

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO COM ÓLEO DE
AVOCADO (*Persea americana Mill*) NA TEMPERATURA
SUPERFICIAL CORPÓREA DE EQUINOS SUBMETIDOS A
EXERCÍCIO EM ESTEIRA

MARINA GONZALES DE CARVALHO

Botucatu, SP
Novembro 2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO COM ÓLEO DE
AVOCADO (*Persea americana* Mill) NA TEMPERATURA
SUPERFICIAL CORPÓREA DE EQUINOS SUBMETIDOS A
EXERCÍCIO EM ESTEIRA

MARINA GONZALES DE CARVALHO

Tese apresentada junto ao programa de Pós-
graduação em Biotecnologia Animal para
obtenção do título de Doutora.

Orientador: Prof. Ass. Dr. Marcos Jun
Watanabe.

Botucatu, SP
Novembro 2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Carvalho, Marina Gonzales de.

Influência da suplementação com óleo de avocado (*Persea americana Mill*) na temperatura superficial corpórea de equinos submetidos a exercício em esteira / Marina Gonzales de Carvalho. - Botucatu, 2018

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: Marcos Jun Watanabe

Capes: 50501003

1. Óleo de abacate. 2. Lipídios - Metabolismo. 3. Suplementação alimentar. 4. Termografia. 5. Temperatura corporal - Regulação.

Palavras-chave: Abacate; Metabolismo Lipídico; Suplemento; Termografia; Termorregulação.

Marina Gonzales de Carvalho

INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO COM ÓLEO DE AVOCADO (*Persea americana Mill*) NA TEMPERATURA SUPERFICIAL CORPÓREA DE EQUINOS SUBMETIDOS A EXERCÍCIO EM ESTEIRA

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Ass. Dr. Marcos Jun Watanabe

Presidente e Orientador

Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária – FMVZ – Unesp – Botucatu/SP

Profa. Adj. Dra. Ana Liz Garcia Alves

Membro

Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária – FMVZ – Unesp – Botucatu/SP

Pós-Doutoranda Juliana de Moura Alonso

Membro

Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária – FMVZ – Unesp – Botucatu/SP

Prof. Dr. Tiago Marcelo Oliveira

Membro

Departamento de Clínica Veterinária – UNIAN – Universidade Anhanguera de São Paulo – ABC e Santo André/ SP

Profa. Dra. Mirian Rodrigues

Membro

Departamento de Clínica Cirúrgica de Grandes Animais – UNOESTE – Universidade do Oeste Paulista – Presidente Prudente/ SP

Data da Defesa: 28 de setembro de 2018.

Dedicatória

A Deus, pela minha existência, pela presença constante em minha vida, por ser minha base e me orientar nas minhas decisões;

Aos meus pais, Tânia Maria Santarém Gonzales e Carlos Augusto Rosa, pelo amor e apoio recebidos em todos os momentos da minha vida. Por serem meus eternos exemplos de pessoas;

Ao meu pai Júlio Lourenço Ribeiro de Carvalho e sua esposa Patrícia Moya, pelo amor e carinho constantes, apesar da distância física, que gostaria que fosse menor;

Aos meus irmãos: Vinicius Gustavo Rosa, Júlio Augusto Gonzales de Carvalho, Marco Antônio Gonzales de Carvalho, Gabriela Doninho Rosa, Tamires Moya de Carvalho, Thiago Moya de Carvalho e Sebastian Moya de Carvalho, por me fortalecerem apenas por existirem, saber que os tenho como irmãos já enche minha alma de alegria;

À minha avó Clayde Catarina Pinheiro de Carvalho (in memorian) pelo carinho e ensinamentos que nunca esquecerei, foi o exemplo do amor mais puro que já senti;

À minha tia Maria Helena Ribeiro de Carvalho e ao meu tio-avô “Zeco” (José Carlos Pinheiro), pelo carinho e por sempre me apoiarem nos estudos;

À base de minha família, vô Mardão (Marden Lopes Gonzales) e vó Neuza (Neuza Santarém Gonzales), pela sabedoria, amor, histórias e ensinamentos transmitidos ao longo de toda a minha vida.

À minha tia Solange Gonzales, pela ajuda, carinho e orações que me fortaleceram;

Ao querido amigo Gian Franco Zanon, pela sabedoria compartilhada, pelos conselhos e incentivo para subir mais este degrau acadêmico;

Ao meu primeiro orientador Prof. Luiz Claudio Nogueira Mendes, por me apresentar desde o primeiro ano de faculdade o mundo das pesquisas científicas;

Ao meu orientador, Marcos Jun Watanabe, pela paciência, pelas instruções acadêmicas e pessoais, pela compreensão e apoio nas oportunidades profissionais;

A todos os animais, motivo da minha escolha profissional, seres de luz, sensibilidade e amor puro, que me motivam para sempre buscar novos conhecimentos para que eu dê o melhor de mim, sempre.

Agradecimentos

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu – Unesp, ao Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária pela possibilidade de realização do Doutorado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de doutorado concedida;

À Daniela Carmesini Lima Carvalho e Vitor Falanghe Carvalho, proprietários da empresa Jaguacy, por disponibilizar o óleo de avocado utilizado em nossa pesquisa;

Aos professores de Cirurgia de Grandes Animais, Dr. Carlos Alberto Hussni, Dra. Ana Liz Garcia Alves, pelas críticas, sugestões, compreensão e oportunidade;

Ao professor Dr. diretor Celso Antônio Rodrigues, pela disponibilização da câmera termográfica, pelas críticas, sugestões e ensinamentos transmitidos, sempre com uma educação diferenciada;

À professora da UNOESTE Dra. Mirian Rodrigues, pela ajuda nos primeiros passos termográficos quando ainda éramos colegas de doutorado;

À Dra. Juliana de Moura Alonso e ao Dr. Tiago Marcelo Oliveira pelas críticas e sugestões a este trabalho;

Ao professor mestre e amigo José Ricardo Barboza Silva, pelo auxílio incondicional nas madrugadas termográficas, pelo auxílio em todas as etapas deste trabalho;

À doutoranda Nayara Gil Mazzante, pela amizade, ajuda, conversas, conselhos e apoio em todas as fases deste trabalho;

Ao doutorando Thiago Yukio Nitta, pela amizade, pelo auxílio na prática experimental e manejo com os animais;

Aos alunos de graduação Gabriella Cunha Salewski, Fernanda de Paula Schmitt, Mariella Lucarelli Amadei e Silva, Carolina Soares Esper, João Vitor Dutra de Moraes, Tatiana Yumi Mizucina e à colega Mariana Siqueira Araújo pelo auxílio na prática experimental e manejo com os animais;

Aos funcionários do Departamento de Cirurgia de Grandes Animais, Clotilde Gonçalves e Jairo Zucari pelas conversas, conselhos e ajuda sempre que necessários;

Ao querido amigo Yuri Tani Utsunomiya, professor doutor da Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba – Unesp, pela inestimável ajuda e análise estatística realizada;

Ao querido amigo Dr. Thiago Grassi, pelas análises estatísticas e apoio;

À Dra. Nicole Rombach e Dra. Solange Mikail, pela prontidão na ajuda termográfica;

Às minhas amigas: Anelize Trecenti, Isadora Roratto, Gabriela Nascimento Dantas, Bianca Paola Santarosa, Laís Melício, Izabella Simões Nérís Petrechem, Renata Fachin, Graziela Valença e ao amigo Joel Mesa Hormaza, pelas conversas, desabafos, ajuda, reuniões e conselhos que tornaram esta fase acadêmica melhor;

Aos colegas do Departamento de Cirurgia de Grandes Animais, Juliana Bernardo, Vitor Hugo Santos, João Pedro Hübbe Pfeifer, Jaqueline Brandão de Souza, Betsabéia Heloisa Gentilha Milani, pela troca de idéias, conselhos e ensinamentos;

À minha querida amiga Regina Prado e à sua família, que sempre me acolheram, com conversas, almoços e jantares, integrando-me à família, com apoio, carinho e amizade durante minha estada na cidade dos bons ares. Sempre estarão em meu coração;

À clínica veterinária Dra Dóris Bruder: às médicas veterinárias Patrícia Bruder Azzem, Grasiela Tadini Bazotti, Sttephania Lifante Botti, Maria Stella Fernandes Vilella, Adriana Lombardi, Elisete Stein e principalmente à minha “chefinha” querida Dra Dóris Bruder, pelo incentivo e imensa compreensão pela minha ausência nesta fase de minha vida acadêmica; às secretárias Daniela Camara, Katia Araújo e Aline Goes, pela compreensão e auxílio;

Aos queridos tutores e pacientes, pela compreensão de meu afastamento temporário dos atendimentos;

À querida amiga médica veterinária Priscila da Silva Abreu e sua família, por sempre me acolherem nos cursos, estágios e estudos em São Paulo, além das conversas enriquecedoras com sua mãe, Inmaculada da Silva, mulher iluminada;

Aos meus queridos amigos, Alexandre Coltro Gazzzone e Mariana Silvestrim Kanamura, pelo apoio, conversas e discussões de casos, sempre acompanhadas de um bom café;

À amiga Celina Cutrale Tarantino, por ser meu exemplo de profissional e pessoa;

Aos animais utilizados neste experimento, pela sensibilidade, pureza e ensinamentos.

Epígrafe

*“Não conte os teus maiores sonhos a ninguém
 Não mostre a sua ferida para quem não tem
 Remédio pra curá-la e forças para te erguer
 Não, não, não, não*

*Não se lamente para quem quer ver tua dor
 Não mostre sua fraqueza aos inimigos seus
 Mostre só pra Deus*

*Não chore para quem não sabe decifrar
 A lágrima de sofrimento em teu olhar
 Existe um lugar que é próprio para isso
 É você e Deus, é no altar*

***Quando eu contei meus sonhos para alguém
 Me disseram são grandes demais pra você
 Quando falei onde queria chegar
 Me disseram pare por aqui não vá além***

***Mas, com Deus foi bem diferente
 Ele me disse vá em frente eu contigo estou
 Quando eu senti medo de seguir
 Ele disse prossiga eu te fiz pra ser um vencedor***

***Desde então eu nunca mais me limitei
 Eu guardei no coração as palavras de Deus
 Descobri que os planos Dele para mim
 São muito maiores que os meus***

*Eu vou chorar pra Deus, vou contar tudo pra Deus
 Vou fechar a porta do meu quarto
 E ficar a sós com Deus só ele e eu
 Eu vou mostrar pra Deus todos os sonhos meus
 Tudo em seu altar eu entregarei
 A partir de hoje é Deus e eu e mais ninguém*

(Leandro Borges)

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma, seja apenas outra alma.”

(Modificado de Carl Jung)

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Temperaturas (°C) representadas pela média $\pm$ desvio-padrão (DP) das diferentes regiões anatômicas cutâneas submetidas à termografia e da temperatura retal antes, após 1 min e 15 minutos do teste padrão de exercício progressivo.....	41
Tabela 2. Temperaturas (°C) representadas pela média $\pm$ desvio-padrão (DP) das diferentes regiões anatômicas cutâneas submetidas à termografia e da temperatura retal antes, após 1 min e 15 minutos do teste de baixa intensidade e longa duração.....	42

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribuição dos 8 equinos nos grupos, etapas de suplementação e do teste físico de exercício em esteira.....	36
Figura 2. Termograma do aspecto dorsal da parte distal dos membros torácicos. As regiões cutâneas mensuradas foram, o aspecto dorsal de: CD – carpo direito; CE – carpo esquerdo; TMD – terceiro metacarpal direito; TME - terceiro metacarpal esquerdo; AMFD – articulação metacarpofalângica direita; AMFE – articulação metacarpofalângica esquerda; FPD – falange proximal direita; FPE – falange proximal esquerda; CaD – casco direito; CaE – casco esquerdo.....	39
Figura 3. Termograma da face lateral esquerda da cabeça, com delimitação do olho esquerdo (OE) para análise da borda palpebral pósteromedial da pálpebra inferior, onde foi obtido o ponto máximo (seta) da temperatura ocular.....	39
Figura 4. Termograma da musculatura pélvica, das regiões cutâneas de: STE – músculo semitendíneo esquerdo; STD – músculo semitendíneo direito; BFE – músculo bíceps femoral esquerdo; BFD – músculo bíceps femoral direito.....	39

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ADP	Difosfato de Adenosina
AG	Ácido Graxo
AGNE	Ácido Graxo Não Esterificado
AMFD	Articulação metacarpofalângica direita
AMFE	Articulação metacarpofalângica esquerda
ANOVA	Análise de Variância
AST	Aspartato aminotransferase
ATP	Trifosfato de adenosina
BFGD	Músculo bíceps femoral cranial direito
BGFE	Músculo bíceps femoral cranial esquerdo
BILD	Baixa Intensidade e Longa Duração
CaD	Casco direito
CaE	Casco esquerdo
CD	Carpo direito
CE	Carpo esquerdo
CHO	Carboidrato
CK	Creatinaquinase
EUA	Estados Unidos da América
FC	Frequência cardíaca
FPD	Falange proximal direita
FPE	Falange proximal esquerda
LDH	Lactato desidrogenase
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
O ₂	Oxigênio
OE	Olho esquerdo
PSA	Puro Sangue Árabe
RET	Retal
STD	Músculo semitendíneo direito
STE	Músculo semitendíneo esquerdo
TG	Triglicerídeos – Triacilgliceróis
TMD	Terceiro metacarpal direito
TME	Terceiro metacarpal esquerdo
TPEP	Teste Padrão de Exercício Progressivo

SUMÁRIO

Página

CAPÍTULO I

1. Introdução.....	13
2. Revisão de literatura.....	14
2.1. Metabolismo energético.....	14
2.2. Uso de óleos na alimentação de equinos.....	16
2.2.1. Óleo de Avocado.....	18
2.3. Termorregulação em equinos.....	19
2.4. Termografia.....	21
3. Objetivos e justificativa.....	23
3.1. Objetivo geral.....	23
3.2. Objetivos específicos.....	24
3.3. Justificativa.....	24
Referências.....	24

CAPÍTULO II

INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO COM ÓLEO DE AVOCADO (<i>Persea americana</i> Mill) NA TEMPERATURA SUPERFICIAL CORPÓREA DE EQUINOS SUBMETIDOS A EXERCÍCIO EM ESTEIRA.....	32
--	----

CARVALHO, M.G. **Influência da suplementação com óleo de Avocado (*Persea americana* Mill) na temperatura superficial corpórea de equinos submetidos a exercício em esteira.** Botucatu, 2018. 47p. Tese (Doutorado) – Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – Unesp.

