UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA AVALIAÇÃO DE CÃES-GUIA EM TREINAMENTO

MARCO AURÉLIO TORRECILLAS STURION

Botucatu – SP
Novembro - 2019

TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA AVALIAÇÃO DE CÃES-GUIA EM TREINAMENTO

MARCO AURÉLIO TORRECILLAS STURION

Tese apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho“, para obtenção do título de Doutorado.

Botucatu – SP
Novembro - 2019

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

Sturion, Marco Aurélio Torrecillas.
Utilização da termografia infravermelha na avaliação de cães-guia em treinamento / Marco Aurélio Torrecillas Sturion. - Botucatu, 2019

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Orientador: Vânia Maria de Vasconcelos Machado
Capes: 50501062

1. Hidrocortisona. 2. Diagnóstico por imagem. 3. Stress (Fisiologia). 4. Temperatura corporal. 5. Termografia.

Palavras-chave: Cortisol ; Diagnóstico por Imagem ; Estresse; Temperatura Corporal; Termografia.

Nome do Autor: Marco Aurélio Torrecillas Sturion

Título: TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO NA AVALIAÇÃO DE CÃES-GUIA EM TREINAMENTO

COMISSÃO EXAMINADORA

_____

Profª Associada Vânia Maria de Vasconcelos Machado
Presidente e Orientadora
Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária – FMVZ – UNESP – Botucatu

_____

Profº Dr André Luis Filadelpho
Departamento de Anatomia IBB - UNESP – Botucatu

_____

Profª Drª Alessandra Melchert
Departamento de Clínica Veterinária – FMVZ – UNESP – Botucatu

_____

Prof. Dr. Marcio Pereira Soares
Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú

_____

Profª Drª Carla Fredrichsen Moya Araujo
Universidade Estadual do Centro-Oeste – Campus Cedeteg, Guarapuava

Data da defesa: 29 de novembro de 2019.

D E D I C A T Ó R I A

À família Sturion

AGRADECIMENTOS

Àquele que nos Rege, por ter me iluminado e protegido todos os dias.

À minha orientadora Profa. Dra. Vânia Maria de Vasconcelos Machado, por todos os ensinamentos passados. Agradeço em especial sua dedicação e disponibilidade em me atender.

Aos docentes e funcionários do departamento de radiologia veterinária : Profa. Dra. Lucy Marie Ribeiro Muniz, Profa. Dra. Maria Jaqueline Mamprim e Prof. Dr. Luis Carlos Vulcano. Em especial à Professora Eunice Oba, responsável pelas análises das amostras de sangue, que com sua colaboração e carisma fizeram desse trabalho mais nobre.

Ao Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú, pelo belo exemplo à sociedade com seu projeto cães-guia, agradeço pela oportunidade e me sinto honrado de ter trabalhado com cães que mudarão vidas. Em especial ao Prof. Ms. André L. T. Sturion, médico veterinário, que acolheu a ideia e contribuiu na preparação do experimento, participando ativamente neste projeto.

Ao meu pai, Dr. Domingos José Sturion, grande incentivador, pela sua orientação de 38 anos.

À minha mãe, Vera Lucia T. Sturion, que dedicou sua vida aos seus três filhos, e aos meus irmãos que sempre estiveram comigo.

À Michelle C. Aligleri Sturion, minha esposa, e sua família, que me apoiaram e me ajudaram a superar os desafios, sou grato pelos momentos de felicidade proporcionados nesse período de doutorado.

Ao meu filho Ivan A. Sturion, que me ensinou a simplicidades das coisas e o significado da expressão "por que".

Às equipes de Londrina (ReabilitaPet e Cedivet), pela ajuda e pela disponibilização de tempo e apoio neste trabalho. Em especial, Rody Pereira *(in memorian),* grande amiga e conselheira.

Gostaria de agradecerão meu Tio Leo, professor pós-doutor foi grande incentivador

Às inúmeras pessoas que passaram pela minha vida e me ajudaram a crescer e amadurecer. Em especial ao Doutor Mario Henrique Bariani pela colaboração na tradução para o inglês.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001".

"This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001".

"Você é livre para fazer suas escolhas,
mas é prisioneiro das consequências"
(Pablo Neruda)

LISTA DE ABREVIAÇÕES

%	Porcentagem
TIV	Termografia de Radiação Infravermelha
RX	Raios X
US	Ultrassom
CT-IFC	Centro de Treinamento do Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú
TC	Tomografia Computadorizada
3D	Imagem Tridimensional
RM	Ressonância Magnética
IGDF	Federação Internacional de cães-guia
^{o}C	Escala termométrica representada em Celsius
^{o}F	Escala termométrica representada em Fahrenheit
^{o}K	Escala termométrica representada em Kelvin
ε	Emissividade

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sir William Herschel (1738-1822). Fonte: FLIR SYSTEMS, 2013..... 5

Figura 2. Esquema demonstrando os diversos exames diagnósticos por imagem com espectro eletromagnético. Fonte: E CÔRTE e HERNANDEZ, (2016). 8

Figura 3. Espectro Eletromagnético. 1:Raios X; 2:Luz Ultravioleta; 3: Luz Visível; 4:Luz infravermelha; 5: microndas; 6:ondas de radio. Fonte: Manual - FLIR SYSTEMS, (2013). 9

Figura 4. Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887) Fonte: Manual - FLIR SYSTEMS, (2013) 10

Figura 5. Imagem térmica de um mesmo cachorro da raça Labrador retriever em vista frontal da face, evidenciando aspecto normal das diferença de temperatura encontradas na face. Estão dispostas algumas das diversas palhetas de cores que o software FLIR Tools® oferece, onde nas figuras: A – palheta de cores GREY; B – IvertedGrey; C – Iron; D – LAVA; E – Glowbow; F – Artic; G – RAIN; H – RAIN900 e I – Raimbow HC. 13

Figura 6. Fotografia do setor administrativo do Instituto Federal Catarinense - Campus Camboriú. – Centro de Formação de Treinadores e Instrutores de Caes-Guia e Inclusão – Centro de treinamento de Cães-guia. Fonte: Arquivo pessoal. 28

Figura 7. Maquete ilustrativa dos setores do Centro de Treinamento de Cães-guia onde : 1 - Administração, 2 - Centro de Convivência, 3 - Canil, 4 - Clínica Veterinária, 5 - Maternidade e 6 – Pista de Treinamento. Área total: 49.196 m^2 e área construída: 1730 m^2 29

Figura 8. Fotografia do corredor da área interna do setor do canil e a direita fotografia da maquete representativa do canil. 31

Sumário

RESUMO xii

CAPÍTULO 1 xiii

1) INTRODUÇÃO 1

2) REVISÃO DE LITERATURA 3

2.1) HISTÓRIA DO DIAGNÓSTICO POR IMAGEM 3

2.2) TERMOGRAFIA INFRAVEMELHA – HISTÓRIA DA TECNOLOGIA 4

2.3) ASPECTOS FÍSICOS DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA 7

2.3.1) Espectros eletromagnéticos 7

2.3.2) Emissividade(ε) 9

2.3.3) Umidade do ar 11

2.3.4) Temperatura do ambiente 11

2.3.5) Resolução e Sensibilidade 12

2.4) - UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA NA MEDICINA VETERINÁRIA 14

2.5) PRÉ-CONDIÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DAS IMAGENS TERMOGRÁFICAS 16

2.5.1) Paciente 16

2.5.2) Ambiente 17

2.6) IMAGEM TERMOGRÁFICA 18

2.6.1) Princípios de Interpretação da imagem 18

2.6.2) Inflamações 19

2.6.3) Áreas hiporradiantes 20

2.6.4) Isquemia ou gangrena 20

2.6.5) Osteoatrite 20

2.6.6)Tendinopatias 21

2.6.7) Miopatias.....22

2.6.8) Comportamento.....22

2.6.9) Odontologia.....24

2.7) CÃES-GUIA.....25

2.7.1) Importância dos cães guia no mundo.....26

2.7.2) Importância dos cães no Brasil.....27

2.7.3) Treinamento dos Cães-Guias.....29

3) Referências.....33

CAPÍTULO 2.....42

Utilização da termografia de infravermelha na avaliação de cães-guia em treinamento.....41

CAPÍTULO 3.....56

Utilização da termografia infravermelha em região periocular de cães-guia para avaliação do estresse.....**58**

STURION, M.A.T**. Termografia de infravermelho na avaliação de cães-guia em treinamento.** Botucatu, 2019. p.71 Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

A termografia infravermelha (TIV) representa um exame de imagem complementar, trata-se de uma ferramenta não ionizante e não invasiva que capta e registra a emissão térmica da superfície da pele. Apesar da grande literatura existente sobre as respostas ao estresse em cães, o potencial uso da termografia na avaliação das reações de estresse dos cães-guia em treinamento ainda não foi investigado até o momento. O propósito desse estudo foi utilizar a TIV na investigação do estresse proveniente do treinamento de cães-guia. Sendo utilizados 13 animais, adultos e em fase final de treinamento. Foram avaliados com TIV o sistema músculo-esquelético, contemplando as principais articulações e grupos musculares e correlacionando com níveis séricos de cortisol com objetivo de detectar dor e estresse nos animais avaliados. Para realização desse estudo, foi utilizada câmera termográfica Flir E60 com resolução de imagem 240 x 320 indicando, com acurácia de <0,05^{o}C, faixa espectral 7,5 a 13 µm e emissividade de 0,98. Os resultados encontrados demonstram TIV como uma ferramenta de triagem importante na detecção precoce de alterações de temperatura superficial do corpo, apresentando correlação positiva com valores de cortisol, temperatura retal e auricular. Os resultados gerais sugerem que a TIV pode representar uma ferramenta útil para investigar dor e /ou estresse em cães, considerando-se a correlação positiva das temperaturas ocular, auricular, retal e sua comparação aos níveis de cortisol.

Palavras-Chave: termografia, diagnóstico por imagem, temperatura corporal, cortisol, estresse

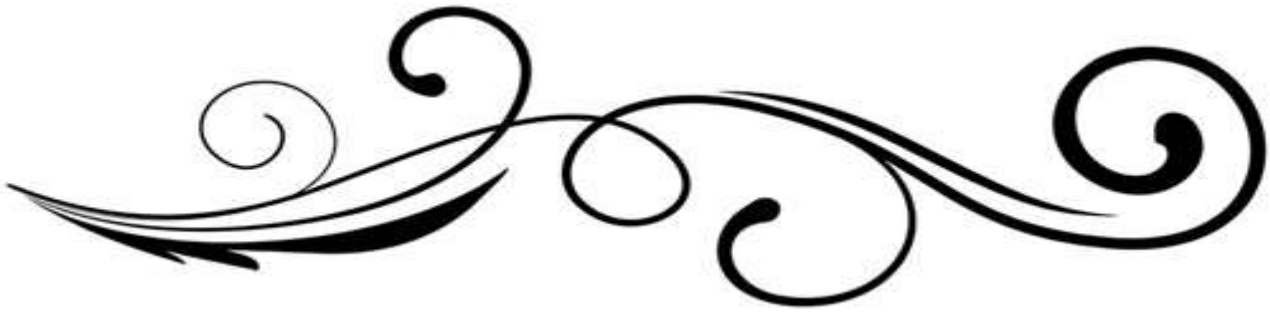
STURION, M.A.T. **Infrared thermography in the evaluation of guide dogs in training**. Botucatu, 2019. p.71 Thesis (Doctorate) - Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Botucatu Campus, State University of São Paulo.

ABSTRACT

Infrared thermography (TIV) represents a complementary imaging test. It is a non-ionizing, non-invasive tool that captures and records the thermal emission of the skin surface. Despite the great literature on stress responses in dogs, the potential use of thermography in the evaluation of stress responses in training dogs has not been yet investigated. The purpose of this study is the use of TIV to investigate the training-induced stress in guide dogs. In this study, thirteen adult dogs were used in the final phase of training. In this study, the skeletal muscle system was evaluated with TIV. In order to detect pain and stress in the animals evaluated, we investigated the correlation between TIV results of the main joints and muscle groups and the serum levels of cortisol. The Flir E60 thermographic camera with 240 x 320 image resolution was used, with an accuracy of <0.05 ° C, a spectral range of 7.5 to 13 µm and an emissivity of 0.98. The results showed TIV as an important screening tool for the early detection of changes in body surface temperature, showing a positive correlation with cortisol, rectal and ear (tympanic) temperature. Altogether these results suggest that TIV may represent a useful tool for investigating pain and / or stress in dogs. These assumptions are based on the positive correlation of ocular, atrial, rectal temperatures and their comparison to cortisol levels.

Key words: thermography, diagnostic imaging, body temperature, cortisol, stress

CAPÍTULO 1



Introdução

Revisão de Literatura

Referências

1) INTRODUÇÃO

A termografia infravermelha (TIV) consiste em uma técnica não invasiva, de mapeamento térmico, a partir da radiação infravermelha emitida pela superfície do corpo em estudo (INFERNUSO et al., 2010; GROSSBARD et al., 2014). Todo objeto que apresenta uma temperatura acima de zero absoluto (0 ^{o}K ou – 275,15^{o}C) emite radiação infravermelha, essa radiação invisível aos olhos humanos pode ser detectada apenas pela sua forma de calor (REDAELLI et al., 2014).

Essa radiação possui um espectro de comprimento de onda como ocorre com as radiações e luz visível, seu espectro comumente detectado pelas imagens termográficas está entre 7,5 até 13 µm (ARFAOUI et al., 2012).

A TIV encontra-se em constante evolução tecnológica, como ocorre em outras modalidades de diagnóstico por imagem como: ultrassom, raios-x digital, tomografia computadorizada e ressonância magnética. Por ser um método não invasivo e livre de emissões de radiação pode ser realizado por longos períodos de monitoramento sem prejuízo para o paciente.

Este método não necessita de contato físico ou de contenção, não sendo necessária a utilização de fármacos para contenção química. Esta característica permite a avalição das mudanças fisiológicas da superfície da pele, em tempo real, no recinto de animais silvestres ou no habitat das diversas espécies.

Pessoas e mamíferos são homotérmicos. O corpo dispõe de diversas formas de manter o equilíbrio térmico e a temperatura corporal se torna, para o organismo, um indicador da condição de saúde (JIANG et al., 2005).

A TIV vem sendo utilizada na medicina humana há mais de 50 anos, na avalição das mudanças da temperatura superficial induzida por enfermidades como: neoplasias mamárias, diabetes, distúrbios vasculares (isquemia), regiões musculares (miosites, ponto gatilho), doenças articulares (reumatismo, artroses entre outros), alterações simpáticas e parassimpáticas entre outras utilidades.

Na medicina veterinária foi inicialmente aplicada em equinos, introduzida em 1960. Na avalição de animais de companhia tem apresentado nos últimos

anos um crescente interesse (Tabela 1 – demonstra os principais trabalhos em cães). Atualmente a TIV pode ser empregada de diversas formas na medicina veterinária como: uma ferramenta de triagem diagnóstica, um teste adjuvante para melhorar o exame físico em exames ortopédicos e neurológicos, guiar o manejo terapêutico e avaliar a resposta em tratamento de longo prazo (MARINO; LOUGHIN, 2010).

O trabalho teve como hipótese, a investigação da TIV como uma opção na triagem do estresse muscular e articular e na determinação do estresse por aumento da temperatura da região periocular, em cães-guia na sua fase de treinamento final.

O presente estudo, teve o propósito de avaliar a potencialidade da TIV na investigação do estresse em cães que estão em treinamento para atuar como cães-guia. A literatura está bem documentada em relação a fatores de estresse e suas causas no organismo, como a indução ao aumento de temperatura corporal central (referências), que, por conseguinte, influência as mudanças de fluxo sanguíneo periférico (temperatura superficial da pele) em especial a região periocular e a carúncula lacrimal, sendo essas variações detectadas pela TIV (TRAVAIN et al., 2014; TRINDADE et al., 2019).

Os resultados encontrados demonstram a TIV como uma ferramenta de triagem importante na detecção precoce de alterações de temperatura superficial do corpo, apresentando correlação positiva com valores de cortisol, temperatura retal e auricular. A TIV pode representar uma ferramenta útil para investigar dor e /ou estresse em cães.

2) REVISÃO DE LITERATURA

2.1) HISTÓRIA DO DIAGNÓSTICO POR IMAGEM

A era do diagnóstico por imagem se inicia com a descoberta dos raios X (RX) pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen em 1895, seu uso em técnicas de diagnóstico por imagem evoluiu na aplicabilidade médica e se modernizou com o passar das décadas (AMORT; KRAMER, 2014).

Com o surgimento do computador, foi possível fazer o processamento das imagens, que se tornaram mais rápidas e com melhor qualidade. Esse processo, em algumas modalidades diagnósticas, foi fundamental para imagens em tempo real (JOHNSON, 2013), como utilizado atualmente nos exames termográficos, de ressonância magnética (RM), tomografia computadorizada (TC) e ultrassonografia (US).

A ultrassonografia, desenvolvida na década de 1940, utiliza os princípios de eco de ondas sonoras como tecnologia base para formação da imagem (NEWMAN; ROZYCKI, 1998).

A ressonância magnética criada em 1971, não emprega a radiação ionizante como RX e TC, utiliza as propriedades eletromagnéticas dos núcleos de hidrogênio (prótons), que são abundantes nos tecidos corporais (THRALL, 2018).

Na década de 1990, a tecnologia da tomografia computadorizada (TC) com multidetectores permitiu a geração de imagens tridimensionais (3D) que poderiam ser manipuladas por computador, facilitando o entendimento das alterações morfológicas dos tecidos e possibilitando planejamento pré-cirúrgico (MARINO; LOUGHIN, 2010).

A termografia infravermelha (TIV), inicia seu desenvolvimento na década de 1950 e apresenta uma característica diferente dos outros exames: essa ferramenta diagnóstica capta a energia térmica emitida pelo objeto ou paciente, sendo assim um exame inócuo para o animal (MARINO; LOUGHIN, 2010).

A TIV, desde o seu desenvolvimento inicial em 1950, sofreu intensa evolução tecnologica. Somente após o início dos anos 2000, a TIV se desenvolveu com mais rapidez, através do uso de sistemas automatizados se tornando mais dinâmica e com imagens simultâneas, possibilitando, assim, a

aplicação em pequenos animais (VAINIONPÄÄ et al., 2012b; REDAELLI et al., 2014; VAINIONPÄÄ, 2014; RIZZO et al., 2017).

2.2) TERMOGRAFIA INFRAVEMELHA – HISTÓRIA DA TECNOLOGIA

A termologia, como ciência médica foi incialmente documentada por Hipócrates, 400 a.C.. Neste período postulou que "*Em qualquer parte do corpo, se houver excesso de calor ou de frio, a doença existe e é para ser descoberta*" (LAHIRI et al., 2012; E CÔRTE; HERNANDEZ, 2016). Em suas primeiras tentativas de descobrir alterações de temperaturas locais ou centrais que indicassem uma doença, ele utilizava o dorso da mão na busca de regiões com diferenças de temperatura. A lama, por sua vez, era outra alternativa utilizada para localizar alterações de temperatura. Uma vez passada no corpo, eram identificados os locais de secagem mais rápida, que indicavam local com maior temperatura no corpo (MEIRA et al., 2014; FERREIRA et al., 2016).

