



FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA - FACENE
CURSO DE BACHARELADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

NATAN WAGNER MUNIZ PONTES

**UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO COMO MÉTODO DE
AUXÍLIO DIAGNÓSTICO NA ONCOLOGIA EM CÃES**

JOÃO PESSOA
2023

P859u

Pontes, Natan Wagner Muniz

Utilização da termografia de infravermelho como método de auxílio diagnóstico na oncologia em cães / Natan Wagner Muniz Pontes. – João Pessoa, 2023.
43f.; il.

Orientador: Profº. Dº. João Vinícius Barbosa Roberto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Aplicação da termografia. 2. Veterinária. 3. Neoplasias. Câncer canino. I. Título.

CDU: 616-006:636

NATAN WAGNER MUNIZ PONTES

**UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO COMO MÉTODO DE
AUXÍLIO DIAGNÓSTICO NA ONCOLOGIA EM CÃES**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC,
apresentado à Coordenação do Curso de Graduação
em Medicina Veterinária da Faculdade de
Enfermagem Nova Esperança como exigência
parcial para obtenção do título de Bacharel em
Medicina Veterinária.

ORIENTADOR: Prof. Dr. João Vinícius Barbosa Roberto

JOÃO PESSOA
2023

NATAN WAGNER MUNIZ PONTES

**UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO COMO MÉTODO DE
AUXÍLIO DIAGNÓSTICO NA ONCOLOGIA EM CÃES**

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentado pelo aluno Natan Wagner Muniz Pontes, do Curso de Bacharelado em Medicina Veterinária, tendo obtido o conceito _____, conforme a apreciação da Banca Examinadora.

Aprovado em _____ de _____ de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Vinícius Barbosa Roberto - Orientador

Prof^a Dra. Islaine de Souza Salvador - Membro

Prof. Dr. Artur da Nóbrega Carreiro - Membro

**Aos meus familiares por todo apoio e incentivo
aos meus objetivos na vida.**

“A humildade é a chave que abre todas as portas”.

(São Francisco de Assis)

AGRADECIMENTOS

Ao meu saudoso pai-avô, Manoel Targino Muniz (*in memoriam*), que sempre foi meu maior companheiro e inspiração para enfrentar a vida com determinação, amor e gratidão.

À minha amada mãe, Geovânia de Andrade Muniz, por todo seu amor, cuidado e carinho. Sou grato por toda palavra de força e por todo incentivo que me deu para os estudos, sempre me ajudando e me apoiando em meus sonhos.

À minha saudosa avó, Maria de Andrade Muniz (*in memoriam*), pelos zelos, pelos carinhos e amor de vó que sempre me acalentaram quando precisei.

À minha companheira, Marília Magdala Toscano Máximo, por todo amor, apoio e incentivo diário. Obrigada, meu amor, por acreditar no meu potencial, pela nossa parceria e também por cultivar nosso amor aos animais.

Às minhas colegas de faculdade e queridas amigas, Lethicia da Silva Campos e Letícia Ferrer de Almeida Macieira. Obrigada por serem pessoas do bem e por todo apoio e companheirismo. Contem comigo sempre.

Aos meus amores de pelos, minhas gatinhas que já não estão mais entre nós e aquelas que fazem meus dias tão mais leves e felizes.

Aos meus pacientes, nossos queridos irmãos, criaturas de Deus. Todo meu agradecimento e respeito a cada animal, que com tanta pureza entregam suas vidas em nossas mãos.

A meu professor-amigo, Dr João Vinicius por todo conhecimento e incentivo repassado durante toda graduação e por sempre ter insistido e acreditado em meu potencial na criação desta obra.

RESUMO

A medicina veterinária vem buscando avanços nos métodos de diagnóstico e tratamento na área da oncologia, assim como a medicina humana, pesquisando técnicas inovadoras e cada vez mais precisas para a prevenção, diagnóstico e tratamento de vários tipos de neoplasias. A termografia de infravermelho já é utilizada há mais de meio século pela medicina humana e sua utilização vem crescendo na medicina veterinária especialmente por ser um método diagnóstico minimamente invasivo, mantendo o bem-estar animal. Sendo assim, realizamos uma seleção de trabalhos científicos sobre a utilização da termografia de infravermelho na oncologia canina. No presente estudo verificamos que este método diagnóstico tem sido validado na detecção de tumores, na sua classificação quanto benigno ou maligno, bem como tem demonstrado ser útil no acompanhamento da evolução e involução das neoplasias, também avaliando a ação de medicamentos e auxiliando no tratamento de feridas pós-operatórias na área da oncologia canina.

Palavras-chave: aplicação da termografia, veterinária, neoplasias, câncer canino

ABSTRACT

Veterinary medicine has been seeking advances in methods of diagnosis and treatment in the area of oncology, as well as human medicine, researching innovative and increasingly accurate techniques for the prevention, diagnosis and treatment of various neoplasms. Infrared thermography has been used for more than half a century in human medicine and its use has been growing in veterinary medicine, especially because it is a minimally invasive diagnostic method, good for animal welfare. Therefore, we carried out a selection of scientific papers on the use of infrared thermography in canine oncology. After this study, we found that this diagnostic method has been validated in the detection of tumors, in their classification as benign or malignant, as well as it has been shown to be useful in monitoring the evolution and involution of neoplasms, also evaluating the action of medications and helping in the treatment of postoperative wounds in the field of canine oncology.

Palavras-chave: thermography, veterinary, neoplasms, canine oncology

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AgNOR - Argiophilic Nucleolar Organizer Regions

AT - Área tumoral

ANT - Área não tumoral

KIT – Receptor de tirosina quinase

LCCr - Ligamento cruzado cranial

PCNA - Proliferating Cell Nuclear Antigen

TIV - Termografia de infravermelho

VEGF – Fator de crescimento vascular endotelial

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tratamento de trombo em canino.....	17
Figura 2 - Ceratoconjuntivite seca.....	18
Figura 3 - Tumor de mama em cadela.....	22
Figura 4 - Imagem termográfica de tumor de mama em cadela.....	23
Figura 5 - Termograma do animal 5 apresentando áreas hiperradiadas.....	18
Figura 6 - Termograma do animal 3 do estudo apresentando áreas hiperradiadas.....	22
Figura 7 - Termografia de mama de cadela.....	27
Figura 8 - Tumor de mama em cadela.....	27
Figura 9 - Amostras das análises termográficas de mastocitomas pelo programa quick report.®.....	30
Figura 10- Evolução de retalho 1.....	33
Figura 11 - Evolução de retalho 2.....	34
Figura 12 - Tumor ósseo.....	36
Figura 13 - Tumor mamário.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA	12
3 HIPÓTESE	12
4 OBJETIVOS	12
4.1 OBJETIVO GERAL.....	12
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
5 METODOLOGIA	13
6 REFERENCIAL TEÓRICO	14
6.1 BREVE HISTÓRICO DO USO DA TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO E SUA UTILIZAÇÃO NA MEDICINA VETERINÁRIA EM CANINO	14
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
7.1.1 ESTUDOS COM UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO NO DIAGNÓSTICO DE CÂNCER DE MAMA EM CADELAS.....	21
7.1.2 ESTUDOS DA UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA EM OUTRAS PATOLOGIAS ONCOLÓGICAS EM CÃES.....	30
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A técnica de diagnóstico por imagem através de termografia de infravermelho se trata de uma técnica de registro gráfico das temperaturas de diversos pontos do corpo por detecção da radiação infravermelha por ele emitido.

De acordo com Roberto e Souza (2014), a termografia de infravermelho (TIV) pode ser definida como uma técnica não invasiva de mapeamento térmico de um corpo, a partir da radiação infravermelha normalmente emitida pela superfície deste corpo.

Utilizada há cerca de 50 anos na medicina humana, a literatura do tema nos mostra que a termografia de infravermelho é um exame capaz de detectar inúmeras disfunções patológicas de grande importância preventiva ou de doenças já estabelecidas que podem estar relacionadas com o movimento ou não, além de auxiliar no tratamento, prognóstico e monitoramento terapêutico de diversas enfermidades.

Na medicina veterinária sua utilização teve início em equinos por volta dos anos 60, passando a ter um crescente interesse por parte da clínica veterinária por meio do aumento da necessidade de se possibilitar diagnósticos mais precisos e minimamente invasivos, tanto na indústria animal quanto em animais de estimação, em especial, por oferecer maior bem-estar e menos riscos para a saúde do paciente.

O tratamento de diversas patologias caninas, como é o caso do câncer, ainda tem pouco avanço no que tange ao diagnóstico precoce, sendo o método de obtenção de imagens por termografia de infravermelho uma opção a ser utilizada por não causar dor, ser realizada de forma rápida, confortável e não emitir radiação no animal examinado, tornando viável o bem-estar animal.

Entretanto, a utilização de termografia de infravermelho no diagnóstico oncológico canino ainda é recente e carece de maiores estudos e observações da eficiência dessa ferramenta para este fim, assim como é preciso uma evolução nas metodologias e nos protocolos para a prevenção, detecção e tratamento de neoplasias caninas.

O objetivo do presente estudo é analisar como o assunto vem sendo tratado pela comunidade científica, por meio de uma revisão literária do tema, observando a utilização da termografia de infravermelho como método de auxílio diagnóstico na oncologia em cães.

2 JUSTIFICATIVA

Há uma crescente utilização do método de exame de imagem por termografia de infravermelho no diagnóstico e acompanhamento tratamento oncológico não só na medicina humana, como também na medicina veterinária como alternativa para observar as neoplasias em animais, em especial os cães, animais de companhia que cada vez mais demandam novos protocolos de tratamento de doenças com segurança biológica e bem-estar.

A termografia de infravermelho se mostra como caminho alternativo de obtenção de imagens para diagnosticar e tratar as enfermidades que acometem os cães, descrito como um método indolor, confortável e com eficácia para auxiliar os médicos veterinários nos exames clínicos destes pacientes, sendo o presente estudo necessário para o conhecimento da utilização deste método diagnóstico em cães, em especial na área oncológica, observando sua eficiência e possíveis aplicações.

3 HIPÓTESE

O estudo pretende verificar a eficácia da termografia de infravermelho como opção para auxiliar os médicos veterinários no diagnóstico de oncologia em caninos.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Fazer um levantamento de como a termografia de infravermelho vem sendo utilizada no diagnóstico de oncologia canina.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a utilidade da termografia de infravermelho no diagnóstico de neoplasias caninas.
- Observar recentes estudos do uso dessa ferramenta na clínica oncológica de caninos.

5 METODOLOGIA

Para realização desta pesquisa o principal meio de pesquisa foi a internet, sendo utilizado os termos “termografia de infravermelho em oncologia canina”, bem como “infrared thermography cancer research in dogs “, para selecionar melhor os artigos, junto as palavras-chaves foram utilizadas os operadores booleanos “AND” ou “Or”, para busca de artigos em línguas estrangeiras. A pesquisa de artigos foi realizada nos mais variados sites de pesquisas científica, como o BMC Veterinary Research, American Journal of Veterinary Research, Pesquisa Veterinária Brasileira, PubMed, pelo buscador Google Acadêmico, dentre outros diretórios de acesso aberto a obras e estudos veterinários disponíveis para download e leitura online.