RESUMO

O cavalo atleta necessita de um sistema termorregulatório eficiente para garantir sua homeostasia e funções vitais. O nível de exigência das competições aumenta a cada dia, sendo necessário uma alta conversão energética para produção de trabalho, sem sobrecarga gástrica e com menor produção de calor metabólico. A inclusão de óleos na alimentação equina tem sido realizada neste intuito. Objetivou-se analisar a influência da suplementação com óleo de avocado na termorregulação de equinos submetidos a exercício em esteira, com base nas temperaturas retal e superficial corpórea. Oito equinos machos da raça Árabe, não treinados, foram distribuídos em delineamento randomizado cruzado, sendo um grupo sem suplementação (GC) e outro grupo suplementado com óleo de avocado (GOAv) por um período de seis semanas. Ao fim da sexta semana, os animais foram submetidos a teste padrão de exercício progressivo (TPEP) e após sete dias a teste de baixa intensidade e longa duração (BILD). Após o primeiro ciclo, houve período de descanso “washout” de 30 dias para troca de grupos para o segundo ciclo, que seguiu o protocolo do primeiro. A termorregulação foi avaliada com base na temperatura retal e na temperatura superficial corpórea, obtidas por termografia, de 15 regiões de interesse, sendo 10 na face dorsal distal do membro torácico, quatro na face caudal proximal dos membros pélvicos e uma na face lateral esquerda da cabeça. A temperatura retal e as imagens termográficas foram obtidas antes, um minuto e 15 minutos após o exercício. Não houve diferença entre os grupos GC e GOAv em nenhum momento. Os resultados obtidos neste estudo revelaram que a suplementação de 5% da MS com óleo de avocado por seis e sete semanas não influenciou na termorregulação com base na temperatura superficial corpórea dos equinos submetidos a teste padrão de exercício progressivo e exercício de baixa intensidade e longa duração, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Abacate, Metabolismo Lipídico, Suplemento, Termografia, Termorregulação.

CARVALHO, M. G. **Influence of Avocado oil supplementation (*Persea americana* Mill) on the body surface temperature of horses submitted to treadmill exercise.** Botucatu, 2018. 47p. Tese (Doutorado) – Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – Unesp.

ABSTRACT

The athletic horse needs an efficient thermoregulatory system to ensure its homeostasis and vital functions. The level of demands of the competitions increases every day, requiring a high energy conversion for work production, without gastric overload and with less metabolic heat production. The inclusion of oils in equine feed has been carried out for this purpose. The objective of this study was to analyze the influence of supplementation with avocado oil on the thermoregulation of horses submitted to treadmill exercise, based on rectal and body surface temperatures. Eight non-trained Arabian male equines were distributed in a randomized crossover design, one control group (CG) without supplementation and another group supplemented (SG) with avocado oil for a period of six weeks. At the end of the sixth week, the animals were submitted to standard exercise test (SET) and after seven days the low intensity test (LIT). After the first cycle, there was a 30-day washout rest period to exchange groups for the second cycle, which followed the protocol of the first one. Thermoregulation was evaluated based on rectal temperature and body surface temperature, obtained by thermography, of 15 regions of interest, ten of the dorsal distal aspect of the thoracic limb, four of the proximal caudal aspect of the pelvic limbs and one of the left lateral aspect of the head. Rectal temperature and thermographic images were obtained before, one minute and 15 minutes after exercise. There was no difference between the CG and SG at any time. The results obtained in this study revealed that the supplementation of 5% of DM with avocado oil for six and seven weeks did not influence the thermoregulation based on the body surface temperature of the horses submitted to SET and LIT, respectively.

KEY WORDS: Avocado, Lipid Metabolism, Supplement, Thermography, Thermoregulation.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (2016), o Brasil possui 5.577.539 equinos, sendo o maior rebanho de equinos da América Latina e o 4º no mundo, ficando atrás dos Estados Unidos da América (EUA) (10.525.766), do México (6.378.267) e da China (5.910.792) (FAO, 2016). A movimentação financeira em torno do complexo do agronegócio equino movimenta anualmente R\$16,15 bilhões e sustenta 3 milhões de empregos no país. Sendo que, somente no segmento de esporte e lazer, estima-se 1,1 milhões de animais, que movimentam em torno de R\$5,84 bilhões garantindo 125.700 ocupações diretas no país (MAPA, 2016).

Dentro do segmento esportivo há grande diversidade de modalidades, com competitividade cada vez maior, o que tem aumentado as exigências nutricionais e adaptações metabólicas para melhor desempenho e bem estar do animal.

O esforço físico produz, a partir da oxidação dos nutrientes, cerca de 80% de energia térmica direta e 20% de energia química, a qual transforma-se em energia mecânica, que produz o movimento e posteriormente é convertida também em energia térmica, ou seja, o produto final do exercício ao final do movimento é 100% calor (CARVALHO e MARA, 2010; HODGSON, 2014).

O sistema de termorregulação equino precisa ser extremamente eficiente, para que não ocorra hipertermia durante a atividade física. Porém, este sistema pode ser afetado pela intensidade do exercício, pelas condições ambientais e pela dieta ingerida (HODGSON, 2014).

A suplementação com óleos vegetais na dieta de cavalos pode favorecer o desempenho atlético, pelo aumento de energia disponível e pela redução do incremento calórico, auxiliando também o sistema termorregulatório (KOHN, ALLEN e HARRIS, 1996).

Dentre os óleos vegetais, o óleo de avocado tem se destacado por sua composição e ação no organismo. É composto principalmente por ácidos graxos monoinsaturados, sendo o oleico o mais abundante, possui ação antioxidante, hepatoprotetora, anti-trombogênica e potenciais benefício à saúde cardiovascular. Além disso, requer menor gasto energético para sua digestão, fornecendo mais energia para o animal sem risco de

sobrecarga pelo aumento da ingestão de carboidratos e com menor produção de calor metabólico (RANADE e THIAGARAJAN, 2015; DREHER e DAVENPORT, 2013).

Uma forma de avaliar a termorregulação é através do exame termográfico, onde a câmera termográfica capta as ondas eletromagnéticas de frequência infravermelha e as transformam em uma representação pictórica da temperatura superficial corpórea, de acordo com o calor emitido por um corpo (ANDRADE FILHO, 1999; TURNER, 1991; TURNER, 2001).

Objetivou-se neste trabalho, avaliar a influência da suplementação com óleo de avocado na termorregulação de equinos da raça Puro Sangue Árabe (PSA), destreinados, submetidos a exercício físico em esteira ergométrica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Metabolismo energético

Todo tipo de exercício depende da utilização de energia advinda do trifosfato de adenosina (ATP). Para isso, é necessária a transformação de energia química armazenada em substratos metabólicos, através das vias energéticas que têm como produto final comum o ATP (EVANS, 2000; GERARD et al., 2014).

O ATP é necessário para que ocorra a ação muscular, tanto para a contração quanto para o relaxamento. O músculo possui estoque reduzido de ATP, que consegue manter a atividade muscular somente por poucos segundos, sendo necessário ressíntese desta molécula para a continuação do exercício. Isso pode ser feito pelas vias de fosforilação aeróbia (oxidativa) e anaeróbica, sendo que a predominância de cada via é determinada pela intensidade e duração do exercício (EVANS, 2000; GERARD et al., 2014; PEREIRA e DE SOUZA JUNIOR, 2010).

Com o início do exercício, ocorre queda da disponibilidade de oxigênio (O_2) para o músculo, o que limita a fosforilação oxidativa. Após este declínio, há equilíbrio nesta via, com a liberação de O_2 através do sistema cardiorrespiratório, possibilitando o fornecimento de energia continuamente por meios aeróbicos (EVANS, 2000).

Enquanto isso, deve ocorrer a rápida regeneração do ATP na ausência de O_2 , por meio da fosforilação anaeróbica, a qual pode ser obtida por três vias: (1) a reação da fosfocreatina, (2) a reação da mioquinase e (3) a glicólise anaeróbica. As duas primeiras podem ser classificadas como vias anaeróbicas aláticas, pois não há produção de lactato,

diferente da terceira via. Essas vias ocorrem apenas no citoplasma da célula muscular, sem reações na mitocôndria, como ocorre na fosforilação aeróbica (GERARD et al., 2014).

Os dois principais substratos para a fosforilação aeróbica são os carboidratos (CHO) e os ácidos graxos. Dentre os CHO, a glicose é o mais importante, podendo ser imediatamente utilizada para produção de energia, ou então, armazenada na forma de glicogênio na musculatura e em menor quantidade no fígado (LAWRENCE, 1994; GERARD et al., 2014).

Já em relação aos ácidos graxos (AG), seu armazenamento ocorre na forma de triacilglicerol (TG), composto por uma molécula de glicerol e três de ácidos graxos, principalmente no tecido adiposo e, em menor quantidade, na musculatura. A lipólise é necessária para a liberação dos ácidos graxos não-esterificados (AGNE) na circulação e consequente transporte através da membrana celular (EVANS, 2000; GERARD et al., 2014; CINTRA, 2016).

A esterificação dos AGNE ocorre na superfície citoplasmática da membrana mitocondrial externa, formando moléculas de acil CoA, que ligam-se à carnitina e são transportadas para o lado interno da membrana mitocondrial, onde ocorrem as reações de β -oxidação (GERARD et al., 2014).

Em cada ciclo de β -oxidação, duas unidades de carbono (C2) são sequencialmente removidas da molécula de acil CoA e são produzidos acetil CoA, NADH e FADH₂. Enquanto o acetil CoA é utilizado no ciclo de Krebs, os NADH e FADH₂ doam seus elétrons na cadeia de transporte de elétrons, gerando ATP e sendo reoxidados em NAD⁺ e FAD (PEREIRA e DE SOUZA JUNIOR, 2010; GERARD et al., 2014).

Esta divisão das unidades de carbono da molécula de acil CoA original é repetida até que toda a cadeia tenha sido clivada nas moléculas de acetil CoA. O rendimento energético da β -oxidação depende do número de carbonos que compõem o AG. O ácido palmítico, por exemplo, possui 16 carbonos e sua oxidação completa produz 129 moléculas de ATP. Já a molécula de glicose, quando oxidada produz 38 ATP (PEREIRA e DE SOUZA JUNIOR, 2010).

Apesar da alta conversão energética dos AGNEs, seu poder de oxidação é baixo, devido ao lento transporte dos ácidos graxos através das membranas, de forma que sua contribuição como substrato para o metabolismo aeróbico aumenta concomitante ao

aumento da duração do exercício, sendo esperado uma maior contribuição em exercícios de resistência (ROBB et al., 1972; ROSE et al., 1980; KRONFELD, 1996; EVANS, 2000).

Embora os suprimentos de energia aeróbica e anaeróbica coexistam em todos os eventos, a produção de energia aeróbia predomina na maioria das atividades competitivas equinas. O conhecimento dos padrões de uso de energia em diferentes tipos de exercício permite que estratégias específicas de treinamento e alimentação sejam adotadas para otimizar adaptações do organismo (PEREIRA e DE SOUZA JUNIOR, 2010; GERARD et al., 2014).

2.2. Uso de óleos na alimentação de equinos

O óleo é regularmente adicionado às dietas de equinos, apresentando diversas vantagens como sua aceitabilidade, alta digestibilidade, redução do consumo de grãos e redução da quantidade de calor produzido pelo processo digestório, além de diminuir o volume intestinal e a produção fecal (BOWMAN et al. 1979; HOLLANDS e CUDDEFORD, 1992; KRONFELD, 1996; KRONFELD et al., 2001; CINTRA, 2016).

