

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

KEYLLA HÖRBE STEFFEN DOS SANTOS

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO FERRAMENTA AUXILIAR DE
DIAGNÓSTICO NA CLÍNICA DE PEQUENOS ANIMAIS: REVISÃO DE
LITERATURA**

PORTO ALEGRE

2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO FERRAMENTA AUXILIAR DE
DIAGNÓSTICO NA CLÍNICA DE PEQUENOS ANIMAIS: REVISÃO DE
LITERATURA**

Autora: Keylla Hörbe Steffen dos Santos

Trabalho apresentado à Faculdade de Veterinária
como requisito parcial para a obtenção da
graduação em Medicina Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Guimarães Gerardi

PORTO ALEGRE

2021

Keylla Hörbe Steffen dos Santos

TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO FERRAMENTA AUXILIAR DE
DIAGNÓSTICO NA CLÍNICA DE PEQUENOS ANIMAIS: REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho apresentado à Faculdade de Veterinária
como requisito parcial para a obtenção da
graduação em Medicina Veterinária.

Porto Alegre, 18/05/2021.

Resultado: Aprovada

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Daniel Guimarães Gerardi
Orientador e Presidente da Comissão

Msc. Letícia Talita Baretta
Membro da Comissão

Prof. Dr. Marcelo Meller Alievi
Membro da Comissão

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Katherine, por todo o amor, ensinamentos e por acreditar em mim e nos meus sonhos sempre. Ao meu pai, Américo, pelo carinho constante e apoio indispensáveis.

À toda minha família – em especial à Kassandra e ao Marcelo, pelo suporte e motivação para que eu concluísse mais essa caminhada em direção ao futuro.

Ao professor Otto, por despertar o interesse pela física, e à professora Magda, por estimular a paixão e fascínio pela escrita.

A meus amigos genuínos, sem os quais não teria conseguido equilibrar as obrigações acadêmicas com as felicidades puras de viver, em especial a Alessandra Fernandez, por ser um ícone de luz e inspiração na vida pessoal e acadêmica.

Ao Antônio, pela paz, parceria e companheirismo genuínos, e por me impulsionar a voar alto, sendo o céu o limite.

A todos os profissionais da veterinária que puderam contribuir não apenas à minha formação acadêmica como também para o meu desenvolvimento pessoal e se tornaram figuras amigas de admiração recíproca nesta jornada, em especial à Eloísa, Daniela, Gabriela e Letícia.

A meu orientador, Daniel Gerardi, por ter sido o primeiro a acreditar no meu potencial, com orientação e ajuda constantes, agradeço pelas oportunidades e conhecimentos compartilhados.

A todos os professores, equipe técnica do DERMATOVET-UFRGS, HCV-UFRGS e FAVET-UFRGS, alunos, colegas e amigos que trocaram palavras de gentileza e atos de bondade comigo durante essa trajetória, a gratidão e as lembranças de todos os bons momentos compartilhados permanecem de forma indelével.

À banca pela honra do aceite e por me impulsionarem no final deste caminho da graduação.

“Se podes olhar, vê. Se podes ver, repara.”

(SARAMAGO, 1995, p. 9)

RESUMO

A termografia infravermelha (TIV) consiste em um exame de imagem que capta e mensura as radiações de energia infravermelha emitidas pelo corpo de um animal, detectando variações de temperatura causadas pela dinâmica de distribuição de calor pela circulação sanguínea. Esses registros de imagem denominados de termogramas são captados por uma câmera específica para esta finalidade, sendo posteriormente digitalizados e analisados por programas de computadores. O exame termográfico registra a emissão térmica da pele, e trata-se de um exame eficiente, rápido, seguro, não invasivo e que não requer sedação ou exposição do paciente à radiação ionizante, sendo útil como uma ferramenta auxiliar de diagnóstico em diversas áreas de atuação, inclusive na medicina veterinária. Na clínica médica de pequenos animais, com o aprimoramento das câmeras termográficas, tem se relatado a utilização da ferramenta no auxílio da detecção precoce de processos inflamatórios, avaliação de lesões ou procedimentos cirúrgicos, bem como para o monitorar a dor e diagnóstico de enfermidades que cursam com alteração na dinâmica vascular sistêmica ou local. A finalidade deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre o uso da TIV na medicina veterinária, com ênfase na aplicabilidade desta tecnologia na clínica médica de pequenos animais. Objetiva-se abordar o embasamento teórico e histórico da utilização da técnica, elucidar sobre a adequada preparação do paciente e ambiente para o procedimento do exame termográfico, apontar limitações e vantagens no uso da ferramenta, bem como as indicações para a utilização da termografia nas diversas especialidades da veterinária como ferramenta auxiliar de diagnóstico.

Palavras-chave: Diagnóstico por imagem. Radiação infravermelha. Temperatura corporal. Termografia.

ABSTRACT

Infrared thermography (IRT) consists of an image exam that captures and measures the radiation emitted by an animal's body, recognizing temperature variations caused by the dynamics of heat distribution through the blood circulation. These image records, designated thermograms, are detected by a camera for this specific purpose, being later digitized and interpreted by computer programs. Thermograms mean to analyze and record the thermal emission of the skin, being an efficient, fast, safe, non-invasive exam that does not require sedation or further exposure of the patient to ionizing radiation, being useful as an auxiliary diagnostic tool in several fields of study including veterinary medicine. In a veterinary clinical routine, with the improvement of thermographic cameras, the use of this instrument aims an early detection of inflammatory processes, evaluation of injuries or surgical procedures, in addition to monitor pain and diagnosis of illnesses that have been reported simultaneously with changes in systemic or local vascular dynamics. This dissertation purpose is to perform a literature review on the use of IRT in veterinary medicine, emphasizing the applicability of this technology in small animals. Furthermore, the objective of this study is to address the theoretical and historical basis of the use of this technique, to elucidate on the adequate preparation of the patient and the environment for a thermographic examination procedure, to point out limitations and advantages using this tool, as well as the indications for a thermographic assessment in the various veterinary specialty fields as an auxiliary diagnostic tool.

Keywords: Diagnostic imaging. Infrared radiation. Body temperature. Thermography.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ilustração representando o espectro eletromagnético no qual a luz é subdividida, em espectro visível e não visível	15
Figura 2 – Corpo Negro Ideal e Corpos Cinza	16
Figura 3 – Fatores ambientais (1) intrínsecos ao animal (2) e relacionados à aquisição da imagem (3) podem influenciar na qualidade da imagem obtida	20
Figura 4 – Exemplos de artefatos em termogramas	30
Figura 5 – Representação de imagem termográfica em comparação com imagem normal	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Termografia infravermelha na anestesiologia de pequenos animais.....	32
Tabela 2 - Termografia Infravermelha na oncologia de pequenos animais	35
Tabela 3 - Termografia Infravermelha na ortopedia de pequenos animais	36
Tabela 4 - Termografia infravermelha na etologia e bem-estar de pequenos animais	39
Tabela 5 - Termografia infravermelha na dermatologia de pequenos animais	42
Tabela 6 - Termografia infravermelha na neurologia de pequenos animais	43
Tabela 7 - Termografia infravermelha no manejo de feridas em pequenos animais.....	47
Tabela 8 - Termografia infravermelha em procedimentos de rotina de pequenos animais.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Por Cento
°C	Grau Centígrado ou Celsius
ADH	Hormônio Antidiurético (vasopressina)
CaCl ₂	Cloreto de cálcio
CKCS	Cavalier King Charles Spaniel
CLM	Chiari-Like-Malformation
CoVid-19	<i>Coronavirus Disease-19</i>
HPA	Eixo Hipotalâmico Pituitário Adrenal
NaCl	Cloreto de sódio
NCIT	<i>Non-Contact Infrared Thermometers</i> (Termômetros infravermelhos sem contato)
RLCCr	Ruptura de Ligamento Cruzado Cranial
ROIs	<i>Regions of Interest</i> (Regiões de interesse)
SM	Siringomielia
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
TIV	Termografia Infravermelha

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	HISTÓRICO	12
2.1	PRINCÍPIOS DA TÉCNICA	14
2.2	TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA MEDICINA	17
2.3	USO INICIAL DA TERMOGRAFIA NA VETERINÁRIA	18
2.4	PREPARAÇÃO PARA O EXAME TERMOGRÁFICO	19
2.4.1	Fatores externos: temperatura e umidade	20
2.4.2	Fatores internos: condições inerentes ao paciente	21
2.4.3	Fatores tecnológicos: aquisição e processamento de imagens	22
3	INTERPRETAÇÃO DO TERMOGRAMA	25
3.1	EMISSIVIDADE.....	25
3.2	PONTOS QUENTES E FRIOS (“ <i>HOT SPOTS</i> ” E “ <i>COLD SPOTS</i> ”)	27
3.3	REGIÕES DE INTERESSE (“ <i>REGIONS OF INTEREST</i> ” OU ROIS) E JANELAS TÉRMICAS (“ <i>THERMAL WINDOWS</i> ”)	28
3.3.1	Artefatos	29
4	USO DE <i>SOFTWARES</i> DIGITAIS NA TERMOGRAFIA	30
4.1	ABORDAGEM DA TERMOGRAFIA NA CLÍNICA DE PEQUENOS ANIMAIS	31
4.1.1	Anestesiologia	32
4.1.2	Oncologia	34
4.1.3	Ortopedia	36
4.1.4	Etologia	39
4.1.5	Dermatologia	42
4.1.6	Neurologia	43
4.1.7	Controle e mensuração da dor	44
4.1.8	Distúrbios circulatórios e cardiovasculares	45
4.1.9	Processos inflamatórios e infecciosos	46
4.1.10	Manejo de feridas	46
4.1.11	Exames clínicos de rotina	48
4.1.12	Outras aplicações	49
5	VANTAGENS E LIMITAÇÕES	50
6	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Desde os primeiros passos da medicina a mensuração da temperatura corporal vem servindo como fator de prognóstico e diagnóstico das mais diversas enfermidades (RING, 2006). A termografia infravermelha é um exame de imagem capaz de detectar alterações térmicas emitidas pela circulação sanguínea, com posterior quantificação e transformação pictorial do calor em imagens digitais (TURNER, 2001; TOLÓN *et al.*, 2008). Essas variações na temperatura de forma local ou generalizada podem indicar precocemente ou concomitantemente a presença de doenças, inflamação, necrose e outros processos patológicos nos pacientes (CASAS-ALVARADO *et al.*, 2020).

Na clínica médica de pequenos animais existem diversos exames de imagem disponíveis rotineiramente para o paciente (ROBERTO e SOUZA, 2014). Entretanto, cada recurso possui suas limitações inerentes à técnica em si, à sua aplicabilidade e à conformidade do tutor. Nesse contexto, a TIV surge como uma técnica moderna e de uso relativamente recente em pequenos animais, cuja proposta é aliar a utilização da ferramenta com a ampla variedade de exames de imagem já disponíveis na veterinária (STURION *et al.*, 2020). Dessa forma, a TIV emerge como um novo recurso capaz de aperfeiçoar o diagnóstico de enfermidades em pacientes veterinários, auxiliando também na detecção precoce de doenças, bem como no acompanhamento terapêutico e previsão de prognóstico em cães e gatos.

A proposta da utilização da termografia infravermelha pressupõe a captação da emissão térmica do animal em um exame eficiente, rápido, seguro, não invasivo e que não requer sedação ou exposição do paciente à radiação ionizante (STURION *et al.*, 2020). Apesar das vantagens da ferramenta, a TIV exige uma preparação adequada do paciente, ambiente e equipamento para o procedimento do exame. É importante ressaltar que a termografia não é um exame isento de falhas, mas as vantagens inerentes ao uso da ferramenta estimulam uma crescente utilização da técnica nas diversas especialidades da veterinária como ferramenta auxiliar de diagnóstico (FERREIRA *et al.*, 2020). Objetiva-se nesta monografia revisar o potencial de utilização da TIV na medicina veterinária, com ênfase na clínica de pequenos animais.

2 HISTÓRICO

A temperatura e, mais precisamente, o calor corporal têm sido utilizados como indicadores da saúde humana por inúmeros filósofos e cientistas desde as civilizações mais antigas da humanidade (WRIGHT, 2016). Nas sociedades greco-romanas de meados do século V, acreditava-se que a temperatura corporal envolvia um balanceamento entre quatro elementos corporais conhecidos como humores, que deveriam estar em harmonia, eram eles: sangue (*sanguis*), catarro (*flegma*), bile negra (*melancolia*), e bílis amarela (*chole*) (WRIGHT, 2016). Essa teoria foi composta por Hipócrates de Kos (460-377 a.C.), homenageado como um dos patronos da Medicina e da termologia por suas descobertas. Dentre suas colocações relevantes para o surgimento do estudo da temperatura está a afirmação de Hipócrates que “em qualquer parte do corpo, se houver excesso de calor ou de frio, a doença existe e deve ser descoberta” (STURION *et al.*, 2020, p. 3). Além disso, na tentativa de descobrir alterações de temperaturas locais ou centrais que indicassem uma doença, os gregos também utilizavam o dorso da mão ou até mesmo a aplicação de lama com posterior secagem no paciente como alternativas para otimizar a busca por regiões com diferenças de temperatura indicativas de enfermidades (STURION *et al.*, 2020).

Já em meados de 200 a.C. o romano Galeno apoiou as descobertas sobre a fisiologia humana de seu predecessor Hipócrates e propôs que o calor corporal excessivo poderia ser classificado como uma doença primária (RING, 2006). Posteriormente, em 1593, Galileu Galilei concretizou a criação de um termoscópio, feito de um tubo de vidro, sendo o primeiro passo na invenção de um termômetro moderno atual (RING, 2006; EKICI e JAWZAL 2019). Após, por volta do século XVII e início do século XVIII, os cientistas Huygens, Fahrenheit, Celsius e Lineu contribuíram ativamente para a sustentação das bases da termologia, propondo o uso de escalas térmicas calibradas para mensurar variações na temperatura (RING, 2006). Contudo, foi apenas em 1.800 com George Martine e Carl Wunderlich que os termômetros começaram a ser usados regularmente para medir intervalos normais e patológicos de mudanças térmicas em indivíduos normais e febris, estabelecendo assim, a temperatura como um indicador científico de doença (LAHIRI *et al.*, 2012).

Durante o mesmo período, em 1.800, William Herschel descobriu a radiação térmica infravermelha, por meio de um ensaio utilizando um espectroscópio, cujo aparelho mensurava o calor além do espectro visível. Nessa série de experimentos Herschel conseguiu concluir que o calor se comporta como a luz, com espectros visíveis e não visíveis ao olho humano, podendo ser refletido, refratado, absorvido e transmitido da mesma forma que a luz visível, mediante

condições específicas (TURNER, 2001; STURION *et al.*, 2020). Além da descoberta da radiação térmica ou infravermelha, coube também a Herschel relatar a visualização das diferentes faixas e espectros da luz visível, com distintas temperaturas referentes a cada faixa luminosa (RING, 2006; ROBERTO e SOUZA, 2014; FERREIRA *et al.*, 2020). De forma conjunta com seu filho John Herschel, William também obteve a primeira imagem térmica por meio da evaporação do álcool de uma superfície pintada com carbono, e essa imagem denominaram de termograma (RING, 2006; ROBERTO e SOUZA, 2014). Foi apenas em 1.900 que Max Planck, um dos precursores da física quântica, passou a estudar mais detalhadamente a radiação infravermelha. Embasadas nas teorias de Planck sobre física moderna, surgiram as primeiras câmeras termográficas, inicialmente de uso militar (VOLLMER e MÖLLMANN, 2017).

A partir dessas descobertas, durante a Segunda Guerra Mundial, a termografia infravermelha foi amplamente utilizada e refinada. Vários estudos foram dirigidos para o aperfeiçoamento da técnica, objetivando principalmente a detecção de tropas inimigas e aprimoramento de armas (RING, 2006; FERREIRA *et al.*, 2020). A utilização inicial da TIV na medicina foi apenas ao final da Segunda Guerra Mundial, e teve início na oncologia, sendo essa a principal área de aplicabilidade da técnica até os dias atuais. Em 1957, R. Lawson ultrapassou os usos já consolidados da ferramenta e realizou um exame termográfico em uma paciente com tumor de mama. Durante o mesmo período, a termografia também foi utilizada de forma pioneira na reumatologia, avaliando, por meio de ensaios clínicos entre 1959 e 1961 em um hospital na cidade de Londres, a eficácia de fármacos orais para artrites e artroses (ROBERTO e SOUZA, 2014; VAINIONPÄÄ, 2014).