Como critério de inclusão foram selecionados artigos com texto completo, em português e também em língua inglesa, com estudos realizados nos últimos 10 anos, na grande maioria, que possuíssem acesso aberto e disponíveis na integra. Dentre os critérios de exclusão para os artigos estão: resumo de artigos não disponíveis no Brasil e outros idiomas, exceto o inglês, também restringimos o uso de trabalhos com mais de 10 anos de publicação, exceto os que possuem conceitos e informações relevantes servindo de base para trabalhos importantes sobre o tema que envolve essa pesquisa, e também os artigos que não envolvessem o tema dessa pesquisa.

6 REFERÊNCIAL TEÓRICO

6.1 BREVE HISTÓRICO DO USO DA TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO E SUA UTILIZAÇÃO NA MEDICINA VETERINÁRIA EM CANINOS.

Deste a antiguidade os homens observam a relação do calor com a vida e dentre eles estavam filósofos e médicos gregos como Platão, Aristóteles, Hipócrates e Galeno. Mesmo antes destes, a observação da relação entre temperatura corpórea e enfermidades esteve presente no Egito antigo, mencionada em um papiro de 1700 a.C. que documenta a associação da temperatura corporal com uma doença. O “pai da medicina”, Hipócrates, foi o mais conhecido estudioso na observação da temperatura corporal como sinais de diversas doenças e dizia o seguinte: “Se uma parte do corpo estiver mais quente ou mais fria que as demais, então doença está presente nessa parte”. Hipócrates passou a utilizar o dorso de sua mão para sentir o calor irradiado pelas partes do corpo que estavam sendo examinadas. Para confirmar suas suspeitas, ele esfregava lama sobre o corpo e observava onde ela secava e endurecia primeiro, para assim confirmar a sua hipótese de uma possível doença subjacente. Desse modo, surgiram os primeiros princípios da termografia (BRIOSCHI, 2003).

Com o passar do tempo e aprimoramento das técnicas de mensuração de temperatura corporal e posterior criação do método de imagem por termografia de infravermelho, a partir da década de 80, com o crescente avanço da computação, obtivemos aparelhos mais precisos e elaborados (RING, 2012). Temos atualmente aparelhos que mostram imagens em tempo real, processadas com softwares específicos e distinguem variações de 0,1° de temperatura, tornando a termografia por infravermelho uma importante ferramenta para a medicina humana e veterinária.

Na medicina humana, a TIV vem sendo utilizada na detecção de problemas associados à ginecologia, dermatologia, cardiologia, neurologia, transplantes e fisiologia neonatal (LAHIRI *et al.*, 2012). Há registros e estudos sobre o tema no mundo inteiro e essa tecnologia permanece em constante evolução. Diariamente em resposta ao metabolismo do corpo humano são liberados níveis de energia sob comprimento de onda infravermelho, informação esta que pode ser expressa e medida na forma de calor (CÔRTE; HERNANDEZ, 2016).

A termografia por infravermelho (TIV) é uma técnica não invasiva que objetiva a quantificação da temperatura da superfície corporal capturando a radiação térmica emitida e produzindo uma imagem digital de alta resolução chamada termograma (LAHIRI *et al.*, 2012). Esta temperatura se torna visível por meio de uma escala de cores em função da gama

de temperaturas, onde as áreas mais frias aparecem em azul ou preto e as mais quentes são representadas em branco ou vermelho (RING, 2012).

Um aumento de temperatura de um dado corpo corresponde à vibração dos seus átomos em torno do ponto de equilíbrio gerando a emissão de ondas eletromagnéticas. A frequência destas vibrações, ou dos movimentos rotacionais, no caso de algumas moléculas gasosas, situam-se na região do infravermelho, sendo esta captada por aparelhos denominados termovisor, termógrafo ou câmera infravermelha (BARREIROS; DAVID, 2006). A imagem térmica foi introduzida na Medicina Veterinária em meados da década de 60, utilizando equinos de esporte, principalmente como uma ferramenta de triagem em cavalos de alta performance para pistas de corrida (ROBSON, 2010).

O uso da termografia como ferramenta diagnóstica em medicina veterinária está presente em diversas áreas como a ortopedia, oncologia, dermatologia, odontologia, cardiologia, oftalmologia e outras áreas, avançando também em tratamentos alternativos, como no caso da avaliação da dor em resposta ao tratamento com acupuntura, com estudos realizados em cães (SE-WOOK *et al.*, 2005).

No campo da veterinária a utilização da termografia se dá especialmente no que se refere a animais de produção e medicina esportiva. No entanto, temos aplicações dessa tecnologia nas mais diversas áreas da veterinária, tais como, Polat *et al.* (2010) e Hovinen *et al.* (2008), aplicaram a técnica de termografia por infravermelho no diagnóstico de mastite em vacas, enquanto Nogueira *et al.* (2013) utilizaram a técnica no diagnóstico da mesma afecção em ovelhas. Na avaliação de equinos, Lin (2018), utilizou a TI para o diagnóstico de claudicação, enquanto, em animais atletas, Moura *et al.* (2011), avaliaram a termorregulação em condições de treinamento.

Em pequenos animais, Ifernuso *et al.* (2010), utilizaram a TIV como um coadjuvante no diagnóstico de enfermidades do sistema locomotor em cães. A técnica foi utilizada para comparação de padrões térmicos e gradientes de temperatura na região do joelho de cães clinicamente normais, antes e depois do corte do pelo, com os de cães com deficiências no ligamento cruzado cranial.

Grossbard *et al.* (2014), fizeram análise sobre o uso da TIV no diagnóstico da doença do disco intervertebral em cães. Biondi *et al.* (2015), usaram esta ferramenta em um estudo com cães portadores de ceratoconjuntivite seca.

Com foco na área da oncologia veterinária, objeto do nosso estudo, Reis *et al.* (2010), promoveram a correlação de imagens ultrassonográficas e termográficas com a classificação de tumores de mama em cadelas quanto à malignidade ou benignidade. Melo *et al.* (2015),

analisaram a aplicabilidade da termografia no estudo de mastocitomas caninos e relacionando o uso da técnica com o prognóstico deste tipo de neoplasma.

É importante frisar que um dos maiores pontos positivos demonstrados pela termografia de infravermelho é se tratar de um exame de imagem não invasivo, visto que na sua aplicação não há estresse e desconforto do animal, tampouco necessidade de sedação, o que facilita a execução do exame, mantendo o paciente confortável e seguro, sendo apenas colhidas imagens com uma câmera de infravermelho, sem necessidade de toque no animal, bastando apenas posicioná-lo no ângulo necessário para obtenção da mesma.

Uma das vantagens da termografia é o auxílio na percepção e localização de focos específicos de anormalidades teciduais, evidenciando o grau de comprometimento dos mesmos. Na reação inflamatória o calor é um dos sinais que indicam a presença desse processo, sendo que, antes mesmo que os sinais clínicos apareçam no paciente é possível, por intermédio desse método de diagnóstico, observar os indícios do processo inflamatório (VIANNA; CARRIVE, 2005). É importante salientar que existem fatores que podem influenciar o resultado de exames, de um modo geral. No que tange a termografia, alguns pontos negativos são os falsos negativos quando o exame é realizado sob exposição à radiação solar e sujidades. Outros fatores como o umedecimento e espessura da pele e a densidade da pelagem também devem ser considerados (FERREIRA *et al.*, 2016).

O uso da termografia de infravermelho em cães vem sendo estudado e aplicado em diversas áreas da medicina veterinária e sua experiência ainda é bastante recente, porém tem sido objeto de estudo em várias partes do mundo, como método alternativo para o auxílio no diagnóstico das mais variadas enfermidades que acometem os cães, observados estudos nas seguintes áreas veterinárias:

Em ortopedia, foi realizado um estudo comparativo da temperatura no joelho de cães saudáveis e cães com ruptura do ligamento cruzado cranial (LCCr), antes e após a tosa dos pelos. Apesar de observado um aumento de temperatura da pele após a tosa em ambos os grupos da pesquisa, não houve diferença significativa de temperatura entre os joelhos normais e com ruptura do LCCr quando examinados pela termografia. O estudo concluiu que a termografia foi bem-sucedida na detecção da diferenciação que ocorre naturalmente na ruptura do LCCr em cães, não sendo necessário a tosa para o sucesso da avaliação termográfica do joelho canino (INFERNUSO *et al.*, 2010).

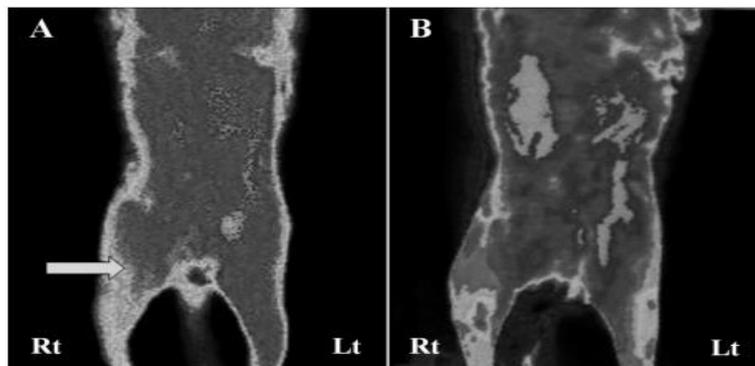
Garcia e Schossler (2014), realizaram um estudo para detectar por meio da termografia de infravermelho a claudicação dos membros pélvicos em cães por meio da observação da impressão deixada ao solo. O objetivo foi identificar o padrão da impressão termográfica da

pegada de cães com claudicação comparada a cães saudáveis. Foi constatado que há diferenças na temperatura da pegada de um membro de cão claudicante em relação ao membro normal de cão normal e membro que suporta o peso de cão claudicante comparado a membro normal de cão normal.

Steiss (2002), destacou a importância da utilização da termografia infravermelha juntamente com outras técnicas de diagnóstico por imagem na avaliação e acompanhamento da terapia de cães atletas que recebem reabilitação de distúrbios musculoesqueléticos.

Na área de cardiologia, em um estudo realizado Kim e Park (2012), a termografia foi utilizada para determinar a localização anatômica de um trombo arterial em um cão de oito anos de idade que apresentou paralisia aguda do membro pélvico direito. Para o acompanhamento do tratamento as imagens termográficas foram de grande importância por indicar considerável redução de temperatura na região abaixo da origem da artéria femoral profunda direita em relação ao membro pélvico esquerdo. A confirmação foi realizada por incisão local da artéria seguida de tratamento, concluiu-se que a utilização da termografia como exame, pode auxiliar no diagnóstico e monitoramento em casos de trombose arterial canina.