De acordo com Pösö, Hyypä e Geor (2004), os cavalos atletas podem ingerir até 20% do total da necessidade energética diária advindo de lipídeos. Como estes fornecem mais que o dobro de energia por grama quando comparados às proteínas e carboidratos, o equino consegue aumentar a energia dietética sem que haja aumento proporcional na quantidade de alimento.

É necessário um período de adaptação do metabolismo equino e das enzimas do trato digestório à suplementação rica em gordura, para aumentar a capacidade de utilização e oxidação dos ácidos graxos como fonte de energia, poupando as reservas de glicogênio. Este período pode variar de 21 dias a 12 semanas (OLDHAM et al., 1990; HARKING et al., 1992; SCOTT et al., 1993; FRAPE, 1994; LEWIS, 2000; DUNNETT, MARLIN e HARRIS, 2002; PÖSÖ, HYYPPÄ e GEOR, 2004; MATTOS et al., 2006).

Equinos adaptados a dietas suplementadas com óleos potencializam o desempenho em atividades aeróbicas e anaeróbicas, além de retardar a fadiga (LEWIS, 2000; PÖSÖ, HYYPPÄ E GEOR, 2004).

Oldham et al. (1990) trabalharam com 10% de suplementação com óleo na dieta de seis éguas, com 21 dias de adaptação seguidos de teste de esforço, composto por quatro

galopes de 600 m, atingindo e mantendo uma frequência cardíaca (FC) de 210 bpm e constataram que a inclusão de óleo na dieta equina também é benéfica para exercícios anaeróbicos, devido à elevação de glicogênio muscular e de sua biodisponibilidades, resultando em melhoria da performance.

Harking et al. (1992) também observaram aumento dos níveis de glicogênio muscular após 21 dias de dieta com 10% de óleo em cavalos Puro Sangue Inglês em repouso e melhora no tempo médio em corrida de 1600 m.

Scott et al. (1993) utilizou oito equinos Puro Sangue Inglês em estudo randomizado cruzado, com dieta prévia para atingir teor moderado de gordura corporal, seguido de dieta para manutenção e adaptação ao exercício, sendo condicionados ao galope por 28 dias para atingir nível consistente de aptidão física. Após este período, receberam a dieta com suplementação de gordura por 21 dias e então os animais realizaram teste de exercício composto por três *sprints* de 600 m em pista ovalada. A produção de calor foi estimada por cálculos baseados no gasto de energia durante o trabalho, o qual foi obtido através de amostras de volumes de ar expirado coletadas ao final do terceiro *sprint* em repouso. Houve redução de 14% na produção de calor total de equinos alimentados com gordura adicionada à ração, sugerindo que maior quantidade de energia poderia ser utilizada para a atividade física e armazenamento de glicogênio, ao invés da perda na forma de calor.

Em estudo realizado por Eaton et al. (1995) com oito equinos suplementados com 12% de óleo de milho, não houve efeito sobre a capacidade de exercício aeróbico ou concentrações de glicogênio muscular em repouso ou após um teste de exercício de alta intensidade. Porém, o grupo suplementado prorrogou o tempo de execução para a fadiga durante o exercício intenso.

Uma dieta de feno: aveia: óleo (45:45:10) comparada a feno e aveia (50:50) produz cerca de 2 Mcal menos calor por dia, exige 6 litros a menos de água por dia e carrega cerca de 12 kg menos conteúdo intestinal (peso morto no intestino grosso), fatores vantajosos para o equino atleta, porém, há cerca de 4 litros menos água disponível para absorção intestinal, sendo necessário acompanhamento para adequação da dieta conforme exigências de treinos e competições (Kronfeld et al.; 1996; Kronfeld et al.; 2001).

Pagan et al. (2002) compararam equinos que receberam dieta controle com 7% da energia digestível de gordura e dieta suplementada com 29% de gordura referente ao total de energia digestível por cinco a 10 semanas, submetidos a exercício de baixa intensidade antes, na quinta e na décima semana, sendo que o grupo suplementado evidenciou redução de mais de 30% na produção e utilização de glicose; diminuição na taxa de troca respiratória; diminuição na taxa estimada de utilização de carboidratos em todo o corpo e um aumento na taxa de oxidação lipídica de todo o corpo durante o exercício.

Mattos et al. (2006) constataram menor temperatura retal após exercício em equinos suplementados com 250 e 500 g de óleo de soja por 30 dias, quando comparados a equinos não suplementados. A temperatura retal anterior ao exercício não diferiu entre os tratamentos.

2.2.1. Óleo de Avocado

A fruta Avocado (*Persea americana* Mill), é uma variedade do abacate, também chamado de abacate do tipo *Hass*, possui 80% de sua composição de água e fibra, sendo considerada de densidade energética média (1,7 kcal/g) (FULGONI, DREHER e DAVENPORT, 2013).

O óleo derivado a partir do avocado deve ser obtido através de prensa mecânica da polpa para garantir alta estabilidade oxidativa e baixa acidez, características condizentes com o consumo humano. É composto por 71% de ácidos graxos monoinsaturados (AGM), 13% de ácidos graxos poliinsaturados (AGP) e 16% de ácidos graxos saturados (AGS), que ajudam a promover perfis lipídicos sanguíneos saudáveis e aumentam a biodisponibilidade de vitaminas lipossolúveis (DREHER e DAVENPORT, 2013; RANADE e THIAGARAJAN, 2015).

Visto que os principais AG nos equinos são os ácidos oleico, palmítico e linoleico, o óleo de avocado torna-se interessante como componente da dieta ou suplemento para a espécie, pois o ácido oleico é o mais abundante (51%), seguido do ácido palmítico (28,2%) e do ácido linoleico (13,9%) (ROBB et al., 1972; BERASATEGI et al., 2012; RANADE e THIAGARAJAN, 2015).

O uso do óleo de avocado como suplemento alimentar têm sido estudado em ratos quanto ao perfil lipídico (ABBOUD et al., 2015; CARVAJAL-ZARRABAL et al.,

2014), à pressão sanguínea (SALAZAR et al., 2005) às cardiopatias (SALAZAR et al., 2005; OLUSHOLA et al., 2017), às nefropatias (SALAZAR et al., 2005) e às osteoartrites (GOUDARZI, REID e MCDOUGALL, 2018), sendo que esta última também foi estudada em ovinos (CAKE et al., 2000) e equinos (KAWCAK et al., 2007).

Kawcak et al. (2007) avaliaram o efeito da suplementação oral de extrato de óleo insaponificável de abacate e soja (ASU) em estudo cego, randomizado e controlado, composto por 16 equinos com osteoartrite (OA) induzida experimentalmente e observaram redução significativa do escore patológico bruto composto (erosão da cartilagem articular e hemorragia da membrana sinovial), além de aumento significativo na síntese de glicosaminoglicanos da cartilagem articular em comparação aos cavalos tratados com placebo.

Há poucos estudos sobre o uso de óleo de avocado na espécie equina e não foram encontrados trabalhos sobre a influência deste óleo na termorregulação de nenhuma espécie.

2.3. Termorregulação em equinos

O sistema termorregulatório é responsável pela manutenção da temperatura interna dentro de um intervalo térmico considerado ótimo para o funcionamento do organismo, sendo entre 37 e 40°C para animais homeotérmicos (MORGAN, EHRLEMARK e SALLVIK, 1997; McCUTCHEON e GEOR, 2008).

O calor corporal pode ser obtido do ambiente ou produzido pelo metabolismo. Os fatores ambientais que interferem na temperatura de um cavalo são temperatura ambiente, umidade relativa, precipitação, velocidade do vento e radiação solar (CYMBALUK e CHRISTISON, 1990; MORGAN, EHRLEMARK e SALLVIK, 1997).

O incremento de calor (IC) é o calor do metabolismo de nutrientes, digestão e atividade muscular envolvidos na digestão, por exemplo, mastigação, preensão. O IC influencia na termorregulação e varia de acordo com a alimentação e geralmente é mais alto para dietas ricas em proteínas e para rações fibrosas, como o feno e mais baixo em dietas contendo gordura (CYMBALUK e CHRISTISON, 1990).

McCann, Meacham e Fontenot (1987) demonstraram em estudo com pôneis suplementados com 15% de gordura de três tipos (óleo de milho, mistura de gordura

animal e vegetal e sebo) que não houve diferença no IC da dieta basal comparada às suplementadas com gordura, no entanto, houve acréscimo de 88% na energia das dietas com gordura.

A zona termoneutra é a faixa de temperatura ambiente na qual a produção de calor metabólico não se altera. Existem três zonas na zona termoneutra: fria, ótima e quente. Abaixo da zona fria, na temperatura crítica baixa (TCB) há gasto energético para a produção de calor e acima da zona quente, denominada temperatura crítica alta (TCA), há perda de calor por evaporação para reduzir a temperatura interna do corpo, em ambos os casos é necessário um maior aporte nutricional, para suprir a necessidade energética extra. A zona termoneutra é variável de acordo com a região geográfica, a estação, a espécie, a raça e a idade (CYMBALUK e CHRISTISON, 1990).

O calor gerado dentro dos músculos em atividade é transferido para os tecidos periféricos através da circulação, pela vasodilatação periférica cutânea, aumentando a temperatura superficial corpórea em 1° a 2° C acima da temperatura ambiente, facilitando a troca de calor, por mecanismos como condução, convecção, radiação e evaporação, sendo o principal método termorregulatório a evaporação do suor (CYMBALUK e CHRISTISON, 1990; McCUTCHEON e GEOR, 2008; HODGSON, 2014).

Visto que a perda de calor por evaporação aumenta na TCA, um método útil e simples para prever o comprometimento de rotas respiratórias e evaporativas em climas quentes e úmidos, é somar a temperatura ambiente (° F) e a umidade relativa. Abaixo de 130, a perda de calor ocorre facilmente; aos 150, a perda de calor torna-se difícil e aos 180, a perda de calor por evaporação é extremamente difícil e a atividade não é recomendada (CYMBALUK e CHRISTISON, 1990).

A termorregulação do equino é intensamente afetada pelo exercício físico, podendo sofrer aumento de 3 a 5 °C e ultrapassar temperatura retal de 42° C devido à maior produção de calor metabólico, que se não for dissipada pode resultar em hipertermia e choque térmico. Variações térmicas oriundas do exercício podem ocorrer de acordo com as condições ambientais, com a composição da dieta ingerida, com o nível de hidratação, com o condicionamento físico, além da duração e da intensidade do exercício ((McCUTCHEON e GEOR, 2008; HODGSON, 2014).

Em exercícios de alta intensidade e curta duração, o organismo produz mais calor do que consegue dissipar, levando a stress térmico, restabelecendo troca efetiva após o término do exercício (McCUTCHEON e GEOR, 2008; HODGSON, 2014). Já em exercício de baixa intensidade e longa duração o organismo consegue dissipar o calor conforme vai produzindo, de forma mais equilibrada e mantendo a temperatura interna estável (NADEL, 1988).

2.4. Termografia

Uma das maneiras de avaliar a termorregulação é através da câmera termográfica, pois esse equipamento é capaz de captar a radiação eletromagnética emitida na superfície da pele, ou seja, o calor radiativo, possibilitando determinar com precisão a temperatura superficial corpórea e estabelecer associações com o sistema termorregulatório (McCUTCHEON e GEOR, 2008; MOURA et al., 2011).

Processos orgânicos em que ocorrem vasodilatação, como na dissipação do calor, há aumento da emissão de ondas eletromagnéticas de frequência infravermelha que podem ser captadas pela câmera termográfica, a qual faz uma representação pictórica da temperatura superficial corpórea, de acordo com o calor emitido por um corpo (ANDRADE FILHO, 1999; TURNER, 1991; TURNER, 2001).

A câmera termográfica é um equipamento portátil de simples manuseio, que permite uma avaliação não invasiva onde a contenção dos animais, quando necessária, é mínima. Ela possibilita avaliar a temperatura superficial cutânea, referente ao fluxo sanguíneo subcutâneo proveniente da atividade metabólica tecidual, oriunda de processos fisiológicos como o esforço físico, ou ainda processos inflamatórios, infecciosos, reumáticos e traumáticos (NEGRO et al., 2018; TURNER, 2001). Essa avaliação não invasiva é ideal para auxiliar no diagnóstico, bem como acompanhar a evolução de terapias instituídas (TURNER, 2001).

A técnica possibilita associações sobre as consequências metabólicas do estresse assim como a mensuração do estresse agudo de curto prazo (HALL et al., 2011; STEWART et al., 2005). Na avaliação termográfica, o aumento de temperatura maior do que 1°C em duas regiões anatomicamente simétricas pode ser considerado anormal (CIUTACU, MICLAUS e TANASE, 2008).