Apesar desses esforços, a tecnologia de infravermelho só iniciou seu desenvolvimento séculos depois, com a sequência de diversos descobrimentos, como a descrição das frações da luz branca, feita em 1664 por Newton. Com a utilização de um prisma, Newton demonstrou as diversas cores em uma tela. Essa imagem alongada e colorida do sol foi chamada por Newton de "*espectro".* Em 1672, Newton descreveu seu conceito de que a luz é "uma mistura heterogênea de raios com diferentes refrangibilidades" (SILVA; MARTINS, 2003).

Os princípios iniciais da termografia estão relacionados com a descoberta do Sir William Hershel (Figura 1), alemão naturalizado inglês, que no ano de 1800 fez dentre várias, a descoberta da radiação térmica, essa luz invisível mais tarde chamada de infravermelho ou radiação infravermelha (HERSCHEL, 1800b; RING, 2000). Neste período, ele havia notado que alguns filtros de vidro de diferentes cores deixavam passar o calor em uma quantidade diferente (HERSCHEL, 1800a; RING; JONES, 2013).

Em seu experimento, Herschel (1800a) decidiu medir a temperatura após a cor vermelha e descobriu que nesta região, mesmo não tendo luz, a temperatura aumenta e possui índices mais elevados. Ele concluiu que havia

alguma radiação nesta região e, após alguns testes, descobriu que essa radiação sofria os mesmos efeitos da refração, reflexão, absorção e transmissão da mesma forma que a luz visível (RING, 2000).

Figura 1 - Sir William Herschel (1738-1822). Fonte: Flir Systems (2013).

No ano de 1840, foi obtido o primeiro registro rudimentar da imagem térmica em papel. O feito foi realizado pelo filho de Sir William Herschel (1738-1822), também astrônomo famoso, Sir John Herschel, que se baseou na evaporação de uma película fina de petróleo. Essa, quando exposta à radiação térmica refletida, tornava a imagem visível ao olho nú. A descoberta foi chamada na época por “termógrafo”(FLIR SYSTEMS, 2013).

Wunderlich (1871), foi pioneiro na tentativa de determinar a temperatura como uma ferramenta clínica. Ele aferia a temperatura de indivíduos que sofriam de febre (hipertermia) e comparava com a dos indivíduos normais. Assim se estabeleceu a temperatura como um indicador científico de doença.

James D. Hardy em 1934, descreveu o papel fisiológico da emissão infravermelha do corpo humano e propôs que a pele humana pode ser considerada como um radiador de corpo negro. Ele estabeleceu a importância diagnóstica da medição de temperatura pela técnica de infravermelho que abriu o caminho para o uso da TIV em ciências médicas.

Durante a Segunda Guerra Mundial, a tecnologia de infravermelho ganha impulso tecnológico com interesse de se utilizar essa ferramenta para detectar alvos inimigos (LAHIRI et al., 2012). Com desenvolvimento desses

dispositivos, foi possível revolucionar a ciência, substituindo termômetros de contato e termometria de cristal líquido (JIANG et al., 2005; ROGALSKI, 2011; E CÔRTE; HERNANDEZ, 2016).

A primeira prática de termografia como ferramenta diagnóstica no campo da medicina foi realizada em 1957 por R. N. Lawson, que descobriu que a temperatura da pele sobre a área de um tumor de mama, era maior que a do tecido normal (JIANG et al., 2005). Na medicina veterinária, as primeiras descrições ocorreram na década de1960 em equinos, o sistema de aquisição das imagens nesta época era lento e podia demorar mais de cinco minutos para realizar uma única imagem (SMITH, 1964).

Em 1970, surgem às primeiras câmeras comercias (ARFAOUI et al., 2012). Os primeiros modelos tinham como base tecnológica um tubo piroelétrico. Atualmente, esses conceitos foram aprimorados com novas tecnologias (eletrônica e computacional).

Clark, Mullan e Pught (1977), realizaram as primeiras investigações das alterações fisiológicas do exercício em humanos, dando inicio a estudos dinâmicos na avaliação da temperatura superficial da pele, utilizando no experimento corredores em ambiente aberto não climatizado.

Apesar de toda essa evolução, somente no ano de 1987 o conselho da *American Medical Association* reconhece a termografia de infravermelho como ferramenta diagnóstica no campo médico (HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010; AMORIM et al., 2018).

Atualmente existe a proposta de máquinas termográficas que se acoplam nos aparelhos celulares (KLAESSENS; VAN DER VEEN; VERDAASDONK, 2017; WALLACE et al., 2017). Esta tecnologia apresenta preço acessível, existem pequenas limitações com relação à qualidade da imagem (REDAELLI et al., 2014). Contudo já existe a proposta de sua utilização na medicina, sendo indicada na avaliação de alterações precoces da vascularização periférica de membros de pessoas com diabetes (WALLACE et al., 2017).

Com a evolução das câmeras para aquisição das imagens, essas podem ser avaliadas de forma estática, como uma fotografia (termograma), ou serem realizadas em tempo real e armazenadas em formato de vídeo. Nos

termogramas, a interpretação depende principalmente da identificação da distribuição espacial da temperatura, com pontos quentes e frios e distribuições assimétricas na superfície da pele (JIANG et al., 2005). Existem ferramentas de processamento de imagem, através de *softwares* disponibilizados pela internet. Essas ferramentas incluem muitas funções de processamento dos termogramas, como análise de histogramas de áreas selecionadas, comparação térmica entre regiões, perfis de linha, medição de pontos entre outras funções.

2.3) ASPECTOS FÍSICOS DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

2.3.1) Espectros eletromagnéticos

O espectro eletromagnético é descrito por comprimentos de ondas (designadas por *bandas*) e frequência que vão desde raios gama (ondas mais curtas), raios X, luz ultravioleta, luz visível, luz infravermelha, microondas e ondas de rádio mais longas (HERLOFSON, 2017). Nas frequências baixas com comprimento de onda maiores encontram-se as ondas de rádio apresentando como característica baixa energia (Figura 2), e em oposto a radiação gama, com comprimento de onda menor e com grande energia (E CÔRTE; HERNANDEZ, 2016).

Dentro desse espectro, os seres humanos percebem apenas uma região muito pequena conhecida como luz visível. A radiação infravermelha, que é detectada por câmeras térmicas, é emitida por todos os objetos proporcionais à temperatura. Essa radiação pode ser absorvida, emitida, refletida ou transmitida (EDDY; VAN HOOGMOED; SNYDER, 2001; HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010).

A luz tem as duas propriedades de uma onda eletromagnética, mas também as propriedades de um fluxo de partículas, chamadas de fótons. Os fótons são carregados de energia e não dependem da matéria para viajar pelo espaço, portanto, podem viajar tanto pelo vácuo quanto pelo ar (EDDY; VAN HOOGMOED; SNYDER, 2001). O fluxo de fótons carregados de energia, chamado de luz infravermelha ou radiação infravermelha, tem uma frequência

menor e um comprimento de onda maior do que o olho humano pode ver e, portanto, é percebido apenas como calor pelos animais e seres humanos (VAINIONPÄÄ et al., 2012b; HERLOFSON, 2017).

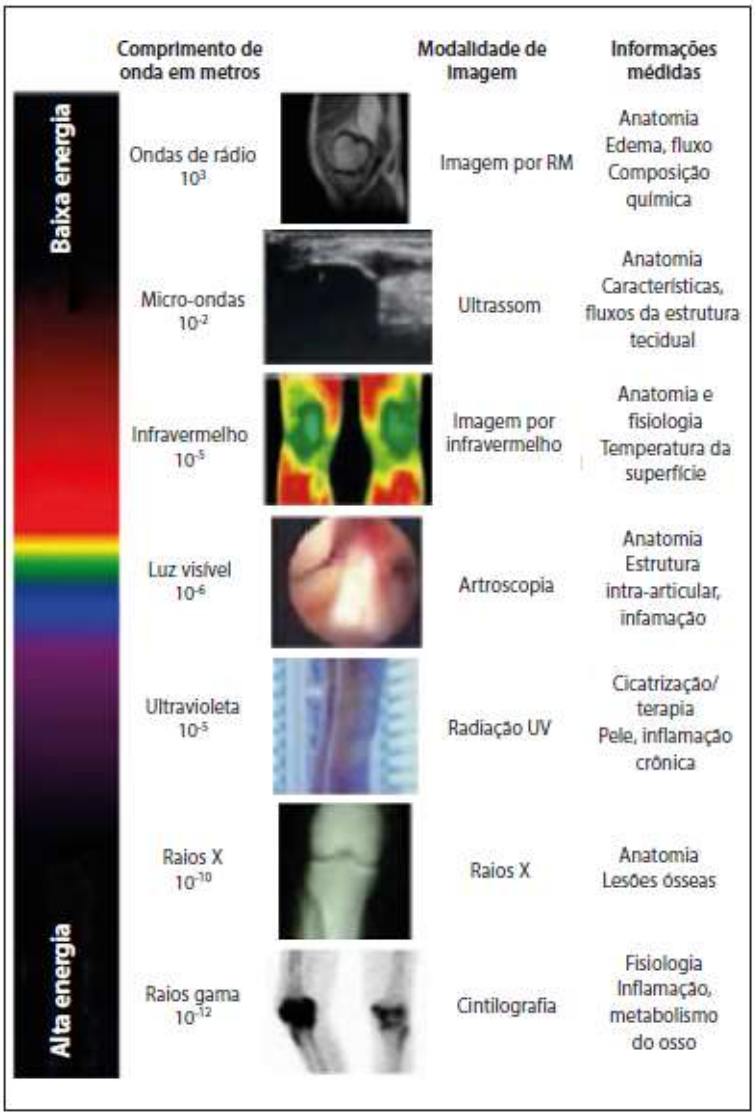


Figura 2. Esquema demonstrando os diversos exames diagnósticos por imagem com espectro eletromagnético. Fonte: E Côrte e Hernandez, (2016).

A radiação eletromagnética infravermelha tem comprimento de onda entre 1 micrômetros e 1000 micrômetros. Ligeiramente mais longa que a luz visível (Figura 3), situa-se no espectro entre a luz vermelha e as micro-ondas (FLIR SYSTEMS, 2013).

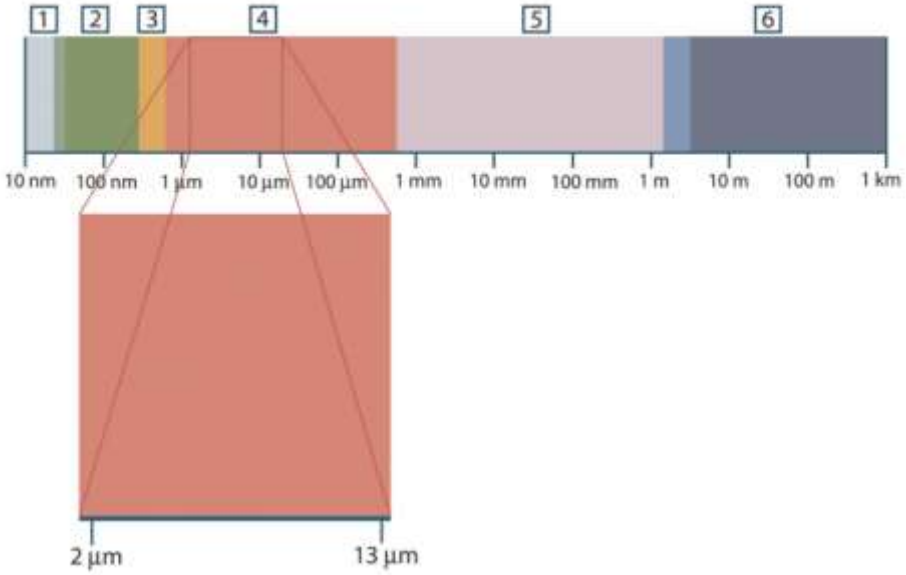


Figura 3. Espectro Eletromagnético. 1: Raios X; 2: Luz Ultravioleta; 3: Luz Visível; 4: Luz infravermelha; 5: microndas; 6: ondas de radio. Fonte: Manual - Flir Systems, (2013).

Câmeras de imagem térmicas medem a quantidade de radiação infravermelha emitida por um corpo, no qual a temperatura não seja menor que zero e caracterizado por um comprimento de onda de 8 a 12 µm, e convertem a leitura em um termograma (Figura 4) conforme a equação de Stefan-Boltzmann:

$$R = \varepsilon\sigma T^4$$

Onde:

ε – significa a emissividade da superfície, ou seja, a capacidade de uma superfície para emitir e absorver radiação. Os tecidos biológicos tendem a variar entre 0,94 e 1,0.

σ – é a constante de Stefan-Boltzmann (5.67 × 10-8 Wm-2K-4)

T - é a temperatura absoluta da superfície em kelvins (^oK)

2.3.2) Emissividade(ε)

A escala de emissividade (ε) varia de zero até um, sendo que zero representa um objeto que reflete toda a radiação e “1", é igual a um corpo negro.

Um corpo negro é um conceito teórico que não ocorre na natureza, tem como intuito considerar a hipótese de existir um objeto com o potencial de absorver 100% da radiação eletromagnética, sem refletir ou transmitir nenhuma energia (LUZI et al., 2013).

O físico Gustav Kirchhoff comprovou, em 1860, que a capacidade de um corpo em absorver energia é igual à de emití-la. Isso significa que um corpo capaz de absorver toda a radiação em qualquer comprimento de onda é igualmente capaz na emissão de radiações (FLIR SYSTEMS, 2013).

$$\varepsilon = W'/W$$

onde:

ε: emissividade

W': quantidade de energia emitida pelo corpo (λ constante)

W: quantidade de energia emitida pelo corpo negro (λ constante)

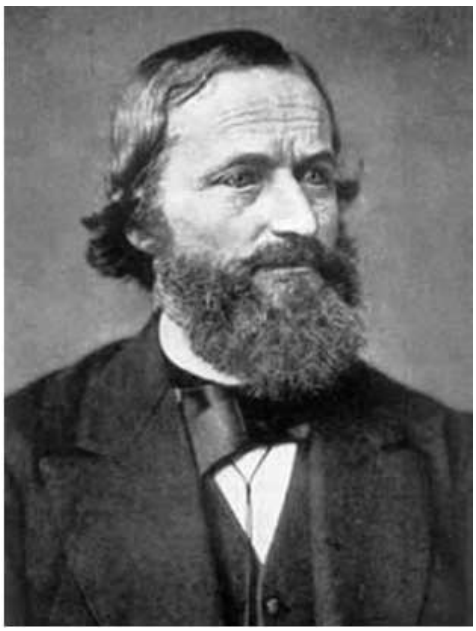


Figura 4. Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887) Fonte: Manual - Flir Systems, (2013)

Entretanto os corpos reais não se comportam como a teoria dos corpos negros, isso ocorre em decorrência dos corpos reais não absorverem toda a energia eletromagnética que incide sobre ele. Assim, um objeto (corpo) qualquer pode absorver uma parcela (α) da radiação incidente, pode refletir

(reflexão espectral δ) e/ou transmitir (τ). A soma desses três fatores (parcelas) equivale à energia total que incidiu sobre o corpo (LUZI et al., 2013).

$$\alpha + \delta + \tau = 1$$

A pele humana apresenta uma emissividade que varia entre 0,97 a 0,99 (VAINIONPÄÄ et al., 2012a). O fator de emissão da pele dos animais pode variar de 0,93 a 0,98 dependendo da quantidade de pelos e do comprimento da pelagem (STELLETTA et al., 2012). Existe pouca descrição de emissividade ideal para uma determinada espécie ou tipos de pelagem.

Em cães, Mari Vainionpää e colaboradores (2012b), utilizaram o índice de emissividade em "1,0" para avaliar cães de corrida da raça Galgo (*Greyhounds*). O valor da emissividade pode ser definido na câmera antes de capturar as imagens ou com *software* durante o processamento das imagens. Mesmo não havendo um valor fixo de utilização na medicina veterinária, a maioria dos estudos de termografia em animais sugerem a utilização entre 0,95 e 1,0 de emissividade.

A importância de entender a relevância da emissividade das superfícies biológicas, está na garantia de que todas as imagens térmicas serão realizadas com total conhecimento das limitações físicas e capacidades da tecnologia (LUZI et al., 2013).

2.3.3) Umidade do ar

A umidade do ambiente pode ser monitorada por higrômetro, este parâmetro pode ser ajustado à câmera conforme a medição no momento de realizar as imagens. A câmera pode também compensar o fator de transmissão da temperatura pela umidade relativa da atmosfera, sendo indicado para distâncias curtas com valor predefinido de 50% (FLIR SYSTEMS, 2013).

2.3.4) Temperatura do ambiente

Além da umidade e outros fatores já descritos, a radiação térmica do ambiente emite calor para (ao redor) o objeto ou paciente, esta variante

também deve ser levada em consideração. Pode ser geralmente compensada com medições externas, no entanto, muitos fabricantes levaram isso em consideração e existem câmeras termográficas com recurso de compensação integrada dessa radiação térmica (ambiente) (KASTBERGER; STACHL, 2003; MIKAIL, 2010; MCCAFFERTY et al., 2013).

2.3.5) Resolução e Sensibilidade

Os dois parâmetros importantes para um sensor térmico são sua resolução (pixels) e a sensibilidade. A sensibilidade é medida em graus Fahrenheit, Kelvin e Celsius. Sendo a última escala a mais utilizada como referencia na literatura (LUZI et al., 2013).

A sensibilidade na detecção do calor pode ser até 40 vezes maior do que na palpação (exame físico), pois aparelhos com sensibilidade superior podem detectar variações inferiores de temperatura de 0,025^{o}C (VAINIONPÄÄ et al., 2012b; WALLACE et al., 2017). Essa sensibilidade é considerada valiosa para aplicabilidade médica, uma vez que variações locais de temperatura causadas por tumores, inflamações e angiogênese, costumam causar elevação na temperatura da superfície da pele e podem ser detectadas antes dos seus sinais clínicos respectivos (EDDY; VAN HOOGMOED; SNYDER, 2001; BEZERRA, 2007).

A resolução de temperatura é análoga ao número de cores em uma exibição de computador ou fotografia colorida. Quanto melhor a resolução (maior for a matriz de pixels, ex. 240x360 pixels), mais suaves serão as transições de temperatura. Se o objeto de estudo (paciente) tiver gradientes de temperatura sutis, eles serão atribuídos ao objeto e não à câmera (DIAKIDES; BRONZINO; PETERSON, 2013).

Os termogramas podem ser visualizados em palhetas com cores ou em cinza (Figura 5), podendo ser analisado um pixel como uma medida de temperatura, por exemplo: uma câmera com resolução de 320 x 240 pixels irá gerar 76.800 medidas térmicas em uma imagem. O sistema Flir oferece também a função de *spot* onde mostra em tempo real o pixel de interesse e assim demonstra uma aferição de temperatura única e pontual na região de interesse (VAINIONPÄÄ et al., 2012b; FLIR SYSTEMS, 2013).