Figura 1: Tratamento de trombo em canino



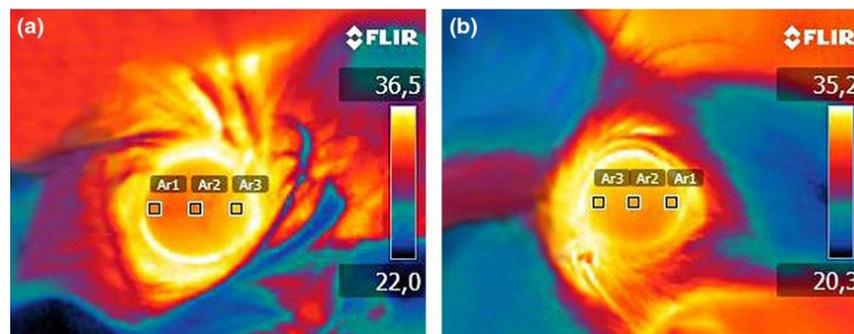
Fonte: KIM; PARK, 2012.

Termografia obtida na visão ventrodorsal antes (A) e depois (B) do tratamento de trombo. A) Níveis reduzidos de radiação infravermelha na artéria femoral profunda do lado direito afetado membro posterior (seta) são evidentes, em comparação com o membro posterior esquerdo. B) O termograma mostrando semelhante níveis de radiação infravermelha entre os membros posteriores direito (Rt) e esquerdo (Lt).

Na área oftalmológica, Biondi *et al.* (2013), fizeram uso da termografia de infravermelho para observar diferenças de temperaturas da superfície da córnea entre regiões

límbicas nasal e temporal e córnea central de cães normais e cães com ceratoconjuntivite seca. Também foi utilizada a técnica de diagnóstico por termografia para determinar os valores de temperatura de olhos caninos normais e em pacientes com baixos valores no teste de lágrima de Schirmer. Foi constatado que havia redução da temperatura da córnea nos olhos com baixos valores no teste de lágrima de Schirmer em relação aos olhos do grupo com valores normais. Portanto, os autores concluíram que a termografia é um método que pode ser utilizado para diferenciar olhos com valores normais daqueles com valores anormais no teste de Schirmer.

Figura 2: Ceratoconjuntivite seca.



Fonte: BIONDI, 2013.

Exemplo de termograma da superfície ocular de um cão com valores normais de TLS (A) e um cão com baixos valores de TLS (B), mostrando as três áreas de mensuração na córnea (AR1 = limbo temporal AR2 = centro da córnea AR3 = limbo nasal). A) Termograma do olho direito de uma cadela, lhasa apso, 9 anos, apresentando um valor normal de TLS (20 mm/min), classificada como controle; B) Termograma do olho esquerdo de uma cadela, SRD, 19 anos, apresentando medida de TLS abaixo do normal (6 mm/min).

Na anestesiologia em cães, Vainionpää *et al.*, (2013), constataram variações de temperatura periférica em cães durante diferentes protocolos de sedação e relacionaram os resultados a mudanças na temperatura retal. Foi observado que mudanças na temperatura periférica dos pacientes podem ser observadas por imagens termográficas e que qualquer protocolo de sedação pode ter efeito sobre imagens dessa natureza.

Na odontologia canina, Lange *et al.* (2014), realizaram uma inédita pesquisa em odontologia veterinária com aplicação da termografia em cães. O estudo teve o objetivo de diagnosticar a doença periodontal e o abscesso periapical com esse tipo de exame, utilizado para a identificar doença periodontal em diferentes graus, através da temperatura da gengiva.

Foi observado que a termografia não demonstrou eficiência neste tipo de detecção em comparação aos exames rotineiros, pois não houve diferença significativa da temperatura gengival nos diferentes graus da doença. No entanto, na pesquisa foi utilizada a termografia como método diagnóstico na verificação da presença ou não de abscesso periapical através da temperatura gengival, utilizando como comparativo a radiografia intraoral, sendo observado um aumento significativo da temperatura da gengiva na presença de abscesso periodontal.

Assim, o estudo concluiu que a termografia demonstrou ser uma ferramenta eficiente na detecção dos abscessos periapicais em cães, quando mensurada a temperatura da gengiva adjacente à raiz dentária acometida, podendo servir de método de triagem para indicação de raio-x.

Portanto, observamos ainda que a termografia por infravermelho não se limita a identificar áreas onde a temperatura local aumenta, como na maioria dos processos inflamatórios, como lesões dérmicas e feridas.

Esse método de exame também pode reconhecer alterações associadas à diminuição da temperatura devido à degeneração dos tecidos ou redução da atividade muscular. Segundo Tunley (2010), em pacientes com distúrbios neurológicos, o declínio da temperatura de superfície no local da lesão, bem como a detecção de hipotermia associada a uma falha de perfusão sanguínea em indivíduos com casos tromboembólicos, pode ser determinado por TIV. Da mesma forma, a queda de temperatura durante a cirurgia tecidual pode auxiliar na identificação das condições viáveis de um enxerto, estados de hipoperfusão (POUZOT-NEVORET, 2018), ou estimar a presença e grau de dor (HERNANDES-AVALOS, 2021).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando o aumento de estudos da utilização da termografia de infravermelho em várias áreas da veterinária, nosso trabalho selecionou pesquisas recentes sobre este método diagnóstico na oncologia canina, observando a sua aplicabilidade e resultados relevantes para a análise da validação desta técnica como meio diagnóstico nesta área.

Foram encontrados 1.570 resultados na pesquisa do tema utilizando o termo “termografia de infravermelho em oncologia canina”, como também o termo “infrared thermography cancer research in dogs”, sendo encontrados 1.250 resultados para este último, sendo selecionados para menção neste trabalho os mais destacados estudos na área da termografia veterinária, os quais serviram de base para recentes estudos no tema.

Dentre os estudos que abordaram a termografia de infravermelho e sua utilidade na oncologia canina, foram escolhidos 8 recentes trabalhos científicos interessantes para a área, sendo 4 deles publicados em língua portuguesa e 4 deles publicados em língua inglesa, tomados como parâmetros para nossa revisão de literatura com evidências da eficiência da termografia de infravermelho no diagnóstico de neoplasias caninas.

Pesquisas realizadas em ratos e humanos indicaram que a imagem termográfica poderia ser útil na detecção de câncer, especialmente se o processo cancerígeno envolver uma liberação de óxido nítrico na dilatação dos vasos sanguíneos e aumento da emissão de calor (BUTTON *et al.*, 2004). Se o tumor tiver um suprimento sanguíneo prejudicado devido ao tamanho menor, má organização e hiper permeabilidade de vasos sanguíneos, pode parecer mais frio do que os tecidos circundantes nas imagens termográficas (SONG *et al.*, 2007).

Apesar de não ser a única opção diagnóstica na detecção do câncer de mama, imagens termográficas podem ser usadas para avaliação de risco de desenvolver esse tipo de câncer. Mulheres com imagens anormais tem risco maior, aproximadamente de 30%, de desenvolver câncer de mama (HEAD *et al.* 2000). A imagem termográfica tem uma precisão de 80,95%, com 100% de sensibilidade e 70% de especificidade, na identificação do câncer de mama, enquanto o exame clínico conduzido por um radiologista experiente tem uma taxa de precisão de 60% a 70% (NG; KEE, 2008).

Utilizando a termografia é possível localizar as áreas de inflamação agudas ou crônicas e, também pode ser utilizada com relação ao diagnóstico precoce de tumores de mama, mesmo que ainda não observados clinicamente (BASILE *et al.*, 2010).

Nesta revisão literária, destacamos 8 estudos recentes relativos ao tema proposto, tendo como escolha trabalhos científicos tratando sobre tumores mamários em cadelas, tipo de neoplasia muito comum em caninos, bem como abordamos também outros tipos de neoplasias nestes pacientes.

Termogramas de mama têm sido usados para a detecção precoce de câncer para melhorar a precisão diagnóstica da mamografia (WISHART *et al.*, 2010; SREE *et al.*, 2011). A termografia oferece vantagens para detectar tumores de mama não palpáveis em mulheres jovens, pois o aumento da densidade do tecido mamário dificulta o exame radiográfico (BORCHARTT *et al.*, 2013; USUKI *et al.*, 1998). Os primeiros estudos em mulheres com câncer de mama mostraram uma sensibilidade e especificidade média de 90% da termografia (AMALU, 1998; STARK; WAY, 1974). A termografia tem uma sensibilidade de 83% na detecção de câncer de mama em mulheres e a termografia associada à mamografia tem uma sensibilidade de 95% (WISHART *et al.*, 2010; BRIOCHI *et al.*, 2003; KENNEDY *et al.*, 2009).

Em estudo realizado com quatro cadelas foi feita a análise da correlação entre as imagens ultrassonográficas e termográficas de tumores de mamas desses animais, com a classificação dos tumores de mama das cadelas. Não foi observada relação direta entre o padrão de imagem e a definição da benignidade ou malignidade de neoplasias mamárias das cadelas. Porém ficou constatado que foi possível detectar através do exame termográfico, realizado no estudo, que a técnica pode auxiliar significativamente no diagnóstico precoce de protocolo terapêutico ao câncer de mama (REIS *et al.*, 2010).

É sabido que na clínica oncológica veterinária tumores mamários em cadelas são facilmente diagnosticados pelo toque nas glândulas mamárias dos animais, sem a obrigatoriedade de exames complementares. No entanto, o exame de termografia de infravermelho vem cada vez mais sendo estudado por autores da área como opção para análise clínica e histopatológica desses tumores.

7.1.1 Estudos com utilização da termografia de infravermelho no diagnóstico de câncer de mama em cadelas

Holanda (2019) realizou estudo piloto sobre a avaliação termográfica de neoplasias da glândula mamária de cadelas e sua correlação com as características clínicas e histopatológicas.

O estudo relata que termografia de infravermelho é considerada uma técnica promissora avaliação de lesões cutâneas. Avaliando neoplasmas é possível identificar o início da angiogênese, necessária ao desenvolvimento das células cancerígenas. O processo de formação de novos vasos precede o rápido desenvolvimento tumoral e a disseminação de metástases (BUZUG *et al.*, 2006). O processo de angiogênese é responsável pelo aumento da temperatura superficial das glândulas mamárias, possibilitando a identificação dos nódulos através de imagens em infravermelho (ACHARYA *et al.*, 2010).

Apesar da termografia não poder até o momento substituir a mamografia, é um exame complementar que pode ser proposto como ferramenta auxiliar na identificação do câncer de mama (OMRANIPOUR *et al.*, 2016). A avaliação de pontos quentes nas imagens termográficas pode sugerir o encaminhamento dos pacientes para avaliação mamografia e posterior análise histopatológica (VENKATARAMANI *et al.*, 2015).

Pavelski *et al.* (2015) notaram diferença significativa nas médias de temperatura entre as glândulas neoplásicas e saudáveis de cadelas, as quais apresentaram valores de 37,86°C e 35,07°C, respectivamente. Contudo, são necessárias mais pesquisas a fim de correlacionar a temperatura com o grau tumoral e diferenciar neoplasias benignas e malignas.

