ± 3.03 ba	29.73 ± 2.65 b	29.51 ± 2.74 b	29.76 ± 3.50 b	32.59 ± 2.45 ab	10.08
VCCasco	31.90 ± 2.70 bc	29.32 ± 2.04 d	29.70 ± 3.21 cd	32.33 ± 3.42 ab	34.44 ± 1.90 a	10.32
VCLMT	31.60 ± 2.50 ba	30.63 ± 2.28 ba	30.10 ± 2.18 b	30.12 ± 6.21 b	32.98 ± 1.79 a	11.31
VLLMP	32.04 ± 2.19 a	32.45 ± 1.93 a	32.01 ± 2.19 a	32.62 ± 2.46 a	33.55 ± 2.06 a	6.74
VLLMT	32.17 ± 2.17 ba	31.92 ± 2.86 ba	31.00 ± 2.19 b	31.85 ± 2.76 ba	33.51 ± 2.44 a	6.82
VLPOlho	33.82 ± 1.83 a	34.10 ± 0.99 a	34.13 ± 1.26 a	34.44 ± 1.40 a	34.88 ± 1.43 a	4.17
VLPAntebraco	33.94 ± 1.53 ba	33.96 ± 1.37 ba	32.93 ± 1.59 b	34.15 ± 1.42 ba	34.98 ± 1.50 a	4.70
VLPJoelho	32.42 ± 2.29 b	32.08 ± 1.70 b	31.38 ± 1.88 b	31.70 ± 2.26 b	34.55 ± 2.56 a	7.33
VLPBoleto	32.34 ± 2.91 ba	30.75 ± 1.99 bc	30.05 ± 2.32 c	30.77 ± 2.55 bc	34.47 ± 2.60 a	9.37
VLPCasco	33.02 ± 3.54 ba	30.63 ± 2.10 c	31.03 ± 2.34 bc	32.65 ± 2.69 bc	34.90 ± 1.43 a	8.99
VLPPerna	33.62 ± 1.83 a	34.20 ± 1.97 a	33.60 ± 1.83 a	34.25 ± 2.51 a	34.79 ± 2.56 a	5.05
VLPJarrete	32.31 ± 1.48 ba	32.13 ± 2.86 ba	31.17 ± 2.23 b	31.46 ± 3.44 b	33.86 ± 2.60 a	7.71
VLPBoleto2	31.47 ± 2.10 a	31.10 ± 2.26 a	31.70 ± 1.67 a	31.89 ± 2.57 a	33.33 ± 2.00 a	6.05
VLPCasco2	32.12 ± 1.23 b	32.61 ± 1.97 ba	32.98 ± 2.81 b	33.24 ± 2.70 ba	34.55 ± 2.85 a	5.72
VCAGarupa	35.39 ± 1.97 a	34.11 ± 2.57 a	35.39 ± 3.15 a	35.49 ± 2.84 a	36.75 ± 3.70 a	8.51
VCAPerna	33.26 ± 2.02 b	33.26 ± 2.85 ba	33.80 ± 1.36 b	33.80 ± 2.24 a	34.61 ± 2.33 a	6.10
VCAJarrete	30.62 ± 2.27 ba	30.62 ± 2.26 b	30.96 ± 2.22 b	30.96 ± 2.57 b	32.97 ± 1.75 a	8.87
VCABoleto	30.15 ± 2.01 ba	30.15 ± 2.26 ba	29.95 ± 2.22 b	29.94 ± 2.70 b	32.23 ± 2.55 a	8.99
VCALMP	31.25 ± 2.01 ba	31.25 ± 2.26 ba	30.90 ± 2.22 b	30.96 ± 2.57 b	33.10 ± 1.75 a	6.05
LinhaPescoco	33.26 ± 2.02 bc	33.26 ± 2.26 bc	33.26 ± 2.22 c	33.25 ± 2.57 ba	35.64 ± 1.97 a	5.72
ElipseCorpo	34.35 ± 2.02 c	34.35 ± 2.26 bac	34.35 ± 2.22 c	35.20 ± 2.57 ba	35.80 ± 1.97 a	5.72