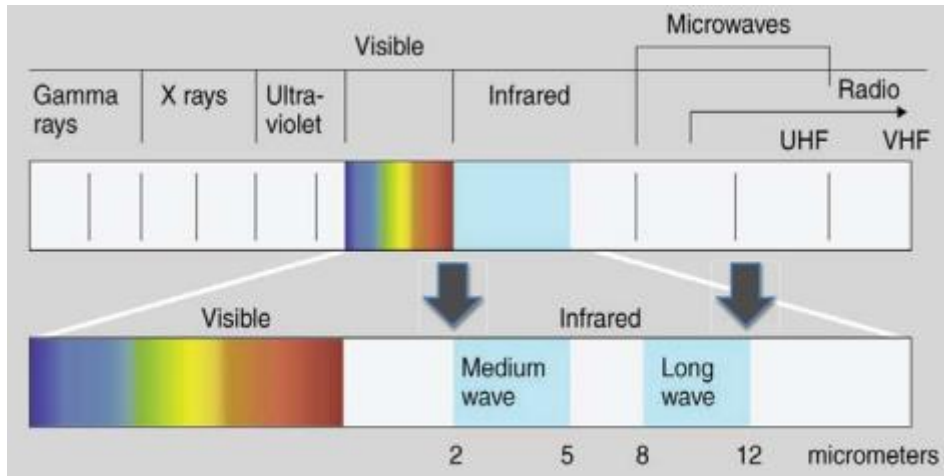
Na medicina veterinária os primeiros termogramas são datados de meados de 1960, sendo a medicina equina esportiva a área pioneira (TURNER, 2001). A utilização desse tipo de exame tinha como objetivo auxiliar na identificação de inflamações, infecções e lesões, principalmente nos casos de tendinopatias, alterações vasculares, afecções musculares e de casco (TURNER, 2001). O uso complementar da ferramenta também englobava a monitoria de afecções na área da ortopedia e reumatologia, uma vez que a termografia auxiliava na obtenção de um exame clínico apurado e direcionado, bem como para o diagnóstico precoce e tratamento eficaz de equinos com finalidade atlética (FERREIRA *et al.*, 2020).

2.1 PRINCÍPIOS DA TÉCNICA

A TIV objetiva capturar o calor emitido pela superfície da pele de um animal por meio da circulação sanguínea, transformando as variações térmicas detectadas em imagens com escalas térmicas graduadas, denominadas termogramas (CASAS-ALVARADO *et al.*, 2020). O princípio base da termografia consiste na existência de uma correlação entre a simetria dos padrões de temperatura do corpo de um animal homeotérmico e uma consequente presença de alterações circulatórias que antecedem ou denotam o surgimento de doenças. Os padrões termográficos observados por meio de câmeras termográficas podem ser usados como uma indicação direta de alterações na circulação sanguínea e emissão de calor em forma de ondas infravermelhas (LOVE, 1980; LAMA, 2017).

De forma similar à luz visível, a radiação térmica é composta de ondas eletromagnéticas (Figura 1), com comprimentos de onda maiores que a luz visível e que variam conforme o material do objeto (VOLLMER e MÖLLMANN, 2017). O princípio fundamental da termografia é a equação de Stefan- Boltzmann, que afirma que o comprimento de onda emitido depende da temperatura superficial do objeto, e conforme a temperatura aumenta há uma diminuição do comprimento de onda (GAMBARDELLA *et al.*, 2019). A TIV também é embasada nas contribuições e descobertas do físico Max Plank, que preconizam o cálculo dos espectros de comprimento de onda da radiação a partir da lei de Planck para radiação incandescente, ou lei dos corpos negros (MIKAIL, 2010; VOLLMER; MÖLLMANN, 2017; FERREIRA *et al.*, 2020).

Figura 1 – Ilustração representando o espectro eletromagnético no qual a luz é subdividida, em espectro visível e não visível

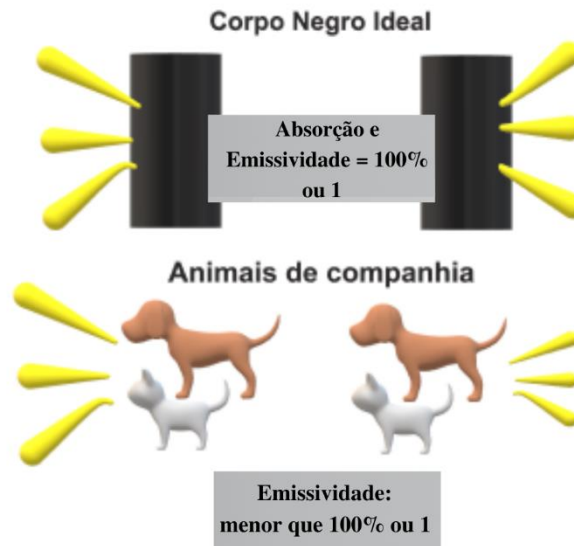


Fonte: Vainionpää (2014).

Ondas eletromagnéticas de comprimento curto (raios-gama, raios-X, ultravioleta) e médio a longo (infravermelho, micro-ondas, ondas de rádio) não são visíveis pela espécie humana sem o auxílio de ferramentas específicas. De acordo com Planck, qualquer corpo ou objeto que apresente temperatura acima de zero absoluto emite radiação infravermelha devido à movimentação interna das moléculas (STURION *et al.*, 2020). Visando esse preceito, um material ideal seria aquele que absorve toda a radiação incidente independente do comprimento de onda e emite a energia que recebeu em total integridade. Esse objeto seria denominado de “corpo negro ideal” (NOVO, 2014). No caso do corpo negro, a total quantidade de energia absorvida (α , absorvância) é equivalente à quantidade de energia emitida (ϵ , emissividade). Pode-se representar essa equação como $\alpha = \epsilon = 1$, denotando um equilíbrio entre a energia absorvida e emitida.

Objetos que não emitem nenhuma fração da energia absorvida teriam uma emissividade fixada em 0, mas estes objetos também são ideais, sendo denominados de “corpos brancos” e, assim como os corpos negros, não existem na natureza. Os objetos que existem na natureza retêm uma porcentagem da energia que absorvem e emitem menos que 100% da energia absorvida (Figura 2), sendo chamados de “corpos cinza”, por possuírem propriedades intermediárias aos corpos negros e brancos, ambos ideais (VAINIONPÄÄ, 2014; VOLLMER e MÖLLMANN, 2017).

Figura 2 – Corpo Negro Ideal e Corpos Cinza



Fonte: Elaborada pela autora.

Em um “corpo negro ideal” existe um equilíbrio entre a energia absorvida e emitida ($\alpha = \varepsilon = 1$). Para corpos reais, como no caso de animais, a radiação emitida não é reabsorvida totalmente, sendo apenas uma fração correspondente à do corpo negro, podendo variar com valores médios de 0,95-0,98 para animais de companhia. A emissividade dos corpos “não ideais” é a fração de energia absorvida que esses corpos conseguem emitir de volta ao ambiente em radiação infravermelha, sendo essa emissão resultante de uma fração correspondente a do corpo negro, podendo variar de 0 a 1 (NOVO, 2014; ROBERTO e SOUZA, 2014).

Os seres humanos e outros animais homeotérmicos, que conseguem manter a temperatura corporal constante mesmo mediante variações térmicas no ambiente, possuem uma emissividade variável conforme a espécie, pelagem, estado reprodutivo e idade. Os valores fixados para emissividade em humanos oscilam em torno de 0,97 a 0,99 (STURION *et al.*, 2020). O fator de emissão é mais variável em animais de companhia, pois depende de características como tipo e comprimento de pelagem, e geralmente engloba valores em torno de 0,93 a 0,98, com índices semelhantes à emissividade de um corpo negro ideal que é de 1 ou 100%. (MIKAIL, 2010; ROBERTO e SOUZA, 2014; NOVO *et al.*, 2014; FERREIRA *et al.*, 2020).

Segundo Roberto e Souza (2014), a câmera termográfica objetiva identificar a energia térmica emitida pela superfície de um corpo, transformando-a em uma imagem visível ao olho

humano e demonstrando ao operador diversas informações sobre as temperaturas através de cores visíveis, dispostas em escalas graduadas. Dessa forma, a termografia permite ao usuário a observação de padrões térmicos e de radiação infravermelha emitidos pela superfície de um objeto ou animal, por meio de paletas de cores, que podem ser multicoloridas ou monocromáticas, dependendo da escala optada (FERREIRA *et al.*, 2020).

Na termografia, cada cor é equivalente a mais ou menos energia térmica emitida pelo corpo em análise, de modo que as variações térmicas da perfusão sanguínea do corpo de um animal podem ser analisadas de forma mais prática e fácil por meio deste exame de imagem. Para regiões mais quentes há a representação de cores como branco, vermelho e laranja, e em áreas mais frias, predominam o azul e violeta, quando se opta por paletas coloridas para o exame termográfico.

A ferramenta é particularmente útil na área médica, pois demonstra ao usuário regiões em que ocorrem a alteração na homeostasia corporal com a percepção de assimetria na temperatura normal para a espécie referida. É normal um animal homeotérmico possuir uma simetria na distribuição de calor nos dois eixos do corpo. Por isso, regiões mais quentes ou mais frias em relação às áreas circunvizinhas e contralaterais podem corresponder a regiões de aumento da perfusão sanguínea, como inflamação e infecção, ou processos que incidam na diminuição do fluxo de sangue, como isquemia e necrose, respectivamente (LOVE, 1980; REDAELLI *et al.*, 2014).

2.2 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA MEDICINA

Desde a sua invenção, a TIV tem sido cada vez mais popularizada e refinada na área médica. Com câmeras modernas, portáteis, de custo relativamente acessível e inclusive para uso em telefones celulares, termogramas podem ser obtidos e analisados de forma mais prática e rápida. As imagens térmicas, atualmente, ficam prontas para interpretação em segundos e são facilmente digitalizadas pelo computador ou por programas *online*, sendo uma modalidade prática de exame de imagem com resultados de alta sensibilidade e qualidade da imagem (LAHIRI *et al.*, 2012).

Na medicina, o uso inicial dessa ferramenta foi enfatizado na oncologia, sendo essa uma das principais áreas de utilização da TIV, principalmente para o câncer de mama (EKICI e JAWZAL, 2019). Outras possibilidades de utilização da técnica seriam na detecção de lesões musculares, tendinopatias e de dor crônica, bem como o uso em procedimentos ortopédicos e cirurgias de reconstrução (VIEGAS *et al.*, 2020; CASAS-ALVARADO *et al.*, 2020). Além

disso, a termografia também foi utilizada em estudos para avaliação de termorregulação, monitoramento de diabetes neuropática, avaliação de doenças reumatológicas e oculares, monitoramento da viabilidade de transplantes e do dano de radiações ao corpo humano, em estudos dermatológicos, dentre outros (LAHIRI *et al.*, 2012; VAINIONPÄÄ, 2014). A termografia infravermelha também foi utilizada como exame de triagem durante o surto de SARS-CoV em meados de 2000, e na pandemia de CoVid-19, em 2020, de forma a identificar pacientes febris e prevenir uma maior disseminação de tais doenças altamente contagiosas (REKANT *et al.*, 2016; SILVINO *et al.*, 2020).

O exame termográfico, por ser eficiente, rápido, seguro, não invasivo e não requerer sedação ou exposição do paciente à radiação ionizante, é bastante útil como uma ferramenta auxiliar em diversas áreas de atuação. No campo médico, a termografia pode ser utilizada, de maneira geral, para acessar riscos de afecções, auxiliar no diagnóstico de enfermidades e avaliar o tratamento e o prognóstico preconizados para a doença em questão (MOSTOVOY, 2009).

2.3 USO INICIAL DA TERMOGRAFIA NA VETERINÁRIA

Os primeiros estudos que avaliaram a eficácia da termografia na medicina veterinária foram desenvolvidos na medicina equestre com ênfase em cavalos atletas. Um dos estudos iniciais nesta área foi em 1977, no qual Clark e Cena (1977) analisaram a possibilidade do uso da técnica para diagnosticar lesões em tendões flexores digitais superficiais em cavalos de corrida. Os estudos na espécie equina deram seguimento com diversos outros trabalhos, que também utilizaram a termografia isoladamente ou de forma complementar a outros exames de imagem como cintilografia e ultrassonografia, para avaliar inflamações e fornecer diagnósticos precoces na espécie (VAINIONPÄÄ, 2014). Nos últimos 20 anos, a TIV tem sido usada em equinos para detectar alterações térmicas causadas por inflamação associada à claudicação, avaliar lesões lombares e estresse, detectar síndrome de Horner, osteoartrites, tendinites, fraturas, doenças naviculares em cavalos (TURNER, 2001; REKANT *et al.*, 2016).

A partir do uso inicial em equinos, a termografia se expandiu para outras áreas da veterinária. Em animais de produção, como ruminantes, aves e suínos, foram conduzidos diversos estudos sobre estresse e bem-estar animal (ROBERTO e SOUZA, 2014; VAINIONPÄÄ, 2014; REKANT *et al.*, 2016; FERREIRA *et al.*, 2020), detecção precoce de inflamação (SCHAEFER *et al.*, 2004), avaliação de índices produtivos e metabólicos (STEWART *et al.*, 2008; ROBERTO E SOUZA, 2014), assim como para monitoramento de enfermidades virais e bacterianas (REKANT *et al.*, 2016).

Em animais silvestres o exame tem sido utilizado para mensurar a termorregulação, avaliando a microcirculação, hipotermia e hipertermia de animais de diferentes espécies (MAUCK *et al.*, 2003; PHILLIPS; HEATH, 2004; BERTONI *et al.*, 2020; SOUTH; HAYNES; JACKSON, 2020). Outros usos relatados da termografia nessa área são para a realização do exame clínico (GHAFIR; ART; LEKEUX, 1996), detecção de enfermidades em animais em cativeiro (COSTA; RASSY; CRUZ, 2020), monitoramento de doenças dermatológicas (LYNCH *et al.*, 2011), e detecção de enfermidades contagiosas como a raiva (DUNBAR; MACCARTHY, 2006) e a escabiose (ARENAS *et al.*, 2002).

Como afirma Vainionpää (2014), na clínica de pequenos animais, a TIV ainda não é amplamente utilizada. Entretanto, através de uma maior modernização no segmento de diagnóstico por imagem principalmente na área da TIV, com câmeras a preços acessíveis, aliadas às vantagens inerentes ao exame em comparação com outros exames de imagem, a técnica tem crescido em relação à popularidade. Apesar de ainda não ser uma ferramenta vastamente incorporada na rotina clínica de cães e gatos, muitos estudos vêm sendo conduzidos nesta área, de forma a facilitar o acesso a informações referentes à técnica e expandindo uso da TIV neste segmento da veterinária. Assim, tornando possível que a TIV seja cada vez mais utilizada como um recurso auxiliar no diagnóstico precoce, prevenção de enfermidades e avaliação do êxito de protocolos terapêuticos nas diferentes áreas da rotina clínica de pequenos animais.

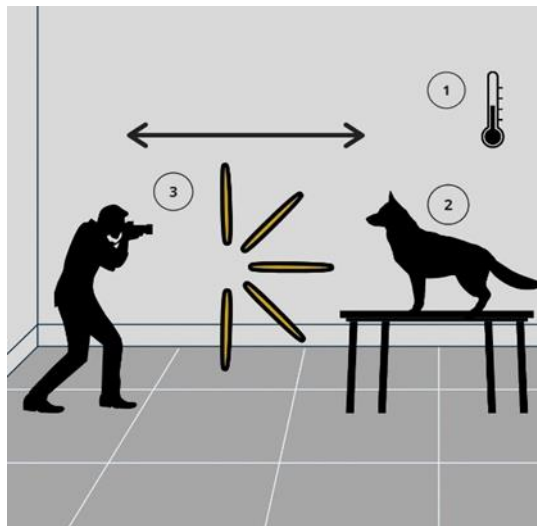
2.4 PREPARAÇÃO PARA O EXAME TERMOGRÁFICO

Apesar da termografia ser um exame facilmente realizado, o sucesso da técnica depende principalmente de fatores indispensáveis na preparação do ambiente no momento da captação da imagem termográfica. Segundo Lahiri *et al.* (2012), “a radiação infravermelha emitida por uma superfície depende das condições experimentais, como umidade, fluxo de ar e temperatura circundante”. Portanto, mudanças bruscas na temperatura, luminosidade, umidade, correntes de ar e ventilação, bem como alterações no posicionamento da câmera em relação ao paciente e na própria apresentação do paciente, devem ser observadas.

Preconiza-se que o exame termográfico seja conduzido em um ambiente controlado, seguindo um protocolo padrão previamente delineado, com a finalidade de obter imagens com repetibilidade, evitando a presença de artefatos nos termogramas que impossibilitem a interpretação pelo usuário (LAHIRI *et al.*, 2012; EKICI e JAWZAL, 2019). Os fatores mais importantes a serem padronizados de forma a produzir imagens com qualidade,

representatividade e sem artefatos são: temperatura ambiente da sala de exame, umidade relativa (%), luminosidade e fluxo de ar, fatores dependentes de condições fisiológicas associadas ao próprio paciente e distância e angulação entre o animal e a câmera (VAINIONPÄÄ, 2014; FERREIRA *et al.*, 2020). Pode-se classificar as principais variáveis a serem controladas na TIV em fatores externos ou ambientais, fatores internos ou intrínsecos ao paciente, e fatores tecnológicos ou associados à aquisição e processamento de imagem (Figura 3) (REKANT *et al.*, 2016; KWON; BRUNDAGE, 2019).