No estudo de Holanda (2019) foram avaliadas cinco cadelas com um total de 9 tumores de mama a serem avaliados. Observou-se forte correlação negativa entre as temperaturas das áreas neoplásicas e o índice mitótico. Não houve correlação entre as temperaturas das áreas neoplásicas e o volume tumoral. A temperatura média das áreas neoplásicas foi de 34,6°C ± 1,7; enquanto que nas áreas saudáveis foi de 33,3°C ± 2,1; não foi observada diferença estatística entre as temperaturas de ambas as regiões (P = 0,1801). As figuras 3 e 4 expõem as imagens digital e termográfica do paciente dois, respectivamente.

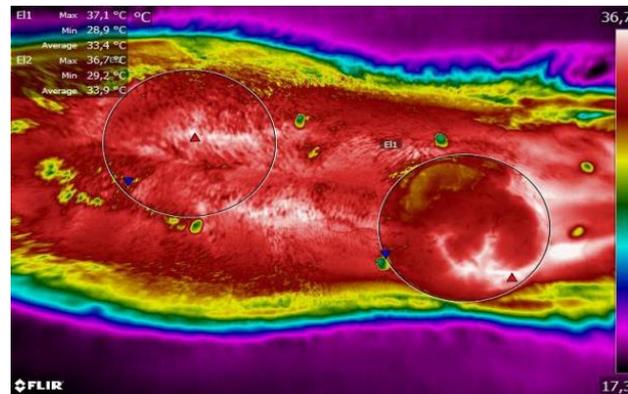
Figura 3: Tumor de mama em cadela.



Fonte: HOLANDA, 2019.

Imagem digital do paciente dois no momento pré-operatório, obtida no centro cirúrgico do HOVET-UFERSA.

Figura 4: Imagem termográfica de tumor de mama em cadela



Fonte: HOLANDA, 2019.

Imagem termográfica do paciente dois após análise em software Flir Tools, demonstrando os valores de temperatura máximo, médio e mínimo das áreas tumorais (EI1) e saudáveis (EI2).

As principais características para o diagnóstico das neoplasias mamárias através da imagem termográfica envolvem a diferença de distribuição de temperatura entre as mamas, pontos quentes localizados e padrões vasculares atípicos (MORALES-CERVANTES, *et al.*, 2018).

Pavelski *et al.* (2015), afirmaram que a termografia é capaz de identificar a presença de neoplasias da glândula mamária de cadelas independentemente do tamanho e localização, obtendo valores médios de temperatura de 35,07°C versus 37,86°C, para as áreas saudáveis e tumorais, respectivamente.

Na pesquisa de Holanda (2019), a temperatura média das áreas neoplásicas foi de 34,6°C ± 1,7; enquanto que nas áreas saudáveis foi de 33,3°C ± 2,1; não havendo diferença estatística entre as regiões (P = 0,1801). Segundo o estudo, o pequeno número de animais avaliados pode ter contribuído para ausência de discrepância entre os valores.

O estudo cita que Zore *et al.*, (2015) analisando a termografia dos tumores de mama em mulheres, observou áreas mais quentes em tumores pequenos. Ao correlacionar com a imuno-histoquímica observou que eles apresentavam comportamento maligno, tumores maiores podem produzir menos calor, em caso de formas menos agressivas.

O autor ainda verificou a ausência de correlação entre o comportamento termográfico e o volume dos tumores (-0,077), corroborando com Pavelski *et al.* (2015), que não notaram variações de temperatura em virtude do tamanho dos nódulos mamários. Os resultados obtidos demonstraram que não houve diferença entre as temperaturas médias das áreas neoplásicas e saudáveis. A temperatura das áreas neoplásicas correlacionou-se de forma forte e inversa com o índice mitótico, demonstrando que neoplasias mais proliferativas exibiram menores valores térmicos, o volume tumoral não apresentou correlação com a temperatura das áreas neoplásicas.

O estudo concluiu que a temperatura se correlaciona com a malignidade dos tumores e não com o tamanho. Além disto, o trabalho menciona que neoplasias de maior tamanho podem exibir áreas de necrose em virtude da presença de hipóxia e conseqüentemente menores valores de temperatura (EDWARDS *et al.*, 2003).

Clementino *et al.* (2018) realizou avaliação o uso da termografia como método de auxílio para diagnóstico precoce de câncer de mama em cadelas atendidas no Hospital Veterinário do IFPB, Campus Sousa - PB. Foram examinadas cinco cadelas com diagnóstico clínico de neoplasia mamária, o protocolo obedecia à ordem cronológica de atendimento, sendo: anamnese, exame físico das massas, termografia, cirurgia e coleta de material para exame histopatológico.

No estudo de Clementino *et al.* (2018) houve uma participação de 60% de raças puras. Foram observados tumores em três cadelas inteiras e duas castradas tardiamente. As massas exibiram três padrões de apresentação macroscópica, sendo a maioria exibindo formato nodular, seguido de pendular e plano. No animal 1 as massas não apresentaram aumento de volume, e não houve diferença de temperatura entre a mama acometida por neoplasia e a saudável, enquanto para os animais 2, 3, 4 e 5 registrou-se um aumento na temperatura de 0,6°C, 1,0°C, 1,2°C e 2,3°C, respectivamente. Obtiveram-se três tipos distintos de carcinoma, quanto ao exame histopatológico: carcinoma complexo, tubular e túbulo-papilar. Em 100% dos animais as lesões foram malignas, relatando alta frequência de tumores malignos de origem epitelial na espécie canina. Segundo a pesquisa destacamos o relato seguinte:

No Animal 1, as massas foram analisadas, e essas não apresentaram aumento de volume; também não houve diferença estatística de temperatura entre as mamas acometidas por neoplasia e as mamas saudáveis. No entanto, a massa foi confirmada como maligna no exame histopatológico. Quanto ao animal 2, este apresentou uma área nodular com temperatura 0,6°C superior à área contralateral que não exibia enfermidades. Os termogramas dos animais 3 (Figura 3) e 5 (Figura 2) apresentaram aumento de temperatura de 1,0 a 1,2°C

quando comparados com seu contralateral ou com toda a cadeia, sendo que, no animal 3 (Figura 3), foi encontrado marcante aumento de temperatura focal, com diferença de 1.2°C em relação ao seu homólogo. O animal 4 apresentou variação de $2,3^{\circ}\text{C}$ quando comparado com seu contralateral ou com toda a cadeia. A presença de pelos nas mamas não acometidas podem, entretanto, ter influenciado na temperatura obtida. (CLEMENTINO *et al.*, 2018).

Figura 5: Termograma do animal 5 apresentando áreas hiperradiadas.



Fonte: CLEMENTINO, 2018.

Figura A: representa uma foto normal revelando áreas acometidas por massa tumoral. Figura B: apresenta áreas hiperradiadas (brancas), associadas à angiogênese associada ao tumor, apresentando as áreas de hiper-radiação (seta amarela). A área acometida exibiu temperatura de 37°C confrontando com a temperatura de 37°C da área lesionada.

Figura 6: Termograma do animal 3 do estudo apresentando áreas hiperradiadas

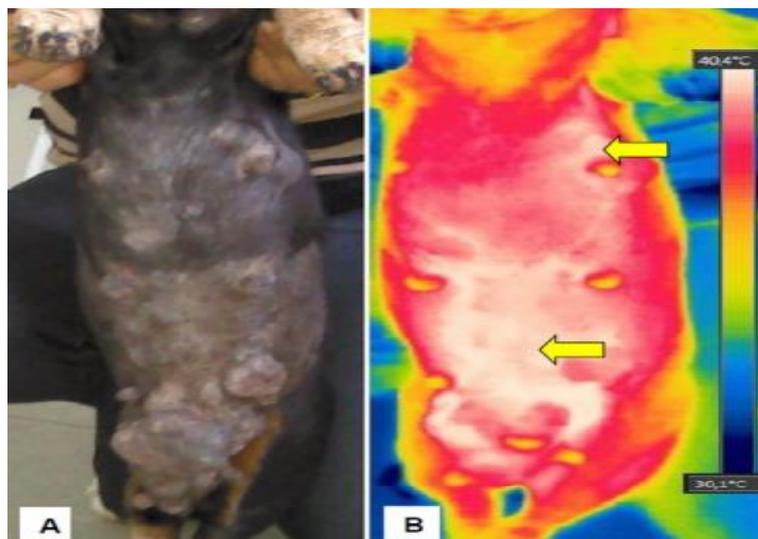


Figura A: representa uma foto normal, revelando acometidas por massas tumorais. Figura B: apresenta áreas hiperradiadas (brancas), associadas à angiogênese associada ao tumor, apresentando as áreas

de hiper-radiação (seta amarela). Área acometida exibiu temperatura de 37,2°C confrontando com a temperatura de 38,4°C da área lesionada.

Por fim, o estudo concluiu que não foi encontrada relação direta do padrão de imagem termográfica entre os tipos de tumores malignos mamários de cadelas. Na termografia, tumores malignos demonstraram padrão de aumento de temperatura da massa, aumento de temperatura apenas no seu entorno e temperatura não alterada, tornando difícil a padronização e interpretação de resultados. Sendo assim, o autor constatou a necessidade de uma maior de estudos com uma maior amostra de pacientes, já que, devido ao pequeno número de animais pesquisados, não foi possível afirmar a capacidade da termografia na diferenciação precoce da malignidade das massas.

Gregghi *et al* (2021) realizaram estudo sobre o efeito do fármaco piroxicam no tratamento de neoplasias em cadelas observado através de imagens termográficas. Segundo o estudo, sabendo-se que dentre os fatores que estão envolvidos no desenvolvimento e determinação da malignidade destas lesões, há a ação da ciclo-oxigenase-2, sendo a utilização de anti-inflamatórios não esteroidais atuantes como inibidores desta enzima estudada como um promissor tratamento adjuvante das neoplasias.

Neste sentido, foi observado o efeito deste medicamento no tratamento de 25 cadelas com tumores mamários malignos, mensurado o seu efeito de diminuição de inflamação nos órgãos estudados, aferindo a temperatura peritumoral utilizando a termografia de infravermelho, durante um tratamento de 10 dias.

A pesquisa de Gregghi *et al* (2021) indicou que houve diferença significativa ($p=0,003$) entre as temperaturas médias do primeiro e último dia de tratamento. Ao realizar a avaliação das neoplasias malignas e benignas separadamente, foi possível observar que, estatisticamente, as neoplasias malignas ($n=19$) apresentaram redução significativa das temperaturas peritumorais ($P<0,001$), contudo, as neoplasias benignas ($n=6$) não obtiveram diferença significativa da temperatura após o protocolo terapêutico ($P=0,954$). Dessa forma, foi possível demonstrar a eficácia da medicação em reduzir o calor causado pela inflamação e permitir avanços na elaboração de protocolos terapêuticos destinados às neoplasias mamárias em cadelas, como a inclusão do fármaco no período que antecede a realização das cirurgias de mastectomia.