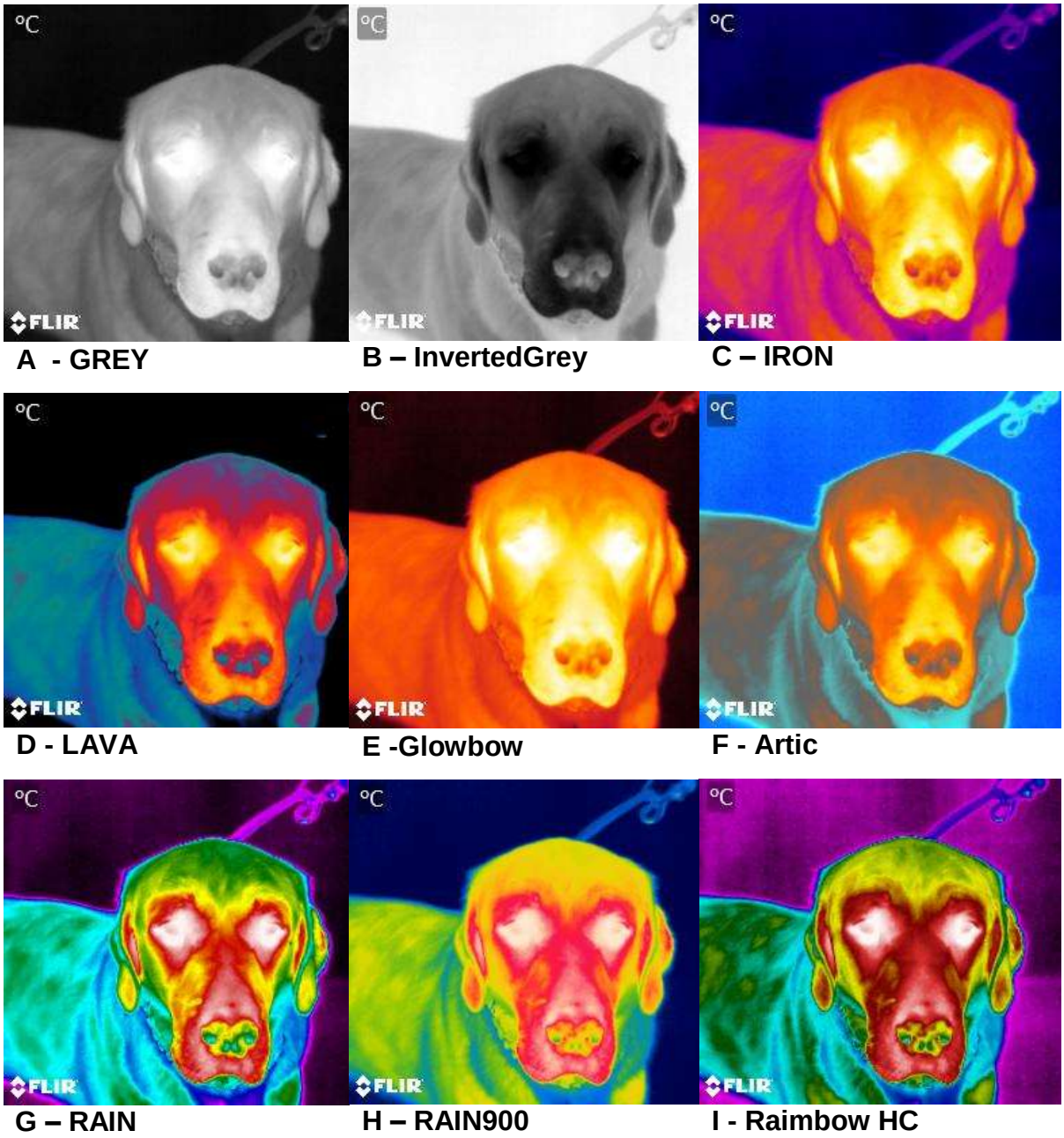


Figura 5. Imagem térmica de um mesmo cachorro da raça Labrador Retriever em vista frontal da face, evidenciando aspecto normal das diferença de temperatura encontradas na face. Estão dispostas algumas das diversas palhetas de cores que o software FLIR Tools® oferece, sendo que nas figuras: A – palheta de cores GREY; B – IvertedGrey; C – Iron; D – LAVA; E – Glowbow; F – Artic; G – RAIN; H – RAIN900 e I – Raimbow HC.
Fonte: Arquivo pessoal.

2.4) - UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA NA MEDICINA VETERINÁRIA

As primeiras descrições da utilização da TIV na medicina veterinária se iniciaram com estudos em equinos na década de 60, onde para se realizar uma imagem, o tempo necessário médio era de 5 minutos (SMITH, 1964). A TIV só apresentou vantagem como ferramenta diagnóstica para pequenos animais, quando se tornou mais precisa, rápida e acessível. As principais descrições de aplicabilidade em pequenos animais (Tabela 1) surgiram somente nas últimas décadas (PRAKASH, 2012; REDAELLI et al., 2014; FERREIRA et al., 2016).

A TIV é um método diagnóstico que atualmente está ganhando destaque por auxiliar com informações imprescindíveis para um diagnóstico mais completo, seguro e eficiente. Por não ser invasiva e não emitir radiações, esta técnica apresenta diversas vantagens em sua utilização, sendo empregada nos mais diversos campos da medicina veterinária, com as mais diferentes espécies. Como não necessita de contenções químicas e físicas, pode ser aplicada no local em que o animal se encontra, preservando, assim, o bem-estar e o conforto do paciente (GROSSBARD et al., 2014).

A sua aplicação em pequenos animais ainda apresenta desafios, pois está diretamente ligada à precisão e qualidade da câmera utilizada. Atualmente não há literatura internacional suficiente para sua padronização e utilização na rotina de clínica de pequenos animais (LOUGHIN, 2007).

A termografia desempenha um papel importante como ferramenta de diagnóstico complementar na medicina veterinária, pode demonstrar em tempo real imagens qualitativas da superfície do paciente indicando quaisquer áreas de anormalidades e sugerindo áreas de triagem para melhor diagnóstico ou acompanhamento do tratamento (SOROKO; HOWELL, 2016).

Infernuso et al., (2010) descreveram a utilização da técnica no diagnóstico de cães com ruptura de ligamento cruzado. Os autores comparam seu emprego em joelhos de animais sadios, com o objetivo de investigar a capacidade da técnica e sua precisão. Os resultados descritos são de aproximadamente 75 a 85% de precisão na detecção dessa enfermidade em joelhos com pelo ou tosados.

Redaelli et al. (2014), realizou um experimento investigativo em 110 animais (92 cães e 18 gatos), que foram selecionados aleatoriamente no

atendimento clínico na Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Milão. Esses pacientes foram separados nos seguintes grupos: oncologia, dermatologia, ortopedia e neurologia. Os achados do experimento descrevem com 100% de sensibilidade e especificidade de 44% nos diversos casos observados.

Tabela 1. Principais publicações referentes a utilização da termografia infravermelha em cães.

Objetivo	**Referência**
Avaliação de membros saudáveis	(LOUGHIN; MARINO, 2007)
Avaliação de joelho com e sem ruptura do ligamento cruzado	(INFERNUSO et al., 2010)
Triagem diagnóstica: estudos preliminares	(REDAELLI et al., 2014)
Detecção de osteossarcoma	(AMINI et al., 2012)
Discopatia em cães condrodistroficos tipo I	(GROSSBARD et al., 2014)
Revisão de métodos de imagem na avaliação do joelho	(MARINO; LOUGHIN, 2010)
Utilização como ferramenta na clinica medica	(VAINIONPÄÄ, 2014)
Auxilio diagnóstico de neoplasias mamarias	(CLEMENTINO; LINS; AZEVEDO, 2018)
Avaliação da acupuntura para tratamento em artrite crônica induzida	(UM et al., 2005)
Análise de termo câmeras para veterinária	(VAINIONPÄÄ et al., 2012b)
Avaliação de ferida cirúrgica	(HERLOFSON, 2017)
Detecção da fase reprodutiva	(DURRANT et al., 2006; OLĞAÇ et al., 2017)
Avaliação de cães de corrida	(VAINIONPÄÄ et al., 2012c)
Anestesia – Avaliação da vasodilatação periférica	(VAINIONPÄÄ et al., 2013)
Fisioterapia – avaliação de lesões musculares	(STEISS, 2002)
Odontologia - Avaliação de doenças dentárias	(DORNBUSCH, 2013; DORNBUSCH et al., 2017)
Trombose em artéria femoral - relato de caso	(KIM; PARK, 2011)
Oftalmologia – cães com e sem ceratoconjuntivite seca	(BIONDI et al., 2015)
Mudanças na temperatura superfície corporal associada a exercício em esteira	(RIZZO et al., 2017)
Comportamento - Temperatura dos olhos	(TRAVAIN et al., 2014, 2016)

A comparação entre a ressonância magnética (RM) e a técnica de TIV apresenta correlação positiva em humanos (FRICKE et al. 2018) e em cães (GROSSBARD et al., 2014).

Grossbard et al. (2014) realizaram um estudo de detecção da doença disco intervertebral toracolombar em cães condrodistoficos tipo I, utilizaram TIV e confirmaram os achados com RM e cirúrgicos. Encontraram resultado de

97% de sucesso da TIV na identificação da região do disco intervertebral anormal.

2.5) PRÉ-CONDIÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DAS IMAGENS TERMOGRÁFICAS

Para iniciar a realização das imagens termográficas ou termogramas, com o intuito de evitar artefatos e realizar medições de temperatura com precisão, existe a necessidade de compensar os efeitos de um determinado número de diferentes fontes emissoras de radiação. Para isso a literatura cientifica em um esforço de produzir imagens com repetitividade tenta padronizar os seguintes parâmetros introduzidos na câmera: emissividade do objeto, temperatura aparente refletida, distância entre o objeto e a câmera, umidade relativa (%) e a temperatura da atmosfera (temperatura da sala de exame) (TURNER; ACVS, 1998; EDDY; VAN HOOGMOED; SNYDER, 2001; VAN HOOGMOED; SNYDER, 2002; MEIRA et al., 2014; GATT et al., 2015).

2.5.1) Paciente

Na avaliação de esforço repetitivo das mãos em humanos, Gold, Cherniack e Buchholz (2004), solicitaram as pessoas avaliadas a absterem-se de exercícios intensos, uso de ferramentas elétricas, cafeína, álcool (por 10 horas) e tabaco por uma hora antes do experimento.

Ng e Etehadtavakol (2017), descreveram que a imagem termográfica deve ser feita antes do planejamento da endoscopia, para eliminar qualquer potencial de influência da limpeza intestinal e do mecanismo endoscópico. Podendo ser realizado imagens antes e depois como forma de comparação.

A preparação dos animais, contudo, requer outros aspectos, devem ser consideradas as alterações que podem causar influência na microcirculação da pele como: situação térmica do paciente (hiper ou hipotermia), alterações neurais, umidade na pele (banhos, pomadas, géis), medicamentos tópicos ou parenterais, exercício físico, fatores emocionais (medo, euforia), fatores fisiológicos (dor e inflamação), fatores ambientais e de estação do ano, se precaver em regiões de lambedura do paciente ou quando há presença de

mais de um animal e evitar regiões com sujidades. Pode ser extrapolado como no humano o jejum de substâncias, fármacos ou alimentos energéticos que alterem o metabolismo, bem como medicamentos antiinflamatórios, analgésicos e fármacos vasoativos que alterem a microcirculação da pele (HAMMEL; PIERCE; HAVEN, 1967; MCCAFFERTY, 2007; KWON; BRUNDAGE, 2019; TRINDADE et al., 2019)

2.5.2) Ambiente

As imagens devem ser obtidas em ambiente climatizado que apresente condições padronizadas. Variáveis que podem ser controláveis incluem movimento do paciente, fluxo de ar, influência do sol na sala e temperatura ambiente. A termografia pode ser realizada em sala climatizada com um intervalo de temperatura de 20 a 25ºC (68º a 77ºF), entretanto, Simon et al. (2006) citaram que a termografia em equinos pode ser realizada com temperaturas menores que 30ºC (86ºF).

McCafferty et al. (2013) utilizam a termografia na avaliação da temperatura superficial de pinguim imperador em seu habitat natural. As mensurações foram realizadas com temperatura ambiente não controlada de -17,6 ^{o}C, demonstrando a diversidade de empregabilidade da técnica.

2.6) IMAGEM TERMOGRÁFICA

2.6.1) Princípios de interpretação da imagem

Para interpretar termogramas de seres humanos ou animais, seja de corpo inteiro ou de regiões de interesse, é essencial considerar as alterações que podem causar influência na microcirculação da superfície da pele como: situação térmica do paciente (hiper ou hipotermia), fatores ambientais (adaptativos) e de estação do ano, alterações neurais, hormonais, neoplásicos, metabólicos, reguladores da pressão arterial e venosa (BOUZIDA; BENDADA; MALDAGUE, 2009), mecânicos que influenciam o fluxo sanguíneo local (decúbitos antes do exame) e artefatos (lambeduras, produtos tópicos, umidade, utilização de medicação) (ENGEL, 1983; KASTBERGER; STACHL, 2003). Também como os fatores já citados anteriormente na preparação do paciente.

Devido a grande variação de diferentes fatores reguladores, fisiológicos ou não, que podem interferir na circulação da pele, a TIV se apresenta como uma ferramenta de grande desafio diagnóstico, por assumir caráter de exame fisiológico e pouco morfológico como nos casos dos exames radiográficos, ultrassonográficos de tomografia computadorizada entre outros exames (DA COSTA et al., 2006; MARINO; LOUGHIN, 2010)**.**

A TIV pode ser aplicada em todas as classes e espécies de animais. Assim, é possível produzir e analisar termogramas de insetos, anfíbios, répteis, aves (MCCAFFERTY et al., 2013; TORQUATO et al., 2015) e mamíferos (MITCHELL, 2013). Contudo, algumas espécies podem apresentar limitações técnicas decorrentes das características fisiológicas (ectotérmico) e morfológicas como: plumagem, pena, lã, bico, escamas entre outras características, essas regiões densas podem oferecer um isolante térmico e aparecerão nos termogramas com a temperatura do ambiente, influenciadas principalmente pela temperatura do ar ou do sol, quando presente (TORQUATO et al., 2015). Para interpretar a temperatura nesses casos é importante considerar os princípios básicos da termorregulação de cada espécie (PHILLIPS; SANBORN, 1994; MCCAFFERTY, 2007).

Os tecidos animais, por possuírem uma grande concentração de água, em geral tornam a emissividade alta (mais de 0,80). Nos cães, algumas partes do corpo que não são cobertas por pelos, são as áreas em que é possível ler a temperatura da superfície do animal com maior acurácia (LUZI et al., 2013). Essas regiões podem ser consideradas “Janelas Térmicas” e podem ser produzidas com a retirada do pelo (KASTBERGER; STACHL, 2003; LOUGHIN; MARINO, 2007) ou afastando o pelo ou a lã. Outra opção são áreas que apresentam pouca cobertura como região da face (região periocular, mucosas da boca e carúncula lacrimal) (MCCAFFERTY et al., 2013; TRINDADE et al., 2019), barriga e genitálias (KLIR, JOHN J.; HEATH, 1992; TRAVAIN et al., 2014; OLĞAÇ et al., 2017).

Ao avaliar o pinguim imperador em seu habitat natural (-17,6^{o}C), McCarfetty et al. (2013), descreveram que quase todas as superfícies externas do corpo estavam com temperatura abaixo do ponto de congelamento, com exceção da região dos olhos (periocular), demonstrando seu valor como área de avaliação.

Outro princípio importante na interpretação dos termogramas é que não se pode atribuir uma cor a uma determinada doença, contudo pode se determinar faixas ou limites de temperatura. Esses parâmetros de “anomalias térmicas” devem ser conectados sempre com fenômenos fisiológicos ou ambientais, como já descritos (MCCAFFERTY, 2007; FERREIRA et al., 2016).

2.6.2) Inflamações

A temperatura superficial do corpo ou da região de interesse (RI), varia entre a temperatura do ambiente e a temperatura sanguínea da pele (aproximadamente 30-34ºC). A temperatura da pele ou RI pode, por sua vez, ser avaliada remotamente por termografia infravermelha a partir da quantidade de calor que irradia (VIANNA; CARRIVE, 2005; BOUZIDA; BENDADA; MALDAGUE, 2009).

Os processos inflamatórios quando agudos causam, em geral, aumento da temperatura local, sendo esse um dos sinais que indicam a presença desse processo, podendo em algumas situações ocorrer o aumento da temperatura antes de aparecerem os sinais clínicos no paciente (MIKAIL, 2010; FERREIRA

et al., 2016). Isso ocorre em decorrência do aumento metabólico local, vaso dilatação ou mesmo angiogenise, assim, as imagens nesse tipo de processo tendem a ser hiperradiantes.

2.6.3) Áreas hiporradiantes

Locais que apresentam baixa temperatura podem significar alterações ou sinais de doenças como: edema, fibrose, atrofia muscular, falta ou falha na circulação (MIKAIL, 2010).

2.6.4) Isquemia ou gangrena

Anderson e Desrochers (2014) indicam a utilização da termografia na avaliação da viabilidade de extremidades distais de bovinos. Isquemias e gangrenas graves podem levar a amputação de extremidades (dígitos e casco) de membros e têm um impacto dramático na qualidade de vida e na produtividade desses animais.

Em humanos, Wallace et al. (2017) propuseram a utilização de termogramas produzidos a partir de aparelhos celulares, para avaliar a perfusão sanguínea em extremidades de membros inferiores em pacientes diabéticos. O trabalho destaca potenciais aplicações, incluindo diagnóstico de doença arterial periférica, avaliação transoperatória e monitoramento após as terapias indicadas.

As imagens descritas nesses trabalhos, em decorrência da baixa perfusão, são de caráter hiporradiante e ajudam na indicação de amputações ou terapia conservadora.

2.6.5) Osteoatrite

Estudos em humanos demonstraram boa relação entre achados radiográficos e aumento da temperatura em termogramas de joelho (ENGEL, 1983; WARASHINA et al., 2002; HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010; E CÔRTE; HERNANDEZ, 2016). Em cães, Infernuso et al. (2010) realizaram avalição termográfica de animais que sofreram ruptura de ligamento cruzado e

observaram uma taxa de 75 - 85% de sucesso do exame com achados cirúrgicos.

Collins et al. (1976), correlacionaram os achados da termografia e radiologia em lesões inflamatórias, localizados em carpo e joelho de pessoas. Os autores destacam que as duas técnicas medem diferentes facetas do mesmo fenômeno e os achados de cada uma devem ser considerados complementares. A termografia infravermelha demonstra maior valor nas alterações da vascularização na fase aguda de uma lesão, enquanto a radiologia mostra mudanças estruturais anatômicas, decorrentes da cronicidade da enfermidade.

2.6.5.1) Acompanhamento clínico

Em um modelo experimentalmente induzido de artrite canina, os mapas de cores termográficas mudaram à medida em que a temperatura aumentava no dermátomo das articulações artríticas. A acupuntura foi usada por quatro semanas e os padrões termográficos e as temperaturas voltaram ao normal, enquanto os padrões termográficos permaneceram anormais no grupo não tratado (UM et al., 2005; MARINO; LOUGHIN, 2010)

Steiss (2012) descreveu a importância da utilização da termografia infravermelha juntamente com outras técnicas de diagnóstico por imagem na avaliação e acompanhamento da terapia de cães atletas que recebem reabilitação de distúrbios musculoesqueléticos.

2.6.6) Tendinopatias

Smith (1964), em seu trabalho pioneiro em cavalos, destacou a possibilidade de observar aumentos localizados de temperatura em tendões, contusões entre outras lesões, apontando aumento de temperatura da superfície do corpo na área com alteração.

Eddy e colocaboradores (2001) descreveram que a tendinite na fase aguda, se apresenta nos cavalos como uma zona focal de aumento de temperatura tendo forma elíptica. Destaca que os pontos quentes (hot spots) podem ser detectados termograficamente até duas semanas antes dos equinos

apresentarem evidência de sinais clínicos como dor ou inchaço. Essas informações são importantes, pois somadas ao exame físico, podem ajudar a detectar precocemente lesões ou confirmar várias dores palpáveis nos equinos, e dessa maneira promover mudanças na rotina de treinamento ou permitir indicações de tratamento e bem-estar.

