

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**USO DA TERMOGRAFIA DINÂMICA COMO TÉCNICA DE AUXÍLIO DIAGNÓSTICO  
EM TUMORES CUTÂNEOS EM CÃES**

**KEYLLA HÖRBE STEFFEN DOS SANTOS**

**Porto Alegre**

**2024/1**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**USO DA TERMOGRAFIA DINÂMICA COMO TÉCNICA DE AUXÍLIO**  
**DIAGNÓSTICO EM TUMORES CUTÂNEOS EM CÃES**

Autora: Keylla Hörbe Steffen dos Santos  
Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Ciências Veterinárias como  
requisito parcial para a obtenção do grau de mestre  
em Ciências Veterinárias  
Orientador: Dr. Daniel Guimarães Gerardi

**Porto Alegre**

**2024/1**

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

**CIP - Catalogação na Publicação**

dos Santos, Keylla Hörbe Steffen  
USO DA TERMOGRAFIA DINÂMICA COMO TÉCNICA DE AUXÍLIO  
DIAGNÓSTICO EM TUMORES CUTÂNEOS EM CÃES / Keylla Hörbe  
Steffen dos Santos. -- 2024.  
53 f.  
Orientador: Daniel Guimarães Gerardi.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Programa  
de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Porto  
Alegre, BR-RS, 2024.

1. termografia infravermelha dinâmica. 2. neoplasia  
cutânea. 3. cão. I. Guimarães Gerardi, Daniel, orient.  
II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**KEYLLA HÖRBE STEFFEN DOS SANTOS**

**USO DA TERMOGRAFIA DINÂMICA COMO TÉCNICA DE AUXÍLIO  
DIAGNÓSTICO EM TUMORES CUTÂNEOS EM CÃES**

Aprovada em: 29/02 /2024

APROVADA POR:

---

Prof. Dr. Daniel Guimarães Gerardi

Orientador e Presidente de Comissão

---

Prof. Dr. Andriago Barboza De Nardi

Membro da Comissão

---

Prof. Dra. Julia Maria Matera

Membro da Comissão

---

Prof. Dra. Anelise Bonilla Trindade-Gerardi

Membro da Comissão

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe e ao meu pai, Katherine Hörbe Steffen e Américo Castro dos Santos, pelo amor, suporte e apoio indispensável em todas as esferas da minha vida e por me estimularem a buscar conhecimento sempre e a ser a minha melhor versão como pessoa e profissional, tudo o que conquistei até aqui se deve antes de tudo a vocês.

Às minhas irmãs, Ketlly e Aylla Santos, pelas energias positivas e parceria de sempre.

Ao meu companheiro que amo, Antônio Airoidi, obrigada por ser meu parceiro de todas as jornadas e meu porto seguro, e principalmente por ter enriquecido esse trabalho com seu conhecimento acerca do modelo matemático escolhido.

À toda minha família, pelas diferentes formas de apoio e carinho durante esse período desafiador e construtivo. Aos meus pets, também minha família: Marie, minha pequena; Dorothy; Aquiles; Dobby e Apollo, que já é uma estrela.

Ao meu orientador, Daniel Gerardi, pela oportunidade do mestrado e pelos vários anos de orientação, confiança, e auxílios.

Aos meus colegas e amigos da pós graduação, especialmente Alessandra Fernandez, Aline Staudt, Ana Paula Fogliatto, Fernanda Cony, José Lucas Xavier, e Mirela Paim, obrigada pelas trocas, pela amizade, cumplicidade e companheirismo durante esses dois anos.

Aos amigos que foram presença constante de tranquilidade e parceria fora do ambiente hospitalar, especialmente Isadora Pöhlmann, Letícia Baretta, Lorenzo Millani, Pedro Vidor.

À aluna de graduação e bolsista de iniciação científica Larissa Bennet, obrigada por tudo o suporte, amizade e auxílio indispensáveis durante a condução do projeto, és uma aluna exemplar e pessoa maravilhosa de se trabalhar.

À toda a equipe do setor DERMATOVET-UFRGS que se tornou uma verdadeira família para mim; obrigada aos estagiários, bolsistas e pós-graduandos, em especial à amiga querida Gabriela Ledur. O período do mestrado sempre é repleto de aprendizados, mas com essa equipe consegui aprender feliz, principalmente por estar no meio de pessoas tão incríveis e por ter conseguido realizar muitas iniciativas importantes em um ambiente de trocas e crescimento, pelo nosso tempo juntos serei sempre grata.

A todos os pacientes e tutores que fizeram parte dessa trajetória, vocês têm minha gratidão imensa.

À banca pela honra do aceite e pela participação em uma etapa de importância inestimável na minha vida.