Portanto, neste estudo de caso houve validação na utilização da termografia de infravermelho para que fosse observado o efeito benéfico do medicamento, sendo verificada

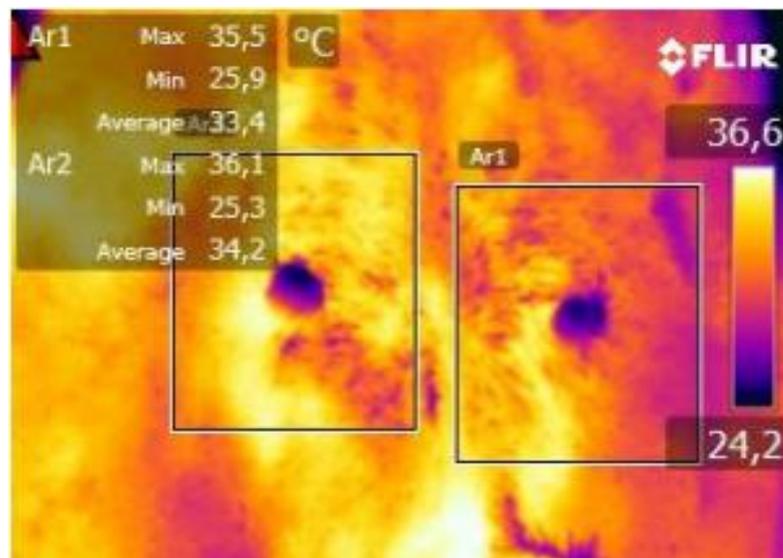
sua utilidade para a elaboração de protocolos de tratamento daquela enfermidade e outras similares.

Pavelski *et al.*, (2015) realizaram um estudo incluindo 50 cães de propriedade de clientes do Hospital Veterinário Universitário da Universidade Federal do Paraná, aqui no Brasil. Os critérios de inclusão para o grupo controle foram ausência de nódulos mamários, normal exame físico e da pele e hemograma completo normal.

Primeiramente foi realizada a termografia infravermelha dos animais e em seguida o exame físico com palpação das glândulas mamárias, exame da pele e punção jugular para exame de sangue. Vinte cadelas com tumores (n = 36) confirmados por histopatológico formou o grupo tumoral e 30 cães com tecido mamário formaram o grupo controle.

As imagens termográficas foram obtidas com a câmera posicionada a uma distância de 40 cm da superfície da pele, formando um ângulo de 90° entre o operador e o cão. Cada mama glandular foi fotografada individualmente nos lados direito e esquerdo e referidas como torácica cranial (M1), torácica caudal (M2), abdominal cranial (M3), abdominal caudal (M4) e glândulas mamárias inguinais (M5).

Figura 7: Termografia de mama de cadela

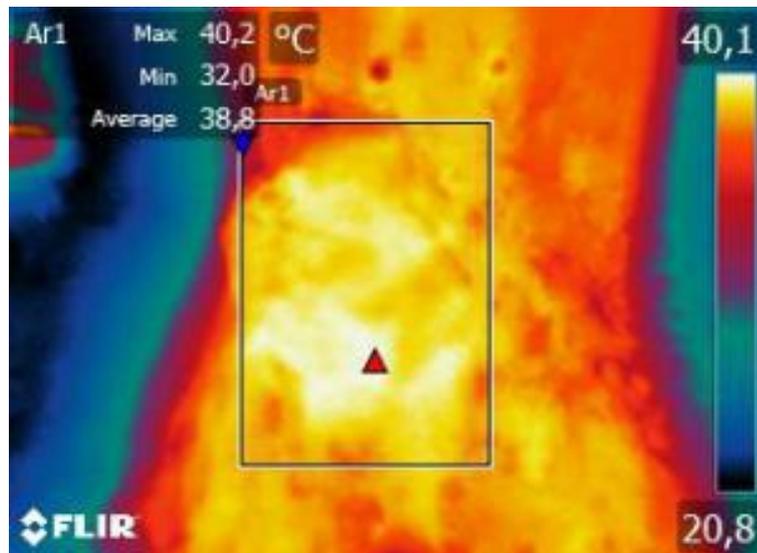


Fonte: PAVELSKI *et al.*, 2015.

Imagem termográfica da mama abdominal cranial de uma cadela mestiça de 7 anos. A temperatura média da mama esquerda foi de 33,4°C, enquanto a glândula mamária direita foi de 34,2°C. Retângulos delimitam a área das glândulas mamárias, formando uma imagem de 227 9 189 pixels.

7

Figura 8: Tumor de mama em cadela



Fonte: PAVELSKI *et al.*, 2015.

Imagem termográfica de um tumor envolvendo a região caudal das glândulas mamárias abdominais e inguinais do lado direito. Retângulos delimitam a área do tumor.

Não houve diferença significativa de temperatura entre os tumores considerando seus tamanhos, o menor tumor avaliado tinha 0,5 cm de diâmetro e 0,5 cm profundidade, e apresentou uma temperatura de 37,8°C. O maior tumor tinha 20 cm de diâmetro e 8 cm de profundidade e apresentou temperatura termográfica de 38°C.

Independentemente do tamanho do tumor, todos os tumores tinham maior temperaturas do que glândulas mamárias saudáveis. Considerando todas as glândulas mamárias neste estudo, a temperatura termográfica média do controle grupo foi de 35,07 versus 37,86°C para o grupo de tumor, uma variação de 2,79°C. As glândulas mamárias com tumores têm temperaturas mais altas que as outras glândulas, além que, a variação de temperatura entre os tumores também tem sido observada.

O estudo relata que o exame de termografia pode ser realizado por veterinários em consultas de rotina para tentar e diagnosticar tumores mamários malignos. Em cães, a maioria dos tumores mamários são diagnosticados pela primeira vez por palpação, geralmente por seus donos.

Pavelski *et al.*, (2015) verificou no estudo que cerca de 70% desses tumores são malignos e exames para melhorar o diagnóstico clínico são essenciais para uma melhor gestão e desfecho clínico.

Também foi relatado neste estudo que outras ferramentas auxiliares são usadas em mulheres para diagnosticar ou acompanhar a progressão do tumor, como mamografia, ressonância magnética, ultrassonografia e citologia. Porém, por meio desses exames, diagnósticos baseiam-se em alterações anatômicas na mama glândulas; o estudo destaca que pode levar anos para um tumor crescer suficiente para ser detectado por esses métodos.

Segundo KENNEDY *et al.* (2009) o diagnóstico termográfico é baseado em variações de temperatura relacionadas a alterações no fluxo sanguíneo e no metabolismo de células mamárias afetadas. Para este autor, em mulheres, a termografia tem sido usada para melhorar a sensibilidade nos diagnósticos de tumores.

A atividade micro circulatória em pacientes pré-neoplásicos e tecidos mamários neoplásicos é descrito como maior do que normalmente por causa da necessidade de uma oferta abundante de nutrientes para manter o crescimento de células anormais (WANG *et al.*, 2010; KENNEDY *et al.*, 2009).

A angiogênese tumoral é estimulada pela liberação de vários fatores, como o crescimento do fator endotelial, integrinas e células dendríticas imaturas, entre outros, para promover um rico suprimento de oxigênio para tumores crescimento (FAINARU *et al.*, 2010; MODIANO *et al.*, 2007). Outros estudos relataram que a liberação de óxido nítrico pelas células tumorais causa vasodilatação e aumenta a temperatura nas mamas afetadas glândulas (AMBAR, 1998; COSTA *et al.*, 2003).

Para uma combinação de todos esses fatores é responsável pelo aumento da temperatura em glândulas mamárias neoplásicas em nosso estudo, como a temperatura controlada na sala eliminou qualquer influência da temperatura ambiente (PAVELSKI *et al.*, 2015).

Pavelski *et al* (2015) concluíram que a termografia infravermelha parece ser capaz de avaliar a presença de neoplasia no tecido mamário, independentemente de seu tamanho e localização, a presença do tumor aumenta significativamente a temperatura das glândulas.

Também ficou constatado que mais estudos são necessários para avaliar se existe uma correlação positiva entre a temperatura e o grau histopatológico do tumor, e para verificar a diferença de temperatura entre neoplasia mamária benigna e maligna.

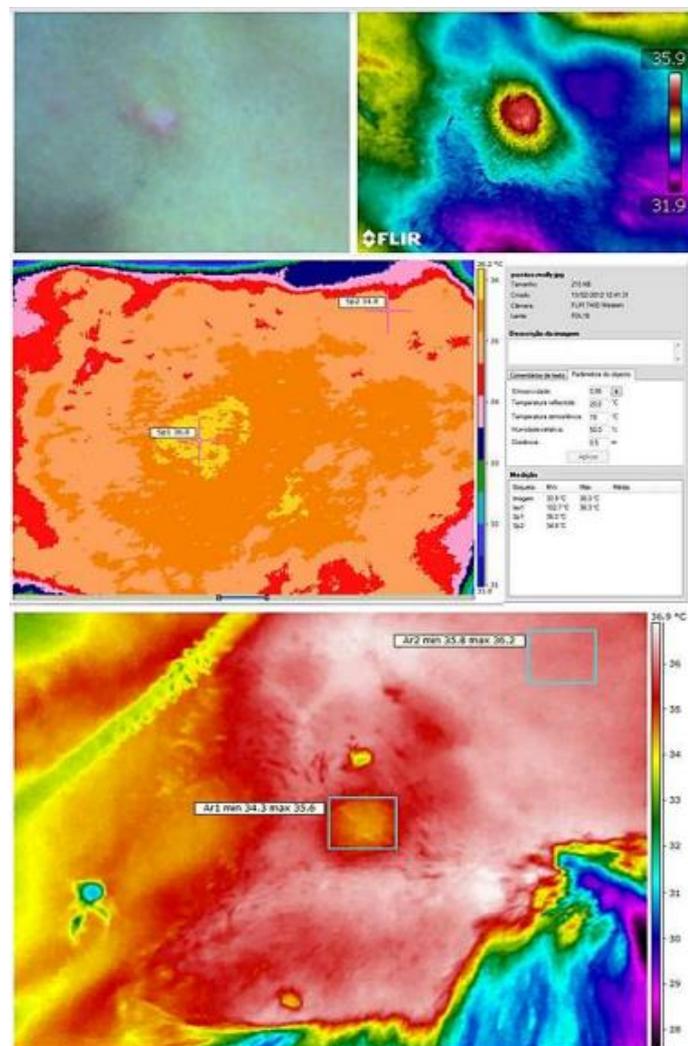
7.2.1 Estudos da utilização da termografia infravermelha em outras patologias oncológicas em cães.