Figura 3 - Fatores ambientais (1) intrínsecos ao animal (2) e relacionados à aquisição da imagem (3) podem influenciar na qualidade da imagem obtida



Fonte: Elaborada pela autora.

2.4.1 Fatores externos: temperatura e umidade

É de extrema importância uma correta adaptação do animal à sala reservada para a realização de um exame termográfico. Os termogramas com boa resolução nas imagens são preferencialmente obtidos em um ambiente controlado. Preconiza-se, para a realização do exame, um local fechado, climatizado, sem incidência elevada de luz ou correntes de ar e com temperatura e umidades constantes, preferencialmente monitoradas por meio de termohigrômetros (REKANT *et al.*, 2016; KWON e BRUNDAGE, 2019; STURION *et al.*, 2020; FERREIRA *et al.*, 2020). O animal deve ser devidamente aclimatizado e acostumado à sala do exame por no mínimo 15 minutos, com umidade média estipulada de 50% para distâncias curtas (STURION *et al.*, 2020) e temperatura ambiente mantida de forma constante, entre 22 e 30 graus celsius, antes do procedimento de captação das imagens termográficas (MIKAIL, 2010).

De acordo com Ferreira *et al.* (2020), o ambiente controlado é necessário para a padronização das temperaturas em relação às variações térmicas do ambiente, pois estas podem influenciar a superfície corpórea do paciente. Fontes externas de calor, que promovem trocas abruptas de temperatura ou variações intensas na umidade durante a termografia, devem ser minimizadas ao máximo, pois estimulam uma resposta fisiológica no paciente com aumento na perfusão sanguínea periférica por meio de vasodilatação, estímulo que pode resultar na formação de artefatos de imagem e comprometer a confiabilidade dos resultados do exame (LAHIRI *et al.*, 2012; VAINIONPÄÄ, 2014). Para minimizar influências externas acentuadas, também é possível diminuir a interferência da energia infravermelha transmitida pelo ambiente durante o procedimento de captação das imagens utilizando iluminação fluorescente sob uma parede de veludo preto próxima ao paciente (VAINIONPÄÄ, 2014).

2.4.2 Fatores internos: condições inerentes ao paciente

A preparação adequada do animal para o exame também é um fator importante a ser considerado na obtenção de imagens termográficas. Na medicina humana, recomendações para os pacientes que irão ser submetidos ao exame envolvem evitar a exposição direta à luz solar, bem como a não utilização de loções cosméticas, antitranspirantes e desodorantes imediatamente antes do procedimento (LAHIRI *et al.*, 2012; EKICI e JAWZAL, 2019). Outras indicações para pacientes humanos também incluem não consumir álcool, cafeína, bebidas muito geladas ou quentes, assim como não fumar ou praticar exercícios intensos e não tomar banhos ou limpar-se imediatamente antes do exame (VAINIONPÄÄ, 2014; EKICI e JAWZAL, 2019).

Na medicina veterinária algumas recomendações similares são preconizadas, sendo indicado igualmente evitar medicamentos tópicos ou sistêmicos, anti-inflamatórios ou analgésicos que possam levar a alterações na microcirculação da pele. Sugere-se também o jejum de substâncias, fármacos ou alimentos energéticos que alterem o metabolismo homeostático do animal de forma a desencadear, de forma local ou generalizada, hipotermia ou hipertermia (STURION *et al.*, 2020).

Segundo Sturion *et al.* (2020):

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.

Diferentemente do previsto para a sua aplicação em humanos, na medicina veterinária os pacientes possivelmente podem estar sujos e molhados durante o exame, e geralmente a umidade, bem como a presença de sujidades, em pelo e pele podem ser desafiadoras para uma mensuração térmica adequada por meio da TIV (REKANT *et al.*, 2016). Vale a pena também ressaltar que características físicas próprias do animal como comprimento, cor e formato da pelagem, podem notavelmente confundir o técnico durante o exame e posterior interpretação da imagem termográfica, principalmente em estudos comparativos incluindo cães com pelagem muito variável na unidade amostral (KWON e BRUNDAGE, 2019).

Na literatura científica ainda não há um consenso a respeito da interferência ou não da tosa prévia ao exame termográfico, permanecendo este como um tópico a ser esclarecido futuramente (VAINIONPÄÄ *et al.*, 2012a, 2012b; KWON e BRUNDAGE, 2019). Apesar desta constatação, é importante ressaltar que a tosa em alguns pacientes pode estimular a um aumento no estresse e elevação de níveis de cortisol, com consequente variação da perfusão sanguínea periférica por estímulo do sistema nervoso simpático e comprometimento dos termogramas pela presença de artefatos de imagens (TRAVAIN *et al.*, 2015; KWON e BRUNDAGE, 2019).

Sobre a influência da pelagem e a opção por tosar ou não o animal nos preparativos para o procedimento, mantém-se uma escolha do técnico a realizar o exame. Em tópicos nos quais ainda não se há consenso, os exames termográficos devem ter principalmente em conta, a manutenção da padronização entre os pacientes ou a padronização dos locais a serem avaliados do próprio paciente, utilizando-o como controle de si mesmo (LOUGHIN e MARINO, 2007). Deve-se optar por termogramas homogêneos, com ou sem tosa, de forma a permitir a repetibilidade e comparação dos exames termográficos entre si posteriormente (TOLÓN *et al.*, 2008). Em situações nas quais se tenha a preferência por tosar os animais, sugere-se posteriormente aguardar entre 15 e 60 minutos antes de iniciar o exame termográfico (LOUGHIN e MARINO, 2007). Segundo Loughin e Marino (2007), a tosa aumenta a temperatura cutânea local mensurada, mas não altera o padrão termográfico em cães, que permanece simétrico em animais hígidos.

2.4.3 Fatores tecnológicos: aquisição e processamento de imagens

Outro fator relevante a ser considerado para a obtenção de termogramas é a aquisição e o processamento das imagens termográficas com padronização da distância e angulação entre o paciente e o técnico em todos os exames. A maioria dos autores relata ser importante garantir uma distância mínima e padronizada em todas as mensurações que permita capturar o corpo inteiro do animal na imagem (KWON e BRUNDAGE, 2019). Entretanto, para obtenção de imagens de regiões específicas, não há a necessidade de enquadrar toda a superfície corporal do animal no exame (VAINIONPÄÄ, 2014).

Para os casos de captação de imagens em regiões locais de interesse, é necessário que as transições entre áreas lesionadas e saudáveis estejam visíveis, com o propósito de comparação utilizando o próprio animal como controle de si mesmo (RING, 1990; FERREIRA *et al.*, 2020). Embora não exista até o momento um consenso sobre a padronização da distância entre o animal e a câmera termográfica, sugere-se a utilização de uma distância média de um metro (SCHAEFER *et al.*, 2004; ZANGHI, 2016; CASAS-ALVARADO *et al.*, 2020) para uma análise termográfica completa do animal, com a possibilidade da utilização de distâncias menores, por volta de 60 centímetros, para avaliação de áreas mais específicas e lesões localizadas (VAINIONPÄÄ *et al.*, 2012a, 2012b, 2013a, 2013b; VAINIONPÄÄ, 2014; KWON e BRUNDAGE, 2019). Como propõem Casas-Alvarado *et al.* (2020, n.p.):

“Para o uso da TIV, é necessário para estabelecer aspectos como o ângulo da lente. Vários estudos recomendam um ângulo de 90 graus. (...) A distância de captura de imagem pode alterar o número de pixels, influenciando interpretações”.

A qualidade das imagens também é dependente diretamente do da câmera e do sensor, determinando a resolução e a sensibilidade das imagens. A resolução é medida por pixels, e varia conforme o modelo da câmera termográfica. A mensuração da sensibilidade é feita por meio das escalas térmicas Fahrenheit, Kelvin e Celsius, e a maioria dos estudos disponíveis na literatura padronizam a sensibilidade em graus Celsius (STURION *et al.*, 2020).

Um termograma é uma imagem digital formada pela captação da emissão de radiação infravermelha de um corpo humano ou animal, com formação de elementos denominados de pixels que irão compor a imagem digital (CASAS-ALVARADO *et al.*, 2020). Os pixels que formam a imagem termográfica correspondem a uma matriz, com plano X e Y como linhas e colunas, que fornecem uma temperatura precisa do objeto a ser estudado (ROBERTO e SOUZA, 2014).

A melhor resolução prevista para estudar animais de pequeno porte é de 320 x 240 pixels (LOUGHIN e MARINO, 2007; MALAFAIA *et al.*, 2008; INTERFNUSO *et al.*, 2010; KWON e BRUNDAGE, 2019). Com essa resolução, segundo Vainionpää (2014), pode-se obter

termogramas com melhor sensibilidade e detecção de alterações térmicas sutis, comparativamente em relação a câmeras termográficas de resoluções menores como 80 x 80 pixels, 180 x 180 pixels e 320 x 240 pixels. Câmeras com maiores números de pixels conseguem maior sensibilidade para detectar pequenas mudanças na oscilação de temperatura, de forma análoga ao número de cores representadas na termografia. Com essas câmeras há a percepção de transições suaves de temperatura, e as cores equivalentes a cada intervalo de temperatura podem se tornar mais diversas, facilitando assim a detecção de alterações vasculares menos visíveis no exame e a interpretação do termograma por programas de computador, denominados *softwares* digitais (VAINIONPÄÄ, 2014).

3 INTERPRETAÇÃO DO TERMOGRAMA

Na medicina veterinária, com um ritmo crescente de maior disponibilidade do acesso às câmeras com tecnologia infravermelha e *softwares* de análises, tem se tornado mais fácil a aquisição e interpretação de termogramas. Embora a interpretação dos resultados da TIV seja intuitiva, o domínio da técnica pode ser desafiador (REKANT *et al.*, 2016). Além das dificuldades em controlar e padronizar os fatores ambientais, inerentes ao paciente e à tecnologia que podem influenciar na qualidade do procedimento, o técnico ainda deve ser responsável pela segunda parte do exame termográfico: a interpretação do termograma.

O mapeamento térmico, ou seja, a interpretação das imagens por meio de *softwares* específicos para esta finalidade permite a mensuração e a análise da temperatura geral do animal ou de locais específicos, analisando também a temperatura absoluta, máxima, média e mínima da área de interesse. Pode-se comparar estes resultados obtidos com médias de temperatura estimadas para outras regiões do animal, ou para as médias térmicas esperadas para animais hígidos. Principalmente em caso de avaliação de lesões, estima-se também valores de temperatura para a região contralateral saudável ou área de transição entre lesão e tecido sadio (FERREIRA *et al.*, 2020).

Segundo Roberto e Souza (2014, p. 75): “A análise quantitativa e a interpretação de imagens representam atualmente uma ferramenta de extrema importância em diversas áreas científicas como na ciência dos materiais, na medicina, na biofísica, na física, entre outras”. No campo médico de atuação é imprescindível que seja feita uma correta avaliação e interpretação dos termogramas, de modo a serem obtidos resultados válidos e representativos, com sensibilidade e acurácia, capazes de configurar a TIV como uma ferramenta auxiliar relevante no diagnóstico das enfermidades propostas. Em uma interpretação correta do termograma fatores como sensibilidade, emissividade, precisão da câmera, bem como diferenciar artefatos de imagem e regiões de interesse, perceber janelas térmicas, pontos quentes e frios são alguns pontos que devem ser minuciosamente analisados pelo usuário.

3.1 EMISSIVIDADE

Conforme denotado previamente, todos os objetos e também os animais, absorvem energia do ambiente e posteriormente emitem uma fração da energia absorvida em forma de energia infravermelha. Essa capacidade de um corpo para irradiar energia denominamos de

emissividade, sendo esta medida a comparação do valor de energia emitida pelo objeto em relação a um “corpo negro ideal”, que emite toda a energia luminosa (100% ou 1) que recebe do ambiente (NOVO *et al.*, 2014; ROBERTO e SOUZA, 2014; CASAS-ALVARADO *et al.*, 2020). Os objetos possuem diferentes potenciais de emissão, que variam conforme o material que os compõe, podendo interagir de formas diversas com o meio ambiente com o intuito de atingir equilíbrio térmico (HERLOFSON, 2017). É importante pontuar que várias características relacionadas com o ambiente e o paciente podem interferir na emissividade, como respectivamente, variação na angulação da câmera ou presença de água e sujeiras na pele do animal (REKANT *et al.*, 2016). O valor da emissividade a ser utilizado pode ser ajustado pelo operador previamente à aquisição de imagens nas configurações da câmera ou posteriormente à obtenção de imagens no processamento e análise dos termogramas por *softwares* (VAINIONPÄÄ, 2014).

Geralmente em animais, a emissividade é alta (acima de 0,8), pois a maioria dos tecidos possuem grande concentração de água que, por sua vez, serve como um bom condutor térmico (STURION *et al.*, 2020). Na medicina humana, os valores utilizados para emissividade alternam de 0,99 a 0,85 para diferentes tecidos, neste caso, por exemplo, para pele e pericárdio, respectivamente (LAHIRI *et al.*, 2012). Em quesitos gerais, o valor médio mais utilizado é de 0,98 para avaliações termográficas médicas (RING, 2006).

Na medicina veterinária ainda não existem estudos suficientes para fixar um valor de emissividade nos exames de TIV, devido também ao fato de que muitos estudos presentes na literatura não informam o valor de emissividade utilizado (CASAS-ALVARADO *et al.*, 2020). Além disso, é difícil determinar um valor específico para emissividade ideal em espécies animais pela extensa variação anatômica, na quantidade de pelo e tipo de pelagem (STURION *et al.*, 2020), assim como pelas variações dietéticas que podem influenciar diretamente na emissividade da pelagem (MCGOWAN *et al.*, 2020). Para animais, as informações disponíveis na literatura científica propõem um intervalo amplo com valores que oscilam entre 0,93 e 1 para animais de produção, silvestres e domésticos. Embora não exista um consenso acerca do valor de emissividade a ser adotado em animais, propõe-se um valor inferior ao adotado em humanos pela presença da pelagem, que serve como um isolante térmico em muitas espécies, e valores médios de 0,95 são geralmente adotados (HERLOFSON, 2017).

Na área de medicina equina, pioneira nos estudos conduzidos com TIV, alguns autores prefixaram a emissividade entre 0,95 a 0,98, sendo esse valor sugerido para muitas análises termográficas em pequenos animais. (VAINIONPÄÄ *et al.*, 2012a, 2012b; REDAELLI *et al.*, 2014; TRAVAIN *et al.*, 2015; TRAVAIN *et al.*, 2016; CSOLTOVA *et al.*, 2017; RIGTERINK;

MOORE; OGATA, 2018; KWON e BRUNDAGE, 2019; ALVES *et al.*, 2020). Em alguns casos também foi optada a utilização de um valor de 1, emissão similar a um corpo negro ideal, para estudos em cães e gatos (BIONDI, 2013; VAINIONPÄÄ *et al.*, 2012a, 2012b; GARCIA *et al.*, 2017).

3.2 PONTOS QUENTES E FRIOS (“HOT SPOTS” E “COLD SPOTS”)

Mamíferos como cães e gatos são homeotérmicos e conseguem manter a temperatura corporal relativamente constante, simétrica e homogênea mesmo mediante mudanças térmicas do ambiente (REKANT *et al.*, 2016). Entretanto, caso os mecanismos termorregulatórios falhem na manutenção de temperatura mesmo em uma zona termoneutra (TMZ) de conforto, a temperatura corporal pode se elevar ou diminuir, desencadeando hipertermia ou hipotermia, respectivamente (CLEMENTINO; LINS; AZEVEDO, 2018; KWON e BRUNDAGE, 2019). As alterações na distribuição da temperatura normal de um animal são desencadeadas pelo sistema nervoso autônomo, sistema renina-tensina-aldosterona, dopamina e alguns hormônios como peptídeo natriurético atrial e hormônio anti-diurético (ADH) (CASAS-ALVARADO *et al.*, 2020). Essa ativação hormonal em cascata pode também refletir variações não fisiológicas da circulação sanguínea periférica, que cursam com assimetria no padrão térmico passível de ser detectada pela TIV (FERREIRA *et al.*, 2020).

Os termogramas podem demonstrar assimetrias térmicas que precedem ou coexistem com lesões e doenças. A TIV pode evidenciar processos inflamatórios agudos ou infecções, com a presença de “pontos quentes” (*hot spots*), bem como alterações crônicas que culminem na redução da vascularização, os “pontos frios” (*cold spots*), que são muitas vezes também aliados com necrose ou isquemia (SCHAEFER *et al.*, 2004; ROBERTO e SOUZA 2014). Comparativamente, em relação a áreas de distribuição simétrica de calor, denomina-se regiões hiper-radiantes para locais mais quentes com maior emissão de radiação em forma de calor e hipo-radiantes para regiões mais frias com menor emissão térmica. Essas áreas com assimetria térmica são posteriormente comparadas com áreas contíguas de tecidos saudáveis ou membros contralaterais não afetados, com a possibilidade de serem minuciosamente analisadas digitalmente por meio de transições no padrão de cores em *softwares* (TOLÓN *et al.*, 2008).