A técnica de termografia tem sido utilizada na medicina veterinária desde 1966, e já possui aplicações e estudos em diversas áreas. Ressaltam-se: a utilização nos animais de produção para avaliação de rebanhos para detectar um animal com febre; em animais silvestres pela não necessidade de contenção, minimizando o estresse da manipulação; em cães e gatos na avaliação de vascularização de tumores e retalhos cutâneos; em equinos para diagnóstico e prognóstico de claudicação, avaliação de condicionamento físico, análise da termorregulação, além das alterações na vascularização superficial corpórea (HARPER, 2000; TURNER, 2001; MELO, 2017).

Sage e Turner (2002) consideraram a termografia, assim como as anestésias regional e intra-articular e o exame físico, eficiente para localizar lesões na articulação interfalângica distal em equinos, porém, incapazes de definir a etiologia.

Prochno et al. (2017) utilizaram a câmera termográfica para correlacionar o aumento da temperatura das regiões metacarpofalângica e metatarsfalângica de cavalos PSI de corrida, de acordo com a variação da intensidade de treinamento.

Berkman et al. (2011) constataram, com auxílio termográfico, que a dinâmica circulatória das estruturas do casco equino apresentaram comportamento antagônico às estruturas cutâneas, pois observaram temperaturas diminuídas, durante as etapas incrementais de teste de exercício físico em esteira.

Sala, Elui e Jardim (2012) aplicaram a termografia, de acordo com padronização proposta por Basile et al. (2010), para estudar cavalos da raça quarto de milha (QM) de Três Tambores e notaram aumento da temperatura da musculatura pélvica, principalmente do músculo semimembranoso, cinco minutos após o treinamento, considerando-o o mais exigido para esta modalidade.

Bartolomé et al. (2013) e Negro et al. (2018) consideraram a termografia infravermelha uma ferramenta adequada para avaliar o nível de estresse de equinos durante competições, a partir da temperatura do olho, em conjunto com a frequência cardíaca. A análise termográfica ocular restringiu-se ao ponto de maior temperatura, na borda palpebral póstero-medial da pálpebra inferior e no carúnculo lacrimal. A temperatura ocular também foi útil para mensuração da dor em cavalos com cólica, quando comparada a escalas de dor padronizadas (VIEIRA et al., 2017).

Soroko et al. (2018a) consideraram a termografia infravermelha uma ferramenta útil na avaliação da influência do cavalo, da sela e do cavaleiro na distribuição da

pressão no ajuste da sela em cavalos de corrida, através da análise das imagens termográficas dos painéis da sela, capturadas imediatamente após o desencalço do cavalo.

Soroko et al. (2018b) constataram a utilidade e viabilidade da termografia infravermelha dinâmica para a mensuração da temperatura superficial corpórea durante o exercício.

Autio et al. (2006) utilizou a termografia para avaliar diferenças na perda de calor de quatro tipos de cavalos: cavalos de sela, cavalos de tração, cavalos de sangue quente e pôneis durante diferentes estações do ano e concluiu que existe diferença na taxa de perda de calor a temperaturas frias entre os diferentes tipos de cavalos, sendo maior no inverno para os cavalos de sela e de sangue quente, os quais podem se beneficiar de alimentação extra, abrigo ou capa.

Jodkowska, Dudek e Soroko (2015) utilizaram câmera Thermovision 550 (FLIR) para determinar a temperatura máxima (T_{max}) da superfície corporal de equinos do pescoço, cernelha, dorso cranial, dorso caudal, lombo e garupa. As temperaturas nas laterais tendiam a ser simétricas, exceto na região caudal das costas, onde a temperatura do lado direito era maior que a do lado esquerdo provavelmente devido ao cavaleiro e à sela. Concluíram que diferenças nas temperaturas da superfície corporal entre equinos em uma mesma temperatura ambiental estão associadas às características individuais do cavalo e que a distribuição da temperatura dorsal da superfície corporal em ambos os lados da coluna em equinos saudáveis é simétrica.

3. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

3.1. Objetivo geral

Avaliar a influência da suplementação com óleo de avocado na termorregulação, através da temperatura superficial corpórea, obtida por termografia, de equinos da raça Puro Sangue Árabe (PSA) destreinados e submetidos a testes de exercício físico em esteira ergométrica.

3.2. Objetivos específicos

Avaliar o efeito da suplementação com óleo de avocado sobre a temperatura superficial corpórea e sobre a temperatura retal de cavalos da raça Puro Sangue Árabe (PSA) submetidos:

- Teste Padrão de Exercício Progressivo (TPEP).
- Teste de exercício de Baixa Intensidade e Longa Duração (BILD).

3.3. Justificativa

Os trabalhos publicados sobre a suplementação com óleo de avocado são relacionados a prevenção e tratamento de doenças, principalmente em humanos, ratos e ovinos. Porém, não há relatos na literatura sobre os possíveis efeitos deste óleo na termorregulação de atletas de qualquer espécie.

Neste sentido, com a presente pesquisa buscou-se estudar a influência da suplementação com óleo de avocado na temperatura superficial de equinos submetidos ao exercício.

REFERÊNCIAS

- ABBOUD, R. S.; PEREIRA, V. A.; COSTA, C. A. S.; BOAVENTURA, G. T.; CHAGAS, M. A. The action of avocado oil on the lipidogram of wistar rats submitted to prolonged androgenic stimulus. *Nutricion hospitalaria*, v.32, n.2, p. 696-701, 2015.
- ANDRADE FILHO, A.C. Teletermografia: princípios físicos, fisiológicos e fisiopatológicos da produção da imagem e suas indicações na clínica de dor e reabilitação. *Acta Fisiátrica*, v.6, n.2, p.55-59, 1999.
- AUTIO, E.; NESTE, R.; AIRAKSINEN, S.; HEISKANEN, M. L. Measuring the heat loss in horses in different seasons by infrared thermography. *Journal of applied animal welfare science*, v. 9, n. 3, p. 211-221, 2006.
- BARTOLOMÉ, E.; SÁNCHEZ, M.; MOLINA, A.; SCHAEFER, A.; CERVANTES, I.; VALERA, M. Using eye temperature and heart rate for stress assessment in young horses competing in jumping competitions and its possible influence on sport performance. *Animal*, v.7, n. 12, p. 2044-2053, 2013.

- BERASATEGI, I; BARRIUSO, B.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. *Food chemistry*, v. 132, n. 1, p. 439-446, 2012.
- BERKMAN, C.; ALBERNAZ, R. M.; BASILE, R. C.; LACERDA-NETO, J. C.; QUEIROZ-NETO, A.; FERRAZ, G. C. Exercício em esteira não elevou a temperatura do casco de equinos. *Ciência Rural*, v. 41, n. 8, 2011.
- BOWMAN, V. A., J.P. FONTENOT, T.N. MEACHAM, K.E., AND WEBB. 1979. Acceptability and digestibility of animal vegetable and blended fats by equine. In: Proc. 6th Equine Nutr. Physiol. Symp., p. 74.
- CAKE, M.A.; READ, R.A.; GUILLOU, B.; GOSH, P. Modification of articular cartilage and subchondral bone pathology in an ovine meniscectomy model of osteoarthritis by avocado and soya unsaponifiables (ASU). *Osteoarthritis and Cartilage*, v. 8, p. 404–411, 2000.
- CARVALHO, T. D.; MARA, L. S. D. Hidratação e nutrição no esporte. *Rev. bras. med. Esporte*. v.16, n.2, p.144-148, 2010.
- CARVAJAL-ZARRABAL, O.; NOLASCO-HIPOLITO, C.; AGUILAR-USCANGA, M. G.; MELO-SANTIESTEBAN, G.; HAYWARD-JONES, P. M.; BARRADAS-DERMITZ, D. M. Avocado oil supplementation modifies cardiovascular risk profile markers in a rat model of sucrose-induced metabolic changes. *Disease markers*, v.2014, 2014.
- CINTRA, A. G. Óleos para equinos. Em: Alimentação equina: nutrição, saúde e bem-estar. Rio de Janeiro: Roca, 2016. P.179-188.
- CIUTACU, O. T.; MICLAUS, I.; TANASE, A. O. Research about evaluation of locomotory system of spot equine through digital infrared thermography. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine, v. 64, n. 1-2, p. 386-391, 2008.
- CYMBALUK, N. F.; CHRISTISON, G. I. Environmental effects on thermoregulation and nutrition of horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, v. 6, n. 2, p. 355-372, 1990.

- DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Hass avocado composition and potential health effects. *Critical reviews in food science and nutrition*, v. 53, n. 7, p. 738-750, 2013.
- DUNNETT, C. E.; MARLIN, D. J.; HARRIS, R. C. Effect of dietary lipid on response to exercise: relationship to metabolic adaptation. *Equine Veterinary Journal*, v. 34, n. S34, p. 75-80, 2002.
- EATON, M. D.; HODGSON, D. R.; EVANS, D. L.; BRYDEN, W. L.; ROSE, R. J. Effect of a diet containing supplementary fat on the capacity for high intensity exercise. *Equine Veterinary Journal*, v. 27, n. S18, p. 353-356, 1995.
- EVANS, D. L. Overview of Equine Exercise Physiology and Biochemistry. In: Training and fitness in athletic horses. Sidney: RIRDC, 2000. P. 2-19.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. 2016. Disponível em <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA>. Acesso em 20 dez. 2017.
- FRAPE, D. L. Diet and exercise performance in the horse. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 53, n. 1, p. 189-206, 1994.
- FULGONI, V. L.; DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Avocado consumption is associated with better diet quality and nutrient intake, and lower metabolic syndrome risk in US adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2001–2008. *Nutrition Journal*, v.12, n.1, p.1, 2013.
- GERARD, M. P.; DE GRAAF-ROELFSEMA, E.; HODGSON, D. R.; VAN DER KOLK, J. H. (2014). Energetic considerations of exercise. In: Hodgson, D.R; McKeever, K. H. McGowan, C. M. *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine*. Philadelphia: Saunders, ed.2, p.19-33, 2014.
- GOUDARZI, R.; REID, A.; MCDOUGALL, J. J. Evaluation of the novel avocado/soybean unsaponifiable Arthrocen to alter joint pain and inflammation in a rat model of osteoarthritis. *PloS one*, v. 13, n. 2, p. e0191906, 2018.
- HALL, C.; BURTON, K.; MAYCOCK, E.; WRAGG, E. A preliminary study into the use of infrared thermography as a means of assessing the horse's response to different training methods. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, v.6, n.5, p.291-292, 2011.

HARKING, J. D.; MORRIS, G. S.; TULLEY, R. T.; NELSON, A. G.; KAMERLING, S. G. Effect of added dietary fat on racing performance in Thoroughbred horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 12, n. 2, p. 123-129, 1992.

HARPER, D. L. The value of infrared thermography in the diagnosis and prognosis of injuries in animals. *Proceedings of Inframation*, p.115 a 22, 2000.

HODGSON, D. R. Thermoregulation. In: HODGSON, D. R.; MCGOWAN C. M.; MCKEEVER, K. H. The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine. 2ed. Saunders–Elsevier, St Louis, 2014; chap.8, p.108–124.

HOLLANDS, T.; CUDDEFORD, D. Effect of supplementary soya oil on the digestibility of nutrients contained in a 40: 60 roughage/concentrate diet fed to horses. *Pferdeheilkunde. Sonderheft*, v. 1, p. 128-132, 1992.

KAWCAK, C. E.; FRISBIE, D. D.; MCILWRAITH, C. W.; WERP, N. M.; PARK, R. D. Evaluation of avocado and soybean unsaponifiable extracts for treatment of horses with experimentally induced osteoarthritis. *American Journal of Veterinary Research*, v. 68, n. 6, p. 598-604, 2007.

KOHN, C.; ALLEN, A.K.; HARRIS, P. Nutrition for the equine athlete. *The Equine Athlete*, v.9, n.4, p.12-17, 1996.

KRONFELD, D. S. Dietary fat affects heat production and other variables of equine performance, under hot and humid conditions. *Equine veterinary journal*, v. 28, n. S22, p. 24-34, 1996.

KRONFELD, D.S.; CRANDEL, K.M.; CUSTALOW, S.E.; FERRANTE, P. L.; GAY, L. A.; GRAHAM-THIERS, P.; KLINE, K. A.; TAYLOR, L. E.; HOLLAND, J. L.; WILSON, J. A.; SKLAN, D. J.; HARRIS, P. A.; TIEGS, W. Studies of fat adaptation and exercise. In: RECENT ADVANCES IN EQUINE NUTRITION, 1998, Kentucky. Proceedings. Kentucky: Kentucky Equine Research, 1998. p.37-39.

LAWRENCE, L. Nutrition and the Athletic Horse. In: ROSE, D. R.; HODGSON, R. J. *The athletic horse*. Philadelphia: Saunders, 1994. p. 205-230.

LEWIS, L.D. Alimentação e cuidados dos equinos para desempenho atlético. In: *Nutrição Clínica Equina*. São Paulo: Roca, 2000. p. 293-348.

MAPA. Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavalo. *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília*, v. 56, 2016.

MATTOS, F.; ARAÚJO, K. V.; LEITE, G. G.; GOULART, H. D. M. Uso de óleo na dieta de equinos submetidos ao exercício. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 4, p. 1373-1380, 2006.