2.6.7) Miopatias

Segundo Vainionpää et al. (2012[a]), a termografia tem o potencial de reconhecer e apontar regiões lesionadas ou potencialmente dolorosas em cães e gatos, isso ocorre pelas alterações vasculares e de temperatura superficial que podem revelar alterações principalmente em animais que apresentam relutância para realizar o exame físico.

Contudo, os termogramas, não são imagens que representam dor e sim disfunções morfofisiológicas que estão relacionadas com regiões álgicas, pois demonstram os componentes somáticos do sistema nervoso autônomo simpático e mecanismos inflamatórios, que alteram o fluxo sanguíneo dérmico (BRIOSCHI, 2011; DORNBUSCH et al., 2017).

2.6.8) Comportamento

As respostas emocionais dos cães frente a alimentos apetitosos foi estudada usando a TIV e avaliando a frequência cardíaca. Este estudo foi realizado por Travain e colaboradores (2016), que observaram aumento na temperatura dos olhos e da frequência cardíaca após ser oferecido alimento. Em suas considerações descreve a TIV como uma ferramenta útil na avaliação dos estados emocionais em termos de excitação, mas falha em discriminar o estado emocional, cuja interpretação não pode ser desconsiderada, os índices comportamentais como o abanar da cauda entre outros.

2.6.8.1) Avaliação do Estresse

A avaliação do estresse pode ser realizada de várias formas, como mensuração das concentrações de cortisol sérico, presente na saliva, fezes e dispositivos remotos para registro da temperatura corporal, frequência cardíaca e coleta de amostras de sangue (STEWART, 2008).

Na região periocular, a carúncula lacrimal é uma estrutura anatômica localizada na região medial do olho, esta é descrita como a mais sensível às alterações em eventos de estresse, dor e termorregulação. Alterações na sua temperatura têm sido atribuídas a respostas simpáticas e do sistema nervoso autônomo (STEWART, 2008; TRAVAIN et al., 2014; AMORIM et al., 2018).

O estresse pode ser definido como um mecanismo de defesa ou adaptação do organismo contra fatores adversos do cotidiano, quando estimulado ativa as vias neuroendócrinas do eixo hipotálamo-pituitaria-adrenocortical (HPA) para realizar a adaptação do comportamento e as mudanças fisiológicas do animal à nova situação. Com a ativação do eixo HPA ocorre a produção de calor, como consequência da elevação da concentração sérica de catecolaminas e cortisol que irão induzir aumento de fluxo sanguíneo (SCHAEFER et al., 2004).

A relação entre TIV e a atividade do eixo HPA, foi inicialmente investigada por Cook et al. (2001), em equinos, que correlacionaram a utilização de termogramas da face e cortisol e, assim, descreveram a correlação positiva desses dois índices biomédicos.

2.6.8.2) Avaliação da dor

Os animais, de modo geral, possuem a capacidade de percepção dos estímulos externos, contudo não são capazes de se expressar de forma verbal, ou com mímicas (faciais ou corporais) às suas alterações emocionais ou fisiológicas decorrentes de estímulos dolorosos ou estressantes. Vieira (2018), destaca essa importância na avaliação da dor em cavalos com cólica e ressalta que, além disso, formas de mensuração da severidade da dor nos animais são indispensáveis para tomar decisões clínicas.

Como ocorre no estresse, a forma de avaliação pode ser através de vários métodos, contudo a região ocular (região da carúncula lacrimal) por ser uma região muito vascularizada, a temperatura tende a aumentar. Estudos recentes da avaliação da dor por avaliação da temperatura ocular têm se mostrado relevantes como os observados em bovinos (STEWART, 2008) e em equinos com cólica (VIEIRA, 2018).

Nos cães há poucos estudos que validam a utilização da técnica de termografia de infravermelho como ferramenta de detecção de dor com base no aumento ou diminuição da temperatura, porém, alguns estudos apontam que esta pode ser uma ferramenta útil na avaliação do estresse ou na excitação (TRAVAIN et al., 2014, 2016).

2.6.9) Odontologia

Dornbusch e colaboradores (2017) realizaram trabalho pioneiro na avaliação da inflamação causada pela presença de abcessos dentários em uma avaliação de 53 cães, com 13 animais positivos para enfermidade. O trabalho destaca alterações significativas da temperatura em áreas,nas quais há inflamação e sugere a termografia infravermelha (TIV) como ferramenta de triagem, além da utilização da radiologia nos cães como forma de aumentar a acurácia das técnicas.

Amorim et al. (2018) utilizaram na odontologia humana a TIV e descreveram como uma ferramenta útil no diagnóstico das reações inflamatórias da cavidade oral, bem como monitoramento do paciente após submetidos às várias possibilidades de tratamento. Outro aspecto importante está na possibilidade de monitorar a eficiência dos tratamentos odontológicos.

2.7) CÃES-GUIA

O cão-guia é um cão doméstico (*Canis familiaris*) especificamente educado (treinado) para fornecer e proporcionar orientação e apoio de mobilidade a um tutor cego ou deficiente visual (CRAIGON et al., 2017), a fim de promover segurança e diminuir suas limitações funcionais.

A utilização de cães para essa finalidade não é especifica, pois acompanha a domesticação dos primeiros animais até a seleção e desenvolvimento de novas raças. O primeiro relato do treinamento de cães-guia para ajudar pessoas cegas foi descrito por volta do ano de 1780 no hospital para cegos Les Quinze-Vingts, em Paris.

O propósito da utilização de animais para a finalidade de guiar pessoas é que animais domiciliados estreitam sua relação com o homem e o cachorro é uma das espécies que mais convive com o ser humano. Esta relação de amizade e interação atualmente aumentou, fazendo com que as famílias aceitem o cão como um membro familiar. E, ao se destacar a importância do bem-estar para homem/cão, essa interação proporciona bem-estar físico, mental e social, para ambos.

Whitmarsh (2005) realizou uma pesquisa com mais de 800 deficientes visuais e descobriu que independência, confiança, companheirismo, aumento e interação social, bem como aumento da mobilidade, são comumente citados como benefícios da utilização de cães-guia. Essas dimensões psicológicas e sociais de possuir um cão-guia o distinguem de outras ajudas de mobilidade em sua capacidade de transformar a vida dos tutores.

2.7.1) Importância dos cães-guia no mundo

O maior desafio de pessoas com deficiência visual está na sua mobilidade e orientação em espaços públicos. Na década de 1980, viagens e passeios eram o desejo de trezentos e quarenta mil indivíduos cegos ou com déficit visual no Japão (TACHI; KOMORIYA, 1985).

O consenso da assistência e inclusão para cegos e deficientes visuais é recente para todo o mundo (depois da Segunda Guerra Mundial). Têm sido realizado grande esforço em tecnologia, com intuito de promover a utilização mais sensível e sútil dos sentidos remanescentes (YUE et al., 2016), estendendo para implantes retinianos bioeletrônicos, assistência robótica, uso de pessoas (videntes), bengalas e animais como: mini-horse (Guide Horse Foundation, 2018) e cães-guias (IGDF, 2018).

Existe uma aparente discrepância entre o número real de tutores de cães-guia e a proporção de pessoas com deficiência visual que podem se beneficiar de um cão-guia (WHITMARSH, 2005). Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2018), estima-se que atualmente aproximadamente 1,3 bilhão de pessoas vivem com algum tipo de distúrbio de visão. Esse número aumenta em decorrência do crescimento populacional global e do aumento da expectativa de vida.

Com relação às pessoas com necessidades de alguma tecnologia assistiva, o número reduz para aproximados 36 milhões de cegos (BOURNE et al., 2017) de um total estimado de 7,33 bilhões de pessoas vivendo no mundo. Com relação às pessoas com comprometimento visual, o número chega a aproximadamente de 826 milhões (FRICKE et al., 2018).

Segundo a GuideDogs (2018), todos os dias, 28 australianos são diagnosticados com perda de visão incorrigíveis, desses, nove ficarão cegos, de uma população estimada de 24,13 milhões de pessoas. Segundo o site, o primeiro cão guia chegou na Austrália no ano de 1950 vindo da Inglaterra e o primeiro cão treinado na Austrália foi “Beau” no ano de 1952.

Na Inglaterra e em todo Reino Unido são treinados e produzidos cães-guias desde 1931, atualmente, estima-se que existem quase 5.000 cães-guia trabalhando para fornecer mobilidade e outros serviços de reabilitação que

atendam pessoas com necessidades visuais ou cegas na Inglaterra (WHITMARSH, 2005; FINE, 2015). Contudo em 1997, 1,3% da população cega e 2,4% das pessoas com perda parcial da visão se beneficiavam com a utilização de cães-guia.

Atualmente, a Federação Internacional de Cães-Guia (IGDF) é um órgão responsável pelo desenvolvimento, monitoramento e avaliação dos padrões de treinamento aplicados em todas as organizações e membros do IGDF. Atualmente são 90 instituições de todo o mundo, ligadas ao IGDF, a fim de assegurar a qualidade de treinamento e orientar usuários e instrutores de cães nos diversos países (IGDF, 2018).

2.7.2) Importância dos cães-guia no Brasil

De acordo com censo demográfico do IBGE, em 2010, havia no Brasil aproximadamente 46 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência visual. Dessas, 526 mil são cegas e seis milhões de pessoas apresentam baixa na qualidade visual e ou grande dificuldade para enxergar (SOUZA et al., 2013). Segundo Rebello (2016), através de uma estimativa não oficial das instituições de atendimento às pessoas com deficiência visual, há pouco mais de 140 cães-guia trabalhando atualmente no Brasil, demonstrando a grande defasagem no atendimento às pessoas cegas que necessitam desse tipo de tecnologia assistiva.

O termo “tecnologia assistiva” ou “tecnologia de apoio”, se define a um agrupamento de técnicas e procedimentos que promovem a assistência e reabilitação, com a finalidade de melhorar a qualidade de vida de pessoas com deficiência. Os cães, nesse processo, trazem para a pessoa com deficiência visual a possibilidade de executar tarefas que anteriormente não conseguiam ou tinham grande dificuldade em realizar. Proporcionando ao individuo maior inclusão na sociedade, no mercado de trabalho e nas relações externas com sua comunidade (KERBER, 2018).

Em novembro de 2012, o Instituto Federal Catarinense - Campus Camboriú (Figura 6), iniciou seu projeto de treinamento de instrutores de cães-

guia com intuito de fornecer à população da região e de todo o país, profissionais capacitados no treinamento e cães que atendam a necessidade de pessoas com deficiência visual. Este projeto pretende atender as pessoas com deficiência visual em busca de sua reabilitação, inclusão e acessibilidade. O Projeto Cães-guia foi das dez ações prioritárias no Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência – o Viver Sem Limite (Decreto 7.612/ Brasil, 2018).

Figura 6. Fotografia do setor administrativo do Centro de Formação de Treinadores e Instrutores de Caes-Guia – Centro de treinamento de cães-guia (Instituto Federal Catarinense - Campus Camboriú). Fonte: Arquivo pessoal.

Para a formação de um cão guia é necessário que o cão avance fases no seu desenvolvimento até completar a sua formação final de treinamento. Esse período é estimado em aproximadamente dois anos, onde nem todos os animais que iniciam o programa se tornam aptos para essa finalidade. No Brasil, a média de aproveitamento de cães que iniciaram o treinamento é de 30%, índice compatível com a média mundial (NETTO; FERREIRA, 2017).

2.7.3) Treinamento dos cães-guias

O treinamento para se formar um cão-guia é definido em fases, essas são fundamentais para escolha e determinação do animal para a finalidade de cão-guia. Incialmente, quando nascem, os filhotes permanecem no Centro de Treinamento do Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú (CT-IFC), com suas mães até o desmame. Em seguida, são encaminhados a socializadores (famílias voluntárias do projeto cães-guia), que irão ajudar no desenvolvimento social do animal. Após essas fases, o cão retorna ao CT-IFC (Figura 7) onde receberá o treinamento em dois níveis: inicialmente de obediência e por último especifico, de 80 a 120 horas onde o animal se tornará apto ou não para guiar uma pessoa com deficiência visual (KERBER, 2018).

Figura 7. Maquete ilustrativa dos setores do Centro de Treinamento de Cães-guia onde : 1 - Administração, 2 - Centro de Convivência, 3 - Canil, 4 - Clínica Veterinária, 5 - Maternidade e 6 – Pista de Treinamento. Área total: 49.196 m^2 e área construída: 1730 m^2. Fonte: Arquivo pessoal.

Segundo Rebello (2016), as fases na formação do cão guia são: maternidade, socialização, treinamento, adaptação, acompanhamento e a aposentadoria. Sendo detalhado cada estágio de formação do cão-guia.

A Fase da Maternidade - esta é a fase da escolha e aquisição dos filhotes, geralmente das raças Golden Retriever, Labrador Retriever, Flat Coated Retriever, ou o cruzamento delas, os chamados “Mestiços”. Os filhotes permanecem na maternidade por aproximadamente sete semanas e após receberem a primeira e segunda doses da vacina (com intervalo de 21 dias), são encaminhados para a fase de socialização.

A Fase da Socialização – para que esta fase ocorra, é necessário primeiramente realizar a seleção das famílias para realizar o trabalho voluntário de socializador. Quando há um número significativo de candidatos, é possível escolher as famílias de acordo com o perfil comportamental de cada filhote, o que seria ideal, conforme análise do núcleo familiar, por exemplo, se tem crianças, outros animais domésticos, se moram em casa ou apartamento, se moram na zona rural ou urbana, próximos ou não do centro de treinamento etc. Esta etapa dura da oitava semana de vida do cão até um ano ou, no máximo, dezesseis meses. Nesta fase, o socializador apresenta o cão ao mundo, com finalidade de proporcionar ao animal o maior número de experiências possíveis como: caminhadas diárias, visitas a locais públicos e privados (como mercados, lojas, shoppings, bancos, hotéis). Podendo frequentar o próprio local de trabalho do voluntário, proporcionando acesso a escadas convencionais abertas ou fechadas, escadas rolantes, elevadores e também utilizar os meios de transportes, carro, taxi, ônibus, trem, metrô, avião etc. O filhote deve dormir dentro da residência, na caixa fornecida pelo Instituto e algumas regras básicas devem ser mantidas, como o apito autorizando a alimentação, somente fornecer como alimentação a ração recomendada, as necessidades fisiológicas do cão devem ser em local e situação adequadas, usar a capa, a coleira com a identificação e a guia em ambientes fora da residência. O cão não pode latir, não pode cavar buracos e não pode subir em camas e móveis, nem destruir qualquer objeto (KERBER, 2018).

A Fase de Treinamento - entre a idade de quatorze a dezesseis meses o cão é separado da família socializadora e deve voltar para o canil do Centro de Treinamento para começar a fase do treinamento. Nesta fase o cão vai aprender os principais comandos de condução de pessoas e gradativamente outros comandos mais específicos. Esta fase dura até o cão se tornar adulto, por volta de dois anos de vida, precisando em média de oitenta horas de treinamento para tornar-se um cão-guia, dependendo da forma como foi a sua socialização e da sua natureza. Aqueles cães que, durante o treinamento, apresentarem algum problema físico comprometedor ou problemas de comportamento irreversíveis são excluídos do programa (HARVEY et al., 2016; REBELLO, 2016; KERBER, 2018).

Figura 8. Fotografia do corredor da área interna do setor do canil e a direita fotografia da maquete representativa deste setor. Fonte: Arquivo pessoal.

A Fase de Adaptação – concluído o período de treinamento, os cães que se graduaram e tem condições mínimas necessárias para ser um cão-guia, ficam esperando a fase de adaptação, ainda no canil do Centro de Treinamento do Instituto. Esta é a fase da formação da dupla, cão e deficiente visual, que devem ficar hospedados no Centro de Treinamento durante três semanas aprendendo os comandos e o controle necessários para serem conduzidos. O treinamento se estende por mais uma ou duas semanas na região de origem

do deficiente visual, onde são treinados em trajetos diários que serão realizados (KERBER, 2018).

A Fase de Acompanhamento - o acompanhamento é a fase de ajustes e manutenção. Neste período, são feitos contatos telefônicos e visitas para verificar a evolução da dupla, sanar dúvidas, e verificar se os cuidados e recomendações com a saúde do cão estão sendo seguidos. Este acompanhamento é contínuo até o período de cinco anos.

A Fase da Aposentadoria - o cão-guia é declarado aposentado pelo instrutor e/ou pelo veterinário, quando, por motivos de senilidade ou saúde, não puder mais guiar de modo a garantir a segurança da dupla. Em média, um cão-guia, quando atinge a idade de dez anos e oito anos de trabalho, deve ser substituído por um cão mais jovem e ser premiado com a sua aposentadoria, para poder desfrutar de seu merecido descanso (NETTO; FERREIRA, 2017).

3) REFERÊNCIAS

AMINI, M.; LIU, P.; UMBAUGH, S. E.; MARINO, D. J.; LOUGHIN, C. A. Thermographic image analysis method in detection of canine bone cancer (osteosarcoma). In: 5th International Congress on Image and Signal Processing, **Anais**...CISP, 2012.

AMORIM, A. M. A. M.; BARBOSA, J. da S.; FREITAS, A. P. L. de F.; FERREIRA, J. E. V.; VIEIRA, L. E. M.; SUASSUNA1, F. C. M.; BENTO, P. M.; MELO, D. P. de. Termografia infravermelha na Odontologia. **HU Revista**, v. 44, n. 1, p. 15–22, 2018.

AMORT, K.; KRAMER, M. Future of diagnostic imaging. In: Proceeding of the European College of Veterinary Surgeons - ECVS, Copeenhagen. **Anais**... Copeenhagen: 2014.

ANDERSON, D. E.; DESROCHERS, A. Bovine Orthopedics. **VETERINARY CLINICS OF NORTH AMERICA: FOOD ANIMAL PRACTICE**, p. 313, 2014.

ARFAOUI, A.; POLIDORI, G.; TAIAR, R.; POPA, C. Infrared Thermography in Sports Activity. In: PRAKASH, R. V. (Ed.). **Infrared Thermography**. 1. ed. Croácia: InTech, 2012. p. 141–168.

BEZERRA, L. A. **Uso de imagens termográficas em tumores mamários para validação de simulação computacional**. 2007. 59 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Curso de pós-graduação em engenharia mecânica - Universidade Federal de Pernambuco, 2007.

BIONDI, F.; DORNBUSCH, P. T.; SAMPAIO, M.; MONTIANI-FERREIRA, F. Infrared ocular thermography in dogs with and without keratoconjunctivitis sicca. **Veterinary Ophthalmology**, v. 18, n. 1, p. 28–34, 2015.

BOURNE, R. R. A.; FLAXMAN, S. R.; BRAITHWAITE, T.; CICINELLI, M. V.; DAS, A.; JONAS, J. B.; KEEFFE, J.; KEMPEN, J.; LEASHER, J.; LIMBURG, H.; NAIDOO, K.; PESUDOVS, K.; RESNIKOFF, S.; SILVESTER, A.; STEVENS, G. A.; TAHHAN, N.; WONG, T. Y.; TAYLOR, H. R. Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. **The Lancet Global Health**, v. 5, n. 9, p. 888–897, 2017.

BOUZIDA, N.; BENDADA, A.; MALDAGUE, X. P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**, v. 34, n. 3, p. 120–126, 2009.