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatística entre os tempos estudados para cada variável (Tukey, $p < 0,05$). CV = Coeficiente de variação (%). Vista cranial do joelho (VCJoelho), vista cranial do boleto (VCBoleto), vista cranial do casco (VCCasco), vista cranial linha do membro torácico (VCLMT), vista lateral linha do membro pélvico (VLLMT), vista lateral pontos do olho (VLPOlho), vista lateral pontos antebraço (VLPAntebraço), vista lateral ponto joelho (VLPJoelho), vista lateral ponto boleto (VLPBoleto), vista lateral ponto casco (VLPCasco), vista lateral ponto perna (VLPPerna), vista lateral ponto jarrete (VLPJarrete), vista lateral ponto boleto posterior (VLPBoleto 2), vista lateral ponto posterior casco (VLPCasco 2), vista caudal da garupa (VCAGarupa), vista caudal da perna (VCAPerna), vista caudal jarrete (VCAJarrete), vista caudal boleto (VCABoleto), vista caudal linha membro posterior (VCALMP), linha do pescoço e elipse do cor

4. Discussão

Foram adotados cuidados rigorosos com os animais antes da realização do exercício, a fim de minimizar estímulos estressores durante a saída das baias para evitar alterações na temperatura corporal superficial que pudessem interferir na acurácia dos registros termográficos e nos parâmetros fisiológicos. Segundo Simon et al. (2006), a termografia em equinos pode ser realizada em temperaturas ambientais menores que 30°C, para que não haja interferência nos resultados, condição esta verificada neste estudo.

Os achados das variáveis fisiológicas (FC, FR e TR) confirmam que o exercício causou alteração fisiológica esperada após a simulação de uma prova de marcha (MB vs. MP). Os animais avaliados apresentaram FC entre 80–150 bpm, recuperação rápida e respiração e temperatura aumentam, mas retornam gradualmente ao basal, característica de esforço moderado. Esse comportamento fisiológico estar relacionado à eficiência biomecânica da marcha em equinos marchadores, que apresentam menor deslocamento vertical e maior continuidade do movimento, resultando em menor custo energético e, consequentemente, menor demanda cardiovascular para manutenção da locomoção.

Lage et al. (2016) em estudo com equinos Mangalarga Marchador, identificou que não houve diferença significativa na frequência cardíaca máxima (FC_{máx}) entre marchadores de MB e MP. Esses resultados indicam que, na prática de competição, a exigência fisiológica pode ser muito similar entre os dois andamentos, reforçando que a diferença no tipo de marcha não necessariamente implica em maior estresse cardíaco ou térmico.

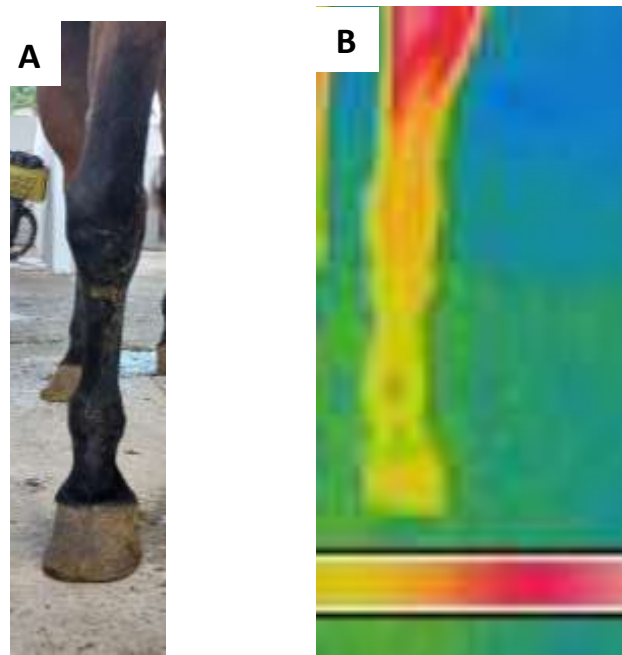
O tipo de atividade física interfere diretamente na variação de resultados de parâmetros fisiológicos de equinos encontrados em estudos. Saints de Souza (2009) avaliaram seis éguas Quarto de Milha, obtendo valores médios da TR, FR e FC sob repouso de 37.45°C, 21.08 mpm e 39.85 bpm respectivamente, sendo que após o exercício físico, ocorreu um incremento significativo desses valores (TR: 39.07 °C, FR: 75.35 mpm e da FC: 82.40 bpm). Sartoreto (2023) avaliando os parâmetros fisiológicos de 29 equinos Quarto de Milha em uma prova de laço em dupla (team roping), identificaram parâmetros fisiológicos médias no período pré-corrida de 37,48°C, 40,00 mpm e 32,41 bpm para TR, FR e FC, respectivamente, com incremento significativo no momento pós-corrida (TR: 38,68 °C, FR: 62,34mpm e FC: 66,37 bmp).