3.3 REGIÕES DE INTERESSE (“*REGIONS OF INTEREST*” OU ROIS) E JANELAS TÉRMICAS (“*THERMAL WINDOWS*”)

Após a imagem térmica ser captada é possível segmentar o termograma com o intuito de focar em apenas uma região, geralmente análoga à área lesional. Os locais de maior interesse no momento de interpretação do termograma denominam-se de regiões de interesse (ROIs), e podem ser ressaltados durante o processamento da imagem digital (EKICI e JAWZAL, 2019). Em estudos com diversas amostras ou dentro de análises para o mesmo paciente, múltiplas ROIs podem ser alinhadas e comparadas automaticamente, desde que obtidas com padronização, com o intuito de proporcionar uma maior aquisição de informações (LAHIRI *et al.*, 2012).

A angulação e a distância do objeto no momento da termografia podem influenciar na interpretação de variações térmicas, e devem ser padronizados em todos os procedimentos. Geralmente usa-se 90 graus para a angulação e menos de um metro de distância entre o técnico e o paciente para avaliação de ROIs, possibilitando assim uma obtenção de imagem com boa resolução e repetibilidade (VAINIONPÄÄ, 2014). Os *softwares* disponíveis para o processamento de imagens térmicas proporcionam ao técnico perceber mudanças sutis nas regiões selecionadas, utilizando diferentes formatos como retângulos, círculos e pontos para detectar valores médios, mínimos e máximos com o intuito de delimitar e editar aspectos da ROI específica representada na imagem digital (VAINIONPÄÄ, 2014; HERLOFSON, 2017).

Em animais, contrariamente ao observado em humanos, a técnica da TIV pode ser desafiadora pela existência de espécies com o corpo coberto de pelagem densa que dificulta a dispersão de calor e captação de termogramas (KWON; BRUNDAGE 2019). Entretanto, em animais domésticos algumas partes da superfície corporal possuem pelos esparsos ou ausentes, como a região ocular, timpânica, genitália e membranas mucosas. Estas áreas nas quais a perfusão sanguínea e trocas térmicas periféricas são abundantes são denominadas “janelas térmicas”, sendo possível nestes locais uma obtenção de imagens térmicas com maior acurácia. Segundo Zanghi (2016), existe inclusive uma correlação positiva com a mensuração da temperatura dessas áreas de rarefação pilosa da membrana ocular e timpânica com a temperatura retal em caninos, mas essa correlação foi negativa para Hall e Carter (2019), na associação da temperatura ocular (mensurada por TIV) e retal em cães e gatos.

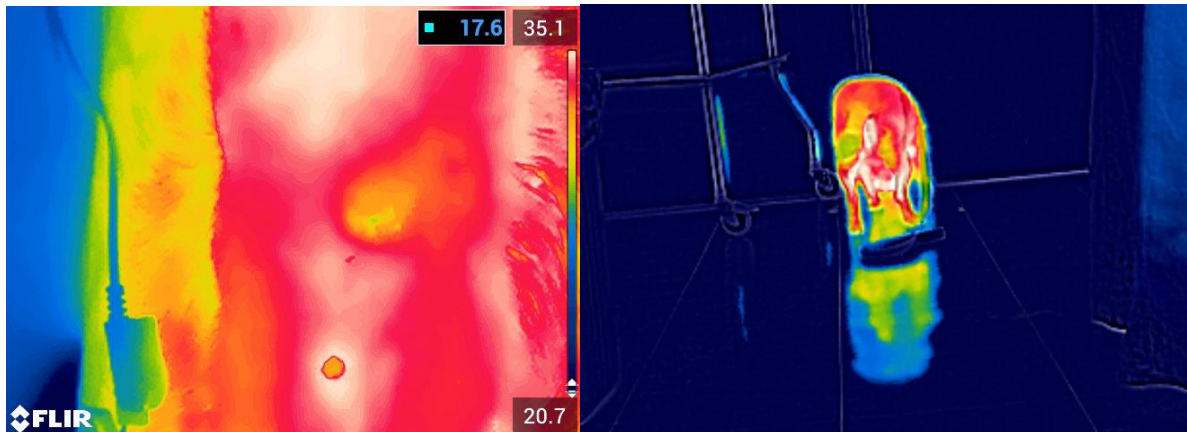
3.3.1 Artefatos

Assim como outros exames de imagem, a TIV está sujeita à presença de artefatos que podem comprometer a interpretação pelo técnico responsável. A sala onde o exame de termografia ocorre deve ser um ambiente livre de umidade, ter temperatura controlada e ser sem janelas para evitar artefatos da luz solar (RING, 2005). É imprescindível, conforme elucidado previamente, que ocorra uma preparação adequada dos fatores ambientais, inerentes ao paciente e à própria câmera, para que a presença de artefatos na imagem seja suprimida ou minimizada.

Dentre exemplos de artefatos que podem ser encontrados na avaliação termográfica estão a presença de objetos que emitem pouco calor, ou hipo-radiantes, como medicamentos de uso injetável em depósito na derme, suturas, próteses, gaiolas e mesas de alumínio (Figura 4), assim como podem estar presentes objetos com grande emissão térmica ou hiper-radiantes, como a incidência solar direta, presença de outros animais na imagem e, inclusive, marcas de impressão térmica na pelagem por contato direto dos tutores (HERLOFSON, 2017). A presença de artefatos também pode ser intencional para facilitar a identificação de ROIs, induzindo variações notáveis de temperatura entre área lesionada e saudável, podendo ser utilizados marcadores permanentes anatômicos ou fitas adesivas (VAINIONPÄÄ, 2014; HERLOFSON, 2017).

Para exemplificar artefatos obtidos em termogramas, em imagem abaixo à esquerda, em tonalidade amarela, denota-se a presença de artefato por aplicação intradérmica de bleomicina previamente a eletroquimioterapia, em mastocitoma cutâneo canino ventral. À direita, em tons de azul e amarelo, são evidenciados artefatos por presença de objetos metálicos e reflexão do assoalho durante exame termográfico.

Figura 4 – Exemplos de artefatos em termogramas.



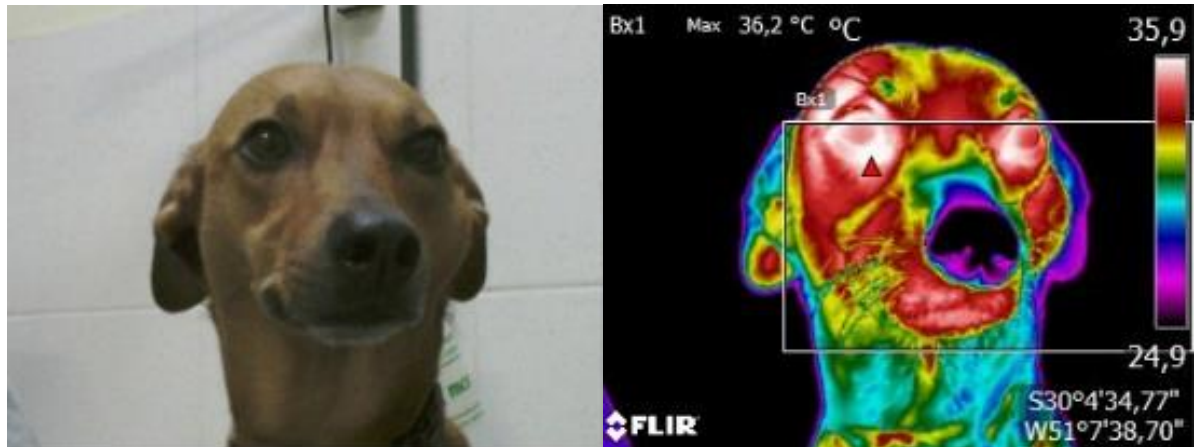
Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

4 USO DE *SOFTWARES* DIGITAIS NA TERMOGRAFIA

A interpretação dos termogramas pode ser facilitada pela exportação das imagens da câmera para um *software* digital de preferência do técnico. Alguns dos programas que podem ser utilizados são LabIR® (New Technologies Research Center™, República Tcheca), Flir Tools® (FLIR Systems™, Estados Unidos) e IRBIS® 3 (Infratec™, Alemanha). A viabilidade de digitalizar e editar imagens térmicas pode auxiliar em uma interpretação mais detalhada, conferindo ao técnico a possibilidade de alteração nas escalas de cores, delimitação de ROIs, mensuração das temperaturas máximas, médias e mínimas para o termograma ou zonas específicas, exclusão de objetos indesejados da imagem, dentre outras possibilidades.

A paleta de cores é uma das mais relevantes ferramentas de edição na análise computadorizada dos exames por TIV. A escala de cores visíveis permite denotar com maior facilidade as áreas hipo-radiantes, geralmente com cores menos brilhantes como azul e roxo (indicando menor radiação e calor emitidos) e hiper-radiantes, por cores mais brilhantes como vermelho e laranja (indicando maior radiação e calor emitidos) da imagem, caracterizando variações na temperatura da imagem de maneira controlada (LARKIN *et al.*, 2020). Dessa forma, o gradiente da coloração da escala optada corresponde à distribuição de calor do paciente avaliado (DOMINO *et al.*, 2020). Para câmeras mais modernas, é possível também obter “imagens normais”, sem captação de energia infravermelha, sendo viável a sobreposição dos termogramas com as “imagens normais” nos *softwares* com o intuito de otimizar a visualização de estruturas anatômicas do animal com maior facilidade.

Figura 5 - Representação de imagem termográfica em comparação com imagem normal



Fonte: Elaborada pela autora.

Conforme a Figura 5, em alguns modelos de câmeras termográficas há a possibilidade de fazer uma sobreposição da imagem com e sem o recurso termográfico. Dessa forma estruturas anatômicas são mais facilmente visualizadas na fotografia sem recurso termográfico (à esquerda), enquanto o termograma (à direita) com escalas colorimétricas graduadas analisa as variações térmicas da área de interesse.

4.1 ABORDAGEM DA TERMOGRAFIA NA CLÍNICA DE PEQUENOS ANIMAIS

A TIV tem sido cada vez mais utilizada como uma ferramenta auxiliar de diagnóstico em medicina veterinária por vantagens inerentes à técnica, como sua natureza não invasiva, custo-benefício do procedimento e acessibilidade para operar o equipamento (LAMA, 2017). Apesar de primariamente ser mais popular na produção animal e medicina equina, a tecnologia vem conquistando popularidade também na clínica de pequenos animais, principalmente em pesquisas científicas (HERLOFSON, 2017).

Em comparação com a área pioneira, a medicina equina, que iniciou os primeiros estudos com termografia em 1964, foi somente após o início dos anos 2000 que a TIV se desenvolveu com mais rapidez para a utilização da técnica em cães e gatos (STURION *et al.*, 2020). Atualmente, mesmo com a maior qualidade e modernização das câmeras e conseqüentemente dos termogramas, ainda são necessários avanços na aplicação dessa ferramenta como exame, de modo a auxiliar métodos diagnósticos, terapêuticos e prognósticos na medicina veterinária, similarmente ao que ocorre em humanos (ROBERTO e SOUZA, 2014).

Entretanto, mediante a análise dos resultados de diversos estudos presentes na literatura científica, é possível sugerir o uso mais extensivo e abrangente da técnica na clínica de pequenos animais e em diversas áreas de atuação (VAINIONPÄÄ, 2014). Dentre as especialidades veterinárias nas quais o uso da TIV pode servir como uma ferramenta promissora no diagnóstico de enfermidades em cães e gatos, pode-se citar: a oftalmologia, dermatologia, ortopedia, oncologia, anestesiologia, etologia, neurologia e endocrinologia, bem como para a avaliação de procedimentos cirúrgicos e controle da dor (ROBERTO e SOUZA, 2014; VAINIONPÄÄ, 2014; HERLOFSON, 2017; STURION *et al.*, 2020; FERREIRA *et al.*, 2020).

4.1.1 Anestesiologia

É de amplo conhecimento que animais submetidos a anestesia possuem dificuldades em manter uma termorregulação efetiva e constante. Diferentes escolhas medicamentosas para protocolos anestésicos podem alterar a temperatura corporal de um animal, levando a complicações pós-operatórias em muitos casos. A termografia, instrumento com a capacidade de detectar variações térmicas superficiais, pode identificar mudanças sutis ou bruscas na temperatura prevista para o paciente anestesiado (Tabela 1), evitando, dessa forma, consequências graves à saúde do paciente, caracterizadas por manifestações sistêmicas como hipotermia e hipertermia (TURNER, 2001; VAINIONPÄÄ *et al.*, 2013b).

Tabela 1 - Termografia infravermelha na anestesiologia de pequenos animais

ANESTESIOLOGIA		
ARTIGO CIENTÍFICO	AUTORES	OBJETIVO
<i>Interventional analgesic block in a dog with cauda equina syndrome. Case report</i>	(MENCALHA; GENEROSO; SOUZA, 2019)	Analisar os efeitos de uma injeção epidural combinada com dexametasona, bupivacaína e morfina no alívio da dor e sinais neurológicos em cães
<i>Thermographic imaging of superficial temperature in dogs sedated with medetomidine and butorphanol with and without MK-467 (L-659'066)</i>	(VAINIONPÄÄ <i>et al.</i> , 2013b)	Gravar com uma câmera termográfica as Diferenças de temperatura periférica durante diferentes protocolos anestésicos e relacionar os resultados com mudanças na temperatura retal
<i>Thermography as an early predictive measurement for evaluating epidural and Q12 femoral 32ciatic block success in dogs</i>	(KÜLS <i>et al.</i> , 2017)	Avaliar o aumento na temperatura como um fator de predição precoce para o sucesso do bloqueio epidural e femoral-ciático em cães
<i>Use of infrared thermography to evaluate the inflammatory reaction in cat testis after intratesticular injection</i>	(PARANZINI <i>et al.</i> , 2019)	Analisar o uso da termografia infravermelha para avaliar a reação inflamatória causada pela injeção

<i>of 0.9% NaCl or 20% CaCl₂ with 1% lidocaine</i>		intratesticular de cloreto de cálcio (CaCl ₂) 20% associada à lidocaína 1%
---	--	--

Fonte: Elaborada pela autora.

Em estudo delineado por Vainionpää *et al.* (2013b) foi avaliado por meio da TIV a associação de butorfanol e medetomidina, dois medicamentos utilizados amplamente na sedação e analgesia de cães e gatos, conjuntamente com MK-467, um antagonista de receptores adrenérgicos alfa-2, e conseqüentemente, de medetomidina. Mudanças de temperaturas superficiais e retal em cães durante sedação com medetomidina e butorfanol com e sem MK-467 foram registradas por meio de uma câmara termográfica em oito beagles. Os resultados do estudo propõem que mudanças nas variações térmicas superficiais diferiram entre os grupos de diferentes anestésicos, sugerindo que a perda de calor periférica pode ser maior quando MK-467 é usado. Apesar disso, a autora reconhece que qualquer protocolo de sedação pode ter um efeito detectável em imagens termográficas (VAINIONPÄÄ *et al.*, 2013b).

Avaliando um protocolo anestésico em gatos, Paranzini *et al.* (2019) também utilizaram a TIV como método para verificar o bem-estar em gatos submetidos a castração química por injeção intratesticular de CaCl₂ a 20% com lidocaína a 1%. Foi mensurada por meio da termografia a inflamação testicular de seis gatos submetidos a esse procedimento, comparados a um grupo controle de igual unidade amostral com administração injeção intratesticular contendo NaCl a 0,9%. Embora diferenças significativas médias de 2 graus celsius tenham sido encontradas nos exames termográficos do grupo teste, a temperatura retal mensurada não diferiu entre os dois grupos, bem como o nível de inflamação em uma análise histopatológica posterior, ou a avaliação da dor dos animais após o procedimento (PARANZINI, 2019).

Outra possibilidade da utilização da TIV no campo da anestesiologia é aliando controle da temperatura de animais anestesiados à terapêutica para doenças neuropáticas periféricas. Os autores Küls *et al.* (2017) e Mencalha, Generoso e Souza (2019) elucidaram sobre a possibilidade do uso da termografia como ferramenta para avaliar o sucesso terapêutico de bloqueios analgésicos em cães. As imagens termográficas teriam a finalidade de denotar associação de uma maior vascularização periférica no membro afetado por uma neuropatia periférica com o sucesso de bloqueios anestésicos regionais, que por sua vez desencadeiam vasodilatação, principalmente nas extremidades dos membros (KÜLS *et al.*, 2017). Os resultados encontrados diferiram entre os autores, com uma correlação negativa e positiva, para Küls *et al.* (2017) e Mencalha, Generoso e Souza (2019), respectivamente. A explicação para a divergência de resultados pode ser causada pela diferença de protocolos anestésicos optada

pelos autores, divergências quanto à unidade amostral, e ausência de um grupo controle saudável em ambos os casos (KÜLS *et al.*, 2017; MENCALHA; GENEROSO; SOUZA, 2019).