Brasil, **DECRETO no. 7.612, de 17 de novembro de 2011**. Institui o plano nacional dos direitos da pessoa com deficiência - plano viver sem limite. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7612.htm>. Acessado em: 20 de outubro de 2018.

BRIOSCHI, M. L. **Metodologia de normalização de análise do campo de temperaturas em imagem infravermelha humana**. 2011. 115f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Curso de Doutorado em Engenharia Mecânica, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2011. Disponível em: <http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/handle/1884/26245>.

CLARK, B. Y. R. P.; MULLAN, B. J.; PUGHT, L. G. C. E. Skin temperature during running - A study using infra-red colour thermography. **The Journal of Physiology**, v. 267, p. 53–62, 1977.

CLEMENTINO, W. K. L.; LINS, J. G. G.; AZEVEDO, A. S. Uso da termografia infravermelha como auxílio diagnóstico de neoplasia mamária canina. **Revista Principia**, v. 43, p. 76–87, 2018.

COLLINS, A. J.; RING, F.; BACON, P. A.; BROOKSHAW, J. D. Thermography and radiology complimentary methods for the study of inflammatory diseases. **Clinical Radiology**, v. 27, p. 237–243, 1976.

COOK, N. J.; SCHAEFER, A. L.; WARREN, L.; BURWASH, L.; ANDERSON, M.; BARON, V. Adrenocortical and metabolic responses to ACTH injection in horses: an assessment by salivary cortisol and infrared thermography of the eyeNo Title. **Canadian Journal of Animal Science**, n. 81, p. 621, 2001.

CRAIGON, P. J.; WEST, P. H.-; ENGLAND, G. C. W.; WHELAN, C.; LETHBRIDGE, E.; ASHER, L. " She ' s a dog at the end of the day ": Guide dog owners ' perspectives on the behaviour of their guide dog. **PLoS One**, v. 12, n. 4, p. 0–19, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0176018>.

DA COSTA, R. C.; PARENT, J.; DOBSON, H.; HOLMBERG, D.; PARTLOW, G. Comparison of magnetic resonance imaging and myelography in 18 Doberman pinscher dogs with cervical spondylomyelopathy. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 47, n. 6, p. 523–531, 2006.

DIAKIDES, M.; BRONZINO, J. D.; PETERSON, D. R. **MEDICAL infrared imaging principles and practices**. New York: CRC Press, 2013.

DORNBUSCH, L. P. T. C. **Estudo da aplicação da termografia na doença periodontal e nos abscessos apicais em cães**. 2013. 71f. Dissertação (mestrado Ciências Veterinárias)Programa de pós-graduação em ciências veterinárias - Universidade Federal do Paraná, 2013.

DORNBUSCH, L. P. T. C.; CARDOSO, T. L.; LEITE, J. E. S. B.; LANGE, R. R.; FILHO, I. R. B.; VILANI, R. G. D. de C.; DORNBUSCH, P. T. Achados termográficos em cães acometidos de abcesso periapical. **Archives of Veterinary Science**, v. 22, n. 1, p. 57–63, 2017.

DURRANT, B. S.; RAVIDA, N.; SPADY, T.; CHENG, A. New technologies for the study of carnivore reproduction. **Theriogenology**, v. 66, p. 1729–1736, 2006.

E CÔRTE, A. C. R. e.; HERNANDEZ, A. J. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, n. 4, p. 315–319, 2016.

EDDY, A. L.; VAN HOOGMOED, L. M.; SNYDER, J. R. The role of thermography in the management of equine lameness. **Veterinary Journal**, v. 162, n. 3, p. 172–181, 2001.

ENGEL, J.-M. Clinical application of advanced infrared thermography (IRT) in locomotor diseases. **Proceedings SPIE 1983 International Techincal Conference_Europe**, p. 254–260, 1983.

FERREIRA, K. D.; FILHO, S. H. Á.; BERTOLINO, J. F.; SILVA, L. A. F. da; VULCANI, V. A. S. TERMOGRAFIA POR INFRAVERMELHO EM MEDICINA VETERINÁRIA. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 13, n. 23, p. 1298–1313, 2016.

FINE, A. H. **Handbook on animal-assisted therapy – theoretical guide dog ownership foundations and guidelines for practice**. 4. ed. London: Elservier, 2015.

FLIR SYSTEMS. **User's manual - flir exx series**. USA: FLIR Systems Publications, 2013.

FRICKE, T. R.; TAHHAN, N.; RESNIKOFF, S.; PAPAS, E.; BURNETT, A.; HO, S. M.; NADUVILATH, T.; NAIDOO, K. S. Global Prevalence of Presbyopia and Vision Impairment from Uncorrected Presbyopia: Systematic Review, Meta-analysis, and Modelling. **Ophthalmology**, v. 125, n. 10, p. 1492–1499, 2018. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0161642017337971?token=2A271BF545F3BE305519BCDB65649EA023BA835A1093570F86110BD2544F7FF2696EE3A66346374C0EDBD34D83CF1DE8>.

GATT, A.; FORMOSA, C.; CASSAR, K.; CAMILLERI, K. P.; DE RAFFAELE, C.; MIZZI, A.; AZZOPARDI, C.; MIZZI, S.; FALZON, O.; CRISTINA, S.; CHOCKALINGAM, N. Thermographic patterns of the upper and lower limbs: Baseline data. **International Journal of Vascular Medicine**, p. 1–9, 2015.

GuideDogs. Guide Dogs NSW / ACT. **History of Guide Dogs.** Disponível em: **<**https://www.guidedogs.com.au/**>** Acesso em: 10 out 2018.

Guide Horse Foundation, Disponível em: <http://www.guidehorse.com> Acesso em: 10 de out de 2018.

GOLD, J. E.; CHERNIACK, M.; BUCHHOLZ, B. Infrared thermography for examination of skin temperature in the dorsal hand of office workers. **European Journal of Applied Physiology**, v. 93, p. 245–251, 2004.

GROSSBARD, B. P.; LOUGHIN, C. A.; ACVS, D.; MARINO, D. J.; ACVS, D.; MARINO, L. J.; SACKMAN, J.; UMBAUGH, S. E.; SOLT, P. S.; AFRUZ, J.; LEANDO, P.; LESSER, M. L.; CC, E. M. T.; AKERMAN, M. Medical Infrared Imaging (Thermography) of Type I Thoracolumbar Disk Disease in

Chondrodystrophic Dogs. **Veterinary Surgery**, p. 1–8, 2014.

HAMMEL, H. T.; PIERCE, J. B.; HAVEN, N. Some characteristics of temperature regulation in the unanesthetized dog. **American Journal of Physiology**, v. 213, n. 2, p. 547–56, 1967.

HARDY, J. D. the Radiation of Heat From the Human Body. **Journal of Clinical Investigation**, v. 13, n. 4, p. 593–604, 1934. Disponível em: <http://www.jci.org/articles/view/100607>.

HARVEY, N. D.; CRAIGON, P. J.; SOMMERVILLE, R.; MCMILLAN, C.; GREEN, M.; ENGLAND, G. C. W.; ASHER, L. Test-retest reliability and predictive validity of a juvenile guide dog behavior test. **Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research**, v. 11, p. 65–76, 2016.

HERLOFSON, E. G. **The use of thermography in evaluation of surgical wounds in small animal practice**. 2017. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, 2017. Disponível em: <http://stud.epsilon.slu.se>.

HERSCHEL, F. W. Investigation of the Powers of the Prismatic Colours to Heat and Illuminate Objects. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 9, n. 0, p. 255–283, 1800a. Disponível em: <http://rstl.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rstl.1800.0014>.

HERSCHEL, W. Experiments on the refrangibility of the invisible rays of the sun. **The Philosophical Magazine**, p. 284–292, 1800b. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14786440008562602>.

HILDEBRANDT, C.; RASCHNER, C.; AMMER, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors**, v. 10, n. 5, p. 4700–4715, 2010.

IGDF**. Federação Internacional de Cães-guia.** History of Guide Dogs. **<www.igdf.org.uk > > Disponivel em:** Acesso em 10 out 2018.

INFERNUSO, T.; LOUGHIN, C. A.; ACVS, D.; MARINO, D. J.; ACVS, D.; CCRP, C.; UMBAUGH, S. E.; SOLT, P. S. Thermal Imaging of Normal and Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifles in Dogs. **Veterinary Surgery**, v. 39, p. 410–417, 2010.

STEISS, J. E.; Muscle disorders and rehabilitation in canine athletes. **Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice**, v. 32, n. 1, p. 267–285, 2002. Disponível em: <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed5&NEWS=N&AN=2002024104>

JIANG, L. J.; NG, E. Y. K.; YEO, A. C. B.; WU, S.; PAN, F.; YAU, W. Y.; CHEN, J. H.; YANG, Y. A perspective on medical infrared imaging. **Journal of Medical Engineering and Technology**, v. 29, n. 6, p. 257–267, 2005.

JOHNSON, V. Diagnostic imaging: Reflecting on the past and looking to the future. **Veterinary Record**, v. 172, n. 21, p. 546–551, 2013.

KASTBERGER, G.; STACHL, R. Infrared imaging technology and biological applications. **Behavior Research Methods, Instruments, and Computers**, v. 35, n. 3, p. 429–439, 2003.

KERBER, M. **Bem-estar animal e ética no processo de formação de cães-guia**. 2018. 19f. Monografia (título de Treinador e Instrutor de Cães-Guia) Instituto Federal Catarinense -IFC, Camboriú, 2018.

KIM, J.-H.; PARK, H.-M. Unilateral Femoral Arterial Thrombosis in a Dog with Malignant Mammary Gland Tumor : Clinical and Thermographic Findings, and Successful Treatment with Local Intra-arterial Administration of Streptokinase. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v. 54, n. 5, p. 657–661, 2011.

KLAESSENS, J. H.; VAN DER VEEN, A.; VERDAASDONK, R. M. Comparison of the temperature accuracy between smart phone based and high-end thermal cameras using a temperature gradient phantom. In: SPIE - International Society for Optical Engineering, **Anais**...SPIE, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2252898>.

KLIR, JOHN J.; HEATH, J. E. An Infrared Thermographic Study of Surface Temperature in Relation to External Thermal Stress in Three Species of Foxes: The Red Fox (Vulpes vulpes), Arctic Fox (Alopex lagopus), and Kit Fox (Vulpes macrotis). **Journal: Physiological Zoology**, v. 65, n. 5, p. 1011–1021, 1992.

KWON, C.; BRUNDAGE, C. Quantifying body surface temperature differences in canine coat types using infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.03.004>.

LAHIRI, B. B.; BAGAVATHIAPPAN, S.; JAYAKUMAR, T.; PHILIP, J. Medical applications of infrared thermography: A review. **Infrared Physics and Technology**, v. 55, n. 4, p. 221–235, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2012.03.007>.

LOUGHIN, C. A.; MARINO, D. J. Evaluation of thermographic imaging of the limbs of healthy dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 68, n. 10, p. 1064–1069, 2007.

LUZI, F.; MITCHELL, M.; COSTA, L. N.; REDAELLI, V. **THERMOGRAPHY: current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine**. Bresci: FONDAZIONE INIZIATIVE ZOOPROFILATTICHE E ZOOTECNICHE BRESCIA, 2013.

MARINO, D. J.; LOUGHIN, C. A. Diagnostic imaging of the canine stifle: A review. **Veterinary Surgery**, v. 39, n. 3, p. 284–295, 2010.

MCCAFFERTY, D. J. The value of infrared thermography for research on mammals : previous applications and future directions. **Mammal Review**, v. 37, n. 3, p. 207–223, 2007.

MCCAFFERTY, D. J.; GILBERT, C.; THIERRY, A.; CURRIE, J.; MAHO, Y. Le; ANCEL, A.; MCCAFFERTY, D. J.; GILBERT, C.; THIERRY, A.; CURRIE, J.; MAHO, Y. Le; ANCEL, A. Emperor penguin body surfaces cool below air

temperature. **Biology Letters**, v. 9, n. 3, p. 1–4, 2013.

MEIRA, L. F. de; KRUEGER, E.; NEVES, E. B.; NOHAMA, P.; SOUZA, M. A. Termografia na área biomédica. **Pan American Journal of Medical Thermology**, v. 1, n. 1, p. 31–41, 2014.

MIKAIL, S. Termografia: diagnóstico através da temperatura. **Nosso Clínico**, v. 13, n. 74, p. 20–24, 2010.

NETTO, R. G. F.; FERREIRA, L. A. **Formação de treinadores e instrutores de cães-guia no Brasil. 2017.** 17f. Monografia (título de Treinador e Instrutor de Cães-Guia) **-** Instituto Federal Catarinense -IFC, 2017.

NEWMAN, P. G.; ROZYCKI, G. S. THE HISTORY OF ULTRASOUND. **Surgical Clinics of North America**, v. 78, n. 2, p. 179–195, 1998.

NG, E. Y. K.; ETEHADTAVAKOL, M. **Application of infrared to biomedical sciences**. 1. ed. Sinagapura: Springer Nature, 2017.

OLĞAÇ, K. T.; AKÇAY, E.; ÇIL, B.; UÇAR, B. M.; DAŞKIN, A. The use of infrared thermography to detect the stages of estrus cycle and ovulation time in anatolian shepherd dogs. **Journal of animal science and technology**, v. 59, p. 21, 2017. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29043090%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5632833>.

PHILLIPS, P. K.; SANBORN, A. F. An infrared, thermographic study of surface temperature in three ratites: ostrich, emu and double-wattled cassowary. **Journal of Thermal Biology**, v. 19, n. 6, p. 423–430, 1994.

PRAKASH, R. V. **INFRARED thermography**. Croatia: InTech, 2012.

REBELLO, C. E. **Cães-guia: a percepção da família a respeito do processo de socialização do filhote**. 2016. 25f. Monografia (título de Treinador e Instrutor de Cães-Guia)Instituto Federal Catarinense -IFC, 2016.

REDAELLI, V.; TANZI, B.; LUZI, F.; STEFANELLO, D.; PROVERBIO, D. Use of thermographic imaging in clinical diagnosis of small animal : preliminary notes. **Ann Ist Super Sanità**, v. 50, n. 2, p. 140–146, 2014. Disponível em: <http://www.scielosp.org/pdf/aiss/v50n2/06.pdf>.

RING, E. F. J. The discovery of infrared radiation in 1800. **Imaging Science Journal**, v. 48, n. 1, p. 1–8, 2000.

RING, F. J.; JONES, B. F. Historical Development of Thermometry and Thermal Imaging in Medicine. In: **MEDICAL INFRARED IMAGING Principles and Practices**. New York: CRC Press, 2013. p. 2–6.

RIZZO, M.; ARFUSO, F.; ALBERGHINA, D.; GIUDICE, E.; GIANESELLA, M.; PICCIONE, G. Monitoring changes in body surface temperature associated with treadmill exercise in dogs by use of infrared methodology. **Journal of Thermal Biology**, v. 69, n. March, p. 64–68, 2017. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.06.007>.

ROGALSKI, A. Recent progress in infrared detector technologies. **Infrared Physics and Technology**, v. 54, n. 3, p. 136–154, 2011.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. de A. A teoria das cores de newton : um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 53–65, 2003.

SMITH, W. M. Application of Thermography in Veterinary Medicine. **Annals New York Academy Sciences**, v. 121, p. 248–254, 1964.

SOROKO, M.; HOWELL, K. Infrared Thermography: Current Applications in Equine Medicine. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 60, p. 90–96, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2016.11.002>.

SOUZA, M. S.; MARTINS, P. R. G.; FERREIRA, L. A.; SOARES, M. P.; LEAL, L.; MARTINS, L. R. Perfil das famílias socializadoras do projeto cães-guia do IFC - Campus Comboriú. In: 31º SEURS - Seminário de Extensão Universitária da Região Sul, Florianopolis. **Anais**... Florianopolis: 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/116843>.

STEISS, J. E. Muscle disorders and rehabilitation in canine athletes. **Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice**, v. 32, n. 1, p. 267–285, 2002. Disponível em: <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed5&NEWS=N&AN=2002024104>.

STELLETTA, C.; GIANESELLA, M.; VENCATO, J.; FIORE, E.; MORGANTE, M. Thermographic Applications in Veterinary Medicine. In: PRAKASH, R. V. (Ed.). **Infrared Thermography**. Croácia: InTech, 2012. p. 117–140.

STEWART, M. **Non-invasive measurement of stress and pain in cattle using infrared thermography**. 2008. 176f. Tese (Doctor of Philosophy in Animal Science) Massey University, 2008.

TACHI, S.; KOMORIYA, K. **Guide dog robotAuton. Mob. Robot. Control. Planning, Archit.**, 1985. . Disponível em: <http://files.tachilab.org/paper1900/tachi1985MIT.pdf>.

THRALL, D. E. **Textbook of veterinary diagnostic radiology**. 7. ed. St. Louis, Missouri: Elservier, Inc., 2018.

TORQUATO, J. L.; SOUZA JR, J. B. F. de; QUEIROZ, J. P. A. F. de; COSTA, L. L. de M. Termografia infravermelha aplicada a emas (Rhea americana). **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 3, p. 51–56, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v3n2p51-56>.

TRAVAIN, T.; SILVIA, E.; CLARA, L.; HEINZL, E.; PELOSI, A.; PRATO, E.; VALSECCHI, P. How good is this food ? A study on dogs ' emotional responses to a potentially pleasant event using infrared thermography. **Physiology & Behavior**, v. 159, p. 80–87, 2016. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.03.019>.

TRAVAIN, T.; SILVIA, E.; HEINZL, E.; BELLUCCI, D.; PRATO, E.; VALSECCHI, P. Hot dogs : Thermography in the assessment of stress in dogs (Canis familiaris) d A pilot study. **Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research**, p. 1–7, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jveb.2014.11.003>.

TRINDADE, P. H. E.; FERRAZ, G. de C.; LIMA, M. L. P.; NEGRÃO, J. A.; COSTA, M. J. R. P. da. Journal of Equine Veterinary Science Eye Surface Temperature as a Potential Indicator of Physical Fitness in Ranch Horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 75, p. 1–8, 2019.

TURNER, T. A.; ACVS, D. Use of Thermography in Lameness Evaluation. In: Proceedings of the Annual Convention of the AAEP, **Anais**...1998.

UM, S.-W.; KIM, M.-S.; LIM, J.-H.; KIM, S.-Y.; SEO, K.-M.; NAM, T.-C. Thermographic Evaluation for the Efficacy of Acupuncture on Induced Chronic Arthritis in the Dog. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 67, n. 12, p. 1283–1284, 2005.

VAINIONPÄÄ, M. **Thermographic imaging in cats and dogs usability as a clinical method**. 2014. University of Helsinki, Finlandia, 2014. Disponível em: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/45311>.

VAINIONPÄÄ, M. H.; RAEKALLIO, M. R.; JUNNILA, J. J. T.; HIELM-BJÖRKMAN, A. K.; SNELLMAN, M. P. M.; VAINIO, O. M. A comparison of thermographic imaging , physical examination and modified questionnaire as an instrument to assess painful conditions in cats. **Jornal of Feline Medice and Surgery**, v. 15, n. 2, p. 124–131, 2012a.

VAINIONPÄÄ, M.; RAEKALLIO, M.; TUHKALAINEN, E.; HÄNNINEN, H.; ALHOPURO, N. Comparison of Three Thermal Cameras with Canine Hip Area Thermographic Images. 2012b.