O fator marcha (picada vs. batida), não apresentou diferenças significativas na maior parte das variáveis analisadas, indicando comportamento termográfico semelhante entre os dois tipos de andamento. Entretanto, na MB, observou-se um aumento progressivo da temperatura até 60 min ($34.43 \pm 1,72$ cA) na vista cranial do antebraço, indicando maior perfusão muscular tardia para o músculo extensor carpal radial. O comportamento térmico dessa porção muscular ao longo do período de recuperação demonstra que existe um aumento de fluxo sanguíneo, mas não imediatamente após o início do exercício, gerando um padrão biomecânico diferente em relação ao observado nos animais de Marcha Picada. A significância observada na vista cranial do antebraço pode ser explicada pelas particularidades anatômicas e biomecânicas dessa região, que a tornam mais sensível às demandas do exercício e, consequentemente, às variações térmicas. O antebraço abriga musculaturas fundamentais para a estabilização do carpo, para o controle da passada e para absorção do impacto durante o apoio, além de participar ativamente da fase inicial de alçamento do membro torácico. Esses músculos realizam contrações concêntricas e excêntricas repetidas, capazes de gerar maior produção de calor e induzir vasodilatação local (Clayton e Hobbs, 2019). A marcha batida caracteriza-se por maior amplitude de passada e consequente melhor rendimento locomotor (Santiago, 2013). Nesse contexto, o músculo extensor carpal radial, atuante na estabilização e extensão do carpo durante a fase de avanço do membro anterior, apresenta variações de ativação de acordo com as condições de exercício impostas, as quais puderam ser identificadas nesse experimento.

Por outro lado, os animais da MP apresentaram queda acentuada aos 10 min, seguida por recuperação térmica, comportamento que pode representar um mecanismo de dissipação inicial de calor mais eficiente, seguido por vasodilatação de recuperação (Biglia et al., 2007).

As respostas fisiológicas e termogramas dos equinos sofreram oscilações significativas ao longo do tempo pós-exercício, evidenciando o papel do esforço físico sobre a redistribuição térmica e o aumento do metabolismo muscular. Estudos (Basile, 2012; Soroko et al., 2017; Azevedo et al., 2024; Barreira et al., 2021) com cavalos atletas têm demonstrado que a articulação metacarpofalangeana (Figura 4) apresenta elevada sensibilidade às variações térmicas ambientais quando analisada por termografia infravermelha. Além disso, apresenta elevada sensibilidade às variações térmicas ambientais, visto que é considerada um dos principais pontos de sobrecarga mecânica durante o exercício.

Figura 7 – Articulação metacarpofalangeana (A) e termograma da vista cranial do boleto (B)



Fonte: Arquivo pessoal.

Regiões como o olho, que apresentou o menor CV, tendem a manter temperatura mais estável devido ao seu papel na termorregulação autonômica, refletindo de maneira consistente o estado simpático-parassimpático do animal. Em contrapartida, áreas como o membro anterior (VCLMT), representadas pelos maiores CVs, mostraram maior variabilidade possivelmente devido à influência direta da atividade muscular, mecânica do movimento e carga física característica da MB e MP. Nessas regiões, o exercício tende a aumentar o fluxo sanguíneo periférico, o acúmulo de calor metabólico e a demanda mecânica, elevando progressivamente a temperatura média e ampliando a variabilidade entre indivíduos, especialmente em estruturas como tendões e articulações, que respondem rapidamente à carga repetitiva.

Algumas regiões anatômicas apresentaram maior dispersão dos valores de temperatura entre os animais avaliados, corroborando achados de Prochno et al., (2020), que mostraram que nem todas as regiões corporais respondem termicamente com a mesma sensibilidade ao exercício.