4.1.2 Oncologia

Desde o início da utilização da TIV na área médica um dos campos de estudo mais contemplados foi a oncologia. Em humanos, pesquisas experimentais sobre diversas neoplasias foram conduzidas por meio da técnica. Tumores de tireoide, paratireoide, melanomas e, principalmente, tumores de mama, foram exemplos de neoplasias avaliadas (BRIOSCHI; MACEDO; MACEDO, 2003). Atualmente, o exame padrão ouro para o diagnóstico de tumores mamários é a mamografia. Entretanto, essa técnica pode ser conduzida de forma desafiadora em mulheres jovens, pela alta densidade do tecido mamário, que dificulta a interpretação de resultados do exame (EKICI e JAWZAL, 2019). Por isso, novas alternativas que auxiliem no diagnóstico da neoplasia têm sido propostas, entre elas uma opção em ascensão é a TIV (LAHIRI *et al.*, 2012).

A utilização TIV na detecção precoce de tumores mamários parte do preceito de que células neoplásicas de qualquer origem produzem mediadores inflamatórios que estimulam angiogênese e vasodilatação como o óxido nítrico, fatores de crescimento endotelial, integrinas, dentre outros (BRIOSCHI; MACEDO; MACEDO 2003; PAVELSKI *et al.*, 2015; CLEMENTINO; LINS; AZEVEDO, 2020). O aumento no fluxo sanguíneo na região com tecido pré-neoplásico ou neoplásico produz uma maior distribuição de calor que é dissipado mais facilmente pela superfície corporal e captado pela termografia (PAVELSKI *et al.*, 2015; CASAS-ALVARADO *et al.*, 2020).

Na oncologia de pequenos animais, a TIV é uma técnica em ascensão (Tabela 2), sendo utilizada em consonância com a medicina humana, principalmente na avaliação de neoplasias mamárias. Em pacientes veterinários, entre 50 e 70% dos tumores mamários são malignos, com o diagnóstico sendo realizado principalmente por palpação (PAVELSKI *et al.*, 2015; REIS *et al.*, 2010). Na tentativa de estabelecer diagnósticos precoces e mais sensíveis, estipulando também prognósticos com maior acurácia, a TIV é apresentada como uma ferramenta auxiliar de crescente interesse (PAVELSKI *et al.*, 2015; CLEMENTINO; LINS; AZEVEDO, 2020).

Tabela 2 - Termografia Infravermelha na oncologia de pequenos animais

ONCOLOGIA		
ARTIGO CIENTÍFICO	AUTORES	OBJETIVO
<i>Infrared Thermography in Dogs with Mammary Tumors and Healthy Dogs</i>	(PAVELSKI <i>et al.</i> , 2015)	Definir médias termográficas de temperaturas para glândulas mamárias normais e comparar essas temperaturas com as temperaturas de tumores de glândulas mamárias em cães
<i>Thermographic Image Analysis as a Pre-screening Tool for the Detection of Canine Bone Cancer</i>	(SUBEDI <i>et al.</i> , 2014)	Avaliar a possibilidade do uso da termografia como método auxiliar prévio de diagnóstico para câncer de ossos em cães
<i>Thermographic assessment of skin tumors in cats</i>	(NITRINI; COGLIATI; MATERA, 2020)	Determinar a média de temperatura de tumores de pele e tecidos moles em gatos usando termografia infravermelha, investigando as correlações entre achados termográficos, subtipo histológico e graduação tumoral
<i>Thermographic Image Analysis Method in Detection of bone cancer in dogs</i>	(AMINI <i>et al.</i> , 2012)	Investigar se é possível determinar tumores ósseos em cães com termografia infravermelha
<i>Indícios sobre a correlação entre diferentes métodos diagnósticos em casos de tumor de mama em cadelas</i>	(REIS <i>et al.</i> , 2010)	Observar indícios da associação entre a aparência ultrassonográfica/termográfica e a classificação de malignidade destes tumores, com base na análise de quatro cadelas
<i>Uso da termografia infravermelha como auxílio diagnóstico de neoplasia mamária canina</i>	(CLEMENTINO; LINS; AZEVEDO, 2018)	Objetivou-se avaliar o uso da termografia como método de auxílio para diagnóstico precoce de câncer de mama em cadelas

Fonte: Elaborada pela autora.

Os autores Pavelski *et al.* (2015), Clementino, Lins e Azevedo (2018) e Reis *et al.* (2010) obtiveram resultados contrastantes ao correlacionarem a utilização da termografia com o diagnóstico de tumores de mama em cadelas. Enquanto os resultados dos estudos de Clementino, Lins e Azevedo (2018) e Reis *et al.* (2010) não encontraram uma relação direta entre as variações térmicas detectadas pela TIV e a malignidade ou tipo tumoral, Pavelski *et al.* (2015) revelaram resultados distintos, comprovando que a média de temperatura para tecidos mamários neoplásicos era significativamente maior do que para um grupo controle saudável. As divergências nas conclusões dos autores podem ser explicadas por diferenças nos objetivos e limitações de cada um dos estudos. Por exemplo, foi apenas com Pavelski *et al.* (2015) que uma unidade amostral maior foi utilizada. Os protocolos de aclimação também divergiram entre os autores, sugerindo que a tecnologia pode não ter obtido resultados sensíveis pela ausência de padronização em ambiente controlado.

Outros estudos também objetivaram analisar a TIV como uma ferramenta viável em exames de triagem diagnóstica para tumores ósseos em cães (AMINI *et al.*, 2012; SUBEDI *et al.*, 2014). Os resultados foram promissores, na medida que índices de sucesso da termografia

para este propósito variaram entre 77%, 80% e 90%, aliados a boa sensibilidade e especificidade da técnica (AMINI *et al.*, 2012; SUBEDI *et al.*, 2014).

Em felinos, Nitrini, Cogliati e Matera (2020) buscaram determinar variações médias para a pele e tumores de tecidos moles, correlacionando achados termográficos com tipos tumorais distintos. A TIV provou ser uma técnica altamente sensível, mas pouco específica, pois variações térmicas locais não são exclusivamente compatíveis com processos tumorais, podendo indicar também inflamações locais.

No estudo de Nitrini, Cogliati e Matera (2020) foi ressaltada a vantagem de utilizar a técnica para diferenciação entre graus tumorais e malignidade de neoplasias. Tumores benignos, por apresentarem um crescimento lento, resultam em menor vascularização e consequente menor emissão térmica em comparação com tumores malignos ou de alto grau. Avaliações termográficas de triagem em gatos diagnosticados com neoplasias também foram conduzidas por Redaelli *et al.* (2014), que não obtiveram resultados positivos na tentativa de localizar as formações tumorais com a técnica. Os resultados não satisfatórios poderiam ser explicados pela interferência da pelagem na obtenção da imagem térmica. No estudo de Nitrini, Cogliati e Matera (2020), os gatos foram submetidos a tosa previamente ao exame, e no caso de Redaelli *et al.* (2014), a tosa não foi realizada.

4.1.3 Ortopedia

Na medicina veterinária, a ortopedia foi uma das primeiras áreas que contemplou o uso da TIV. Em 1960, a ferramenta já era utilizada de maneira complementar a exames de rotina na avaliação de protocolos e resposta terapêutica em equinos (STURION *et al.*, 2020), bem como no diagnóstico precoce de doenças de ligamentos, articulações, musculares e articulares (LOUGHIN e MARINO, 2007; MARINO e LOUGHIN, 2010). Atualmente a utilização da TIV transcendeu o uso na ortopedia equina e estudos promissores em cães e gatos estão sendo desenvolvidos (Tabela 3).

Tabela 3 - Termografia Infravermelha na ortopedia de pequenos animais

ORTOPEDIA		
ARTIGO CIENTÍFICO	AUTORES	OBJETIVO

<i>Evaluation of thermographic imaging of the limbs of healthy dogs</i>	(LOUGHIN e MARINO, 2007)	Descrever um protocolo de captação de imagem termográfica, para identificar os padrões termográficos normais para várias regiões de interesse (ROIs) de membros de cães e avaliar os efeitos do corte da pelagem nos padrões termográficos e temperatura de membros em cães saudáveis
<i>Medical infrared imaging and orthostatic analysis to determine lameness in the pelvic limbs of dogs</i>	(GARCIA <i>et al.</i> , 2017)	Investigar uma mudança no padrão térmico e na temperatura do termograma da pata em um membro pélvico coxo em comparação com um membro pélvico não coxo de cães confirmados por análise ortostática
THE USE OF THERMOGRAPHY IN CLINICAL THORACOLUMBAR DISEASE IN DACHSHUNDS	(SARGENT, 2008)	Avaliar o valor da termografia em um ambiente clínico para cães com doença toracolombar
<i>Thermographic images from healthy knees between dogs with long and short hair</i>	(NOMURA <i>et al.</i> , 2018)	O objetivo desse estudo foi verificar a influência do comprimento do pelo na avaliação da temperatura de joelhos de cães saudáveis, por meio do uso da termografia infravermelha
<i>Thermographic imaging of police working dogs with bilateral naturally occurring hip osteoarthritis</i>	(ALVES <i>et al.</i> , 2020)	Comparar as imagens de termografia dorsoventral e lateral de cães policiais que apresentam osteoartrite do quadril
<i>Thermography based diagnosis of ruptured anterior cruciate ligament (ACL) in canines</i>	(LAMA <i>et al.</i> , 2017)	Investigar o uso da termografia como ferramenta diagnóstica na detecção da ruptura do ligamento cruzado anterior (ligamento cruzado cranial) em cães
<i>Use of infrared thermography to control osteoreparative and integrative processes during implantation in animals</i>	(KRASNIKOV e KRASNIKOVA, 2020)	Avaliar usando termografia infravermelha processos osteo-reparativos e integrativos durante a implantação em cães
<i>Thermal imaging of normal and cranial cruciate ligament-deficient stifles in dogs.</i>	(INFERNUSO <i>et al.</i> , 2010)	Investigar a capacidade da termografia para diferenciação entre joelhos normais e com ruptura do ligamento cruzado cranial em cães, inicialmente com pelagem íntegra e 1 hora após a tosa
<i>Diagnostic Imaging of the Canine Stifle:</i>	(MARINO e LOUGHIN, 2010)	Descrever a utilidade de diferentes ferramentas de diagnóstico por imagem para a obtenção de imagens da articulação do joelho canino
<i>Thermographic evaluation for the efficacy of acupuncture on induced chronic arthritis in the dog.</i>	(UM <i>et al.</i> , 2015)	Avaliar a eficácia da acupuntura na artrite crônica induzida do cão por termografia

Fonte: Elaborada pela autora.

Uma possibilidade para o uso da TIV na ortopedia de pequenos animais é para avaliar lesões do joelho em cães, por ser uma afecção de elevada incidência neste campo de atuação. Em estudos prévios com membros de cães saudáveis foi demonstrado que as médias de temperatura para a região medial do joelho são mais elevadas e região caudal apresenta menor

temperatura, havendo, em contrapartida uma distribuição térmica uniforme nas regiões cranial e lateral (NOMURA *et al.*, 2018). Em humanos, o local de preferência para avaliações termográficas do local é a região cranial (dorsal) do joelho, por padronização da emissão térmica. Entretanto, em cães pode haver dificuldade para obter imagens desta área pela dificuldade de contenção dos animais, e geralmente as análises são feitas com enfoque em outras regiões (INFERNUSO *et al.*, 2010).

Outra diferença no que tange pacientes humanos e veterinários é a presença de pelagem abundante em alguns indivíduos. Em cães e gatos pode haver dificuldade na mensuração de temperatura pela TIV em locais com maior densidade pilosa, o que permite uma maior dissipação de calor e dificulta a localização de estruturas anatômicas (VAINIONPÄÄ *et al.*, 2012a, 2012b; NOMURA *et al.*, 2018; ALVES *et al.*, 2020). Denota-se, em estudo delineado por Infernuso *et al.* (2010), a diferenciação entre cães saudáveis e cães com ruptura de ligamento cruzado cranial (RLCCr), tosados ou não, obteve 85% de acurácia utilizando a TIV e posterior análise por *softwares*. Apesar de em cães tosados utilizados para o estudo a escala térmica regional ter sido mais elevada em comparação aos cães não tosados, o padrão térmico permaneceu inalterado entre ambos os grupos. Em cães saudáveis a ROI que incluía patela, tendões e ligamentos foi devidamente visualizada e apresentava-se como simétrica e temperatura mais fria do que em cães com RLCCr, que denotavam assimetria e temperatura peri-patelar mais elevada pela presença de inflamação. Os índices obtidos por Infernuso *et al.* (2010), foram similares a outro estudo que utilizou programas de computador embasados em fórmulas logarítmicas para detectar RLCCr com sucesso de 86,67% (LAMA *et al.*, 2016).

No estudo de Garcia *et al.* (2017), em pesquisa também para avaliação de cães com RLCCr, denotou-se pela técnica claudicação por assimetria térmica dos coxins plantares. A temperatura dos coxins de membros saudáveis e acometidos foi mensurada por sobreposição dos animais em um travesseiro de espuma, e assimetria térmica de 0,5 °C foi detectada entre os membros de animais com claudicação. A análise de padrão térmico revelou uma acurácia de 88% para detectar cães com claudicação e 100% de acurácia para a identificação de um padrão térmico similar em cães saudáveis. Analogamente, Vainionpää *et al.* (2012) também relataram assimetrias térmicas em coxins de gatos durante processos dolorosos, mas a associação entre o padrão de emissão térmico e claudicação não foi realizada.

A TIV é uma ferramenta promissora também para exames de triagem e acompanhamento de protocolos terapêuticos em outras áreas de interesse da ortopedia e artrologia. O uso da técnica já foi avaliado para detectar a viabilidade de protocolo terapêutico embasado em acupuntura para artrite em cães (UM *et al.*, 2005; ALVES *et al.*, 2020), e a

biocompatibilidade de tecidos a materiais implantados cirurgicamente em processos osteoreparativos e osteointegrativos (KRASNIKOV e KRASNIKOVA, 2020).

4.1.4 Etologia

Na área de bem-estar animal, estudos recentes vêm utilizando a TIV para mensurar variações térmicas superficiais como uma ferramenta para avaliar distúrbios comportamentais (Tabela 4) com ênfase na mensuração de estresse psicológico (REDAELLI *et al.*, 2014; ROBERTO e SOUZA, 2014; REKANT *et al.*, 2016; TAYLOR *et al.*, 2020). O principal benefício que a TIV pode conferir à etologia veterinária de cães e gatos é a possibilidade de avaliações remotas não invasivas. Dessa forma, a equipe veterinária é preservada de contato direto com animais de difícil contenção e também evita-se desencadear estímulos estressores nos pacientes (TAYLOR *et al.*, 2020). Os principais locais de aferição de temperatura são a superfície ocular, com enfoque na região da carúncula lacrimal, e orelhas (TRAVAIN *et al.*, 2015; RIEMER *et al.*, 2016; CSOLTOVA *et al.*, 2017; STELLATO *et al.*, 2020; ELIAS *et al.*, 2021).

Tabela 4 - Termografia infravermelha na etologia e bem-estar de pequenos animais

ETOLOGIA E BEM-ESTAR ANIMAL		
ARTIGO CIENTÍFICO	AUTOR	OBJETIVO
<i>Behavioral and physiological reactions in dogs to a veterinary examination: Owner-dog interactions improve canine well-being</i>	(CSOLTOVA, 2017)	Avaliar e examinar indicadores de estresse comportamental e psicológico em cães
<i>Evaluation of associations between owner presence and indicators of fear in dogs during routine veterinary examinations</i>	(STELLATO <i>et al.</i> , 2020)	Avaliar a influência da presença do tutor em indicadores de medo, comportamento e fatores psicológicos em cães durante exames de rotina na clínica médica
<i>Influences on Infrared Thermography of the Canine Eye in Relation to the Stress and Arousal of Racing Greyhounds</i>	(ELIAS <i>et al.</i> , 2021)	Monitorar estresse em cães de corrida da raça Galgo (<i>Greyhound</i>) por meio da termografia infravermelha com mensuração da temperatura na superfície do globo ocular
<i>Use of thermographic imaging in clinical diagnosis of small animal: preliminary notes</i>	(REDAELLI <i>et al.</i> , 2014)	Utilizar a termografia de forma a auxiliar no diagnóstico de diversas doenças em cães e gatos
<i>Dynamic changes in ear temperature in relation to separation distress in dogs</i>	(RIEMER <i>et al.</i> , 2016)	Avaliar a termografia infravermelha como uma técnica de longa distância promissora e não-invasiva para mensurar estresse de separação em cães
<i>Pilot study evaluating surface temperature in dogs with or without fear-based aggression</i>	(RIGTERINK; MOORE; OGATA, 2018)	Determinar a diferença da temperatura da superfície ocular em cães com agressão baseada em medo e cães com outros diagnósticos de alterações comportamentais

<i>The behavioral and physiological effects of dog appeasing pheromone upon canine behavior during separation from owner</i>	(TAYLOR <i>et al.</i> , 2020)	Investigar se o uso de um difusor de feromônios afetou parâmetros de estresse, comportamento e psicológico de um grupo de cães
<i>Hot dogs: Thermography in the assessment of stress in dogs (Canis familiaris): A pilot study</i>	(TRAVAIN <i>et al.</i> , 2015)	Avaliar a correlação entre a temperatura ocular e retal em cães em uma situação de estresse
<i>How good is this food? A study on dogs' emotional responses to a potentially pleasant event using infrared thermography</i>	(TRAVAIN <i>et al.</i> , 2016)	Investigar a resposta emocional de cães a um evento potencialmente agradável, receber comida palatável dos tutores, por meio do uso da termografia infravermelha combinada com índices de comportamento e cardíacos

Fonte: Elaborada pela autora.