MELO, S. R. Termografia em Medicina Veterinária: uma técnica de infinitas possibilidades. *Boletim Apamvet*, v.8, p.16-18, 2017.

MCCANN, J. S.; MEACHAM, T. N.; FONTENOT, J. P. Energy utilization and blood traits of ponies fed fat-supplemented diets. *Journal of Animal Science*, v. 65, n. 4, p. 1019-1026, 1987.

MCCUTCHEON, L. J.; GEOR, R. J. Thermoregulation and exercise-associated heat stress. In: HINCHCLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; KANEPS, A. J. *Equine exercise physiology: the science of exercise in the athletic horse*. Philadelphia: Elsevier, 2008. p. 382-386.

MORGAN, K.; EHRLEMARK, A.; SALLVIK, K. Dissipation of heat from standing horses exposed to ambient temperatures between -3°C and 37°C . *Journal of Thermal Biology*, v.22, n.3, p.177-186, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(97\)00007-7](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(97)00007-7). Acesso em: 15 novembro 2017.

MOURA, D. J. D.; MAIA, A. P. D. A.; VERCELLINO, R. D. A.; MEDEIROS, B. B.; SARUBBI, J.; GRISKA, P. R. Uso da termografia infravermelha na análise da termorregulação de cavalo em treinamento. *Engenharia Agrícola*. 2011.

NADEL, E. R. Temperature regulation and prolonged exercise. In: GISOLFI CV, LAMB DR, NADEL ER. *Perspectives in exercise science and sports medicine. Exercise, heat, and thermoregulation*. Dubuque, IA: Brown; 1988; p. 125–146.

NEGRO, S.; BARTOLOMÉ, E.; MOLINA, A.; SOLÉ, M.; GÓMEZ, M. D.; VALERA, M. Stress level effects on sport performance during trotting races in Spanish Trotter Horses. *Research in Veterinary Science*, v.118, p.86-90, 2018.

OLDHAM, S. L.; POTTER, G. D.; EVANS, J. W.; SMITH, S. B.; TAYLOR, T. S.; BARNES, W. S. Storage and mobilization of muscle glycogen in exercising horses fed

a fat-supplemented diet. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 10, n. 5, p. 358-359, 1990.

OLUSHOLA, A. I.; ADERIBIGBE, K. O.; STEPHEN, S. O.; AYODEJI, O. S. Biochemical Effects of Aqueous Extract of *Persea americana* (Mill) on the Myocardium of Left Ventricle of High Salt-Fed Adult Wistar Rats. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, v.22, n.4, p.765-769, 2017.

ORME, C. E.; HARRIS, R. C.; MARLIN, D. J.; HURLEY, J. Metabolic adaptation to fat supplemented diet by the thoroughbred horse. *Br. J. Nutr.*, v.78, p.443-458, 1997.

PAGAN, J. D.; GEOR, R. J.; HARRIS, P. A.; HOEKSTRA, K.; GARDNER, S.; HUDSON, C.; PRINCE, A. Effects of fat adaptation on glucose kinetics and substrate oxidation during low-intensity exercise. *Equine Veterinary Journal*, v. 34, n. S34, p. 33-38, 2002.

PEREIRA, B.; DE SOUZA JUNIOR, T. P. Lipídios e exercício físico. In: PEREIRA, B.; DE SOUZA JUNIOR, T. P. *Metabolismo celular e exercício físico: aspectos bioquímicos e nutricionais*. 3 ed. Phorte Editora LTDA, 2010, cap. 7, p.122-145.

PÖSÖ, A. R.; HYYPPÄ, S.; GEOR, R. J. Metabolic responses to exercise and training. In: HINCHCLIFF, K. W.; KANEPS, A. J.; GEOR, R. J. *Equine Sports Medicine and Surgery*. Philadelphia: Saunders Elsevier Limited, 2004, p.771-792.

PROCHNO, H. C.; RODRIGUES, P. F.; VIEIRA, B. P.; JANSEN, R. A. A.; BARUSSI, F. M.; BASTOS, F. Z.; MICHELOTTO JR, P. V. Avaliação termográfica do boleto dos membros torácicos e pélvicos de cavalos Puro Sangue Inglês de corrida em início de treinamento. *Revista Acadêmica: Ciência Animal*, v. 15, p. 191-192, 2017.

RANADE, S. S.; THIAGARAJAN, P. A Review on *Persea americana* Mill (Avocado) - Its Fruits and Oil. *Int. J. PharmTech Res*, v.8, n.6, p.72-77, 2015.

ROBB, J., HARPER, R. B., HINTZ, H. F., REID, J. T., LOWE, J. E., SCHRYVER, H. F., & RHEE, M. S. S. Chemical composition and energy value of the body, fatty acid composition of adipose tissue, and liver and kidney size in the horse. *Animal Science*, v. 14, n. 1, p. 25-34, 1972.

ROSE R. J., ILKIW J. E., ARNOLD K. S., BACKHOUSE, J. W., SAMPSON, D.: Plasma biochemistry in the horse during 3-day event competition. *Equine veterinary journal*, 12(3), 132-136. Plasma biochemistry in the horse during 3-day event competition, *Equine Vet J* 12(3):132–136, 1980.

SALA, L. C. C.; ELUI, M. C.; JARDIM, M. C. Avaliação termográfica da musculatura pélvica de equinos da modalidade esportiva de três tambores. *Pubvet*, Londrina, v.6, n.29, ed.216, p.1436-42, 2012.

SALAZAR, M.J.; HAFIDI, M.E.; PASTELIN, G.; ORTEGA, M.C.R.; MANDOZA, M.A.S. Effect of an avocado oil-rich diet over an angiotensin II-induced blood pressure response. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 98, p. 335–338, 2005.

SAGE, A. M.; TURNER, T. A. Ultrasonography of the soft tissue structures of the equine foot. *Equine Veterinary Education*, v.14, n.4, p.221-224, 2002.

SCOTT, B. D.; POTTER, G. D.; GREENE, L. W.; VOGELSANG, M. M.; ANDERSON, J. G. Efficacy of a fat-supplemented diet to reduce thermal stress in exercising thoroughbred horses. In *Proceedings, 13th Equine Nutrition Physiology Symposium*, 1993. p. 66-71.

SOROKO, M.; CWYNAR, P.; HOWELL, K.; YARNELL, K.; DUDEK, K.; ZABORSKI, D. Assessment of saddle fit in racehorses using infrared Thermography. *Journal of Equine Veterinary Science*. v.63, p.30-34, 2018a.

SOROKO, M.; HOWELL, K.; DUDEK, K.; WILK, I.; ZASTRZEŻYŃSKA, M.; JANCZAREK, I. A pilot study in to the utility of dynamic infrared thermography for measuring body surface temperature changes during treadmill exercise in horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 62, p. 44-46, 2018b.

STEWART, M.; WEBSTER, J. R.; SCHAEFER, A. L.; COOK, N. J.; SCOTT, S. L. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare*, v.14, n.4, p.319-325, 2005.

TURNER, T. A. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, v.7, n.2, p.311-337, 1991.

TURNER, T. A. Diagnostic thermography. *Veterinary Clinics of North America Equine Practice*, v. 17, p. 95-113, 2001.

VIEIRA, R, P. M. Estudo da utilidade da termografia infravermelha na medição da dor em cavalos com cólica: comparação com escalas de dor padronizadas. 2017. 78f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa.

Artigo científico a ser submetido ao periódico: **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** (versão On-line ISSN 1678-4162). Normas em: <http://cpro4576.publiccloud.com.br:8080/editora/instrucoesAutores.do>

CAPÍTULO II:

Efeito da suplementados com óleo de avocado (*Persea americana* Mill) na temperatura superficial corpórea de equinos antes e após exercício em esteira

[Effect of supplements with avocado oil (Persea americana Mill) on body surface temperature of horses before and after exercise on treadmill]

Marina Gonzales de Carvalho¹, Tatiana Yumi Mizucina Akutagawa¹, Thiago Yukio Nitta¹, Nayara Maria Gil Mazzante¹, José Ricardo Barboza Silva¹, Celso Antônio Rodrigues¹, Carlos Alberto Hussni¹, Ana Liz Garcia Alves¹, Marcos Jun Watanabe^{1*}

¹ Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária – UNESP- Botucatu, SP.

*Autor para correspondência: Marcos Jun Watanabe.

Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária da FMVZ – UNESP.

Rua Prof. Doutor Walter Mauricio Correa, s/n.

Bairro: Unesp Campus de Botucatu. Botucatu, São Paulo. CEP:18618-681.

RESUMO

Oito equinos foram distribuídos em delineamento randomizado cruzado, sendo um grupo sem suplementação (GC) e outro grupo suplementado com óleo de avocado (GOAv) por um período de seis semanas. Ao fim da sexta semana, os animais foram submetidos a teste padrão de exercício progressivo (TPEP) e após sete dias a teste de baixa intensidade e longa duração (BILD). Após o primeiro ciclo, houve período de descanso “washout” de 30 dias para troca de grupos para o segundo ciclo, que seguiu o protocolo do primeiro. A termorregulação foi avaliada com base na temperatura retal e na temperatura superficial corpórea, obtidas por termografia, de 15 regiões de interesse.

A temperatura retal e as imagens termográficas foram obtidas antes, um minuto e 15 minutos após o exercício. Não houve diferença entre os grupos GC e GOAv em nenhum momento. Os resultados obtidos neste estudo revelaram que a suplementação de 5% da MS com óleo de avocado por seis e sete semanas não influenciou na termorregulação com base na temperatura superficial corpórea dos equinos submetidos a teste padrão de exercício progressivo e exercício de baixa intensidade e longa duração, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Abacate, Metabolismo Lipídico, Suplemento, Termografia, Termorregulação.

ABSTRACT

Eight equines were distributed in a randomized crossover design, one control group (CG) without supplementation and another group supplemented (SG) with avocado oil for a period of six weeks. At the end of the sixth week, the animals were submitted to standard exercise test (SET) and after seven days the low intensity test (LIT). After the first cycle, there was a 30-day washout rest period to exchange groups for the second cycle, which followed the protocol of the first one. Thermoregulation was evaluated based on rectal temperature and body surface temperature, obtained by thermography, of 15 regions of interest. Rectal temperature and thermographic images were obtained before, one minute and 15 minutes after exercise. There was no difference between the CG and SG at any time. The results obtained in this study revealed that the supplementation of 5% of dry matter with avocado oil for six and seven weeks did not influence the thermoregulation based on the body surface temperature of the horses submitted to SET and LIT, respectively.

KEY WORDS: Avocado, Lipid Metabolism, Supplement, Thermography, Thermoregulation.

INTRODUÇÃO

O esforço físico produz, a partir da oxidação dos nutrientes, cerca de 80% de energia térmica direta e 20% de energia química. Esta, transforma-se em energia mecânica, que produz o movimento e posteriormente é convertida também em energia térmica, ou seja, o produto final do exercício ao final do movimento é 100% calor (Carvalho e Mara, 2010; Hodgson, 2014).

O sistema de termorregulação equino precisa ser extremamente eficiente, para que não ocorra hipertermia durante a atividade física. Porém, este sistema pode ser afetado pela intensidade do exercício, pelas condições ambientais e pela dieta ingerida (Hodgson, 2014).

O calor gerado dentro dos músculos em atividade é transferido para os tecidos periféricos através da circulação, pela vasodilatação periférica cutânea, aumentando a temperatura superficial corpórea em 1° a 2° C acima da temperatura ambiente, facilitando a troca de calor, por mecanismos como condução, convecção, radiação e evaporação, sendo o principal método termorregulatório a evaporação do suor (Cymbaluk e Christison, 1990; Mccutcheon e Geor, 2008; Hodgson, 2014).

A suplementação com óleos vegetais na dieta de cavalos pode favorecer o desempenho atlético, pelo aumento de energia disponível e pela redução do incremento calórico, pois a formação de ATP (Adenosina Trifosfato), via ácidos graxos, produz em torno de 3% a menos de calor quando comparado à oxidação via glicólise (Kohn, Allen e Harris, 1996).

Dentre os óleos vegetais, o óleo de avocado tem se destacado por sua composição e ação no organismo. É composto principalmente por ácidos graxos monoinsaturados, sendo o oleico o mais abundante, possui ação antioxidante, hepatoprotetora, anti-trombogênica e potenciais benefício à saúde cardiovascular. Além disso, requer menor gasto energético para sua digestão, fornecendo mais energia para o animal sem risco de sobrecarga pelo aumento da ingestão de carboidratos e com menor produção de calor metabólico (Ranade e Thiagarajan, 2015; Dreher e Davenport, 2013).

De acordo com Pösö, Hyypä e Geor (2004), os cavalos atletas podem ingerir até 20% do total da necessidade energética diária advindo de lipídeos. Porém, é necessário um período de adaptação do metabolismo equino e das enzimas do trato digestório à suplementação rica em gordura, para aumentar a capacidade de utilização e oxidação dos ácidos graxos como fonte de energia, poupando as reservas de glicogênio. Este período pode variar de 21 dias a 12 semanas (Oldham et al., 1990; Harking et al., 1992; Scott et al., 1993; Frape, 1994; Lewis, 2000; Dunnett, Marlin e Harris, 2002; Pösö, Hyypä e Geor, 2004; Mattos et al., 2006).