VAINIONPÄÄ, M.; SALLA, K.; RESTITUTTI, F.; RAEKALLIO, M.; JUNNILA, J.; SNELLMAN, M.; VAINIO, O. Thermographic imaging of superficial temperature in dogs sedated with medetomidine and butorphanol with and without MK-467 (L-659'066). **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 40, n. 2, p. 142–148, 2013.

VAINIONPÄÄ, M.; TIENHAARA, E. P.; RAEKALLIO, M.; JUNNILA, J.; SNELLMAN, M.; VAINIO, O. Thermographic imaging of the superficial temperature in racing greyhounds before and after the race. **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 6, 2012c.

VAN HOOGMOED, L. M.; SNYDER, J. R. Use of infrared thermography to detect injections and palmar digital neurectomy in horses. **Veterinary Journal**, v. 164, n. 2, p. 129–141, 2002.

VIANNA, D. M. L.; CARRIVE, P. Changes in cutaneous and body temperature

during and after conditioned fear to context in the rat. **European Journal of Neuroscience**, v. 21, n. 9, p. 2505–2512, 2005.

VIEIRA, R. P. M. **Estudo da utilidade da termografia infravermelha na medição da dor em cavalos com cólica. comparação com escalas de dor padronizadas**. 2018. UNIVERSIDADE LUSÓFONA DE HUMANIDADES E TECNOLOGIAS, 2018.

WALLACE, G. A.; SINGH, N.; QUIROGA, E.; TRAN, N. T. The Use of Smart Phone Thermal Imaging for Assessment of Peripheral Perfusion in Vascular Patients. **Annals of Vascular Surgery**, v. 47, p. 157–161, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.avsg.2017.07.028>.

WARASHINA, H.; HASEGAWA, Y.; H TSUCHIYA, H.; KITAMURA, S.; YAMAUCHI, K.-I.; TORII, Y.; KAWASAKI, M.; SAKANO, S. Clinical, radiographic, and thermographic assessment of osteoarthritis in the knee joints. **Annals of the Rheumatic Diseases**, v. 61, n. 9, p. 852–854, 2002.

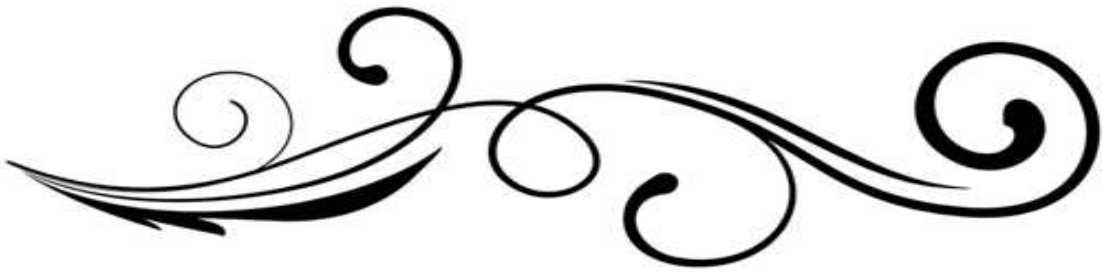
WHITMARSH, L. The Benefits of Guide Dog Ownership. **Visual Impairment Research**, v. 7, n. 1, p. 27–42, 2005.

WUNDERLICH, C. A. **On the temperature in diseases: a manual of medical thermometry**. THE NEW SY v. 1, p.503, 1871.

WHO. Organização Mundial da Saúde. **Blindness: Blindness and vision impairment prevention.** <http://www.who.int/blindness/en/ > Disponivel em: Acesso em 10 out 2018.

YUE, L.; WEILAND, J. D.; ROSKA, B.; HUMAYUN, M. S. Retinal stimulation strategies to restore vision : Fundamentals and systems. **Progress in Retinal and Eye Research**, v. 53, p. 21–47, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.preteyeres.2016.05.002>.

CAPÍTULO 2



Trabalho Científico

Utilização da termografia de infravermelho na avaliação de cães-guia em treinamento

Use of infrared thermography in the evaluation of guide dogs training

Trabalho a ser enviado para a revista:

Journal of Thermal Biology

Utilização da termografia de infravermelho na avaliação de cães-guia em treinamento

[Use of infrared thermography in the evaluation of guide dogs training]

M.A.T.*Sturion*[*], V.M.V. *Machado*

School of Veterinary Medicine and Animal Science, UNESP São Paulo State University

Botucatu, SP, Brazil

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, SP, Brasil

* Autor para correspondência (corresponding autor)

E-mail: marcosturion@gmail.com

- *Após as correções da banca de qualificação será realizada a tradução para língua inglesa e concomitante submissão.*

Use of infrared thermography in the evaluation of guide dogs training

Marco Aurélio Torrecillas Sturion [a]; Vania Maria de Vasconcelos Machado[b];

a - UNESP, Universidade Estadual Paulista, Programa de Doutorado em Biotecnolgia Animal.
b – Radiology Associate Professor at Veterinary College at Sao Paulo State University
* Corresponding author: vania.mv.machado@unesp.br

Abstract

Thermographic examination consists of the evaluation of infrared radiation emitted by the animal's body surface. Thermal radiation is captured using thermographs (thermographic cameras) producing thermograms. Subtle temperature in blood flow, such as heat-regulation mechanisms, inflammation, stress, among other causes may be detected by infrared thermography (IVT). This study purpose is to investigate training-induced stress responses in guide dogs using TIV tool. Thus, thirteen adult dogs were used at the final stage of training. A Flir E60 thermographic camera was used with emissivity of 0.98, capturing the the full body of the animal. The regions of interest (ROI) were four regions of superficial temperature in both the thoracic and pelvic limbs (main joints and muscle groups). Using thermograms, the rectal and auricular temperature measurements were performed 30min before and 30min after training. This process was performed 3 times with an average interval of 30 days. The room temperature (21^{o}C), relative humidity and air velocity were constantly monitored. The results showed IVT as a sensitive tool to detect changes of limb surface temperature. No differences were observed between the evaluations of opposite sides ($P > 0.05$). Surprisingly, there was no significant effect ($P > 0.05$) of physical exercise performed by guide dogs in the regions of interest in this study. The study showed a positive correlation between rectal and ear (tympanic) temperature values, with no significant difference before and after training. In conclusion it was found that training for guide dogs presents low impact and low stress on the musculoskeletal system.

Key words: thermography, diagnostic imaging, exercise, guide dogs

1. Introduction

The normal body physiological processes produce heat, therefore the main body temperature is an indicator of normal or abnormal organism function (ABDELNOUR et al., 2019). Changes in temperature are a natural indicator of disease. The normal temperature in dogs at resting is about 38.7 ^{o}C (ANGLE; GILLETTE, 2011). The periphery body's temperature however, is influenced by the skin, which through its thermal receptors is responsible for recognizing different environmental conditions as cold and heat, which triggers a physiological response, such as vasoconstriction or peripheral vasodilation (CHARKOUDIAN, 2010; FERNANDES et al., 2012; MAIA et al., 2013), to control temperature, along with other physiological mechanisms (GATT et al., 2015).

A guide dog is a domestic dog (*Canis familiaris*) that is specifically educated (trained) to provide and facilitate mobility, guidance and support to a blind or visually impaired owner (CRAIGON et al., 2017), promoting safety deacresing their functional limitations.

The training to prepare a guide dog is defined in phases, which are fundamental in determining the best animal for this purpose. Initially at birth, the puppies stay in the Training Center (TC) with their mothers until weaning. They are then referred to socializers (volunteer families to the Guide Dog Project), who will help in their social development (SOUZA et al., 2013). After these phases, the dog returns to the TC where receives training on two levels: initially on obedience and finally specificly to guide a blind or visually impaired person. This last stage is the point of interest for the present study.

Thermographic examination consists of a non-ionizing and noninvasive body's thermal mapping technique from infrared radiation emitted by the skin surface (INFERNUSO et al., 2010; GROSSBARD et al., 2014). The camera produces color or black and white images, where each color corresponds to a thermal scale. These images can be edited in video or photo format. Thermograms are evaluated in real time (qualitative assessment) where changes are sought in a normal mosaic or quantitatively where a software

allows specific measurements from the areas of interest (BOUZIDA; BENDADA; MALDAGUE, 2009; VAINIONPÄÄ, 2014; TRINITY et al., 2019).

The importance of evaluating training guide dogs using IVT is linked to fact that the number of visually impaired people, which in Brazil, reaches 6.5 million and the number of blind people, close to 530 thousand. However, the estimated number of guide dogs does not exceed 150 working animals in the country (SOUZA et al., 2013).

According to Stewart (2008), IVT has a high value in detecting changes in blood flow, helping to identify stress and pain in animals. Eddy et al. (2001), pointed out that hot spots can be detected in horses up to two weeks before presenting evidence of clinical signs such as pain or edema. However, these data are not yet described in dogs.

The purpose of this study was to use infrared thermography to investigate the stress generated by training in guide dogs.

2. Material and Methods

2.1. Animals

The study was conducted at the Guide Dogs Trainers and Instructors Training Center at the Instituto Federal Catarinense (IFC), Camboriú/SC. The study inclusion criteria were: final phase training animals between 20 and 30 months of age, no lameness, free from previous pain or skeletal muscle injuries. Exclusive examination for degenerative and hereditary diseases (e.g. radiographs of coxofemoral dysplasia or elbow). 13 dogs, mixed-race breeds were used: Labrador Retriever and Golden Retriever, of both sexes. This study was certified by the Committee for Ethics in Animal Use (CEUA) of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the State University of São Paulo – Botucatu /SP (protocol number 0227 / 2018).

2.2. Thermal imaging examination

2.1. Experiment:

To standardize the images and get a temperature pattern from the surface of the skin, all dogs were referred to an air-conditioned room for 20 to 30 minutes, free from wind and sun effects, controlled at 21^{o}C and monitored by digital thermohygrometer.

The thermograms were made with Flir E-60 infrared thermal camera producing images with 320x240 pixel resolution, with 0.05^{o}C accuracy, spectral range 7.5 to 13 µm and 0.98 emissivity.

The regions of interest were submitted to analysis by the software Flir Tools®. The temperature averages were made through a quadrilateral of 20 x 20 pixels, corresponding to a matrix of 400 thermal measurements in the interest regions.

In order to perform the thermography exams in all animals, the rectal temperature and the images were measured in the views: lateral right and left in the thoracic and pelvic limbs.

2.3. Principles of image interpretation

Before applying or obtaining any thermographic image for diagnostic or any medical purposes for the evaluation of locomotor or neural diseases, one must consider the basic physiological factors of the animal's body. Therefore, alterations that might influence skin microcirculation should be considered as: thermal situation of the patient (hyper or hypothermia), environmental and seasonal factors, neural alterations, moisture of the skin (baths, ointments, gels), topical or parenteral medications, physical exercise and behavioral factors (fear, euphoria).

Thermograms can be viewed in color or gray palettes, where each pixel represents a measurement of temperature, for example: a 320 x 240 pixel resolution camera generates 76,800 thermal measurements on an image. The

Flir system also offers the spot function where it shows the pixel of interest in real time and thus demonstrates a single temperature measurement, punctual the region of interest (VAINIONPÄÄ et al., 2012a; FLIR SYSTEMS, 2013; REDAELLI et al., 2014).

Places with greater vascularization (normal or abnormal) are viewed in the thermograms as hyperradiant regions (hot spots) and causes may vary as: inflammation, angiogenesis (neoplasms) among others. Therefore, hyporadiating areas (cold spots) could be indicative of low vascularization (ischemia, thrombosis, necrosis, scar tissue) (DIAKIDES; BRONZINE; PETERSON, 2013; SANCHES et al., 2013).

2.4. Variables

The regions of interest (ROI) evaluated in the present study included four regions of surface temperature in both thoracic and pelvic limbs (contemplating principals joints and muscle groups).

A 20x20 pixels quadrilateral fields were mesured on thoracic limb in the superficial scapular area (supra and infraspinatus muscle), humerus region (Mus. triceps) and a 20x20 circle (ellipse) in the shoulder and elbow joints.

The pelvic limb was divided in a 20x20 pixels quadrilateral fields similarly used in the superficial region of the femur (biceps femoral muscle among others) and the tibia region (gastrocnemic muscle among others) and a circle (ellipse) area of 20x20 pixels in the coxofemoral and femerotibiopatellar joints.

The measurements occurred before and after the dogs performed an average training of 30 min. They were performed in the months of July (27 to12^{o}C), August (30 to13^{o}C) and September (32 to16 ^{o}C).

3.Results

Thirteen guide dogs were evaluated and all the thermograms obtained were analyzing by Flir Tools® software. The measurement values are: maximum, minimum and average, as shown in Figure 1. The color palette defined for this study was “Rainbow HC” available by the software and the thermographic machine.

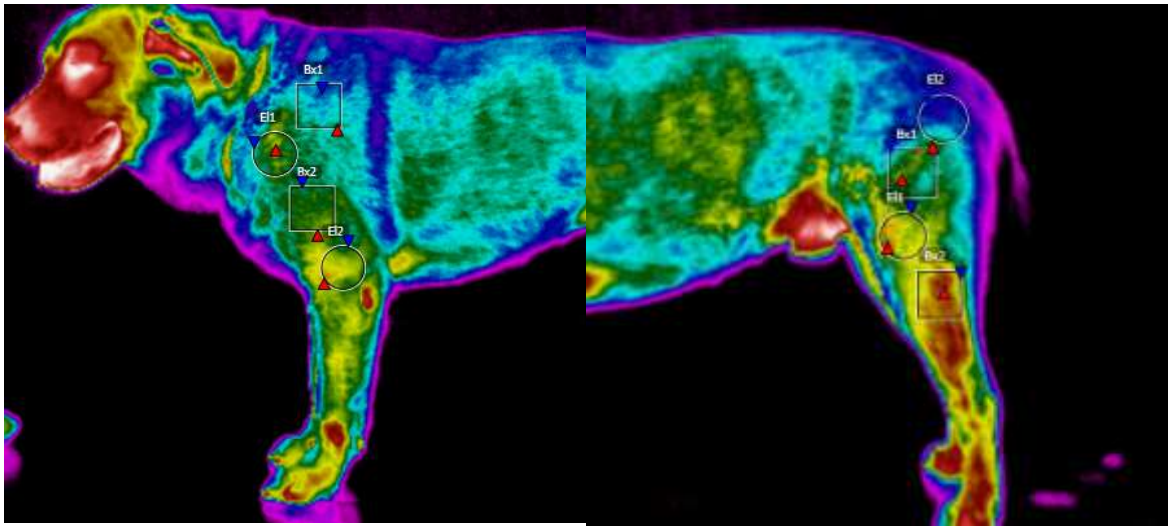


Fig. 1 – Thermogram in left lateral view of the thoracic limb and pelvic limb of healthy guide dog, the color palette used was the “Raimbow HC”; The elliptical shape (El) and quadrilateral (Bx) 20x20 pixel, represents 400 measurements, The quadrilateral was aimed at the main regions of muscle groups (region of: scapula, humerus, femur and tibia) and the elliptical shape for joints (joints: shoulder, elbow, coxofemoral and knee). In the regions of measurement, the red arrow is observed, representing the point with the highest temperature and the blue one with the lowest temperature.

The results of the study were grouped according to the limb (thoracic and pelvic), side (left and right), region of interest, and before and after training, and expressed in table 1.

Table 1 - Temperature values obtained in the regions of interest, demonstrating values before and after training. Average temperature comparison and standard deviation.

ROI		Before Training		After Training	
		Left Limb Mean (Min - Max)	Right Limb Mean (Min -Max)	Left Limb Mean (Min - Max)	Right Limb Mean (Min -Max)
Thoraxic Limb	Scapula	24,93 (23,85 – 25,92)	25,47 (24,46 -26,5)	25,44 (24,38 – 26,55)	25,60 (24,60 – 26,67)
	Std. Dev.	1,49	1,58	2,05	1,60
	Humerous	25,82 (24,83 – 27,93)	26,26 (25,14 – 28)	26,11 (25 – 28,03)	26,26 (25,18 - 26,86)
	Std. Dev.	1,43	1,59	1,87	1,42
	Shoulder art.	25,76 (24,79 – 26,32)	25,8 (24-26)	26,06 (24,96 – 27,18)	26,06 (24,68 – 27,14)
	Std. Dev.	1,88	1,70	1,91	1,56
	Elbow Art.	25,91 (24,58 – 27,28)	26,53 (25,03 -27,72)	26,22 (24,94 – 27,5)	26,64 (25,24 - 27,78)
	Std. Dev.	1,51	1,55	1,77	1,42
Pelvic Limb	Femur	25,32 (23,99 -26,73)	25,32 (23,90 – 26,97)	25,62 (24,27 – 27,13)	25,75 (24,28 – 27,52)
	Std. Dev.	1,60	1,73	2,13	1,50
	Tibia	25,88 (24,56 - 27,63)	25,82 (24,49 – 27,1)	26,31 (24,86 – 27,96)	26,17 (24,82 – 26,53)
	Std. Dev.	1,96	1,6	2,65	1,49
	Coxofemural Art.	23,88 (23,01- 24,81)	23,95 (23,17 -24,91)	24,24 (23,44- 25,23)	24,06 (23,35 – 24,82)
	Std. Dev.	1,83	1,72	2,48	1,64
	Knee Art.	25,47 (24,45 -26,57)	25,2 (24,36 – 26,35)	25,98 (24,87 – 27,03)	25,85 (24,69 – 26,96)
	Std. Dev.	1,87	1,87	2,18	1,55

There were no significant differences in the evaluation between members of opposing sides. This correlation is maintained before and after training. The paired t-test was used to compare the corresponding regions of interest (ROI) in both sides, no evidence of alteration or lesion was detected in the thermographic scans.

After training the superficial temperature increase was observed in regions of interest (ROI) ranging from 0.0 to 0.76^{o}C. The surface temperature differences measured from other points before and after training varied depending on the point of measurement, where only the right humerus region remained at the same temperature before and after the proposed physical activity.

The mean rectal temperature before training was 38.35^{o}C (standard deviation = 0.26), while after training it was 38.41^{o}C (standard deviation = 0.30). There was no significant effect (P>0.05).

4. Discussion

The main objective of this study was to evaluate the temperature changes in guide dog's ROI, before and shortly after training. The dynamics of the measured temperatures were submitted to descriptive statistical analysis and subsequently applied to statistical tests for comparison of test *t* averages and the analysis of variance, where they have no significant effect on temperatures.

During training (physical exercise), there is an increase in metabolic rate and consequently internal heat in dogs (O'BRIEN; BERGLUND, 2018). Angle and Gillette (2011), described expressive increase of 40.4^{o}C during intense physical exercise in 25 Labrador Retrievers. However, the data obtained in the present study present little variation of the internal temperature.

A slight increase of the maximum surface temperature and more expressive increase of the mean minimum was observed in the evaluated guide dogs. The increase of training suggests a rise of blood redistribution circulation from inactive to active areas during exercise (MERLA et al., 2010). In humans evaluated during exercise, there is no homogeneous response in skin temperature between different body regions (FERNANDES et al., 2012) however in animals, with emphasis on dogs, there are few reference data for normal thermograms after or during physical activity (VAINIONPÄÄ et al., 2012b; RIZZO et al., 2017). The increase of dog's surface body temperature was predictable, nevertheless it was not significant probably due low impact to the animal's body, as a result of the chosen breeds characteristic walking patterns.