Os autores Riemer *et al.* (2016) e Taylor *et al.* (2020) preconizaram o uso da TIV no intuito de estimar alterações fisiológicas em cães com estresse de separação. Os resultados dos estudos foram divergentes, na medida que Taylor *et al.* (2020) denotaram temperaturas menores em orelhas de cães enquanto isolados sem a presença de tutores ou veterinários, enquanto na sala de exame de Riemer *et al.* (2016) houve aumentos na temperatura ocular canina detectados na mesma situação de ausência dos tutores. As disparidades encontradas nas duas pesquisas podem ser explicadas pela diferença nos protocolos e objetivos de cada estudo, com escolha de superfícies corporais distintas (orelhas e carúncula lacrimal do globo ocular) para a utilização da TIV.

O efeito contrastante obtido na temperatura corporal citado acima pode ser explicado por Travain *et al.* (2016) que afirmam haver, em situações de estresse agudo, ativação do ramo simpático do SNA com indução no aumento do eixo central da temperatura corporal como cabeça e órgãos vitais, refletido no olho, e uma diminuição na temperatura da área corporal periférica, como nariz, rosto e orelhas, devido à vasoconstrição. Outra notável mudança nos padrões de emissão térmica pelos cães durante situações promotoras de excitação ou estresse seria desencadeada por influência do eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal (HPA), que promove vasodilatação periférica pelo sistema nervoso parassimpático mediante estímulos estressores psicogênicos. A presença de estímulo estressor, desencadeia medo paralisante, e as consequentes descargas hormonais citadas podem por sua vez resultar em vasodilatação periférica e aumento da temperatura do globo ocular (TRAVAIN *et al.*, 2015).

Foram delineados estudos utilizando a termografia para mensurar o estresse em cães submetidos a distintas situações. Segundo Elias *et al.* (2021), que mensuraram estresse em galgos de corrida, a temperatura ocular foi maior em cães após a corrida do que antes. Os cães que esperavam mais para correr, os mais jovens, inexperientes e de pelagem clara tiveram os maiores aumentos na temperatura.

Em diferente pesquisa para avaliar o estresse em cães submetidos a exames de rotina, Travain *et al.* (2015) também mensuraram variações térmicas da superfície ocular, percebendo aumento na temperatura dos cães pela TIV após contato com os veterinários. Em estudo similar proposto por Rigterink, Moore e Ogata (2018) também houve aumento na emissão térmica de cães diagnosticados com distúrbios comportamentais diversos e agressão desencadeada por medo durante consulta veterinária.

Segundo Csoltova *et al.* (2017), há indícios de que a presença de figuras familiares durante o exame veterinário pode diminuir o estresse em cães. A TIV foi utilizada para analisar as variações térmicas da superfície ocular de grupos de cães com e sem a presença dos tutores de forma próxima. Os autores propuseram a hipótese de que o contato visual com o tutor poderia aumentar os níveis de ocitocina em cães, hormônio esse reconhecido pelo potencial de suprimir o HPA, resultando em uma menor liberação de cortisol e um menor aumento da temperatura.

Os resultados disponíveis na literatura sugerem que, quando possível, a presença do tutor durante exames veterinários de rotina diminui o estresse do paciente e conseqüentemente proporciona um menor aumento na temperatura corporal em cães (CSOLTOVA *et al.*, 2017; STELLATO *et al.*, 2020). Apesar da TIV ser uma técnica aliada na investigação não invasiva da inter-relação do estresse com os sistemas parassimpático e simpático, alguns animais percebem a técnica como ameaçadora, assim como relatado em estudo prévio de Travain *et al.* (2015). Ainda que exista potencial no desenvolvimento da TIV para avaliação de estresse em cães, são necessárias mais investigações para avaliar o quanto a câmera termográfica também pode ser percebida como um estímulo estressor para os pacientes na medicina veterinárias (TRAVAIN *et al.*, 2015; CSOLTOVA *et al.*, 2017).

Além disso existem também ressalvas sobre a utilização da técnica em análises de bem-estar e comportamento animal. Para Riemer *et al.* (2016) existe a limitação de aferir variações térmicas em cães com orelhas com abundância de pelos ou conformação pendular. Além disso, é importante presumir que a resposta dos animais a um estímulo estressor é altamente variável e individual (CSOLTOVA *et al.*, 2017). Segundo Travain *et al.* (2016), em estudo avaliando por meio da termografia os estímulos positivos desencadeados pelo oferecimento de petiscos para cães, a ferramenta é sensível no intuito de detectar excitação, mas pouco específica para diferenciar excitação desencadeada por estímulos positivos de estímulos estressores negativos.

4.1.5 Dermatologia

Na dermatologia veterinária de cães e gatos TIV se restringe principalmente à aplicabilidade da técnica de forma interseccionada com a oncologia, para triagem de tumores cutâneos. Entretanto, há precedentes para futura utilização da TIV na diferenciação entre dermatites infecciosas e inflamações da pele não infecciosas (REDAELLI *et al.*, 2014), assim como no aperfeiçoamento de testes alérgicos cutâneos (Tabela 5). A TIV também possui limitações que se tornam particularmente evidentes na dermatologia, como por exemplo, a dificuldade da padronização de imagens em cães com pelagens diferentes.

Tabela 5 - Termografia infravermelha na dermatologia de pequenos animais

DERMATOLOGIA		
ARTIGO CIENTÍFICO	AUTOR	OBJETIVO
<i>Quantifying body surface temperature differences in canine coat types using infrared thermography</i>	(KWON e BRUNDAGE, 2019)	Analisar quantitativamente diferentes partes do corpo de cães para prover um detalhamento sobre padrões termográficos normais para a espécie
<i>Uso da termografia para avaliação da reação cutânea induzida pela histamina em cães: estudo exploratório</i>	(DHEIN, 2020)	Avaliar por meio da termografia infravermelha a reação cutânea induzida pela histamina em cães
<i>Use of thermographic imaging in clinical diagnosis of small animal: preliminary notes</i>	(REDAELLI <i>et al.</i> , 2014)	Utilizar a termografia de forma a auxiliar no diagnóstico de diversas doenças em cães e gatos

Fonte: Elaborada pela autora.

Assim como já citado, pelagens de diferentes formatos e comprimentos podem influenciar em valores de emissividade dos exames termográficos (KWON e BRUNDAGE, 2019). Uma solução é padronizar o local a ser avaliado por meio de tosa, mas essa opção também pode interferir na obtenção dos termogramas. Cães estressados durante a tosa podem desencadear cascatas hormonais que conseqüentemente aumentam a temperatura corporal normal e colocam em dúvida a acurácia da TIV para aquele momento específico (TRAVAIN *et al.*, 2015).

Outra possibilidade é a utilização da termografia no aprimoramento da interpretação de testes alérgicos cutâneos. Em estudo, foi prevista uma análise por meio da TIV da reação cutânea provocada pela aplicação transdérmica e percutânea de histamina em cães. Foi concluído pela autora que a inspeção das reações à aplicação de histamina empregando a termografia é viável, com uma boa sensibilidade para a técnica. Porém a ferramenta ainda

precisa ser mais aprimorada antes de ser validada e utilizada para avaliação dos resultados dos testes alérgicos cutâneos rotineiramente (DHEIN, 2020).

4.1.6 Neurologia

O uso da TIV na neurologia de cães e gatos é baseado na utilização da técnica neste mesmo campo na medicina humana (Tabela 6). As vantagens inerentes à termografia como a não obrigatoriedade da sedação ou anestesia do paciente, fácil e rápida realização do exame e custos relativamente baixos para o cliente são benefícios proveitosos que podem estimular a escolha do tutor por esta técnica em detrimento de outros exames de imagem no momento da triagem diagnóstica de distúrbios neurológicos (LARKIN *et al.*, 2020).

Tabela 6 - Termografia infravermelha na neurologia de pequenos animais

NEUROLOGIA		
ARTIGO CIENTÍFICO	AUTOR	OBJETIVO
<i>Use of Digital Infrared Thermography on Experimental Spinal Cord Compression in Dogs</i>	(KIM <i>et al.</i> , 2005)	Analisar quantitativamente diferentes partes do corpo de cães para prover um detalhamento sobre padrões termográficos normais para a espécie
<i>Medical Infrared Imaging (Thermography) of Type I Thoracolumbar Disk Disease in Chondrodystrophic Dogs</i>	(GROSSBARD <i>et al.</i> , 2011)	Determinar o sucesso da TIV em identificar cães com doença toracolombar do disco intervertebral, comparar a localização da TIV com ressonância magnética e achados cirúrgicos, e determinar se o padrão termográfico retorna ao normal 10 semanas após a cirurgia de descompressão
<i>Medical infrared thermal imaging of syringomyelia in the Cavalier King Charles Spaniel</i>	(LARKIN <i>et al.</i> , 2020)	Identificar diferenças em padrões termográficos associados airingomielia em cães da raça Cavalier King Charles Spaniel afetados com a síndrome neurológica denominada Chiari-Like-Malformation

Fonte: Elaborada pela autora.

Com estas ponderações, Larkin *et al.* (2020) buscaram demonstrar a utilidade da TIV em identificar diferenças em padrões termográficos associados airingomielia (SM) em cães da raça Cavalier King Charles Spaniel (CKCS) afetados com a síndrome neurológica denominada Chiari-Like-Malformation (CLM), de comum acometimento associado à raça em questão. Foi proposta e posteriormente confirmada pelo autor a hipótese de que a presença de SM secundária a CLM seria associada por uma mudança reconhecível no padrão térmico local

destes animais, em comparação com um grupo controle. Com a possibilidade do uso da TIV nesta enfermidade, pensa-se que a técnica pode servir como uma proveitosa ferramenta auxiliando no diagnóstico de outras afecções neurológicas, sendo um exame de imagem de custo relativamente baixo aos tutores e criadores, em comparação com outras opções disponíveis como tomografia computadorizada e ressonância magnética. Entretanto, o autor ressalta que a TIV deve ser utilizada idealmente como ferramenta de triagem ou de forma complementar ao exame preconizado como padrão ouro, neste caso, a ressonância magnética.

A TIV também pode servir como ferramenta auxiliar no prognóstico e diagnóstico de outras neuropatias centrais e periféricas para animais de companhia. Em um estudo de compressão espinhal experimental em 33 cães, a termografia provou-se útil para a percepção das lesões medulares e acompanhamento do pós operatório (KIM, 2005). Resultados similares foram obtidos por Grossbard *et al.* (2011), que denotaram sucesso de 90% na diferenciação entre 14 cães hígidos e 58 cães afetados com condrodistrofia toracolombar por meio da TIV como exame de triagem.

Segundo Grossbard *et al.* (2011), a TIV pode ser útil na diferenciação entre cães afetados por condrodistrofia do disco intervertebral torácico com apresentações clínicas e subclínicas. A ferramenta também tem potencial para avaliar lesões cervicais medulares ou enfermidades neurológicas periféricas associadas. Esses resultados promissores são compatíveis com achados obtidos em pesquisas em equinos e humanos na área de neurologia (GROSSBARD *et al.*, 2011), mas também são divergentes a outros estudos, como o de Sargent (2008), que não encontrou correlações positivas entre a TIV e sítio ou grau da lesão neurológica em cães com condrodistrofia.

4.1.7 Controle e mensuração da dor

Apesar da utilização de ferramentas para mensuração do bem-estar animal e dor serem relativamente recentes na clínica de pequenos animais, em animais de produção essa realidade já está bastante consolidada. Para animais de produção, ao longo das últimas décadas a TIV vem sendo uma importante técnica auxiliar na percepção de situações dolorosas ou desconfortáveis para os animais, com essa perspectiva podendo ser extrapolada para animais de companhia como cães e gatos (REKANT *et al.*, 2016).

Atualmente não existe um consenso estabelecido sobre a eficácia da utilização da termografia para mensurar dor em cães e gatos. Apesar de não haver relatos sobre o uso da TIV para dor crônica em cães (EGGER; LOVE; DOHERTY, 2014) existe um estudo que mensura

dor em gatos por meio da associação da TIV, palpação e questionários (VAINIONPÄÄ *et al.*, 2012a, 2012b). Nesse caso citado, os resultados de Vainionpää *et al.* (2012a, 2012b) indicam que, quando combinada com a palpação, a imagem termográfica pode ser uma ferramenta útil para distinguir gatos com ou sem dor, principalmente para processos dolorosos oriundos de disfunções articulares e processos osteo-degenerativos.

Outra possível utilização da técnica é no manejo e mensuração da dor durante procedimentos operatórios e após os mesmos (CASAS-ALVARADO *et al.*, 2020). Ainda na área cirúrgica, como elucidado previamente, a termografia pode ter a função de indicar o sucesso de protocolos anestésicos, embora a aplicabilidade, sensibilidade e especificidade do uso da técnica com este intuito ainda necessite de mais estudos padronizados para justificar sua eficácia (KÜLS *et al.*, 2017; MENCALHA; GENEROSO; SOUZA, 2019).

Como elucidam Casas-Alvarado *et al.* (2020), a termografia pode não apenas atuar complementarmente na detecção de enfermidades presentes, mas também com a finalidade de denotar a presença de processos patológicos e dolorosos que estão previamente associados a doenças de forma inespecífica. O autor concluiu que expressões faciais dolorosas em cães, podem ser detectadas pela TIV, assim como previsto em humanos, com possibilidade de posteriores reajustes ao protocolo analgésico previsto para o paciente veterinário após a análise termográfica.

4.1.8 Distúrbios circulatórios e cardiovasculares

Em humanos, a TIV possui também aplicação para detectar trombozes e tromboembolismo, tanto em adultos quanto em crianças, por meio da percepção de áreas hiporadiantes compatíveis com regiões isquêmicas (POUZOT-NEVORET *et al.*, 2017). Em cães e gatos, esparsos estudos e relatos anedóticos foram conduzidos com o objetivo de avaliar distúrbios circulatórios e cardiovasculares.

Exames termográficos foram conduzidos em cães e gatos de forma complementar ao diagnóstico de tromboembolismo arterial (POUZOT-NEVORET *et al.*, 2017; KIM e PARK, 2012). Segundo estudo conduzido por Pouzot-Nevoret *et al.* (2017) em gatos, por meio da utilização de um grupo controle e um grupo com felinos diagnosticados com tromboembolismo aórtico, avaliações termográficas evidenciariam uma diferença local média de 2,4 graus celsius comparativamente entre animais afetados e saudáveis. Em análises termográficas gerais, um aumento de 1° C com assimetria térmica já pode ser sugestivo de lesão tecidual, enquanto que um aumento de mais de 2° C é um forte indício da presença de enfermidade generalizada ou

distúrbio vascular local (TURNER, 2001). Por meio desta evidência de Pouzot-Nevoret *et al.* (2017), a termografia pode ser prevista como uma ferramenta promissora a ser aliada no diagnóstico deste distúrbio circulatório e de outros, principalmente pelo seu caráter não invasivo, prático e rápido na detecção de alterações térmicas não perceptíveis ao simples tato do veterinário em exames clínicos de rotina.

4.1.9 Processos inflamatórios e infecciosos

A TIV pode ser utilizada para a detecção com precisão da presença e desenvolvimento de processos inflamatórios em pequenos animais (REDAELLI *et al.*, 2014). A TIV possui um grande potencial como ferramenta auxiliar de triagem para doenças que induzem piroxia e inflamação localizada, pela detecção do calor irradiado pela superfície cutânea (REKANT *et al.*, 2016). O calor é um dos principais pilares indicativos de inflamação, e emissões térmicas assimétricas podem ser detectadas precocemente pela termografia, antes do aparecimento de sinais clínicos no animal (TURNER, 2001; ROBERTO e SOUZA, 2014).

Similarmente, processos infecciosos podem ser detectados em cães e gatos pela termografia, indicando variações bruscas de temperatura compatíveis com doenças infecciosas. Apesar de não haver relatos avaliando especificamente essa aplicabilidade da TIV em pequenos animais, para animais silvestres e de produção a técnica já foi utilizada com a finalidade de detectar, a distâncias seguras, doenças como raiva, escabiose e diarreia viral bovina (ARENAS *et al.*, 2002; SCHAEFER *et al.*, 2004; DUNBAR E MACCARTHY, 2006).