Scott et al. (1993) utilizou oito equinos Puro Sangue Inglês em estudo randomizado cruzado, com dieta prévia para atingir teor moderado de gordura corporal,

seguido de dieta para manutenção e adaptação ao exercício, sendo condicionados ao galope por 28 dias para atingir nível consistente de aptidão física. Após este período, receberam a dieta com suplementação de gordura por 21 dias e então os animais realizaram teste de exercício composto por três *sprints* de 600 m em pista ovalada. A produção de calor foi estimada por cálculos baseados no gasto de energia durante o trabalho, o qual foi obtido através de amostras de volumes de ar expirado coletadas ao final do terceiro *sprint* em repouso. Houve redução de 14% na produção de calor total de equinos alimentados com gordura adicionada à ração, sugerindo que maior quantidade de energia poderia ser utilizada para a atividade física e armazenamento de glicogênio, ao invés da perda na forma de calor.

Uma forma de avaliar a termorregulação é através do exame termográfico, onde a câmera termográfica capta as ondas eletromagnéticas de frequência infravermelha e as transformam em uma representação pictórica da temperatura superficial corpórea, de acordo com o calor emitido por um corpo (Andrade Filho, 1999; Turner, 1991; Turner, 2001).

Em exercícios de alta intensidade e curta duração, o organismo produz mais calor do que consegue dissipar, levando a stress térmico, restabelecendo troca efetiva após o término do exercício (Mccutcheon e Geor, 2008; Hodgson, 2014). Já em exercício de baixa intensidade e longa duração o organismo consegue dissipar o calor conforme vai produzindo, de forma mais equilibrada e mantendo a temperatura interna estável (Nadel, 1988).

Objetivou-se neste trabalho, avaliar a influência da suplementação com óleo de avocado na temperatura superficial corpórea, obtida por termografia, de equinos da raça Puro Sangue Árabe (PSA) destreinados e submetidos a Teste Padrão de Exercício Progressivo (TPEP).

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Unesp, campus de Botucatu, protocolo nº165/2016 - CEUA.

Foram utilizados oito equinos da raça Puro Sangue Árabe, machos castrados, hípidos, com massa corporal média de 341 ± 15 kg e idade de 5 ± 1 anos, desferrados,

ao menos há três meses sem atividade física controlada e pertencentes ao plantel de equinos da FMVZ – Unesp.

Os animais foram selecionados após serem submetidos a exame físico e exame específico dos sistemas locomotor, respiratório e cardiocirculatório, além de exames laboratoriais como hemograma, leucograma e perfil bioquímico sérico.

O manejo nutricional foi estabelecido para atender as necessidades nutricionais de cavalos em manutenção (NRC, 2007), resultando na ingestão de matéria seca de 2% do peso vivo (PV), em uma relação de volumoso/concentrado de 1,25/0,75% respectivamente, sendo composta de feno de capim *coast-cross* e concentrado comercial para equinos (Proequi 13 laminados® - Guabi Ind. Brasileira, Brasil) fornecidos em duas refeições às 7h e 17h30 em cochos individuais. O suplemento mineral (Coequi Plus® - Tortuga Cia Zootécnica Agrária, Brasil) e a água foram oferecidos *ad libitum*.

Este estudo consistiu de delineamento randomizado cruzado (Fig. 1) onde oito equinos da raça Árabe foram divididos aleatoriamente em dois grupos de quatro animais que passaram por dois tratamentos por ciclo (suplementados com óleo de avocado – GOAv e controle – GC) sendo distribuídos quatro animais por tratamento/ciclo. Foram realizados dois ciclos com 30 dias de intervalo, visando diminuir a influência dos tratamentos.

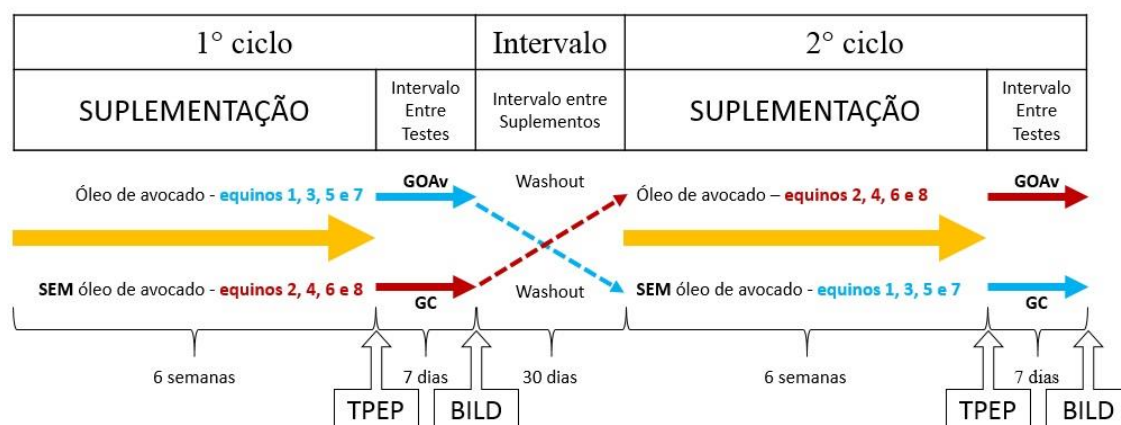


Figura 1. Distribuição dos 8 equinos nos grupos, etapas de suplementação e testes físicos de exercício em esteira.

Os grupos foram:

- ✓ Grupo Óleo de Avocado (GOAv, n=8) – equinos suplementados que receberam diariamente 5% de óleo de avocado referente à matéria seca da dieta por kg

antes do Teste Padrão de Exercício Progressivo (TPEP) ou do Teste de Exercício de Baixa Intensidade e Longa Duração (BILD);

- ✓ Grupo Controle (GC, n=8) – equinos que não receberam suplementação com óleo antes do Teste Padrão de Exercício Progressivo (TPEP) ou do Teste de Exercício de Baixa Intensidade e Longa Duração (BILD).

Antes da realização dos testes todos os equinos passaram por uma fase de condicionamento que consistiu de um período de 30 dias visando à padronização das respostas fisiológicas e metabólicas dos cavalos durante o experimento, os cavalos foram submetidos à adaptação ao manejo nutricional, ao ambiente de realização dos testes físicos (manipulação no tronco, instrumentação e equipe) e à realização de exercício físico em esteira nos aspectos do exercício na esteira (inclinação da esteira, mudança de velocidade e alta velocidade).

A suplementação com óleo de avocado (Jaguacy Avocado Brasil®) foi realizada diariamente por meio do cálculo do volume de óleo correspondente a 5% da matéria seca da dieta, sendo que o volume em média 600 g foi dividido em duas porções ao dia (300 g), misturado à ração e então oferecido em cochos individuais. A suplementação foi realizada pelo período de 6 semanas, sendo que nos sete primeiros dias os cavalos receberam 50% da dose, como período de adaptação. O grupo controle recebeu somente a ração comercial para equinos também em cochos individuais.

O protocolo do Teste Padrão de Exercício Progressivo (TPEP) foi realizado com a esteira inclinada a 6%, com fases sequenciais de velocidades progressivas (intensidades de exercício), de acordo com o protocolo: velocidade inicial de 1,8 m/s por um período de 5 min, seguindo a 4,0 m/s por 3 min, 6,0; 7,0; 8,0; 9,0 e 10,0 m/s por 2 min em cada velocidade, ou até quando os cavalos não conseguiram manter o galope mesmo sendo estimulados.

Já o protocolo do Teste de Exercício de Baixa Intensidade e Longa Duração (BILD) consistiu da inclinação da esteira a 6% e velocidade de exercício correspondente à V_{140} de cada animal, obtida no TPEP, pelo período de 60 min e na sequência 10 min de desaquecimento ativo a 1,8 m/s com 0% de inclinação.

O V_{140} corresponde à velocidade do animal quando sua frequência cardíaca atinge 140 bpm, obtido por uma regressão linear de acordo com os batimentos cardíacos mensurados no TPEP.

O exame termográfico seguiu as recomendações de Basile et al. (2010), sendo que os animais foram ambientados 90 minutos antes do exercício, às três horas da manhã, evitando a interferência da luz solar sobre a pele. Os cavalos tiveram os cascos e a pele limpos, com o uso de limpador de casco, escova e compressa de algodão, sem utilização de água. Após o preparo dos animais, o Centro de Medicina Equina Esportiva permaneceu com as portas fechadas e os cavalos não foram manipulados desde 30 minutos anteriores à avaliação. A temperatura e umidade do ar foram mensuradas com termohigrômetro digital portátil e registradas em cada um dos momentos.

Três imagens termográficas foram capturadas, para análise de 15 regiões cutâneas, em três momentos: pré (M0), 1 min (M1) e 15 (M15) minutos após o exercício, com os cavalos em estação. Todas as imagens foram obtidas no mesmo ambiente utilizando termógrafo (FLIR SC660®) ajustado com emissividade de 0,98 e calibrado ilustrando o contraste da banda coronária do casco do equino representada em vermelho (vista dorsal), na paleta de cores/temperatura *rainbow*, com intervalo entre as temperaturas máxima e mínima de 10°C, de acordo com o preconizado por Basile et al. (2010).

As imagens termográficas foram obtidas na seguinte ordem: face dorsal da região distal dos membros torácicos, região lateral esquerda da cabeça e face caudal da região da musculatura dos membros pélvicos; sempre a 1,5 m de distância da região escolhida, com a superfície da lente posicionada paralelamente à superfície a ser examinada, conforme preconizado por Basile et al. (2010).

A imagem dos membros torácicos foi realizada com o foco entre os ossos metacarpais terceiros e a avaliação termográfica foi realizada em cinco regiões anatômicas de cada membro (Fig. 2). Na região lateral esquerda da cabeça, estabeleceu-se a região do globo ocular, restringindo-se à análise da borda palpebral pósteromedial da pálpebra inferior e à carúncula lacrimal, onde foi obtido o ponto máximo da temperatura (Fig. 3). No membros pélvicos escolheu-se as regiões do músculo semitendíneo e da porção cranial do músculo bíceps femoral (Fig. 4).

As imagens foram analisadas utilizando o software Flir QuickReport® 1.2 SP2, onde utilizou-se a temperatura máxima de cada região anatômica. A temperatura retal foi aferida com termômetro clínico digital flexível G-Tech® em todos os momentos.

Os dados obtidos por termografia foram padronizados, em função da temperatura ambiente no dia da primeira avaliação conforme descrito no estudo de Basile et al.

(2010), para possibilitar a comparação entre estas temperaturas ao longo do tempo. Os dados apresentaram distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

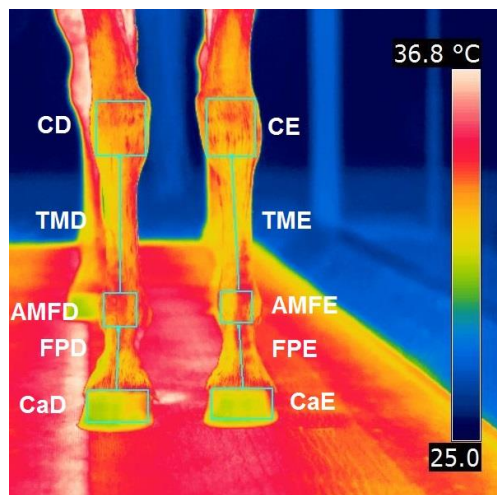


Figura 2. Termograma da face dorsal da região distal dos membros torácicos. As regiões cutâneas mensuradas foram, o aspecto dorsal de: CD – carpo direito; CE – carpo esquerdo; TMD – terceiro metacarpal direito; TME – terceiro metacarpal esquerdo; AMFD – articulação metacarpofalângica direita; AMFE – articulação metacarpofalângica; FPD – falange proximal direita; FPE – falange proximal esquerda; CaD – casco direito; CaE – casco esquerdo.

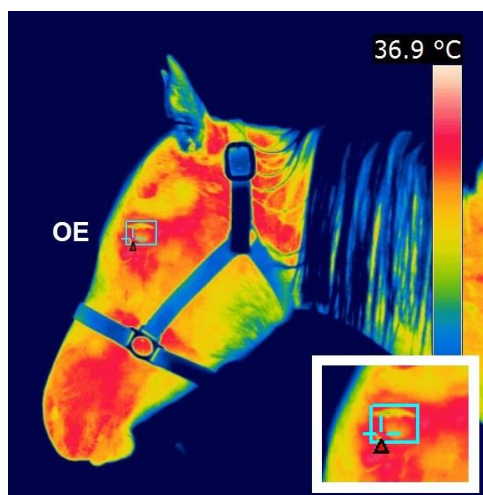


Figura 3. Termograma da cabeça lateral esquerda, com delimitação do olho esquerdo (OE) para análise da borda palpebral pósterio-medial da pálpebra inferior, onde foi obtido o ponto máximo (seta) da temperatura ocular.