The resulting analysis indicated consistent thermographic patterns and average temperatures similar among dogs in each region of interest and between the left and right sides, compatible with those found by Loughin and Marino (2007).

In the present study the presence of hair in the ROI collaborated by the findings of Infernuso et al. (2010), described the utilization of the technique in the diagnosis of dogs with cruciate ligament rupture. The authors compared their use in knees of healthy animals, their objective was to investigate the capacity of the technique and its accuracy in these cases. The result described is approximately 75% to 85% accuracy in hair or hair detection.

5. Conclusion:

The training for guide dogs proved to be of low impact and stress to the musculoskeletal system.

6. References

ABDELNOUR, S. A.; EL-HACK, M. E. A.; KHAFAGA, A. F.; ARIF, M.; TAHA, A. E.; NORELDIN, A. E. Stress biomarkers and proteomics alteration to thermal stress in ruminants : A review. **Journal of Thermal Biology**, v. 79, p. 120–134, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.013>.

ANGLE, T. C.; GILLETTE, R. L. Telemetric measurement of body core temperature in exercising unconditioned Labrador retrievers Résumé. **The Canadian Journal of Veterinary Research**, v. 75, p. 157–159, 2011.

BOUZIDA, N.; BENDADA, A.; MALDAGUE, X. P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**, v. 34, n. 3, p. 120–126, 2009.

CHARKOUDIAN, N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans Mechanisms and Modulators of Temperature Regulation Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. May, p. 1221–1228, 2010.

CRAIGON, P. J.; WEST, P. H.-; ENGLAND, G. C. W.; WHELAN, C.; LETHBRIDGE, E.; ASHER, L. " She ' s a dog at the end of the day ": Guide dog owners ' perspectives on the behaviour of their guide dog. **PLoS One**, v. 12, n. 4, p. 0–19, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0176018>.

DIAKIDES, M.; BRONZINO, J. D.; PETERSON, D. R. **MEDICAL infrared imaging principles and practices**. New York: CRC Press, 2013.

EDDY, A. L.; VAN HOOGMOED, L. M.; SNYDER, J. R. The role of thermography in the management of equine lameness. **Veterinary Journal**, v. 162, n. 3, p. 172–181, 2001.

FERNANDES, A. A.; AMORIM, P. R. S.; PRÍMOLA-GOMES, T. N.; SILLERO-QUINTANA, M.; CUEVAS, I. F.; SILVA, R. G.; PEREIRA, J. C.; MARINS, J. C. B. Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: Uma revisão sistemática. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 5, n. 3, p. 113–117, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/S1888-7546(12)70017-5>.

FLIR SYSTEMS. **User's manual - flir exx series**. USA: FLIR Systems Publications, 2013.

GATT, A.; FORMOSA, C.; CASSAR, K.; CAMILLERI, K. P.; DE RAFFAELE, C.; MIZZI, A.; AZZOPARDI, C.; MIZZI, S.; FALZON, O.; CRISTINA, S.; CHOCKALINGAM, N. Thermographic patterns of the upper and lower limbs: Baseline data. **International Journal of Vascular Medicine**, p. 1–9, 2015.

GROSSBARD, B. P.; LOUGHIN, C. A.; ACVS, D.; MARINO, D. J.; ACVS, D.; MARINO, L. J.; SACKMAN, J.; UMBAUGH, S. E.; SOLT, P. S.; AFRUZ, J.;

LEANDO, P.; LESSER, M. L.; CC, E. M. T.; AKERMAN, M. Medical Infrared Imaging (Thermography) of Type I Thoracolumbar Disk Disease in Chondrodystrophic Dogs. **Veterinary Surgery**, p. 1–8, 2014.

INFERNUSO, T.; LOUGHIN, C. A.; ACVS, D.; MARINO, D. J.; ACVS, D.; CCRP, C.; UMBAUGH, S. E.; SOLT, P. S. Thermal Imaging of Normal and Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifles in Dogs. **Veterinary Surgery**, v. 39, p. 410–417, 2010.

LOUGHIN, C. A.; MARINO, D. J. Evaluation of thermographic imaging of the limbs of healthy dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 68, n. 10, p. 1064–1069, 2007.

MAIA, A. P. A.; OLIVEIRA, S. R. M.; DE MOURA, D. J.; SARUBBI, J.; VERCELLINO, R. A.; MEDEIROS, B. B. L.; GRISKA, P. R. A decision-tree-based model for evaluating the thermal comfort of horses. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 6, p. 377–383, 2013. Disponível em: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84889635621&partnerID=40&md5=4c4d0627ed631324ae3d8cbd0b094854>.

MERLA, A.; MATTEI, P. A.; DI DONATO, L.; ROMANI, G. L. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 38, n. 1, p. 158–163, 2010.

O'BRIEN, C.; BERGLUND, L. G. Predicting Recovery from Exertional Heat Strain in Military Working Dogs. **Journal of Thermal Biology**, v. 76, p. 45–51, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.07.001>.

REDAELLI, V.; TANZI, B.; LUZI, F.; STEFANELLO, D.; PROVERBIO, D. Use of thermographic imaging in clinical diagnosis of small animal : preliminary notes. **Ann Ist Super Sanità**, v. 50, n. 2, p. 140–146, 2014. Disponível em: <http://www.scielosp.org/pdf/aiss/v50n2/06.pdf>.

RIZZO, M.; ARFUSO, F.; ALBERGHINA, D.; GIUDICE, E.; GIANESELLA, M.; PICCIONE, G. Monitoring changes in body surface temperature associated with treadmill exercise in dogs by use of infrared methodology. **Journal of Thermal Biology**, v. 69, n. March, p. 64–68, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.06.007>.

SANCHES, I. J.; GAMBA, H. R.; SOUZA, M. A. De; NEVES, E. B.; NOHAMA, P. Artigo Original Fusão 3D de imagens de MRI / CT e termografia. **Revista. Brasileira Engenharia Biomédica**, v. 29, n. 3, p. 298–308, 2013.

SOUZA, M. S.; MARTINS, P. R. G.; FERREIRA, L. A.; SOARES, M. P.; LEAL, L.; MARTINS, L. R. Perfil das famílias socializadoras do projeto cães-guia do IFC - Campus Comboriú. In: 31º SEURS - Seminário de Extensão Universitária da Região Sul, Florianopolis. **Anais**... Florianopolis: 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/116843>.

STEWART, M. **Non-invasive measurement of stress and pain in cattle using infrared thermography**. 2008. Massey University, 2008.

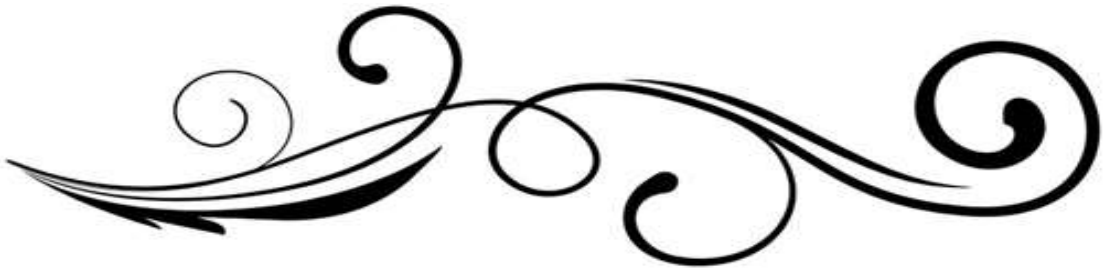
TRINDADE, P. H. E.; FERRAZ, G. de C.; LIMA, M. L. P.; NEGRÃO, J. A.; COSTA, M. J. R. P. da. Journal of Equine Veterinary Science Eye Surface Temperature as a Potential Indicator of Physical Fitness in Ranch Horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 75, p. 1–8, 2019.

VAINIONPÄÄ, M. **Thermographic imaging in cats and dogs usability as a clinical method**. 2014. University of Helsinki, Finlandia, 2014. Disponível em: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/45311>.

VAINIONPÄÄ, M.; RAEKALLIO, M.; TUHKALAINEN, E.; HÄNNINEN, H.; ALHOPURO, N. Comparison of Three Thermal Cameras with Canine Hip Area Thermographic Images. 2012a.

VAINIONPÄÄ, M.; TIENHAARA, E. P.; RAEKALLIO, M.; JUNNILA, J.; SNELLMAN, M.; VAINIO, O. Thermographic imaging of the superficial temperature in racing greyhounds before and after the race. **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 6, 2012b.

CAPÍTULO 3



Trabalho Científico

Utilização da termografia infravermelha em região periocular de cães-guia para avaliação do estresse

Use of infrared thermography in the periocular region of guide dogs for stress evaluation

Trabalho a ser enviado para a revista:

Journal of Thermal Biology

Utilização da termografia infravermelha em região periocular de cães-guia para avaliação do estresse

[Use of infrared thermography in the periocular region of guide dogs for stress evaluation]

M.A.T.*Sturion*[*], V.M.V. *Machado*

School of Veterinary Medicine and Animal Science, UNESP São Paulo State University

Botucatu, SP, Brazil

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, SP, Brasil

* Autor para correspondência (corresponding autor)

E-mail: marcosturion@gmail.com

- *Após as correções da banca de qualificação será realizada a tradução para língua inglesa e concomitante submissão.*

Utilização da termografia infravermelha em região periocular de cães-guia para avaliação do estresse

Marco Aurélio Torrecillas Sturion; Vania Maria de Vasconcelos Machado;

Resumo:

A termografia infravermelha (TIV) representa um exame de imagem complementar. Trata-se de uma ferramenta não ionizante e não invasiva que capta e registra a emissão térmica da superfície da pele. Apesar da vasta literatura existente sobre as respostas ao estresse em cães, o potencial uso da TIV na avaliação das reações de estresse dos cães-guia em treinamento ainda não foi investigado até o momento. O objetivo desse trabalho foi avaliar a potencialidade do emprego da TIV na investigação do estresse durante o treinamento para cães-guia. Foram utilizados 13 animais cães-guia, adultos e em fase final de treinamento. Para realização desse estudo foi utilizada câmera termográfica Flir E60, com acurácia de <0,05^{o}C, faixa espectral 7,5 a 13 µm e emissividade de 0,98. Foram realizados termogramas da face, aferindo a superfície do olho e a região periorbital. Concomitante a TIV da face, foi realizada a mensuração da temperatura retal e auricular, antes e após o treinamento médio de 30 min. Após a realização das aferições térmicas avaliou-se os níveis de cortisol sérico dos cães. Esse processo descrito foi realizado em três momentos com intervalo médio de 30 dias. Os resultados encontrados demonstraram a TIV como uma ferramenta sensível às alterações de temperatura superficial da face, apresentando correlação positiva com valores de cortisol, temperatura retal e auricular. Contudo, verificou-se ausência de efeito significativo (P>0,05) do exercício físico executado pelos cães-guia sobre as regiões de interesse desse estudo. Os resultados gerais sugerem que a TIV pode representar uma ferramenta útil para investigar dor e /ou estresse em cães-guia. Essas conclusões se baseiam na correlação positiva (P>0,05) das temperaturas: auricular, retal e TIV da face, e sua comparação aos níveis de cortisol.

Palavras-chave: Termografia, cortisol, temperatura superficial do corpo

Use of infrared thermography in the periocular region of guide dogs for stress evaluation

Marco Aurélio Torrecillas Sturion; Vania Maria de Vasconcelos Machado;

Infrared thermography (TIV) represents a complementary imaging test. It is a non-ionizing, non-invasive tool that captures and records the thermal emission of the skin surface. Although numerous studies focused on stress responses in dogs, none has yet investigated the potential use of TIV in assessing the training-induced stress reaction of guide dogs. The aim of this study is to evaluate the potential use of TIV in stress research during the training of guide dogs. For this study, thirteen adult dogs were used, in the final phase of training. The Flir E60 thermographic camera was used, with accuracy of <0.05oC, spectral range 7.5 to 13 μm and emissivity of 0.98. Thermograms were performed on the face, gauging the surface of the eye and the periorbital region. Concomitant to IVT of the face, the measurement of the rectal and aural temperature was performed, 30min before and 30 min after the average training. After thermal measurements, animal blood was collected to evaluate cortisol enzyme levels. This procedure was performed 3 times with an average interval of 30 days. The results showed TIV as a sensitive tool for the changes in face surface temperature, presenting a positive correlation with cortisol, rectal and ear (tympanic) temperature. However, there was no significant effect (P> 0.05) of physical exercise performed by guide dogs on the regions of interest in this study. Altogether these results suggest that TIV may represent a useful tool for investigating pain and / or stress in guide dogs. These conclusions are based on the positive correlation (P >0.05) between atrial, rectal and TIV levels of the face, and its comparison with cortisol levels.

Key words: Termography, cortisol, Skin temperature

Introdução:

A termografia infravermelha (TIV) consiste em um método de diagnóstico por imagem não ionizante e não invasivo, que realiza um mapeamento térmico de um corpo, a partir da radiação infravermelha emitida pela superfície da pele (DIAKIDES; BRONZINO; PETERSON, 2013; GROSSBARD et al., 2014; INFERNUSO et al., 2010). A TIV possui sensibilidade para detectar alterações de calor superficial da pele, em especial da região periocular. Essas alterações estão correlacionadas às mudanças de fluxo sanguíneo na região como consequência do estresse, excitação, dor e termorregulação (AMORIM et al., 2018; MOURA et al., 2011; TRAVAIN et al., 2014, 2016; VIEIRA, 2018).

O estresse pode ser definido como um mecanismo de defesa ou adaptação do organismo contra fatores adversos do cotidiano. Quando estimulado, ativa as vias neuroendócrinas do eixo hipotálamo-pituitaria-adrenocortical (HPA) para realizar a adaptação do comportamento e as mudanças fisiológicas do animal à nova situação. Com a ativação do eixo HPA, ocorre a produção de calor como consequência da elevação da concentração sérica de catecolaminas e cortisol que irão induzir um aumento de fluxo sanguíneo (Schaefer et al., 2004).

A avaliação do estresse pode ser realizada de várias formas como mudanças comportamentais, mensuração das concentrações de cortisol na saliva, fezes e sérica, frequência cardíaca e dispositivos remotos para registro da temperatura corporal (STEWART, 2008).

A utilização da TIV na avalição da região periocoular está correlacionada com os termossensores intrínsecos do cérebro localizados nesta região pré-óptica. Sinais neurais de temperatura periférica do corpo e provavelmente no abdome e medula espinhal convergem para essa região, permitindo uma integração que controla o fluxo simpático espinhal para efetores termorreguladores, incluindo neste processo vasos sanguíneos cutâneos (BLESSING; MCALLEN; MCKINLEY, 2016).

Na região periocular, a carúncula lacrimal é uma estrutura anatômica localizada na região medial do olho. É descrita como estrutura mais sensível às alterações em eventos de dor, estresse e termorregulação. Alteração na sua temperatura tem sido atribuída a respostas simpática e do sistema nervoso

autônomo (HPA) (AMORIM et al., 2018; STEWART, 2008; TRAVAIN et al., 2014).

Estudos em cães (TRAVAIN et al., 2014), bovinos (STEWART, 2008) e equinos (TRINDADE et al., 2019), demonstraram a medição da temperatura central representada na face como importante do ponto de vista representativo, e apresenta uma boa correlação com a temperatura retal. Johnson et al. (2011), avaliaram a utilização da termografia no estudo de pôneis vacinados e compararam com a temperatura retal. Descreveram em seu estudo uma sensibilidade de 74,6% e uma especificidade de 92,3%, demonstrando boa correlação clínica entre a temperatura periocular e a temperatura retal.

Contudo, a relação entre TIV e a atividade do eixo HPA, inicialmente investigadas por Cook et al. (2001), em equinos, que correlacionaram a utilização de termogramas da face e o cortisol, ainda não é definida em cães, em especial aos cães-guia. Sendo assim, considerando-se a ausência dessa abordagem científica em cães, ressalta se a importância desse estudo.

A importância de se avaliar e monitorar os cães-guia com TIV está no fato da escassa quantidade de animais para essa finalidade, atendendo menos de 1% da demanda mundial. O cão-guia é um cão doméstico (*Canis familiaris*) especificamente educado (treinado) para fornecer e proporcionar orientação (segurança e diminuir suas limitações funcionais) e apoio de mobilidade a um tutor cego ou deficiente visual (CRAIGON et al., 2017).

O objetivo desse estudo foi avaliar a potencialidade do emprego da TIV correlacionado com o cortisol sérico, na investigação e monitoramento do estresse durante o treinamento em cães-guia.

Material e Métodos

Animais:

Foram utilizados 13 cães, mestiços das raças: Labrador Retriever e Golden Retriever, de ambos os sexos do IFC – Instituto Federal Catarinense, Campus Camboriú/SC.

Foram incluídos no estudo, animais com idade entre 20 a 30 meses; sem histórico e/ou apresentação clínica de claudicação; livres de dor ou lesões músculos esqueléticas prévias; exame excludente para doenças degenerativas e hereditárias (ex. displasia coxofemoral ou displasia do cotovelo) e em fase final de treinamento, segundo o protocolo padrão recomendado pela IGDF (International Guide Dog Federation).

Este estudo foi certificado pelo Comitê de Ética em Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista – Botucatu /SP (protocolo número 0227 / 2018).

Exame Termográfico

Os termogramas foram realizados com câmera termográfica de radiação infravermelha *Flir* E-60, produzindo imagens com resolução de 320x240 *pixels*, com acurácia de <0,05^{o}C, faixa espectral 7,5 a 13 µm e emissividade de 0,98.

Os cães foram acondicionados em sala climatizada, livre de efeitos de vento e sol, com temperatura ambiente controlada, a 21 ^{o}C, e monitorada por meio de termo-higrômetro digital para padronizar as imagens e obter um padrão de temperatura da superfície da pele.

Foram realizadas as imagens TIV da face, onde traçou-se um retângulo com objetivo de se obter a máxima temperatura da região periocular sendo a primeira região de interesse (RI1). Em seguida, foi incluída uma elipse dentro da RI1, para contemplar a região da carúncula lacrimal e superfície ocular

formando, assim, a RI2 (Figura 1). A palheta de cores utilizada foi a “Rainbow HC” e as imagens foram submetidas ao *software* Flir Tools®.

Figura 1 – Termograma da face (esquerda) e fotografia correspondente à direita. Se observa no termograma, a seta vermelha, que representa a temperatura máxima da imagem, demostrando a importância da região da carúncula lacrimal.

Concomitante a realização dos exames de termografia, foi aferida a temperatura retal e auricular (Pet-Temp PT-300, Advanced Monitors Corp., San Diego, CA, EUA). Esse procedimento foi realizado antes e após o treino médio de 30 minutos, todas as aferições foram realizadas pelo mesmo operador. Para avaliar a correlação entre a temperatura retal e a temperatura média dos olhos antes do treino, utilizou-se a correlação de Pearson

O estudo foi realizado nos meses de julho (27 a 12^{o}C), agosto (30 a 13^{o}C) e setembro (32 a16 ^{o}C). O protocolo de treinamento caracterizou-se por caminhada de baixo impacto, em solo com pavimentação tátil para deficientes visuais, totalizando um circuito de aproximadamente 1000 metros, incluindo simuladores de espaço público, assim como trajetos e obstáculos de vias públicas.