4.1.10 Manejo de feridas

Para o sucesso de um procedimento cirúrgico é essencial que se obtenha êxito na cicatrização das feridas do paciente. Processos inflamatórios ou infecciosos persistentes são fatores que podem comprometer negativamente a recuperação de cães e gatos no pós-operatório, afetando potencialmente a cicatrização da ferida cirúrgica (HERLOFSON, 2017). A TIV pode servir como uma ferramenta complementar para avaliar a cicatrização correta de feridas cirúrgicas (Tabela 7), detectando precocemente uma ausência ou redução na microcirculação local que pode inviabilizar o sucesso de cirurgias plásticas (*flaps*) ou suturas, indicando processos isquêmicos e necróticos (CASAS-ALVARADO *et al.*, 2020). Em procedimentos que envolvem laserterapia também é visto de forma promissora a utilização da TIV no controle da hipertermia tecidual (GAMBARDELLA *et al.*, 2019).

Tabela 7 - Termografia infravermelha no manejo de feridas em pequenos animais

MANEJO DE FERIDAS		
ARTIGO CIENTÍFICO	AUTOR	OBJETIVO
<i>The Use of Thermography in Evaluation of Surgical Wounds in Small Animal Practice</i>	(HERLOFSON, 2017)	Testar a utilidade de imagens térmicas na clínica veterinária como parte da avaliação da cura de feridas após o procedimento cirúrgico
<i>Advances in infrared thermography: Surgical aspects, vascular changes, and pain monitoring in veterinary medicine</i>	(CASAS- ALVARADO <i>et al.</i> , 2020)	Revisar as bases fisiológicas de microcirculação e avanços científicos recentes na área de termografia infravermelha veterinária em relação a aspectos cirúrgicos e monitoria da dor em pequenos animais
<i>Use of Thermography in Reconstructive Surgery Associated With Laser Therapy—Review of Literature</i>	(GAMBARDELLA <i>et al.</i> , 2019)	Elucidar e sugerir o uso da termografia no pós-operatório de cirurgias de reconstrução em animais e avaliar medidas terapêuticas que buscam melhorar a cura cutânea (como a terapia com laser)

Fonte: Elaborada pela autora.

A utilização da TIV no manejo de feridas foi estudada por Herlofson (2017) que avaliou feridas cirúrgicas em 39 cães e dois gatos após 14 dias do procedimento operatório. Não houve correlação significativa da avaliação clínica com a temperatura entre pele lesionada e controle. A temperatura da área lesional era significativamente mais fria do que em comparação com áreas saudáveis. Entretanto, um dos pacientes obteve médias térmicas inferiores para presença de tumor maligno, que se apresentava mais frio do que áreas não tumorais circundantes. Esse achado contradiz as premissas enunciadas por outros estudos em oncologia, que afirmam que a temperatura local aumenta proporcionalmente à malignidade do tumor, por maior liberação de mediadores angiogênicos vasoativos. Apesar dos resultados obtidos não recomendarem a utilização da termografia como um importante recurso na avaliação de feridas cirúrgicas neste caso, Herlofson (2017) sugere o uso da ferramenta de forma anterior ao período de 14 dias, sugerindo também a TIV para monitoramento de resolução de fraturas ósseas.

A ferramenta também é citada por Casas-Alvarado *et al.* (2020), como promissora para monitorar superaquecimento, inflamação e isquemia locais durante cirurgias em tecidos ósseos. Segundo o autor, a diminuição na vascularização do tecido ósseo e perda de vitalidade no periósteo, reduzem a duração de implantes e estendem o período de recuperação da lesão causada pelo trauma induzido pelo calor. A osteonecrose causada pelo superaquecimento precisa ser evitada durante procedimentos cirúrgicos, e a TIV é uma técnica que pode auxiliar

no monitoramento cirúrgico, minimizando consequências adversas indesejadas do procedimento (CASAS-ALVARADO *et al.*, 2020).

4.1.11 Exames clínicos de rotina

Mesmo diante de diversos métodos de mensuração da temperatura corporal em cães e gatos, a mensuração da temperatura retal permanece o padrão ouro para se obter valores verossímeis para temperatura corporal. Entretanto, o uso de termômetros por via retal pode desencadear estresse no paciente, com consequente dificuldade de contenção do animal pelo veterinário (HALL e CARTER, 2017). Visando métodos de aferição de temperatura corporal menos invasivos, pensa-se na TIV como uma opção para exames clínicos de rotina na clínica médica de pequenos animais (Tabela 8).

Tabela 8 - Termografia infravermelha em procedimentos de rotina de pequenos animais

PROCEDIMENTOS DE ROTINA CLÍNICA

ARTIGO CIENTÍFICO	AUTORES	OBJETIVO
<i>Investigating the use of noncontact infrared thermometers in cats and dogs</i>	(HALL e CARTER, 2019)	Avaliar a precisão de dois dispositivos NCITs veterinários quando comparado com a temperatura retal em gatos anestesiados, e temperaturas de ouvido em cães exercitando
<i>Eye and ear temperature using infrared thermography are related to rectal temperature in dogs at rest or exercise</i>	(ZANGHI, 2016)	Avaliar a hipertermia em resposta ao exercício e correlacionar a temperatura do globo ocular com a temperatura retal por mensuração da temperatura do globo ocular por meio da termografia infravermelha em cães
<i>Evaluation of associations between owner presence and indicators of fear in dogs during routine veterinary examinations</i>	(STELLATO <i>et al.</i> , 2020)	Avaliar a influência da presença do tutor em indicadores de medo, comportamento e fatores psicológicos em cães durante exames de rotina na clínica médica

Fonte: Elaborada pela autora.

Em um estudo delineado por Zanghi (2016) foi prevista a análise da correlação entre TIV da superfície ocular e auricular com a temperatura retal em dois grupos de cães, em exercício e sedentários, utilizando a termografia como ferramenta para sugerir hipertermia nestes animais. Ambas as mensurações por TIV foram correlacionadas positivamente com a temperatura retal para detectar hipertermia induzida por exercício, mas a temperatura auricular teve maior acurácia nas medições neste estudo (ZANGHI, 2016). Esses resultados são parcialmente compatíveis com os de Rizzo *et al.* (2017) que obtiveram uma correlação positiva

da acurácia da mensuração da temperatura por radiação infravermelha em superfície ocular e parte interna da perna comparativamente com a temperatura retal em cães com exercício.

Entretanto, apesar do desenvolvimento constante das câmeras termográficas, a utilização destas ferramentas ainda é incipiente para esta finalidade na rotina clínica veterinária. Em termos de real aplicabilidade, os instrumentos mais similares à TIV a serem incorporados nos exames clínicos de rotina seriam os termômetros veterinários infravermelhos especificamente sem contato (NCITs) (HALL e CARTER, 2017). Porém, esses termômetros não relatam com acurácia a temperatura corporal em cães e gatos, não devendo ser recomendados na clínica de pequenos animais (HALL e CARTER, 2019).

4.1.12 Outras aplicações

A TIV também foi avaliada experimentalmente em outras especialidades como oftalmologia, odontologia e endocrinologia em cães e gatos. Embora os estudos desenvolvidos sejam preliminares e restritos ao meio de pesquisa, com os resultados propostos é possível que novos estudos com aplicabilidade clínica mais ampla possam ser delineados.

No campo médico da oftalmologia, Biondi (2013) e Biondi *et al.* (2015) buscaram comparar com a termografia às diferenças na temperatura da superfície ocular de cães saudáveis e com ceratoconjuntivite seca. Os resultados foram promissores à medida em que comprovaram a correlação significativa entre menores temperaturas da superfície ocular, menor produção lacrimal (mediante teste da lágrima de Schirmer) e presença de ceratoconjuntivite seca, em relação ao grupo controle. Segundo a autora, a TIV pode ser uma ferramenta útil de triagem na oftalmologia veterinária, principalmente em situações nas quais uma grande população deve ser avaliada, como em abrigos e zoológicos.

Foi com o trabalho pioneiro de Dornbusch (2017) que foi sugerida a utilização da TIV na odontologia veterinária. A proposta do estudo foi de avaliar a inflamação causada pela presença de abscessos dentários em cães, em comparação com um grupo controle. O trabalho sugere a TIV como ferramenta de triagem, previamente a outras técnicas como a radiografia, destacando a detecção de alterações significativas da temperatura gengival em áreas adjacentes à raiz dentária acometida, mediante o exame termográfico (DORNBUSCH, 2017; STURION *et al.*, 2020).

Em relação a outros exames de imagem, como a cintilografia, na endocrinologia veterinária o uso da TIV desperta interesse por seu caráter não invasivo e relativamente menos custoso financeiramente ao tutor. Outras características da técnica como uma maior segurança

para o paciente também podem ser ressaltadas. Em comparação com outros exames, na TIV não há exposição do paciente ou veterinário responsável a compostos radioativos, não havendo também necessidade de isolamento do animal em clínicas especializadas após o procedimento de obtenção de imagens. Foi no intuito de testar a TIV como exame de triagem para hipertireoidismo felino que Waddell *et al.* (2015) obtiveram resultados positivos promissores. Em mais de 80% dos gatos acometidos pela endocrinopatia o diagnóstico de triagem foi eficaz por meio da termografia, sendo a técnica também eficiente em 100% dos casos para reavaliação dos felinos após três meses de tratamento com radioiodo e níveis de tiroxina dentro dos parâmetros de referência para a espécie.

5 VANTAGENS E LIMITAÇÕES

Na clínica médica de pequenos animais a TIV oferece inúmeras características vantajosas que favorecem a sua utilização. Como explicam Redaelli *et al.* (2014), é comum na medicina veterinária a incidência de pacientes não cooperativos, agressivos ou assustados, e essas manifestações comportamentais aversivas podem aumentar devido à dor ou medo. Dessa forma, a termografia torna viável a realização remota de exames de triagem nos pacientes de diversas especialidades, sugerindo dessa forma algumas informações preliminares de triagem sobre a doença ou afecção para o veterinário, enquanto igualmente se preza pela segurança do técnico e paciente (REDAELLI *et al.*, 2014).

Outras vantagens da utilização da técnica que podem ser ressaltadas são a ausência de sedação ou exposição do paciente a radiação ionizante (LAHIRI *et al.*, 2012; WADDELL *et al.*, 2015; POUZOT-NEVORET *et al.*, 2017; HERLOFSON, 2017). Ademais, comparativamente com outros exames de imagem, a TIV é de fácil utilização e o custo de cada termograma é relativamente baixo, conforme o acesso a câmeras termográficas cresce com a disponibilidade de diferentes modelos adaptados a cada especialidade médica. O procedimento para obtenção das imagens termográficas é rápido, e a interpretação das imagens por *softwares* digitais pode ser feita em alguns segundos, tornando o exame altamente prático (REDAELLI *et al.*, 2014).

Apesar de suas vantagens, a termografia não é uma técnica isenta de limitações. A TIV, mesmo sendo um exame altamente sensível, é pouco específico (HERLOFSON, 2017). As variações térmicas detectadas podem ser compatíveis com alterações fisiológicas e patológicas distintas, e a técnica assume um caráter pouco morfológico em relação a outros exames de imagem (STURION *et al.*, 2020). É prudente que a utilização da termografia seja aliada a outros

exames padrão ouro de diagnóstico mais convencionais e específicos como radiografias, ultrassonografias, ressonância magnética e outros (INFERNUSO, 2010).

Além disso, existe o desafio na obtenção de imagens verossímeis por limitações não existentes na medicina, como a ampla variação e falta de padronização na pelagem das espécies a serem avaliadas. Cães e gatos com pelagens abundantes podem ter uma avaliação termográfica dificultada, pois os pelos agem propiciando isolamento térmico, que impede a detecção precisa de variações térmicas na circulação periférica (VAINIONPÄÄ, 2014). Atualmente não há consenso estabelecido sobre a necessidade ou não de tosar os animais previamente ao exame (LOUGHIN; MARINO, 2007; KWON; BRUNDAGE, 2019).

Outra limitação importante a ser ressaltada é a falta de padronização e repetibilidade em protocolos do exame termográfico, notável na medicina veterinária. Configurações importantes como emissividade, distância e angulação entre a câmera e o paciente, temperatura, umidade e tempo necessário para aclimação do animal diferem amplamente entre os estudos (VAINIONPÄÄ *et al.*, 2012a, 2012b; REDAELLI *et al.*, 2014; TRAVAIN *et al.*, 2016; TRAVAIN *et al.*, 2016; REKANT *et al.*, 2016; CSOLTOVA *et al.*, 2017; RIGTERINK; MOORE; OGATA, 2018; KWON e BRUNDAGE, 2019; CASAS-ALVARADO *et al.*, 2020).

6 CONCLUSÃO

Com essas ponderações, compreende-se que a TIV deve ser utilizada de forma complementar a outros exames de imagem com protocolos específicos consolidados. Apesar da sua alta sensibilidade para detectar variações térmicas a especificidade da ferramenta não é alta. Por isso, oscilações térmicas captadas pelo exame podem ser compatíveis com inúmeras enfermidades e também com alterações fisiológicas individuais. Ainda que com algumas limitações, acredita-se que a TIV apresenta um caráter promissor na clínica médica de pequenos animais como ferramenta auxiliar de triagem diagnóstica. Entretanto, mais estudos são necessários com o intuito de padronizar os procedimentos de captação e interpretação de imagens térmicas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. C. A. *et al.* Thermographic imaging of police working dogs with bilateral naturally occurring hip osteoarthritis. **Acta Veterinaria Scandinavica**, [s.l.], v. 62, n. 1, p. 60, nov. 2020. Disponível em:
<https://actavetscand.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13028-020-00558-8>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- AMINI, M. *et al.* Thermographic image analysis method in detection of canine bone cancer (osteosarcoma). In: INTERNATIONAL CONGRESS ON IMAGE AND SIGNAL PROCESSING, 5., 2012, Chongqing. **Anais [...]**. Chongqing: IEEE, 2012. p. 485-489.
- ARENAS, A. J. *et al.* An evaluation of the application of infrared thermal imaging to the tele-diagnosis of sarcoptic mange in the Spanish ibex (*Capra pyrenaica*). **Veterinary Parasitology**, [s.l.], v. 109, n. 1-2, p. 111-117, out. 2002. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12383630/>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- BERTONI, A. *et al.* Scientific findings related to changes in vascular microcirculation using infrared thermography in the river buffalo. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, [s.l.], v. 8, p. 288-297, ago. 2020. Disponível em:
<https://www.jabbnet.com/article/doi/10.31893/jabb.20038>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- BIONDI, F. **Contribuições sobre implantes poliméricos intraoculares e investigações sobre termografia da superfície ocular e gravidade específica da lágrima relacionadas ao teste de Schirmer**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- BIONDI, F. *et al.* Infrared ocular thermography in dogs with and without keratoconjunctivitis sicca. **Veterinary Ophthalmology**, [s.l.], v. 18, n. 1, p. 28-34, jan. 2015. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23905697/>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- BRIOSCHI, M. L.; MACEDO J. F.; MACEDO, R. A. C. Termografia cutânea: novos conceitos. **Revista Vascul Brasileira**, [s.l.], v. 2, n. 2, p. 151-160, 2003. Disponível em:
<https://www.jvascbras.org/article/5e21f58c0e8825a7456d0101/pdf/jvb-2-2-151.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- CASAS-ALVARADO, A. *et al.* Advances in infrared thermography: Surgical aspects, vascular changes, and pain monitoring in veterinary medicine. **Journal of Thermal Biology**, [s.l.], v. 92, n. 1, p. 102664-102673, ago. 2020. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306456520304368>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- CLARK, J. A.; CENA, K. The potential of infrared thermography in veterinary diagnosis. **The Veterinary Record**, [s.l.], v. 100, n. 19, p. 402-404, maio 1977. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/325877/>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- CLEMENTINO, W. K. L.; LINS, J. G. G.; AZEVEDO, A. S. Uso da termografia infravermelha como auxílio diagnóstico de neoplasia mamária canina. **Revista Principia**, João Pessoa, n. 43, p. 76-87, 2018. Disponível em:
<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/1748/985>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- COSTA, A. L. M.; RASSY, F. B.; CRUZ, J. B. Diagnostic applications of infrared thermography in captive Brazilian canids and felids. **Archives of Veterinary Science**, [s.l.],

v. 25, n. 2, p. 1-12, jun. 2020. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/veterinary/article/view/71088>. Acesso em: 26 abr. 2021.

CSOLTOVA, E. *et al.* Behavioral and physiological reactions in dogs to a veterinary examination: Owner-dog interactions improve canine well-being. **Physiology & Behavior**.

[*s.l.*], v. 177, n. 1, p. 270-281, ago. 2017. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28501556/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

DHEIN, J. **Uso da termografia para avaliação da reação cutânea induzida pela histamina em cães: estudo exploratório**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

DOMINO, M. *et al.* Comparison of the Surface Thermal Patterns of Horses and Donkeys in Infrared Thermography Images. **Animals**, [*s.l.*], v. 10, n. 12, nov. 2020. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2076-2615/10/12/2201>. Acesso em: 26 abr. 2021.

DORNBUSCH, L. P. T. C. **Estudo da aplicação da termografia na doença periodontal em cães**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

DUNBAR, M.; MACCARTHY, K. Use of infrared thermography to detect signs of rabies infection in racoons (*Procyon lotor*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, [*s.l.*], v. 37, n.