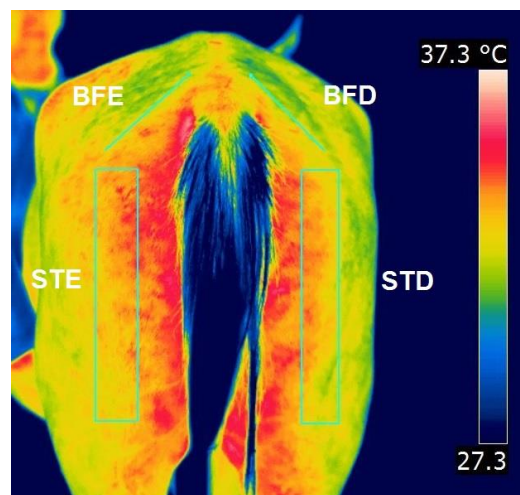


Figura 4. Termograma da musculatura pélvica, das regiões cutâneas de: STE – músculo semitendíneo esquerdo; STD – músculo semitendíneo direito; BFE – músculo bíceps femoral esquerdo; BFD – músculo bíceps femoral direito.

Para cada região corpórea, diferenças de média entre tratamentos e momentos foram avaliadas por meio de análise de variância (ANOVA) seguida de teste *post hoc* de Tukey. Com o intuito de controlar efeitos confundidores nas análises, os modelos de ANOVA incluíram a temperatura ambiental como covariável e animal como efeito fixo. Um nível de significância de $P < 0,05$ foi adotado para todas as comparações. Todas as análises foram realizadas com auxílio do software R v3.4.4 (R Core Team, 2018).

Padronizou-se os dados obtidos pela termografia de acordo com a temperatura ambiente, do Centro de Medicina Equina Esportiva, do primeiro dia de teste, que foi 24,3 °C, conforme descrito no estudo de Basile et al. (2010), para possibilitar a comparação entre as temperaturas ao longo do tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da temperatura ambiental e umidade relativa do ar foram monitoradas em todos os momentos no ambiente experimental, variando de 18,9 a 26,5° C e de 45 a 99%, respectivamente. Esses dados foram utilizados para prever o comprometimento de rotas respiratórias e evaporativas em climas quentes e úmidos, de acordo com método descrito por Cymbaluk e Christison (1990), onde soma-se a temperatura ambiente (° F) à umidade relativa. Os valores apresentaram-se entre 119 e 178, não atingindo o valor de 180, no qual a atividade física não é recomendada devido à perda de calor por evaporação ser extremamente difícil.

As outras variáveis ambientais não interferiram na temperatura dos animais, pois os testes eram realizados em ambiente fechado, com ambientação há 1h 30min do teste, sem interferência de luz solar e sem exposição à chuvas ou ventos.

Os dados de temperatura derivados das 15 regiões corpóreas e temperatura retal dos equinos submetidos ao TPEP e ao BILD estão apresentados nas Tab. 1 e 2, respectivamente.

Nenhuma variável analisada apresentou diferença entre os grupos GOAv e GC em nenhum dos testes, demonstrando que não houve influência da suplementação com óleo de avocado na temperatura superficial corpórea e retal analisadas neste estudo. Apesar de Scott et al. (1993) terem constatado redução de 14% do calor corporal de equinos alimentados com dietas com adição de óleo, este valor foi estimado por método diferente do presente estudo, por cálculos baseados no gasto de energia durante o

trabalho, obtido através de amostras de volumes de ar expirado coletadas ao final do exercício.

Tabela 1. Temperaturas (°C) representadas pela média $\pm$ desvio-padrão (DP) das diferentes regiões anatômicas cutâneas submetidas à termografia e da temperatura retal antes, após 1 min e 15 minutos do teste padrão de exercício progressivo.

Região	Tratamento	Momento		
		M0	M1	M15
RET	GOAv	37,05 $\pm$ 0,25 Ab	39,18 $\pm$ 0,59 Aa	39,54 $\pm$ 0,48 Aa
	GC	37,18 $\pm$ 0,36 Ab	39,33 $\pm$ 0,46 Aa	39,36 $\pm$ 0,39 Aa
OE	GOAv	35,30 $\pm$ 0,27 Ab	37,84 $\pm$ 0,52 Aa	37,16 $\pm$ 0,80 Aa
	GC	35,34 $\pm$ 0,31 Ac	37,95 $\pm$ 0,49 Aa	37,41 $\pm$ 0,25 Ab
CD	GOAv	31,57 $\pm$ 2,56 Ab	36,47 $\pm$ 1,47 Aa	35,94 $\pm$ 1,42 Aa
	GC	30,06 $\pm$ 3,03 Ab	36,32 $\pm$ 1,19 Aa	35,82 $\pm$ 1,18 Aa
CE	GOAv	31,26 $\pm$ 2,56 Ab	36,17 $\pm$ 1,47 Aa	35,83 $\pm$ 1,28 Aa
	GC	30,37 $\pm$ 2,68 Ab	36,42 $\pm$ 1,58 Aa	36,11 $\pm$ 1,55 Aa
TMD	GOAv	31,05 $\pm$ 2,39 Ab	34,52 $\pm$ 1,27 Aa	34,96 $\pm$ 1,76 Aa
	GC	29,40 $\pm$ 3,09 Ab	34,40 $\pm$ 0,69 Aa	34,65 $\pm$ 1,38 Aa
TME	GOAv	30,69 $\pm$ 2,28 Ab	34,68 $\pm$ 1,32 Aa	35,11 $\pm$ 1,63 Aa
	GC	29,47 $\pm$ 2,86 Ab	34,66 $\pm$ 0,78 Aa	34,81 $\pm$ 1,18 Aa
AMFD	GOAv	32,66 $\pm$ 2,48 Ab	35,25 $\pm$ 1,30 Aa	35,80 $\pm$ 1,98 Aa
	GC	30,25 $\pm$ 3,66 Ab	35,88 $\pm$ 1,42 Aa	35,52 $\pm$ 1,47 Aa
AMFE	GOAv	32,43 $\pm$ 2,62 Ab	35,90 $\pm$ 1,41 Aa	35,86 $\pm$ 1,94 Aa
	GC	30,17 $\pm$ 3,11 Ab	36,16 $\pm$ 1,42 Aa	35,85 $\pm$ 0,94 Aa
FPD	GOAv	31,82 $\pm$ 1,45 Ab	33,65 $\pm$ 1,60 Aab	34,82 $\pm$ 1,58 Aa
	GC	29,58 $\pm$ 2,97 Ab	33,87 $\pm$ 1,51 Aa	33,67 $\pm$ 1,73 Aa
FPE	GOAv	32,00 $\pm$ 1,86 Ab	33,93 $\pm$ 1,70 Aab	34,36 $\pm$ 1,65 Aa
	GC	30,25 $\pm$ 1,92 Ab	33,85 $\pm$ 1,74 Aa	34,49 $\pm$ 1,45 Aa
CaD	GOAv	34,54 $\pm$ 1,75 Ab	35,68 $\pm$ 0,93 Aab	36,53 $\pm$ 1,52 Aa
	GC	31,89 $\pm$ 4,21 Ab	35,11 $\pm$ 2,00 Aab	36,02 $\pm$ 1,59 Aa
CaE	GOAv	34,46 $\pm$ 1,85 Ab	35,70 $\pm$ 0,97 Aab	36,41 $\pm$ 1,44 Aa
	GC	32,61 $\pm$ 3,01 Ab	35,37 $\pm$ 2,10 Aab	36,41 $\pm$ 1,82 Aa
STD	GOAv	34,77 $\pm$ 1,64 Ab	38,95 $\pm$ 1,40 Aa	37,88 $\pm$ 1,25 Aa
	GC	34,23 $\pm$ 1,53 Ab	38,34 $\pm$ 1,48 Aa	37,59 $\pm$ 1,30 Aa
STE	GOAv	34,76 $\pm$ 1,16 Ab	39,09 $\pm$ 1,39 Aa	38,12 $\pm$ 1,31 Aa
	GC	34,58 $\pm$ 1,65 Ab	38,43 $\pm$ 1,57 Aa	37,68 $\pm$ 1,41 Aa
BFD	GOAv	32,81 $\pm$ 1,55 Ab	37,01 $\pm$ 1,42 Aa	35,86 $\pm$ 1,07 Aa
	GC	32,35 $\pm$ 1,16 Ab	36,80 $\pm$ 1,14 Aa	35,88 $\pm$ 1,02 Aa
BFE	GOAv	33,09 $\pm$ 1,51 Ab	36,91 $\pm$ 1,02 Aa	35,92 $\pm$ 1,19 Aa
	GC	32,26 $\pm$ 1,29 Ab	37,00 $\pm$ 1,22 Aa	35,89 $\pm$ 0,98 Aa

Médias com letras maiúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas entre grupos.

Médias com letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferenças significativas entre momentos.

RET – retal; CD – carpo direito; CE – carpo esquerdo; TMD – terceiro metacarpal direito; TME – terceiro metacarpal esquerdo; AMFD – articulação metacarpofalângica direita; AMFE – articulação metacarpofalângica esquerda; FPD – falange proximal direita; FPE – falange proximal esquerda; CaD – casco direito; CaE – casco esquerdo; OE – olho esquerdo; STE – músculo semitendíneo esquerdo; STD – músculo semitendíneo direito; BFE – músculo bíceps femoral esquerdo; BFD – músculo bíceps femoral direito.

GOAv: Grupo suplementado com 5% de óleo de avocado; GC: Grupo controle.

Tabela 2. Temperaturas (°C) representadas pela média $\pm$ desvio-padrão (DP) das diferentes regiões anatômicas cutâneas submetidas à termografia e da temperatura retal antes, após 1 min e 15 minutos do teste de baixa intensidade e longa duração.

Região	Tratamento	Momento		
		M0	M1	M15
RET	GOAv	37,43 $\pm$ 0,37 Ab	39,76 $\pm$ 0,99 Aa	38,93 $\pm$ 0,70 Aa
	GC	37,44 $\pm$ 0,18 Ac	39,87 $\pm$ 0,74 Aa	38,61 $\pm$ 0,81 Ab
OE	GOAv	35,24 $\pm$ 0,38 Ab	36,48 $\pm$ 0,81 Aa	36,25 $\pm$ 0,89 Aa
	GC	35,09 $\pm$ 0,48 Ab	36,66 $\pm$ 1,00 Aa	36,01 $\pm$ 0,70 Aab
CD	GOAv	30,51 $\pm$ 3,24 Ab	34,56 $\pm$ 1,48 Aa	33,97 $\pm$ 1,12 Aa
	GC	29,05 $\pm$ 2,75 Ab	34,64 $\pm$ 1,41 Aa	34,13 $\pm$ 1,50 Aa
CE	GOAv	29,92 $\pm$ 3,74 Ab	34,67 $\pm$ 1,16 Aa	34,07 $\pm$ 0,52 Aa
	GC	28,81 $\pm$ 2,15 Ab	34,76 $\pm$ 2,45 Aa	34,41 $\pm$ 2,08 Aa
TMD	GOAv	29,80 $\pm$ 2,01 Ab	33,50 $\pm$ 1,52 Aa	32,81 $\pm$ 1,58 Aa
	GC	28,35 $\pm$ 2,29 Ab	33,65 $\pm$ 1,93 Aa	32,68 $\pm$ 1,60 Aa
TME	GOAv	29,29 $\pm$ 3,09 Ab	34,22 $\pm$ 1,65 Aa	33,17 $\pm$ 1,33 Aa
	GC	28,87 $\pm$ 2,30 Ab	33,49 $\pm$ 1,68 Aa	33,11 $\pm$ 1,98 Aa
AMFD	GOAv	31,29 $\pm$ 2,08 Ab	34,40 $\pm$ 1,24 Aa	33,92 $\pm$ 1,28 Aa
	GC	30,11 $\pm$ 3,30 Ab	34,54 $\pm$ 2,07 Aa	34,13 $\pm$ 2,46 Aa
AMFE	GOAv	30,05 $\pm$ 3,06 Ab	34,86 $\pm$ 1,07 Aa	33,82 $\pm$ 1,00 Aa
	GC	30,46 $\pm$ 3,59 Ab	34,81 $\pm$ 2,07 Aa	34,34 $\pm$ 1,97 Aa
FPD	GOAv	33,38 $\pm$ 1,58 Aa	33,22 $\pm$ 1,21 Aa	32,93 $\pm$ 0,95 Aa
	GC	31,36 $\pm$ 4,05 Aa	33,37 $\pm$ 1,81 Aa	32,84 $\pm$ 2,39 Aa
FPE	GOAv	32,19 $\pm$ 3,75 Aa	33,66 $\pm$ 1,44 Aa	33,15 $\pm$ 0,97 Aa
	GC	31,99 $\pm$ 4,23 Aa	33,54 $\pm$ 1,64 Aa	33,10 $\pm$ 2,49 Aa
CaD	GOAv	35,15 $\pm$ 2,26 Aa	33,38 $\pm$ 0,45 Aa	33,64 $\pm$ 1,34 Aa
	GC	32,72 $\pm$ 4,10 Aa	33,58 $\pm$ 1,56 Aa	34,03 $\pm$ 2,45 Aa
CaE	GOAv	32,95 $\pm$ 4,25 Aa	33,38 $\pm$ 0,68 Aa	34,09 $\pm$ 1,47 Aa
	GC	32,95 $\pm$ 4,07 Aa	33,84 $\pm$ 1,60 Aa	34,08 $\pm$ 2,13 Aa
STD	GOAv	35,28 $\pm$ 1,47 Ab	37,13 $\pm$ 1,10 Aa	35,92 $\pm$ 0,68 Aab
	GC	33,93 $\pm$ 1,13 Ab	36,27 $\pm$ 1,10 Aa	35,56 $\pm$ 1,15 Aab
STE	GOAv	35,14 $\pm$ 1,60 Ab	37,18 $\pm$ 0,98 Aa	36,05 $\pm$ 0,73 Aab
	GC	34,55 $\pm$ 1,45 Ab	36,75 $\pm$ 1,54 Aa	36,24 $\pm$ 1,66 Aab
BFD	GOAv	32,67 $\pm$ 1,46 Ab	35,30 $\pm$ 0,94 Aa	33,90 $\pm$ 0,69 Aab
	GC	32,44 $\pm$ 0,91 Ab	35,10 $\pm$ 1,17 Aa	33,51 $\pm$ 1,31 Aab
BFE	GOAv	32,56 $\pm$ 0,91 Ab	34,76 $\pm$ 1,17 Aa	33,64 $\pm$ 0,76 Aab
	GC	32,30 $\pm$ 0,77 Ab	34,36 $\pm$ 1,29 Aa	33,44 $\pm$ 1,41 Aab

Médias com letras maiúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas entre grupos.