Cada variável do coeficiente canônico contribui para separar os grupos, de forma que valores próximos de zero tem pouca contribuição, valores altos positivos (+) puxam a função para um grupo e valores altos negativos (-) puxam para outro grupo (Tabela 5). Apesar da ausência de significância, algumas variáveis apresentaram maior peso discriminante na função canônica, destacando-se: O comprimento do fêmur-tibial apresentou o maior coeficiente (0,229), indicando maior contribuição dessa variável para a formação da função canônica e maior

capacidade de discriminar os animais classificados como marcha batida (MB) e marcha picada (MP). Do ponto de vista morfofuncional, essa medida está relacionada à mecânica dos membros posteriores, que exercem papel importante na propulsão e no comprimento da passada, podendo influenciar diretamente o padrão locomotor observado. A largura de garupa também participou desse processo, embora com contribuição moderada (0,120), sugerindo influência secundária na diferenciação entre os grupos, possivelmente associada à conformação da região pélvica e à distribuição da musculatura responsável pela propulsão. Por outro lado, o comprimento da escápula apresentou coeficiente semelhante em magnitude, porém negativo (-0,102), indicando que sua contribuição ocorreu em direção oposta na função discriminante., o que não implica pior desempenho, mas indica que sua influência ocorreu em direção oposta às demais variáveis, deslocando os escores canônicos para o lado inverso na matriz discriminante.

Os resultados da função canônica encontrados, indicam que há tendência morfológica diferenciada, ainda que não estatisticamente comprovada na amostra atual, especialmente em variáveis relacionadas à angulação e comprimento dos membros posteriores. A separação observada é coerente (Gráfico 4) com as cargas canônicas encontradas na Tabela 5: variáveis a exemplo da angulação fêmur-tibial, largura de garupa e comprimento corporal, que apresentaram as maiores contribuições positivas, estão associadas ao deslocamento dos indivíduos para o lado positivo do eixo - região onde predominam os animais de MB. Já variáveis com pesos negativos, como comprimento de escápula, altura de cernelha e escapulo-solo, por exemplo, puxam os indivíduos para o lado negativo, característico dos animais de MP.

Não é possível afirmar que os tipos de marcha estudados possam ser discriminados com base nos parâmetros morfométricos dos animais. Nesse sentido, são necessários estudos com maiores números de observações para determinar com precisão.

5. Conclusão

Conclui-se que a zoometria dos membros posteriores exerce maior influência na diferenciação entre os tipos de marcha, destacando-se o comprimento do segmento fêmur-tibial, indicando que a estrutura óssea dessa região corporal estar associada à expressão da marcha batida. Nas condições experimentais avaliadas, não foi identificado efeito do tipo de marcha sobre parâmetros fisiológicos, evidenciando-se apenas um padrão térmico diferenciado na região do músculo extensor carpal radial, que compõe a região do antebraço dos animais, com uma variação térmica maior no período de recuperação para marcha batida.

Referências

- ABCCMM – Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador. 2020. A raça Mangalarga Marchador. Disponível em: <<http://leia.abccmm.org.br/portal/regulamentos/padraodaraca.pdf>>. Acesso em: 26 de nov. 2025
- AZEVEDO, D. et al. Infrared thermography as a tool in welfare assessment of adult equine limbs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2024.
- ANDRADE, C. A. Parâmetros fisiológicos de equinos em atividade de patrulhamento urbano. **Revista Brasileira de Medicina Equina**, v. 13, n. 79, p. 18–20, 2018.
- BARREIRA, A. et al. Thermal pattern evaluation of the distal forelimbs in jumping sport horses. **Animals**, v. 11, n. 7, 2021.
- BASILE, R. C. **Metodologia de avaliação e análise de termografia voltada para a rotina e pesquisa sobre clínica médica de equinos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2012.
- BIGLIA, V.M., Etchichury, M., e Gobesso e A. A. O. (2007). Termorregulação em cavalos submetidos a diferentes métodos de resfriamento. In 15. **SIICUSP** : resumos Agropecuária. São Paulo: USP.
- BARBOSA, M. L. et al. Dinâmica locomotora da marcha batida e picada do Mangalarga Marchador: implicações para o treinamento. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 90, p. 103–115, 2020.
- Clayton, H. M.; Hobbs, S. J. The role of biomechanical analysis in equine locomotion research. **Equine Veterinary Journal**, v. 51, p. 6–17, 2019.
- Ferreira, J. M. et al. Parâmetros fisiológicos de cavalos Mangalarga Marchador durante prova de campo. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 1934–1939, 2008.
- Fonseca, M. G. et al. Association of phenotypical characteristics with performance of Mangalarga Marchador horses during official competitions of endurance, working equitation and gait assessment. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 17, n. 4, 2023. DOI: 10.21708/avb.2023.17.4.11885.
- LAGE, J. **Frequência cardíaca, lactato, custo líquido de transporte e energia metabólica de equinos de marcha batida ou picada da raça Mangalarga Marchador**. 2016. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) — Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 2016.
- LAGE, M. C. G. **Caracterização morfométrica, dos aprumos e do padrão de deslocamento de equinos da raça Mangalarga Marchador e suas associações com a qualidade da marcha**. 2001. 114f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- MELO e Oña, C. M. et al. Avaliação da frequência cardíaca e respiratória de cavalos inseridos em programas de equoterapia. **Nucleus Animalium**, 2021.