4, p. 518-523, dez. 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17315437/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

EGGER, C. M.; LOVE, L.; DOHERTY, T. **Pain Management in Veterinary Practice**. 1. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.

ELIAS, B. *et al.* Influences on Infrared Thermography of the Canine Eye in Relation to the Stress and Arousal of Racing Greyhounds. **Animals**, [*s.l.*], v. 11, n. 1, p. 103, jan. 2021.

Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33419209/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

EKICI, S.; JAWZAL, H. Breast cancer diagnosis using thermography and convolutional neural networks. **Medical Hypotheses**, [*s.l.*], v. 137, n. 1, p. 109542, abr. 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306987719313659>. Acesso em: 26 abr. 2021.

FERREIRA, K. D. *et al.* Termografia infravermelha em medicina veterinária. **Enciclopédia Biosfera**, [*s.l.*], v. 13, n. 23, p. 1298-1313, jun. 2016. Disponível em:

<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2016a/agrarias/termografia.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.

GAMBARDELLA, S. S. *et al.* Use of Thermography in Reconstructive Surgery Associated With Laser Therapy—Review of Literature. **Journal of Agricultural Science**, [*s.l.*], v. 11, n.

6, p. 138-146, maio 2019. Disponível em:

<http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/0/39249>. Acesso em: 26 abr. 2021.

GARCIA, E. F. V. *et al.* Medical infrared imaging and orthostatic analysis to determine lameness in the pelvic limbs of dogs. **Open Veterinary Journal**, [*s.l.*], v. 7, n. 4, p. 342-348,

dez. 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5738888/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

GHAFFIR, Y.; ART, T.; LEKEUX, P. La thermographie infrarouge dans l'étude de la thermoregulation chez le cheval: effets de l'entraînement. **Annales de Médecine Vétérinaire**,

Liège, v. 140, n. 1, p. 131-135, 1996. Disponível em:

<https://orbi.uliege.be/handle/2268/113987>. Acesso em: 26 abr. 2021.

GROSSBARD, B. P. *et al.* Medical infrared imaging (thermography) of type I thoracolumbar disk disease in chondrodystrophic dogs. **Veterinary Surgery**, [s.l.], v. 43, n. 7, p. 869-876, out. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25040309/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

HALL, E. J.; CARTER, A. J. Establishing a reference range for normal canine tympanic membrane temperature measured with a veterinary aural thermometer. **Veterinary Nursing Journal**, [s.l.], v. 32, n. 12, p. 369-373, nov. 2017. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17415349.2017.1377133>. Acesso em: 26 abr. 2021.

HALL, E. J.; CARTER, A. J. Investigating the use of non contact infrared thermometers in cats and dogs. **The Veterinary Nurse**, [s.l.], v. 10, n. 2, mar. 2019. Disponível em:

<https://www.theveterinarynurse.com/research/article/investigating-the-use-of-non-contact-infrared-thermometers-in-cats-and-dogs>. Acesso em: 26 abr. 2021.

HERLOFSON, E. G. **The use of thermography in evaluation of surgical wounds in small animal practice**. 2017. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2017.

INFERNUSO, T. *et al.* Thermal imaging of normal and cranial cruciate ligament-deficient stifles in dogs. **Veterinary Surgery**, [s.l.], v. 39, n. 4, p. 410-417, abr. 2010. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20459492/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

KIM, W. T. Use of Digital Infrared Thermography on Experimental Spinal Cord Compression in Dogs. **Journal of Veterinary Clinics**, [s.l.], v. 22, n. 4, p. 302-308, 2005.

Disponível em: <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200509408750110.page>. Acesso em: 26 abr. 2021.

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**, [s.l.], v. 74, n. 5, p. 657–661, maio, 2012. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22185771/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

KRASNIKOV, A.; KRASNIKOVA, E. Use of infrared thermography to control osteoreparative and integrative processes during implantation in animals. **Journal of Physics: Conference Series**, [s.l.], v. 1515, n. 1, p. 052011, abr. 2020. Disponível em:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1515/5/052011>. Acesso em: 26 abr. 2021.

KÜLS, N. *et al.* Thermography as an early predictive measurement for evaluating epidural and Q12 femoral esciatic block success in dogs. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, [s.l.], v. 44, jun. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29037799/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

KWON, C. J.; BRUNDAGE, C. M. Quantifying body surface temperature differences in canine coat types using infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, [s.l.], v. 82, p. 18-22, maio 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31128646/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

SARAMAGO, J. **Ensaio sobre a Cegueira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

LAHIRI, B. B. *et al.* Medical application of infrared thermography: A review. **Infrared Physics & Technology**, [s.l.], v. 55, n. 4, p. 221- 235, jul. 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7110787/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

LAMA, N. **Optimized Veterinary Thermographic Image Classification using Support Vector Machines and Noise Mitigation**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Southern Illinois University, Carbondale, 2017.

LARKIN, M. *et al.* Medical infrared thermal imaging of syringomyelia in the Cavalier King Charles Spaniel. **BMC Veterinary Research**, [s.l.], v. 16, n. 137, maio, 2020. Disponível em: <https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-020-02354-y>. Acesso em: 26 abr. 2021.

LOUGHIN, C. A.; MARINO, D. J. Evaluation of thermographic imaging of the limbs of healthy dogs. **American Journal of Veterinary Research**, [s.l.], v. 68, n. 10, p. 1064-1069, 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17916011/> . Acesso em: 26 abr. 2021.

LOVE, T. J. Thermography as an indicator of blood perfusion. **Annals of the New York Academy of Sciences**, [s.l.], v. 335, p. 429-437, 1980. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6931535/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

LYNCH, M. *et al.* Prevalence and significance of an alopecia syndrome in Australian fur seals (*Arctocephalus pusillus doriferus*). **Journal of Mammalogy**, [s.l.], v. 92, n. 2, p. 342-351, abr. 2011. Disponível em: <https://academic.oup.com/jmammal/article/92/2/342/865408>. Acesso em: 26 abr. 2021.

MALAFAIA, O. *et al.* Infrared imaging contribution for intestinal ischemia detection in wound healing. **Acta Cir. Bras.**, São Paulo, v. 23, n. 6, p. 511-519, nov./dez. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/acb/v23n6/a08.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.

MARINO, D. J.; LOUGHIN, C. A. Diagnostic imaging of the canine stifle: a review. **Veterinary Surgery**, [s.l.], v. 39, n. 3, p. 284-95, abr. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20522210/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

MAUCK, B. *et al.* Thermal windows on the trunk of hauledout seals: hot spots for thermoregulatory evaporation. **The Journal of Experimental Biology**, [s.l.], v. 206, n. 10, p. 1727-38, maio 2003. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12682104/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

MCGOWAN, N. E. *et al.* Dietary effects on pelage emissivity in mammals: Implications for infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, [s.l.], v. 88, n. 1, p. 102516, fev. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030645651930347X>. Acesso em: 26 abr. 2021.

MENCALHA, R.; GENEROSO, C. S.; SOUZA, D. S. Interventional analgesic block in a dog with cauda equina syndrome. Case report. **BrJP**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 199-203, abr./jun. 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/brjp/v2n2/pt_2595-0118-brjp-02-02-0199.pdf. Acesso em: 26 abr. 2021.

MIKAIL, S. Termografia: diagnóstico através da temperatura. **Nosso Clínico**, [s.l.], v. 13, n. 74, p. 20-24, 2010.

- MOSTOVOY, A. Clinical Applications of Medical Thermography. **InfraMation**, [s.l.], 2009. Disponível em: <https://infraredsolutions.co.nz/wp-content/uploads/2020/05/Medical-Thermography.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- NOVO, M. M. M. *et al.* Fundamentos básicos de emissividade e sua correlação com os materiais refratários, conservação de energia e sustentabilidade. **Cerâmica**, São Paulo, v. 60, n. 353, p. 22-33, mar. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ce/v60n353/04.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- NITRINI, A. G. C.; COGLIATI, B.; MATERA, J. M. Thermographic assessment of skin and soft tissue tumors in cats. **Journal of feline medicine and surgery**, [s.l.], out. 2020. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1098612X20961045>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- PARANZINI, C. S. *et al.* Use of infrared thermography to evaluate the inflammatory reaction in cat testis after intratesticular injection of 0.9% NaCl or 20% CaCl₂ with 1% lidocaine. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 71, n. 3, p. 929-938, jun. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/abmvz/v71n3/0102-0935-abmvz-71-03-929.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- PAVELSKI, M. *et al.* Infrared Thermography in Dogs with Mammary Tumors and Healthy Dogs. **Journal of veterinary internal medicine**, [s.l.], v. 29, n. 6, p. 1578-1583, nov. 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4895668/>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- PHILLIPS, P. K.; HEATH, J. E. Comparison of surface temperature in 13-lined ground squirrel (*Spermophilus tridecemlineatus*) and yellow-bellied marmot (*Marmota flaviventris*) during arousal from hibernation. **Comparative Biochemistry and Physiology**, [s.l.], v. 138, n. 1A, p. 451-7, ago. 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15369834/>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- POUZOT-NEVORET, C. *et al.* Infrared thermography: a rapid and accurate technique to detect feline aortic thromboembolism. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, [s.l.], v. 20, n. 8, p. 780-785, ago. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28948905/>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- REDAELLI, V. *et al.* Use of thermographic imaging in clinical diagnosis of small animal: preliminary notes. **The Annali dell'Istituto Superiore di Sanità**, [s.l.], v. 50, n. 2, p. 140-146, jun. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24968912/>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- REIS, F. R. *et al.* Índícios sobre a correlação entre diferentes métodos diagnósticos em casos de tumor de mama em cadelas. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, [s.l.], v. 9, n. 9, p. 14-31, 2010.
- REKANT, S. *et al.* Veterinary applications of infrared thermography. **American Journal of Veterinary Research**, [s.l.], v. 77, n. 1, p. 98-107, jan. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26709943/>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- RIEMER, S. *et al.* Dynamic changes in ear temperature in relation to separation distress in dogs. **Physiology & Behavior**, [s.l.], v. 167, p. 86-91, dez. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27609307/>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- RIGTERINK, A.; MOORE, G. E.; OGATA, N. Pilot study evaluating surface temperature in dogs with or without fear-based aggression. **Journal of Veterinary Behavior**, [s.l.], v. 28, p.

11-16, dez. 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1558787818300443>. Acesso em: 26 abr. 2021.

RING, E. F. J. Quantitative thermal imaging. **Clinical Physics and Physiological Measurement**, [s.l.], v. 11A, n. 1, p. 87-95, 1990. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2286052/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

RING, E. F. J. The historical development of thermometry and thermal imaging in medicine.

Journal of Medical Engineering & Technology, [s.l.], v. 30, n. 4, p. 192-198, jul./ago.

2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16864230/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

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**, [s.l.], v. 69, n. 1, p. 64-68, out. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29037406/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B. Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. **Journal of Animal Behavior and Biometeorology**, [s.l.], v. 2, n. 3, p. 73-84, jun. 2014. Disponível em:

<https://app.periodikos.com.br/article/5f9168410e8825fb611ddb37/pdf/jabbnet-2-3-73.pdf>.

Acesso em: 26 abr. 2021.

SCHAEFER, A. L. *et al.* Early detection and prediction of infection using infrared thermography. **The Canadian Veterinary Journal**, [s.l.], v. 83, p. 376-384, mar. 2004.

Disponível em: <https://cdsciencepub.com/doi/abs/10.4141/A02-104>. Acesso em: 26 abr. 2021.

SILVINO, V. *et al.* Identifying febrile humans using Infrared thermography screening: possible applications during COVID-19 outbreak. **Revista Contexto & Saúde**, Ijuí, v. 20, n. 38, p. 5-9, jun. 2020. Disponível em:

<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoesaude/article/view/10651>. Acesso em: 26 abr. 2021.

SOUTH, K. E.; HAYNES, K.; JACKSON, A. C. Diagnosis of hypothermia in the European hedgehog, *Erinaceus europaeus*, using infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, [s.l.], v. 90, n. 1, p. 102574, mar. 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306456520301327>. Acesso em: 26 abr. 2021.

STELLATO, A. C. *et al.* Evaluation of associations between owner presence and indicators of fear in dogs during routine veterinary examinations. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, [s.l.], v. 257, n. 10, p. 1031-1040, nov. 2020. Disponível em:

<https://avmajournals.avma.org/doi/abs/10.2460/javma.2020.257.10.1031>. Acesso em: 26 abr. 2021.

STEWART, M. *et al.* Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. **Physiology Behavior**, [s.l.], v. 92, n. 3, p. 520-525, 2007. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17555778/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

STURION, M. *et al.* Termografia infravermelha em medicina veterinária – Histórico, princípios básicos e aplicações. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 27, n. 1, p. 1-20, dez. 2020. Disponível em: <https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/view/473/270>. Acesso em: 26 abr. 2021.

SUBEDI, S. *et al.* Thermographic Image Analysis as a Pre-screening Tool for the Detection of Canine Bone Cancer. **Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering**, [s.l.], v. 9217, n. 1, set. 2014. Disponível em:

<https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/9217/92171D/Thermographic-image-analysis-as-a-pre-screening-tool-for-the/10.1117/12.2061233.short?SSO=1>. Acesso em: 26 abr. 2021.

TAYLOR, S. *et al.* The behavioral and physiological effects of dog appeasing pheromone upon canine behavior during separation from owner. **Journal of Veterinary Behavior**, [s.l.], v. 40, p. 36-42, dez. 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S155878782030112X>. Acesso em: 26 abr. 2021.

TOLÓN, A. V. *et al.* Use of thermographic imaging on canine pathologies diagnosis. **Revista Complutense de Ciências Veterinárias**, Milan, v. 2, n. 2, 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.org/article/aiss/2014.v50n2/140-146/en/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

TRAVAIN, T. *et al.* Hot dogs: thermography in the assessment of stress in dogs (*Canis familiaris*) - a pilot study. **Journal of Veterinary Behavior Clinical Applications and Research**, [s.l.], v. 10, n. 1, p. 17-23, nov. 2015. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1558787814002263>. Acesso em: 26 abr. 2021.

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**, [s.l.], v. 159, p. 80-87, mar. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26996276/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

TURNER, T. A. Diagnostic thermography. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, [s.l.], v. 17, n. 1, p. 95-114, abr. 2001. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11488048/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

UM, S. W. *et al.* Thermographic evaluation for the efficacy of acupuncture on induced chronic arthritis in the dog. **Journal of Veterinary Medical Science**, [s.l.], v. 67, n. 12, p. 1283-1284, dez. 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16397393/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

VAINIONPÄÄ, M. *et al.* Thermographic imaging of superficial temperature in dogs sedated with medetomidine and butorphanol with and without MK-467. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, [s.l.], v. 40, n. 2, p. 142-148, ago. 2013b. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22891670/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

VAINIONPÄÄ, M. *et al.* Comparison of three thermal cameras with canine hip area thermographic images. **Journal of Veterinary Medical Science**, [s.l.], v. 74, n. 12, p. 1539-1544, dez. 2012a. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22785576/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

VAINIONPÄÄ, M. *et al.* A comparison of thermographic imaging, physical examination and modified questionnaire as an instrument to assess painful conditions in cats. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, [s.l.], v. 15, n. 2, p. 124-131, set. 2013a. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23076598/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

VAINIONPÄÄ, M. **Thermographic imaging in cats and dogs usability as a clinical method**. 2014. Tese (Doutorado) – University of Helsinki, Uppsala, 2014.

- VAINIONPÄÄ, M. *et al.* Thermographic imaging of the superficial temperature in Racing Greyhounds before and after the race. **Scientific World Journal**, [s.l.], v. 2012, n. 3, p. 182749, out. 2012b. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2012/182749/>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- VIEGAS, F. *et al.* The use of thermography and its control variables: a systematic review. **Rev. Bras. Med. Esporte**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 82-86, jul. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbme/v26n1/1806-9940-rbme-26-01-0082.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- VOLLMER, M.; MÖLLMANN, K. P. Teaching physics and understanding infrared thermal imaging. *In*: CONFERENCE ON EDUCATION AND TRAINING IN OPTICS AND PHOTONICS (ETOP), 14., 2017, Hangzhou. **Anais [...]**. Hangzhou: ETOP, 2017.
- WADDELL, R. E. *et al.* Medical infrared thermal imaging of cats with hyperthyroidism. **American Journal of Veterinary Research**, [s.l.], v. 76, n. 1, p. 53-59, jan. 2015. Disponível em: <https://avmajournals.avma.org/doi/abs/10.2460/ajvr.76.1.53>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- WRIGHT, W. F. Early evolution of the thermometer and application to clinical medicine. **Journal of Thermal Biology**, [s.l.], v. 56, n. 1, p. 18-30, fev. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26857973/>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- ZANGHI, B. M. Eye and Ear Temperature Using Infrared Thermography Are Related to Rectal Temperature in Dogs at Rest or With Exercise. **Frontiers in Veterinary Science**, [s.l.], v. 3, n. 10, p. 111, dez. 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5165259/>. Acesso em: 26 abr. 2021.