Médias com letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferenças significativas entre momentos.

RET – retal; CD – carpo direito; CE – carpo esquerdo; TMD – terceiro metacarpal direito; TME – terceiro metacarpal esquerdo; AMFD – articulação metacarpofalângica direita; AMFE – articulação metacarpofalângica esquerda; FPD – falange proximal direita; FPE – falange proximal esquerda; CaD – casco direito; CaE – casco esquerdo; OE – olho esquerdo; STE – músculo semitendíneo esquerdo; STD – músculo semitendíneo direito; BFE – músculo bíceps femoral esquerdo; BFD – músculo bíceps femoral direito.

GOAv: Grupo suplementado com 5% de óleo de avocado; GC: Grupo controle.

Outro fator importante é em relação à dose utilizada (5% da MS) e o período de adaptação (6 semanas) que foram reduzidos devido ao custo do produto, podendo ter sido insuficientes para otimizar a captação de ácidos graxos, visto que outros autores sugerem suplementação com óleo referente a 10% da MS e até 12 semanas de adaptação ao metabolismo lipídico (Oldham et al., 1990; Harking et al., 1992; Scott et al., 1993; Frape, 1994; Lewis, 2000; Dunnett, Marlin e Harris, 2002; Pösö, Hyypä e Geor, 2004; Mattos et al., 2006).

No TPEP, a RET apresentou elevação de M0 ($37,05 \pm 0,25$ °C) para M1 ($39,18 \pm 0,59$ °C) mantendo a elevação até M15. Berkman et al. (2011) também constataram elevação da temperatura retal em pesquisa com teste de esforço, com elevação de $36,9 \pm 0,18$ °C para $40,1 \pm 0,07$ °C após o exercício. Já no BILD, a temperatura retal (RET) elevou-se de M0 ($37,44 \pm 0,18$ °C) para M1 ($39,87 \pm 0,74$ °C) e reduziu em M15 ($38,61 \pm 0,18$ °C), porém, sem voltar aos valores de repouso. Este aumento em M1 ocorre porque a temperatura central continua a aumentar nos primeiros minutos de recuperação do exercício máximo, à medida que o calor é redistribuído aos músculos (Hodgson, 2014). O fato de a temperatura retal após o BILD reduzir de M1 para M15 demonstra que os mecanismos termorregulatórios de exercícios prolongados são mais eficientes e tendem ao retorno da temperatura interna estável mais rapidamente que no TPEP (Nadel, 1988).

OE elevou-se em ambos os testes em M1, mantendo a elevação até M15. Esta variável tem sido relacionada ao nível de estresse de equinos durante competições, em conjunto com a frequência cardíaca (Bartolomé et al., 2013; Negro et al., 2018). Soroko et al. (2016) também observaram elevação da OE após exercício de cavalos de corrida e não constataram retorno ao valor basal até 2 horas após o exercício.

As temperaturas máximas das regiões do membro torácico: CD, CE, TMD, TME, AMFD, AMFE se comportaram similarmente à temperatura retal no TPEP e no BILD, elevando-se em M1 e mantendo a elevação em M15 demonstrando pouca participação destas regiões na termorregulação após exercício. No TPEP, FPD e FPE também apresentaram o mesmo comportamento.

Já no BILD, FPD e FPE se comportaram da mesma maneira que CaD e CaE não apresentando elevação após o exercício, permaneceram iguais em todos os momentos, corroborando com os achados de Berkman et al. (2011) em relação ao comportamento

antagonista do casco comparado às demais regiões. Estas regiões conseguiram dissipar o calor conforme sua produção, de forma equilibrada e mantendo a temperatura estável (Nadel, 1988).

No TPEP ocorreu elevação da temperatura dos CaD e CaE em M15, mantendo a temperatura de M0 em M1, conforme o BILD, porém, diferindo em M15, mostrando uma maior produção e consequente armazenamento de calor no TPEP, necessitando dissipar também através dos cascos, diferindo de Berkman et al. (2011) que não observaram elevação da temperatura do casco em 20 minutos pós exercício progressivo em esteira.

As regiões da musculatura pélvica: STE, STD, BFE, BFD, apresentaram comportamento similar ao comportamento de RET e OE, elevando-se em M1 e mantendo a elevação em M15. Sala, Elui e Jardim (2012) observaram retorno da temperatura superficial da região dos músculos semitendíneo e semimembranáceo somente duas horas após o exercício.

Já no BILD, as temperaturas máximas das regiões STE, STD, BFE, BFD elevaram-se em M1 e reduziram e retornaram aos valores de repouso (M0) em M15. Durante o exercício, ocorre um maior aporte sanguíneo para a musculatura esquelética o que justifica o aumento da temperatura em M1, seguido de uma maior participação destes grupos musculares na dissipação do calor, contribuindo para a termorregulação, voltando aos valores de repouso em 15 minutos após o exercício.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo revelaram que a suplementação de 5% da MS com óleo de avocado por seis e sete semanas não influenciou na termorregulação com base na temperatura superficial corpórea dos equinos submetidos a teste padrão de exercício progressivo e exercício de baixa intensidade e longa duração, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de doutorado concedida;

REFERÊNCIAS

- ANDRADE FILHO, A.C. Teletermografia: princípios físicos, fisiológicos e fisiopatológicos da produção da imagem e suas indicações na clínica de dor e reabilitação. *Acta Fisiátrica*, v.6, n.2, p.55-59, 1999.
- BASILE, R. C.; BASILE, M. T.; ALBERNAZ, R. M.; PEREIRA, M. C.; ARAÚJO, R.; FERRAZ, G. C.; QUEIROZ-NETO, A. Guia prático de exames termográficos em equinos. *Revista Brasileira de Medicina Equina*, v.6, n. 31, p. 24-28, 2010.
- BERKMAN, C.; ALBERNAZ, R. M.; BASILE, R. C.; LACERDA-NETO, J. C.; QUEIROZ-NETO, A.; FERRAZ, G. C. Exercício em esteira não elevou a temperatura do casco de equinos. *Ciência Rural*, v. 41, n. 8, 2011.
- CARVALHO, T. D.; MARA, L. S. D. Hidratação e nutrição no esporte. *Rev. bras. med. Esporte*. v.16, n.2, p.144-148, 2010.
- CYMBALUK, N. F.; CHRISTISON, G. I. Environmental effects on thermoregulation and nutrition of horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, v. 6, n. 2, p. 355-372, 1990.
- DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Hass avocado composition and potential health effects. *Critical reviews in food science and nutrition*, v. 53, n. 7, p. 738-750, 2013.
- DUNNETT, C. E.; MARLIN, D. J.; HARRIS, R. C. Effect of dietary lipid on response to exercise: relationship to metabolic adaptation. *Equine Veterinary Journal*, v. 34, n. S34, p. 75-80, 2002.
- FRAPE, D. L. Diet and exercise performance in the horse. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 53, n. 1, p. 189-206, 1994.
- HARKING, J. D.; MORRIS, G. S.; TULLEY, R. T.; NELSON, A. G.; KAMERLING, S. G. Effect of added dietary fat on racing performance in Thoroughbred horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 12, n. 2, p. 123-129, 1992.
- HODGSON, D. R. Thermoregulation I. In: HODGSON, D. R.; MCGOWAN C. M.; MCKEEVER, K. H. *The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine*. 2ed. Saunders–Elsevier, St Louis, 2014; chap.8, p.108–124.

- 364 KOHN, C.; ALLEN, A.K.; HARRIS, P. Nutrition for the equine athlete. *The Equine*
365 *Athlete*, v.9, n.4, p.12-17, 1996.
- 366 LEWIS, L.D. Alimentação e cuidados dos equinos para desempenho atlético. In:
367 *Nutrição Clínica Equina*. São Paulo: Roca, 2000. p. 293-348.
- 368 MATTOS, F.; ARAÚJO, K. V.; LEITE, G. G.; GOULART, H. D. M. Uso de óleo na
369 dieta de equinos submetidos ao exercício. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 4, p.
370 1373-1380, 2006.
- 371 McCUTCHEON, L. J.; GEOR, R. J. Thermoregulation and exercise-associated heat
372 stress. In: HINCHCLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; KANEPS, A. J. *Equine exercise*
373 *physiology: the science of exercise in the athletic horse*. Philadelphia: Elsevier, 2008. p.
374 382-386.
- 375 NADEL, E. R. Temperature regulation and prolonged exercise. In: GISOLFI CV,
376 LAMB DR, NADEL ER. *Perspectives in exercise science and sports medicine*.
377 *Exercise, heat, and thermoregulation*. Dubuque, IA: Brown; 1988; p. 125–146.
- 378 NEGRO, S.; BARTOLOMÉ, E.; MOLINA, A.; SOLÉ, M.; GÓMEZ, M. D.; VALERA,
379 M. Stress level effects on sport performance during trotting races in Spanish Trotter
380 Horses. *Research in Veterinary Science*, v.118, p.86-90, 2018.
- 381 OLDHAM, S. L.; POTTER, G. D.; EVANS, J. W.; SMITH, S. B.; TAYLOR, T. S.;
382 BARNES, W. S. Storage and mobilization of muscle glycogen in exercising horses fed
383 a fat-supplemented diet. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 10, n. 5, p. 358-359,
384 1990.
- 385 PÖSÖ, A. R.; HYYPPÄ, S.; GEOR, R. J. Metabolic responses to exercise and training.
386 In: HINCHCLIFF, K. W.; KANEPS, A. J.; GEOR, R. J. *Equine Sports Medicine and*
387 *Surgery*. Philadelphia: Saunders Elsevier Limited, 2004, p.771-792.
- 388 R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R
389 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria <https://www.r-project.org> (2018).
- 390 RANADE, S. S.; THIAGARAJAN, P. A Review on Persea americana Mill (Avocado) -
391 Its Fruits and Oil. *Int. J. PharmTech Res*, v.8, n.6, p.72-77, 2015.

- 392 SALA, L. C. C.; ELUI, M. C.; JARDIM, M. C. Avaliação termográfica da musculatura
393 pélvica de equinos da modalidade esportiva de três tambores. *Pubvet*, Londrina, v.6,
394 n.29, ed.216, p.1436-42, 2012.
- 395 SCOTT, B. D.; POTTER, G. D.; GREENE, L. W.; VOGELSANG, M. M.;
396 ANDERSON, J. G. Efficacy of a fat-supplemented diet to reduce thermal stress in
397 exercising thoroughbred horses. In *Proceedings, 13th Equine Nutrition Physiology*
398 *Symposium*, 1993. p. 66-71.
- 399 SOROKO, M.; HOWELL, K.; ZWYRZYKOWSKA, A.; DUDEK, K.; ZIELIŃSKA,
400 P.; KUPCZYŃSKI, R. Maximum eye temperature in the assessment of training in
401 racehorses: correlations with salivary cortisol concentration, rectal temperature, and
402 heart rate. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 45, p. 39-45, 2016.
- 403 TURNER, T. A. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Veterinary*
404 *Clinics of North America. Equine Practice*, v.7, n.2, p.311-337, 1991.
- 405 TURNER, T. A. Diagnostic thermography. *Veterinary Clinics of North America Equine*
406 *Practice*, v. 17, p. 95-113, 2001.