Dentre os tipos de tumores mais comuns em caninos, selecionamos alguns estudos relevantes sobre o uso de imagens termográficas para avaliação diagnóstica e acompanhamento do tratamento oncológico em cães, tomando como referência os seguintes estudos:

Melo (2013) realizou um estudo sobre fatores prognósticos em mastocitoma canino, avaliando a correlação entre parâmetros clínicos, histológicos, marcadores de proliferação e análise termográfica. O estudo destaca que o mastocitoma é reportado em várias espécies, incluindo seres humanos, porém a prevalência é maior em caninos e felinos do que no homem (ROCHA et al., 2004). A maior parte dos mastocitomas ocorre em cães, representando de 7-21% de todos os tumores cutâneos caninos e 11-27% de todos os tumores cutâneos caninos malignos (MACY, 1984; WELLE *et al.*, 2008). Ainda, mastocitomas são relatados como o tipo de tumor canino mais comum de ser submetido a histopatológico e de ser diagnosticados em hospitais escola veterinários (BRODEY, 1970; ROTHWELL *et al.*, 1987).

As análises termográficas da autora, Melo (2013) relataram que: As análises termográficas foram realizadas em 15 dos animais deste estudo. O quadro 2 resume as informações obtidas das análises das imagens térmicas de cada formação. A figura 3 ilustra e exemplifica as imagens obtidas e suas análises. A média de temperatura do ponto central das formações (SpT) foi de 33,18°C (variando entre 28,70 e 36,5°C) e a média de temperatura do ponto não-tumoral distante da formação (SpNT) foi de 33,39°C (variando entre 28,50°C e 36,30°C). Ainda, foi realizada a mensuração de temperatura média dentro de área tumoral (AT) - 33,27°C (variando entre 29,30°C e 36,10°C) e de temperatura média dentro de área não tumoral (ANT) - 33,95°C (variando entre 31,10 e 36,00°C). A diferença entre os pontos mensurados foi em média - 0,21°C (variando entre -5,60°C e +4,4°C). A diferença entre os pontos térmicos mensurados foi em média -0,21°C (variando entre -5,60°C e +4,4°C). Esta diferença foi negativa em 7 casos (47%) – formações mais frias que a pele distante; e positiva em 8 casos (53%) – formações mais quentes que a pele distante.” (MELO, 2013, p. 79-80).

Figura 9: Amostras das análises termográficas de mastocitomas pelo programa quick report.®



Fonte: MELO, 2013.

Legenda: (A) – Fotografia de mastocitoma do Cão Nº 1 (B) Imagem infravermelha (paleta rain) da mesma região na foto A; (C) – Análise de imagem infravermelha (paleta medical) do mastocitoma do Cão N o 5, no Software FLIR Quick Report®; Sp1 = SpT e Sp2 = SpNT. (D) Imagem

infravermelha (paleta rain) de mastocitoma do Cão N o 3; Ar1 – Área da formação AT e Ar2 – Área controle ANT. – Software FLIR Quick Report®.

O trabalho de Melo (2013) buscou descrever o uso da termografia como método diagnóstico complementar em mastocitomas caninos, e o uso de marcadores imunohistoquímicos – os já consagrados em literatura e o VEGF, que se encontra descrito apenas em trabalhos mais recentes – associados a fatores prognósticos, estadiamento e evolução da doença.

Ainda de acordo com Melo (2013), embora o uso da termografia no seu estudo tenha evidenciado diferenças entre a pele comprometida pelo mastocitoma e a pele sadia, não houve associação estatística entre os dados obtidos por meio desta técnica e todas as demais variáveis deste estudo; como tempo livre de doença, estadiamento, fatores prognósticos e os marcadores para PCNA, VEGF, AgNOR e KIT. A autora relatou que, possivelmente, o aumento do número de animais ou a variação de marcadores possa gerar alguma correlação com a termografia em estudos futuros. A mesma ainda destacou que o fato de não haver nenhuma referência em literatura ou padronização de técnica de análise destas formações em animais e em seres humanos torna a análise das imagens termográficas extremamente quantitativas e ainda pouco reproduzível como rotina.

A autora ainda conclui que, de qualquer forma, muitos estudos reforçam a expressividade da termografia no diagnóstico de tumores de mama em mulheres (*ARORA et al.*, 2008; *WISHART et al.*, 2010; *WANG et al.*, 2011) e acredita que a busca de novos métodos de análise destas imagens e novos estudos correlacionando a termografia de mastocitomas com variáveis clínicas e histológicas possam levar ao encontro de uma nova ferramenta diagnóstica para a detecção e possivelmente avaliação prognóstica destas formações.

Melo (2017), realizou estudo termográfico em relação à cicatrização de feridas decorrentes do pós-cirúrgico de mastocitomas caninos, sendo suas observações sobre o estudo o seguinte: Todas as formações apresentadas neste estudo tiveram análise termográfica concluída e documentada. Nota-se que mesmo quando considerado ponto central ou quando considerada toda área tumoral, 65 e 67% respectivamente, dos mastocitomas eram mais quentes que a pele sadia circundante. A causa destas mudanças de temperatura não é totalmente compreendida, mas sugere-se que esteja associada a neoangiogênese e inflamação local (*XIE et al.*, 2004). De qualquer maneira, uma porcentagem de 35% dos tumores deste estudo são mais frios que a pele ao redor, contraditoriamente ao fato de que, na literatura

médica existente, a utilização da termografia no campo da oncologia reside na busca pelos chamados “hot spots” (ARORA *et al.*, 2008).

É descrito que os tumores em geral carcinomas mamários, têm um aumento na angiogênese, assim como uma taxa metabólica aumentada, o que, por sua vez, traduz-se em maiores gradientes de temperatura em relação ao tecido normal circundante (LAWSON, 1956; GAUTHERIE *et al.*, 1980; XIE *et al.*, 2004; SONG *et al.*, 2007; POLJAK-BLAZI *et al.*, 2009). Estudos anteriores com termografia de mastocitomas com uma amostra menor (MELO *et al.*, 2015) sugerem uma porcentagem de 53% de tumores mais quentes e 47% de tumores mais frios. Embora 70% das formações identificadas como mais frias foram classificadas como Grau II/baixo grau; a existência de formações invasivas, como de Grau III e subcutâneo infiltrativo, mesmo nessa porção mais fria destes tumores não foi possível encontrar associação da variação térmica com a graduação histológica. Dessa forma, após as análises estatísticas, não foram possíveis comparações significativas entre a temperatura do tumor e outras características do estudo. Ainda dentro de nossas expectativas também não foi possível estabelecer causas ou correlações para as chamadas “tumor tails”, e sugere-se futuros estudos para elucidar esses aspectos da termografia no mastocitoma. (...).

Por se tratar do primeiro estudo a respeito de termografia de retalhos cutâneos em cães, não há padrão quanto ao método de análise das imagens. Dessa forma, buscamos extrair a maior quantidade de dados das imagens obtidas, e de maneiras diferentes, para que pudéssemos reconhecer algum padrão. Assim, a confirmação gráfica de que a mensuração da temperatura da área do retalho se assemelha ao padrão térmico da mensuração da linha de sutura, bem como as análises acima descritas nos mostra que estamos obtendo dados de regiões significativas e representativas da imagem (MELO, 2017).

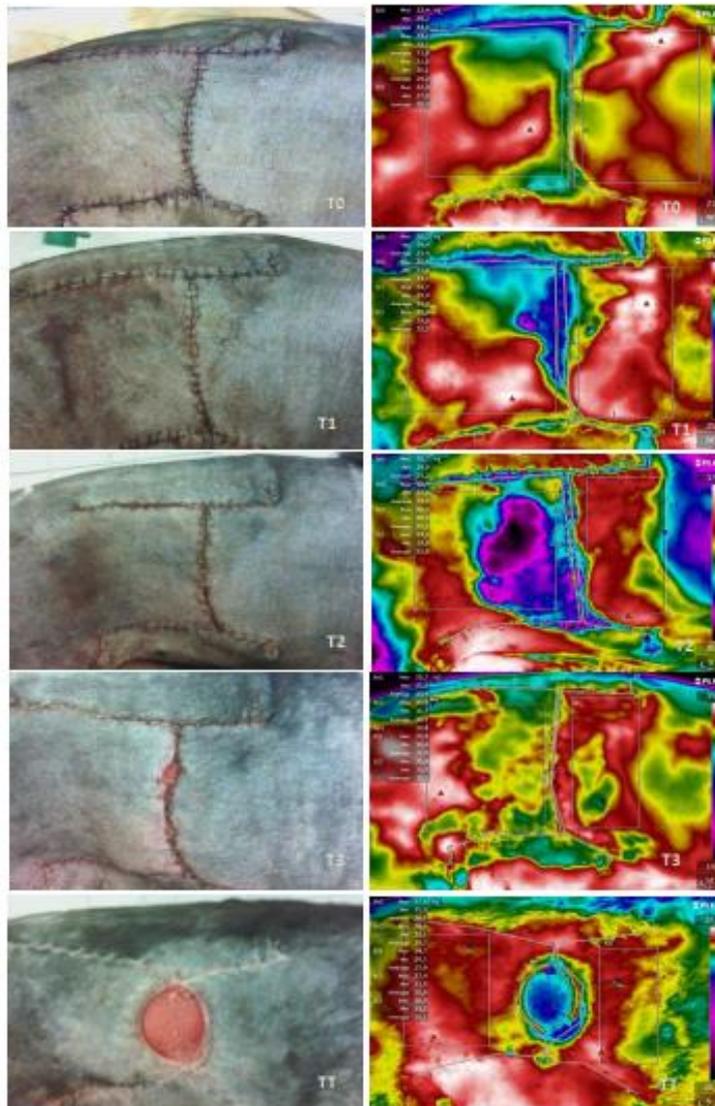
A análise gráfica e numérica das temperaturas médias do retalho e da linha de sutura indicam um interessante padrão na evolução da temperatura, e correspondente a perfusão cutânea, das feridas cirúrgicas. Saindo de temperaturas médias gerais baixas no tempo 0 (logo após a finalização do tempo cirúrgico), as temperaturas atingem rapidamente um pico no tempo 1 (entre 2 e 3 dias). Passados 15 a 19 dias, observamos nova crescente de temperatura e finalmente, no que chamamos aqui de tempo tardio (30-60 dias de pós-operatório) nota-se que a temperatura média das áreas de retalho e sutura praticamente se iguala e se estabiliza, conforme a ferida cirúrgica atinge sua completa cicatrização.

O pico de hiperemia observado no tempo 1 foi descrito por outros autores (SALMI *et al.*, 1995; EICHHORN *et al.*, 2009), e que pode ser associado a rápida reperfusão tecidual e neovascularização, e alta concentração de componentes inflamatórios. Resultados de estudo

recente (WEERD *et al.*, 2011) mostram que a perfusão de um retalho cutâneo é um processo dinâmico, com uma progressão gradual principalmente durante a primeira semana de pós-operatório, em que os autores relatam o aumento progressivo das áreas chamadas de “hot spots”. A observação das imagens obtidas por meio deste estudo, aqui exemplificadas nas Figuras, é clara quanto a esse aumento progressivo das “áreas mais quentes” na primeira semana, até o tempo 2. Pode-se então observar com o passar das semanas um padrão térmico mais homogêneo nas imagens, até que a determinação da área do retalho torne-se mais custosa por conta da similaridade térmica com a pele ao redor. (MELO, 2017, p. 87).