Testes laboratoriais

As amostras de sangue utilizadas para avaliar as concentrações de cortisol foram armazenadas em tubos de vidro sem anticoagulante e mantidas à temperatura ambiente para facilitar a retração do coágulo. As amostras foram então centrifugadas por cinco minutos a 3000 rpm para coleta de soro, as quais foram armazenadas em tubos de microcentrífuga de 2 mL em freezer a -20^{o}C. As medidas de cortisol foram realizadas com um teste de radioimunoensaio comercial (Coat-a-count ®, Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, CA, EUA) de acordo com as recomendações do fabricante. Foram analisadas 39 amostras a partir de 13 cães durante os três momentos de amostragem.

Resultados

Os resultados obtidos no estudo, foram agrupados conforme: temperatura máxima da região periocular, temperatura retal e auricular, obtidas antes e após o treinamento, sendo expressos na Figura 2.

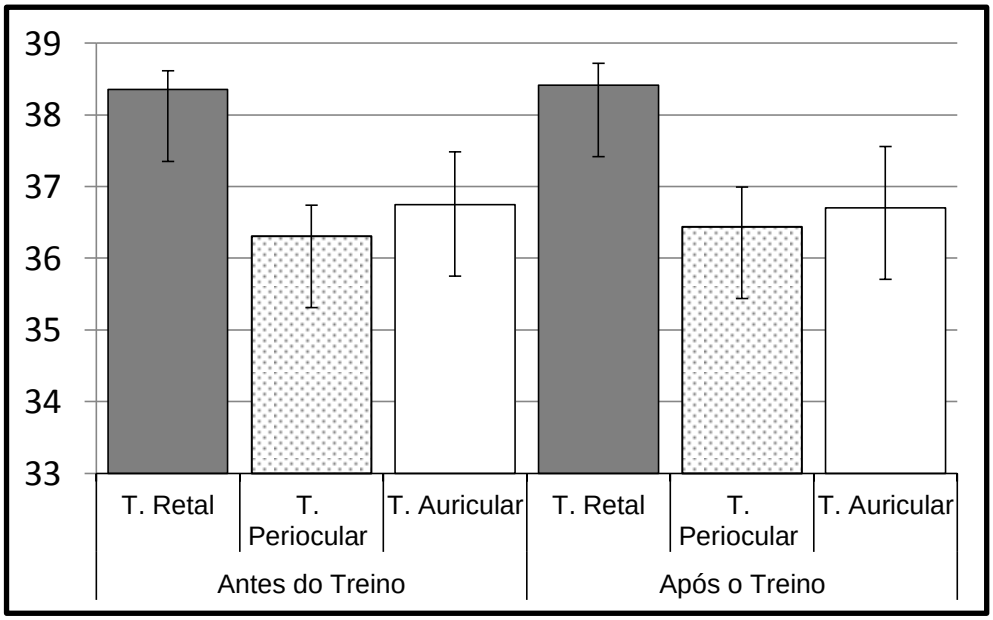


Figura 2 – Gráfico demonstrando as medias e desvio padrão antes do treinamento: temperatura retal (38.35 ^{o}C ± 0,26), T. periocular (36.31 ^{o}C ± 0,42), T. auricular (36.74 ^{o}C ± 0,73). Medias e desvio padrão após o treinamento: temperatura retal (38.41 ^{o}C ± 0,3), T. periocular (36.44 ^{o}C ± 0,51), T. auricular (36.70 ^{o}C ± 0,85).

A média e desvio padrão da temperatura retal antes do treinamento foi de 38,35 ^{o}C ± 0,26, enquanto após o treinamento foi de 38,41 ^{o}C ± 0,30). Verificou-se ausência de efeito significativo (P>0,05).

Na avaliação da correlação entre a temperatura retal e a temperatura média dos olhos antes do treino utilizou-se a correlação de Pearson, onde se obteve a correlação positiva r = 0,56; P=0,009. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software BioEstat, versão 5.3 (Ayres, 2003).

Foram realizadas as médias das temperaturas máxima, das duas regiões de interesse (RI) e seu erro padrão, para expressar a quantidade de variabilidade e dispersão das temperaturas aferidas demonstrando assim, a precisão e a repetibilidade da TIV. Estas características estão demonstradas na Figura 3.

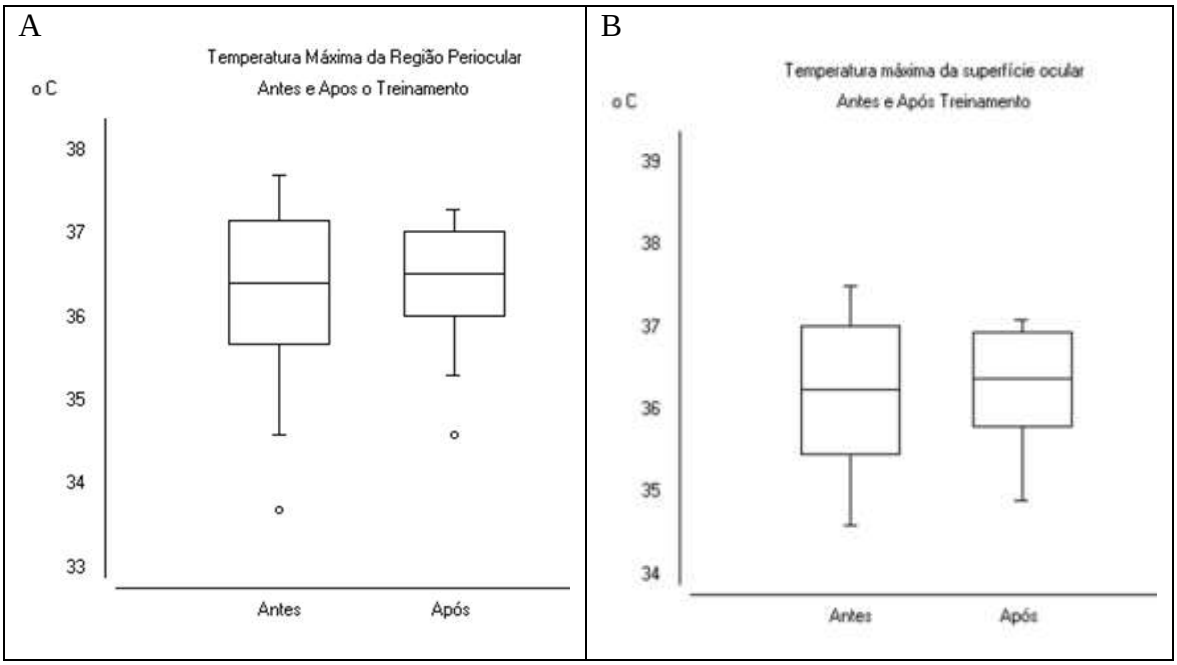


Figura 3 – (A) Comparações da temperatura máxima da Região Periocular dos cães-guias antes e após realizarem o treinamento de 30 minutos. Onde antes possui média aritmética de 36.31 ^{o}C ± 0,18 (erro padrão) e após o exercício 36.44 ^{o}C ± 0,12. (B) Comparações da temperatura máxima da superfície ocular dos cães-guias antes e após realizarem o treinamento de 30 minutos. Onde possui média aritmética e erro padrão de: antes 36.24^{o}C ± 0,15 e após o exercício de 36.37^{o}C ±0,11.

Na Figura 3, observa-se a correlação entre as temperaturas obtidas nas regiões de interesse. Destacando a alta correlação da região periocular e superfície do olhos, antes e após ao exercício físico realizado no treinamento dos cães-guias. Não se observa alterações discrepantes de elevações de temperatura após o treinamento. Foi empregado o test-t para avaliar a temperatura máxima periocular antes e após o treinamento, apresentando P 0,19 (P>0,05), demonstrando a uniformidade dos resultados, tendo como provável causa o baixo estresse fisiológico causado pelo treinamento.

O resultado das amostras de sangue colhidas após o treinamento são expressas na Figura 4, as médias por animal são descritas na linha inferior de 1 a13 e a média de todas as amostras (39,9) expressa na linha média do gráfico, o desvio padrão encontrado nas amostras foi de ± 10,43.

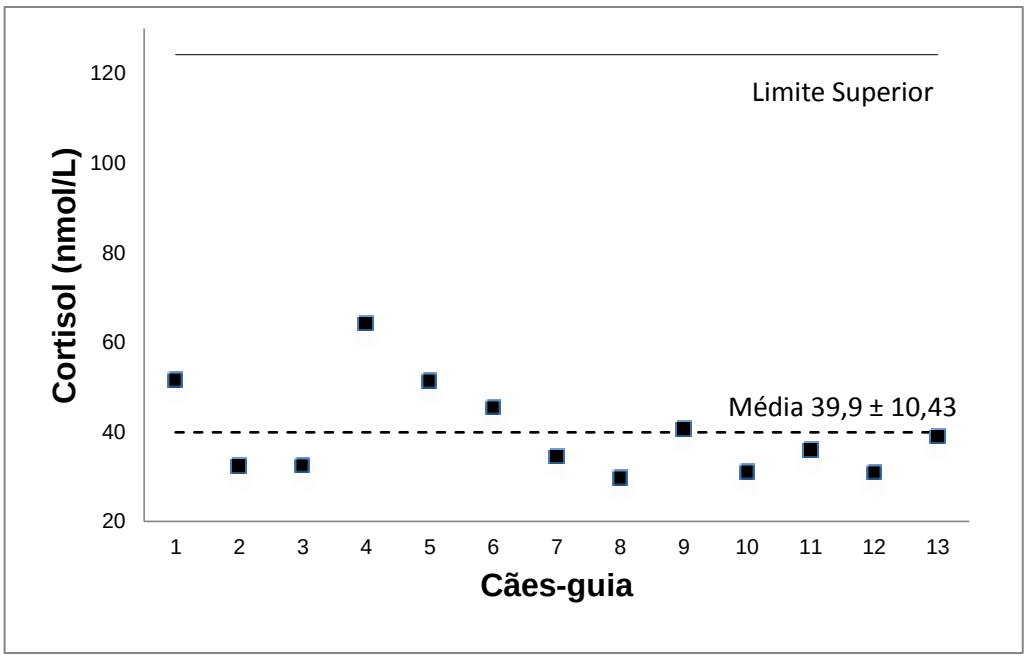


Figura 4 – Gráfico de controle demonstrando os valores referente às médias de concentração sérica de cortisol obtidas nos três momentos. Onde os pontos representam a média dos momentos para cada animal, a média geral de cortisol foi 39,9 nmol/L com desvio padrão ± 10,43. Foi utilizado como intervalo de referencia para o cortisol, limite inferior de 27 e superior de 124 nmol/L.

Discussão

Nos trabalhos que avaliaram a temperatura periocular em situações de estresse térmico ambiental extremo, com temperatura inferior a zero, em gerbil (*Menriones urguiculatus*) e pinguins, esses apresentaram as regiões próximas ao globo ocular sempre com as temperaturas mais elevadas do corpo. Nesses estudos essa região sempre se apresentou aquecida mesmo que algumas áreas do corpo apresentassem temperatura de congelamento (KLIR; HEATH; BENNANI, 1990; MCCAFFERTY et al., 2013). Isso se deve a termorregulação central, que atua de forma complexa junto ao comportamento do indivíduo, tendo atuação nos desafios da temperatura ambiente ou ao declínio da homeostase energética e ao suporte de respostas imunes (MORRISON; NAKAMURA, 2019). Nos cães deste estudo também foi observada a região periocular como sendo a que apresenta maior temperatura em diversas condições de termorregulação.

RIZZO et al. (2017), realizaram o monitoramento da temperatura superficial do corpo em cães submetidos à caminhada, trote e galope em esteira ergométrica. Seus dados demonstraram a região periocular como sendo a mais quente nos cães, e essa temperatura aumentou ao final do exercício físico 2,2^{o}C, variando conforme o tempo e a intensidade do exercício. Os dados encontrados nese estudo são similares, contudo os cães só caminhavam, e após treinamento apresentaram um discreto aumento de 0,3^{o}C.

A carúncula lacrimal nos cães apresenta grande relevância, por se localizar na região medial do olho, esta é descrita como a mais sensível às alterações em eventos de dor, estresse e termorregulação (AMORIM et al., 2018; STEWART, 2008; TRAVAIN et al., 2014). Nos cães avaliados, a região da carúncula se apresentava ligeiramente mais quente ou com temperatura similar a da superfície da córnea, sendo referência importante para temperatura máxima periocular.

A utilização da termografia de infravermelho na avalição da região pré-óptica está correlacionada aos termossensores intrínsecos do cérebro, localizados nesta região. Sinais neurais de temperatura periférica do corpo e provavelmente no abdome e medula espinhal convergem para região pré-óptica, permitindo uma integração que controla o fluxo simpático espinhal para

efetores termorreguladores, incluindo neste processo, vasos sanguíneos cutâneos (BLESSING; MCALLEN; MCKINLEY, 2016). Nos resultados deste trabalho foi realizada a correlação de Pearson para avaliar a relação entre a temperatura ocular e a temperatura retal nos cães, assim como relatado por Travain et al., (2014) em cães e por Johnson et al.,(2011) em equinos. Os resultados obtidos deste teste confirmaram achados anteriores, demonstrando que a temperatura periocular apresenta correlação positiva para temperatura central.

Johnson et al.,(2011) em seu trabalho de avaliação de febre em pôneis, sugere a potencialidade da termografia infravermelha (TIV) como um método coadjuvante ao padrão atual de avaliação de temperatura retal empregado na prática veterinária. As principais vantagens da utilização da TIV estão relacionadas a sua precisão, rapidez e fácil aceite pelos animais. Como nos resultados de Johnson, este estudo apoia o uso de TIV como um método adicional, mas não como um método único, para medir a temperatura corporal. Para evitar mensurações equivocadas, Rizzo et al., (2017) sugerem atenção a fatores como tipo e cor da pelagem do animal. Com relação ao comprimento do pelo do corpo do animal, Kwon e Brundage (2019), descreveram a existência de uma variação de até 2^{o}C nos diferentes tipos de pelos de cães. Nos cães-guia, a raça Labrador Retriever era predominante e não observou-se diferenças térmicas.

A utilização da TIV na investigação do estresse de forma aguda ou crônica é descrita em diversas espécies, e os estudos apresentam vários agentes estressantes. Particularmente em cães, Travain et al. (2014), observaram aumento de temperatura na região pre-óptica durante exame físico veterinário de rotina, com o intuito de investigar o estresse psicogênico nos cães. Adicionalmente, reportaram níveis de temperatura mais baixos antes e após os exames. Sugeriram a necessidade de realização de mais pesquisas para estabelecer a especificidade e sensibilidade para esse objetivo. No presente estudo observou-se discreto aumento da temperatura após o treinamento de 0,3^{o}C e considera-se esse aumento térmico fisiológico decorrente do exercício físico.

Angle et al. (2009) avaliaram o nível sérico de cortisol em cães de trenó que realizavam exercício de alta intensidade e curta duração. Relataram que os animais em repouso, 24 horas antes do exercício apresentaram índices de 46,3 nmol/L. Com intuito de avaliar a correlação das alterações da temperatura ocular com causas de dor e estresse nos cães-guia, as concentrações plasmáticas de cortisol foram determinadas por radioimunoensaio, onde a média da concentração plasmática de cortisol foi de 39,90 nmol/L, indicando, assim, ausência de estresse ou dor (Figura 4).

Conclusão:

O protocolo de exercício estabelecido no treinamento dos cães-guia não gerou estresse. A TIV pode representar uma ferramenta útil para investigar dor e /ou estresse em cães. Essas conclusões se baseiam na correlação positiva das temperaturas ocular, auricular, retal e sua comparação aos níveis de cortisol.

A temperatura ocular pode ser uma ferramenta útil de avalição e triagem para determinar alterações térmicas em cães. No entanto, mais pesquisas são necessárias para estabelecer e validar a especificidade e sensibilidade da TIV neste contexto.

Referencias:

AMORIM, A. M. A. M. et al. Termografia infravermelha na Odontologia. **HU Revista**, v. 44, n. 1, p. 15–22, 2018.

ANGLE, C. T. et al. Hematologic , serum biochemical , and cortisol changes associated with anticipation of exercise and short duration high-intensity exercise in sled dogs. **Veterinary Clinical Pathology**, v. 3, p. 370–374, 2009.

BLESSING, W.; MCALLEN, R.; MCKINLEY, M. Control of the Cutaneous Circulation by the Central Nervous System. **Comprehensive Physiology**, v. 3, n. 6, p. 1161–1197, 2016.

COOK, N. J. et al. Adrenocortical and metabolic responses to ACTH injection in horses: an assessment by salivary cortisol and infrared thermography of the eyeNo Title. **Canadian Journal of Animal Science**, n. 81, p. 621, 2001.

CRAIGON, P. J. et al. " She ' s a dog at the end of the day ": Guide dog owners ' perspectives on the behaviour of their guide dog. **PLoS One**, v. 12, n. 4, p. 0–19, 2017.

DIAKIDES, M.; BRONZINO, J. D.; PETERSON, D. R. **MEDICAL INFRARED IMAGING Principles and Practices**. New York: CRC Press, 2013.

GROSSBARD, B. P. et al. Medical Infrared Imaging (Thermography) of Type I Thoracolumbar Disk Disease in Chondrodystrophic Dogs. **Veterinary Surgery**, p. 1–8, 2014.

INFERNUSO, T. et al. Thermal Imaging of Normal and Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifles in Dogs. **Veterinary Surgery**, v. 39, p. 410–417, 2010.

JOHNSON, S. R. et al. Thermographic Eye Temperature as an Index to Body Temperature in Ponies. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 31, n. 2, p. 63–66, 2011.

KLIR, J. J.; HEATH, J. E.; BENNANI, N. An infrared thermographic study of surface temperature in relation to external thermal stress in the Mongolian Gerbil, Meriones unguiculatus. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 96, n. I, p. 141–146, 1990.

KWON, C.; BRUNDAGE, C. Quantifying body surface temperature differences in canine coat types using infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, 2019.

MCCAFFERTY, D. J. et al. Emperor penguin body surfaces cool below air temperature. **Biology Letters**, v. 9, n. 3, p. 1–4, 2013.

MORRISON, S. F.; NAKAMURA, K. Central Mechanisms for Thermoregulation. **Annual Review ofPhysiology**, v. 81, n. 5, p. 1–24, 2019.

MOURA, D. J. D. E. et al. Uso da termografia infravermelha na análise da

termorregulação de cavalo em treinamento. **Engenharia Agricola Jaboticabal**, v. 31, n. 1, p. 23–32, 2011.

RIZZO, M. et al. Monitoring changes in body surface temperature associated with treadmill exercise in dogs by use of infrared methodology. **Journal of Thermal Biology**, v. 69, n. March, p. 64–68, 2017.

STEWART, M. **Non-invasive measurement of stress and pain in cattle using infrared thermography**. [s.l.] Massey University, 2008.

TRAVAIN, T. et al. Hot dogs : Thermography in the assessment of stress in dogs (Canis familiaris) d A pilot study. **Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research**, p. 1–7, 2014.

TRAVAIN, T. et al. How good is this food ? A study on dogs ' emotional responses to a potentially pleasant event using infrared thermography. **Physiology & Behavior**, v. 159, p. 80–87, 2016.

TRINDADE, P. H. E. et al. Journal of Equine Veterinary Science Eye Surface Temperature as a Potential Indicator of Physical Fitness in Ranch Horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 75, p. 1–8, 2019.

VIEIRA, R. P. M. **Estudo da utilidade da termografia infravermelha na medição da dor em cavalos com cólica. Comparação com escalas de dor padronizadas**. [s.l.] UNIVERSIDADE LUSÓFONA DE HUMANIDADES E TECNOLOGIAS, 2018.