TEIXEIRA NETO, A. R. et al. Alterações de temperatura superficial dos membros torácicos e pélvicos termograficamente determinados em cavalos submetidos ao exercício de marcha. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.72, n.4, p.1566-1570, 2020.

OLIVEIRA, E. A. et al. Termografia infravermelha na avaliação de respostas térmicas regionais em equinos submetidos ao exercício. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 65, p. 76-83, 2018.

PROCHNO, H. C. et al. Infrared thermography applied to monitoring musculoskeletal adaptation to training in Thoroughbred race horses. **Journal / PubMed Record**, 2020.

POMPERMAYER, E. et al. Avaliação termográfica de equinos submetidos ao exercício físico: respostas térmicas e fisiológicas associadas. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 41, n. 3, p. 1-9, 2019.

SARTORETO, L. S. **Comparação de parâmetros fisiológicos pré e pós competição de equinos atletas da modalidade team roping**. Trabalho de conclusão de curso – Fernandópolis: SP Universidade Brasil, 2023.

SANTIAGO, J. M. **Caracterização morfométrica da raça Mangalarga Marchador**. 2013. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SILVA, M. C. P. Et al. Determinação das variáveis fisiológicas e bioquímicas de equinos Mangalarga Marchador durante prova oficial de marcha. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, Recife, v. 18, n. 1, p. 52-57, 2015.

SAINTS DE SOUZA, S. D. **Evaluation of the temperature, respiratory and cardiac frequency in éguas (equus caballus, linnaeus, 1758) used in vaquejada, under rest and after activity physical**. Patos, UFCG, 45p. (work of conclusion of course in medicine veterinary medicine, medical clinic of equines).

SOROKO, M. et al. The effect of ambient temperature on infrared thermographic images of joints in the distal forelimbs of healthy racehorses. **Journal of Thermal Biology**, v. 66, p. 63-67, 2017.

SIMON, E. L. et al. Influence of exercise on thermographically determined surface temperatures of thoracic and pelvic limbs in horses. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 229, n. 12, p. 1940-1944, 2006.

TORRES, A. P; JARDIM, W. R. **Criação do cavalo e de outros equinos**. São Paulo: Editora Nobel. 3. ed, 2ª Reimpressão, 656p, 1992.

VERDEGAAL, E. L. J. et al. Thermoregulation during field exercise in horses using skin temperature monitoring. **Animals**, v. 14, n.1, p. 136, 2023.

5. ANEXO A – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO



JOURNAL HOME / AUTHOR GUIDELINES / EDITORIAL CONTACT

Congratulations

Your manuscript has been processed and submitted to the journal.

What to expect next

Your manuscript is being shared with the journal editors. You'll hear from them via email, confirming that your manuscript was received and is being reviewed. After that, you may receive emails requesting revisions, or a notification of acceptance or rejection. The length of the peer-review process varies by journal. [Click here to learn more about what happens during the peer-review process.](#)

You can go to [My dashboard](#) at any time to check the status of your manuscript.

[Help](#)



Batida gait and picada gait: influence of zoometric and angular measurements on physiological and thermographic parameters of Mangalarga Marchador horses

Submitted

Article type: **Original Article** Publication: **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**

This submission has been sent to the editorial office and cannot be edited. Further information will be emailed to you by the journal editorial office.

Submitted **19 February 2026 by Thamyres Valeriano Teixeira**

Started **19 February 2026 by Thamyres Valeriano Teixeira**

[Submission Overview](#)