Quanto aos registros termográficos da autora destacamos as seguintes imagens citadas a baixo.

Figura 10: Evolução de retalho 1.



Fonte: MELO, 2017,

Imagens de evolução de retalho, com área de deiscência partir de T3 - resultante de excisão do tumor nº 15 – Mastocitoma Subcutâneo infiltrativo. Análises termográficas de evolução pós operatória de retalhos cutâneos pediculados por avanço. Imagens termográficas à direita e imagens padrão à esquerda. Tempos T0, T1, T2, T3 e TT. Escala de temperatura à direita de imagens termográficas, expressas em °Celsius”

Figura 11: Evolução de retalho 2.

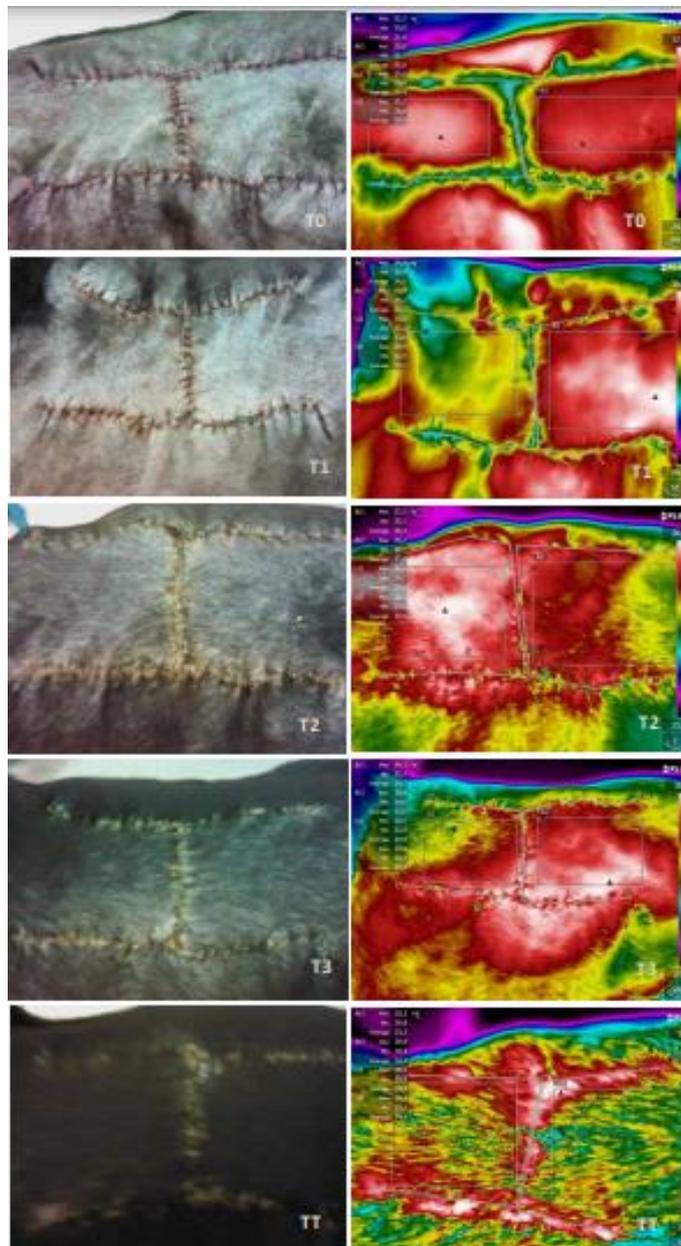


Figura 6: Imagens de evolução de retalho, resultante de excisão do tumor nº 52 – Mastocitoma subcutâneo combinado - Análises termográficas de evolução pós operatória de retalho cutâneo pediculado por avanço. Imagens termográficas à direita e imagens padrão à esquerda. Tempos T0, T1, T2, T3 e TT. Escala de temperatura à direita de imagens termográficas, expressas em °Celsius.

Melo (2017), sugere que feridas cirúrgicas resultantes da excisão de mastocitomas em que sejam necessárias o uso de técnicas de retalho cutâneo pediculado, devam ser especialmente avaliadas por termografia nos dias 2 - 3 do pós operatório; e com 15-19 dias, havendo nesses períodos a possibilidade de evidenciar possíveis mudanças de temperatura e consequentemente prever dificuldades na evolução da ferida.

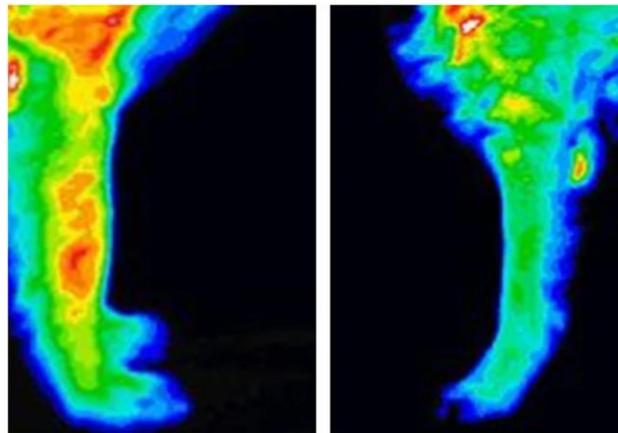
A autora avaliou que mediante avaliação termográfica é possível intervir no manejo da cicatrização das feridas pós-cirúrgicas, como trocas mais constantes de curativo, medicações orais ou nova intervenção cirúrgica, relatando o seguinte:

“Acreditamos, por meio deste estudo, que a análise termográfica da evolução de retalhos cutâneos pode ser usada como correspondente a perfusão tecidual, conforme indicado em literatura (AWWAD *et al.*, 1983; FRANCIS *et al.*, 1979) e ser usada como ferramenta de reconhecimento precoce de deiscência da ferida cirúrgica, conforme proposto por diversos autores (SALMI *et al.*, 1995; EICHHORN *et al.*, 2009; WEERD *et al.*, 2009; WEERD *et al.*, 2011).” (MELO, 2017, p. 88).

O referido estudo conseguiu estabelecer uma curva térmica de evolução das feridas da população do estudo, bem como diferenciar o comportamento térmico quando há ou não deiscência. Portanto, pode-se concluir que a termografia de infravermelho seria útil para diferenciação da área tumoral e área não tumoral, auxiliando na avaliação da perfusão tecidual de retalhos cutâneos e sua evolução cicatricial, inclusive podendo prever a ocorrência de deiscência.

Um estudo realizado com 40 cães por Sung *at al.* (2019), identificou alterações significativas observadas com temperatura média e padrões termográficos indicam que a termografia de infravermelho pode documentar alterações discerníveis associadas à presença de tumores ósseos apendiculares caninos. Apesar de não poder ser utilizado como a única ferramenta de diagnóstico para câncer ósseo, pode ser usado como uma modalidade de triagem e pode ser aplicável na detecção precoce do câncer.

Figura 12: Tumor ósseo.



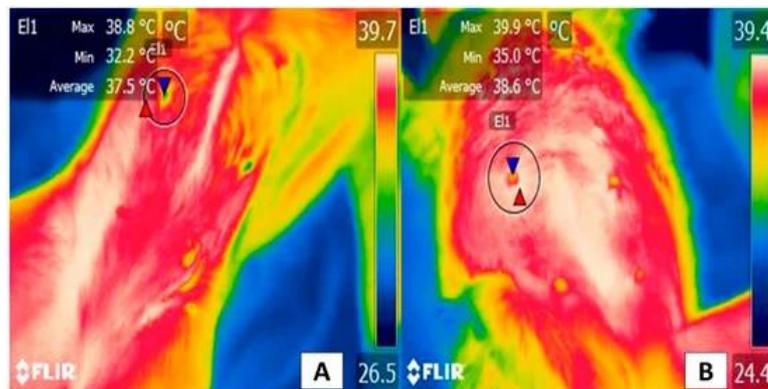
Fonte: SUNG, 2019.

Imagens termográficas do membro anterior. A imagem da esquerda é de um paciente com osteossarcoma do rádio direito. A imagem da direita é de um antebraço de um cão saudável.

Uma revisão de literatura realizada por Casas-Alvarado *et al.* (2022), concluiu a importância atual da termografia de infravermelho e sua utilidade para o diagnóstico precoce e não invasivo de diversas condições inflamatórias, enquanto resultados de alguns estudos indicam que ela pode ser um método importante na detecção e diferenciação de neoplasias malignas versus benignas. Entretanto, o autor constatou que estudos de regiões como canal lacrimal, olho ou região auricular em cães e gatos mostraram que essas zonas são especialmente sensíveis a fatores de estresse.

O estudo verificou que atualmente há evidências de uma janela térmica validada para gatos com alta sensibilidade e especificidade. Porém, nos casos de caninos, ainda há a necessidade de estabelecer se isso é verdadeiro através de mais estudos, assim como é urgente analisar fatores biológicos e ambientais relativos a avaliações termográficas de diferentes regiões anatômicas, como descrito na figura 12.

Figura 13: Tumor mamário.



Fonte: CASAS-ALVARADO *et al.*, 2022.

(A) Glândula saudável. Na imagem E11 é mostrada em uma cadela Doberman Pinscher de 4 anos de idade. Pode-se observar uma temperatura máxima de 38,8 °C (triângulo vermelho) e mínima de 32,2 °C (triângulo azul). (B) Glândula com presença de tumores. Uma cadela de 8 anos, da raça maltês, com tumores de 0,5 a 1 cm de diâmetro na glândula abdominal esquerda (E11). Nessa região, a temperatura é 1,1°C maior nos valores máximos (triângulo vermelho), enquanto os mínimos são 2,8°C maiores (triângulo azul), em relação à temperatura apresentada em uma glândula saudável. O aumento da temperatura em nível local se deve às células cancerígenas liberando substâncias pró-inflamatórias como serotonina, histamina, prostaglandina F2 α e fator de necrose tumoral α promovendo vasodilatação dos capilares sanguíneos superficiais, causando aumento da radiação emitida. Imagens térmicas obtidas usando uma câmera termográfica FLIR.

O estudo destaca que em regiões isoladas como os músculos bíceps femoral e grácil podem fornecer informações mais precisas sobre estados térmicos após exercício físico ou sobre condições inflamatórias locais em cães. Por fim, o estudo de Casas-Alvarado *et al.* (2022), concluiu que as regiões corporais e apendiculares discutidas mostram o maior contraste e discrepâncias em seu uso clínico potencial em comparação com as janelas de temperaturas faciais. Portanto, pesquisas adicionais são necessárias para estabelecer a sensibilidade e especificidade dessas áreas para uma possível validação futura do uso da TIV

em cães e gatos, tanto para outras patologias e condições físicas quanto para diagnóstico oncológico.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A termografia de infravermelho vem se destacando como importante alternativa para o diagnóstico e tratamento de diversas neoplasias caninas, por ser um método de exame clínico que assegura o bem-estar e segurança biológica do paciente, por ser um exame diagnóstico não invasivo, desde que utilizado com correto protocolo de procedimentos de preparo do paciente, estruturas adequadas e manuseio de bons equipamentos de forma eficiente pelo profissional. Os resultados dos estudos analisados nesta revisão de literatura sugerem que a imagem termográfica possui expressiva utilidade no diagnóstico e tratamento de neoplasias em cães, não somente na detecção de tumores, na sua classificação quanto malignos ou benignos e no acompanhamento do desenvolvimento das neoplasias, como também no seu tratamento, observando efeitos de medicamentos, verificado no estudo realizado por Greggi *et al* (2021), bem como no acompanhamento pós-operatório, na cicatrização de feridas, como demonstrou o estudo de Melo (2017). Além disso, para pacientes oncológicos mais velhos, para os quais a sedação pode ser arriscada, a imagem termográfica pode ser escolhida como uma ferramenta de triagem para indicação de outros exames diagnósticos invasivos. Portanto, é de extrema importância manter estudos do uso da termografia de infravermelho na oncologia canina, observando suas fragilidades e sua eficiência, trazendo mais segurança e bem-estar para os animais examinados.

REFERÊNCIAS

AMALU, W. C. **A review of breast thermography**. *Breast J.* v 4, p. 245–251, 1998.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M. **Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo**. *Rev. Quim. Nova*, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.

BASILE, R. C; BASILE, M. T.; FERRAZ, G. C. Equine inflammatory process evaluation using quantitative thermographic methodology. **Online Library**, 2010. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/vop.12086>>. Acesso em: 29 de nov. de 2022.

BIONDI, F. *et al.* **Infrared ocular thermography in dogs with and without keratoconjunctivitis sicca**. *Veterinary Ophthalmology*, v. 18, n. 1, p. 28-34. 2015.

BORCHARTT, T. B. *et al.* **Breast thermography from an image processing viewpoint: A survey**. *Signal Process.* v. 93, p. 2785–2803, 2013.

BRIOSCHI M. L.; MACEDO, J. F.; MACEDO, C. R. A. Termografia cutânea: novos conceitos. **Revista Vascul Brasileira**, v. 2, n. 2, p. 151-160, 2003.

BRODEY, R. S. **Canine and feline neoplasia**. *Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine*, v. 14, p. 309–354, 1970.

BUTTON, T. M. *et al.* Dynamic infrared imaging for the detection of malignancy. **Physics in Medicine and Biology**, v. 49, p. 3105-3116, 2004.

CASAS-ALVARADO, A. *et al.* **Thermal and Circulatory Changes in Diverse Body Regions in Dogs and Cats Evaluated by Infrared Thermography**. **MDPI Animals**, 2022.

CLEMENTINO, W. K. L.; LINS, J. G. G.; DE AZEVEDO, A. S. Uso da termografia infravermelha como auxílio diagnóstico de neoplasia mamária canina. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, João Pessoa**, n. 43, p. 76-87, 2018.

FAINARU, O. *et al.* Tumor growth and angiogenesis are dependent on the presence of immature dendritic cells. **FASEB J.** v. 24, p. 1.441-1.418, 2010.

- FERREIRA, K. *et al.* Termografia por infravermelho em medicina veterinária. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, 2016.
- GARCIA, E. F. V.; SCHOSSLER, J. E. W. Claudicação em cães - revisão de literatura. **Medvep. Revista Científica de Medicina Veterinária. Pequenos Animais e Animais de Estimação**, v. 12, p. 100-107, 2014.
- GREGHI, J. R. *et al.*, Thermographic evaluation of piroxicam's effect as an adjuvant treatment in canine mammary tumors. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, p. e18710212236, 2021.
- GROSSBARD, B. P. *et al.* Medical infrared imaging (thermography) of type I thoracolumbar disk disease in chondrodystrophic dogs. **Veterinary Surgery**, v. 43, n. 7. p. 869–876, 2014.
- HEAD, F. *at al.* The important role of infrared imaging in breast cancer. **IEEE Engineering in Medicine and Biology**. v. 19, p. 52-57, 2000.
- HERNÁNDEZ-AVALOS, I. *at. al.* Nociceptive pain and anxiety in equines: Physiological and behavioral alterations. **Vet. World**, 2021.
- HOLANDA, A. G. **Avaliação termográfica de neoplasias da glândula mamária de cadelas e sua correlação com as características clínicas e histopatológicas: estudo piloto.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal Rural do Semiárido – UNIFERSA, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2019.
- INFERNUSO, T. *et al.* Thermal Imaging of Normal and Cranial Cruciate Ligament Deficient Stifles in Dogs. **Veterinary Surgery**, v. 39, n. 4, p. 410–417. 2010.
- KENNEDY, D.A., LEE, T., SEELY, D. A comparative review of thermography as a breast cancer screening technique. **Integr Cancer Ther.** v. 8, p. 9-16, 2009.
- 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**,
- LAHIRI, B. *et al.* Medical applications of infrared thermography: a review. **Infrared Physics & Technology**, v. 55, n. 4, p. 221-235, 2012.
- LANGE, R. R. *et. al.* **Estudo da aplicação da termografia na doença periodontal em cães.** Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2014.
- LIN Y. C., *at. al.* **Optimising lameness detection in dairy cattle by using handheld infrared thermometers.** *Veterinary Medicine and Science*, v. 4, n. 3, p. 218–226, 2018.
- MACY, D. W. **Canine and feline: biologic behavior, diagnosis and therapy.** *Seminars in Veterinary Medicine and Surgery*, v. 1, p. 72-83, 1984.

- MELO, S. R. **Fatores prognósticos em mastocitoma canino: correlação entre parâmetros clínicos, histológicos, marcadores de proliferação e análise termográfica.** Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo - FMVZ, São Paulo, São Paulo, 2013.
- MELO, S. R. FMVZ. **Estudo crítico de mastocitomas caninos e avaliação termográfica de técnicas de anaplastia.** Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo - FMVZ, São Paulo, São Paulo, 2017.
- MODIANO, J. F., BREEN, M. The etiology of cancer. In: **Withrow SJ, MCEven EG, eds. Small Animal Clinical Oncology**, 4th ed. St Louis, MO: Elsevier. v.1, p. 3-30, 2007.
- MOURA, D. *et al.* **Uso da termografia infravermelha na análise da termorregulação de cavalo em treinamento.** Engenharia Agrícola, v. 31, n. 1, p. 23-32, 2011.
- NG E. Y. K., KEE, E. C. **Advanced integrated technique in breast cancer thermography.** Journal of Medical Engineering and Technology, v.32, p. 103-114, 2008.
- NOGUEIRA, F. *et al.* **Termografia infravermelha: uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelha.** **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 35, n. 3, p. 289-297, 2013.
- PAVELSKI, M. *et al.* Infrared Thermography in Dogs with Mammary Tumors and Healthy Dogs. **Journal of veterinary internal medicine** v. 29,6, 2015.
- POLAT, B. *et al.* Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 8, p. 3525-3532, 2010.
- POUZOT-NEVORET, C. *et al.* Infrared thermography: A rapid and accurate technique to detect feline aortic thromboembolism. **Jounal Feline Med. Surg.**, v. 20, p. 780–785, 2018.
- REIS, F. *et al.* Índícios sobre a correlação entre diferentes métodos diagnósticos em casos de tumor de mama em cadelas. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, v. 9, n. 09, p. 14-31, 2010.
- RING, E. The Herschel heritage to medical thermography. **Journal of Imaging**, v. 2 , n. 2, p. 13, 2016.
- RING, E. History of thermology and thermography: pioneers and progress. **Thermol**, p. 3-7, 2012.
- ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B. Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. **Jounal Anim Behav Biometerol**, v. 2, n. 3, p. 73-84, 2014.
- ROBSON, J. Horses in Color: The role of thermal imaging in the equine industry. **Inspiritus Equine. IR - Info**, 2010. Disponível em: <www.inspiritusequine.com>. Acesso em: 18 de nov de 2022.
- ROCHA, T. M. *et al.* Mastocitoma em Cães – revisão. **Clínica Veterinária**, v.52, p.42-54. 2004.

ROTHWELL, T. L. *et al.* Skin neoplasms of dogs in Sydney. **Australian Veterinary Journal**, v. 64, p. 161–164, 1987.

SALMI, A. M.; TUKIAINEN, E.; ASKO-SELJAVAARA, S. Thermographic mapping of perforators and skin blood flow in the free transverse rectus abdominis musculocutaneous flap. **Annals of Plastic Surgery**, v.35, p.159–164, 1995.

SONG, C. *at. al.* Thermographic assessment of tumor growth in mouse xenograft s. **International Journal of Cancer**. v. 121, p. 1055- 1058, 2007.

SREE, S. V. *et al.* Breast imaging: A survey. **World J Clin Oncol**. v. 2, p. 171–178, 2011.

STARK A, W S. The screening of well women for the early detection of breast cancer using clinical examination with thermography and mammography. **Cancer**. v. 33, p. 1671–1679, 1974.

STEISS, J. E. Muscle disorders and rehabilitation in canine athletes. **Vet ClinSmall Anim Pract.**, v. 32, n. 1, p. 267-85, 2002.

SE-WOOK, U. M. *et al.* Thermographic Evaluation for the Efficacy of Acupuntureon Induced Chronic Arthritis in the dog. **Journal Veterinary Medicin Scient**, v.67 n.12, p.1283-1284, 2005.

SUNG, J. *et al.* Medical infrared thermal imaging of canine appendicular bone neoplasia. **BMC Vet Res**, (2019). Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s12917-019-2180-6>>d. Acesso em: 29 de nov. de 2022.

USUKI, H. *et al.* What kinds of nonpalpable breast cancer can be detected by thermography? **Biomed Thermogr**. v. 18, p. 8–12, 1998.

VIANA, D. M. L.; CARRIVE, P. Mudanças na temperatura cutânea e corporal durante e após o medo condicionado ao contexto no rato. **European Journal of Neuroscience**, v. 21, n. 9, pág. 2505-2512, 2005.

WANG, J. *et al.* Evaluation of the diagnostic performance of infrared imaging of the breast: A preliminary study. **Biomed Eng Online**. v. 1, p. 3-9, 2010.

WELLE, M. M. *et al.* Canine mast cell tumours: a review of the pathogenesis, clinical features, pathology and treatment. **Veterinary Dermatology**, v. 19, n. 6, p. 321-339, 2008.

WISHART, G. C. *et al.* The accuracy of digital infrared imaging for breast cancer detection in women undergoing breast biopsy. **Eur J Surg Oncol**. v. 36, p. 535–540, 2010.