## RESUMO

Os tumores cutâneos estão entre as doenças mais prevalentes em cães, apresentando-se tanto como condições não neoplásicas quanto neoplásicas. Diversos estudos têm explorado a termografia infravermelha estática como uma ferramenta diagnóstica complementar em cães, especialmente no campo da oncologia. No entanto, no melhor do conhecimento dos autores, não há estudos que tenham empregado a termografia infravermelha dinâmica na oncologia ou em qualquer especialidade veterinária. O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade da termografia infravermelha dinâmica como uma técnica recém-proposta para distinguir padrões térmicos entre neoplasmas malignos e benignos, assim como outras lesões cutâneas não neoplásicas em cães. Neste estudo prospectivo, 41 cães com um total de 82 tumores cutâneos foram incluídos, compreendendo 29 neoplasmas malignos, 38 neoplasmas benignos e 15 lesões não neoplásicas. Uma bolsa térmica de gel resfriada foi aplicada por dois minutos no tumor, e imagens foram obtidas sequencialmente usando uma função de vídeo termográfico durante um período de reaquecimento cutâneo de dois minutos. Constantes de tempo, medidas em segundos e derivadas do processo de reaquecimento, foram obtidas de acordo com a lei do resfriamento de Newton como modelo matemático. Essas constantes foram utilizadas para analisar as seguintes áreas: área tumoral (E11), área saudável (E12) e área perilesional (LiM). As áreas foram avaliadas dentro do mesmo paciente, posteriormente comparadas com valores obtidos dentro do mesmo grupo e entre diferentes grupos. Dentro dos grupos, não houve diferença estatisticamente significativa entre as regiões em nenhum dos grupos. Tumores benignos apresentaram uma constante de tempo significativamente menor do que tumores malignos em E12 ( $p=0,003$ ), indicando um reaquecimento mais rápido. Em média, as neoplasias benignas obtiveram uma mediana de 50 segundos a menos que as neoplasias malignas para alcançar a recuperação térmica na área E11, embora não estatisticamente significativa. Portanto, sugerimos que os tumores malignos neste estudo possam ter uma taxa de reaquecimento mais lenta em comparação com as neoplasias benignas e lesões não neoplásicas, possivelmente associadas à neoangiogênese anormal e necrose potencial envolvida na patogênese de algumas neoplasias. No entanto, essa diferença entre os grupos não foi significativa, o que limitou a utilidade da termografia infravermelha dinâmica na diferenciação entre neoplasmas malignos e benignos, bem como na distinção entre lesões cutâneas não neoplásicas e neoplásicas. Pesquisas futuras, com amostras mais homogêneas, são necessárias para propor e padronizar protocolos e modelos matemáticos para a termografia dinâmica por infravermelho na medicina veterinária.

Palavras-chave: termografia infravermelha dinâmica; neoplasia cutânea; cão.

## **ABSTRACT**

*Skin tumors are among the most prevalent diseases in dogs, presenting as both non-neoplastic and neoplastic conditions. Several studies have explored static infrared thermography as a complementary diagnostic tool in dogs, particularly within the field of oncology. However, to the best of the authors' knowledge, no studies have employed dynamic infrared thermography in oncology or any veterinary specialty. The objective of this study was to assess dynamic infrared thermography feasibility as a newly proposed technique for distinguishing thermal patterns between malignant and benign neoplasms, as well as other non-neoplastic skin tumors in dogs. In this prospective study, 41 dogs with a total of 82 skin tumors were enrolled, comprising 29 malignant neoplasms, 38 benign neoplasms, and 15 non-neoplastic lesions. A cooled gel pack was applied for two minutes in the tumor, and images were sequentially obtained using a thermographic video feature during a two-minute skin rewarming period. Time constants, measured in seconds and derived from the rewarming process, were obtained in accordance with Newton's law of cooling as a mathematical model. These constants were used to analyze the following areas: tumoral area (E1), healthy area (E2), and perilesional area (LiM). The areas were evaluated within the same patient, subsequently compared with values obtained within the same group and between different groups. Within the groups, there was no statistically significant difference between the regions in any of the groups. Benign tumors exhibited a significantly lower time constant than malignant tumors in E2 ( $p= 0.003$ ), denoting a faster rewarming. On average, benign neoplasms obtained a median of 50 seconds less than malignant neoplasms to achieve thermal recovery on E1, although not statistically significant. Therefore, we suggest that malignant tumors in this study may have a slower rewarming rate compared to benign neoplasms and non-neoplastic lesions, possibly associated with abnormal neoangiogenesis and potential necrosis involved in the pathogenesis of some neoplasms. However, this difference was not significant, limiting the utility of dynamic infrared thermography in differentiating between malignant and benign neoplasms, as well as to distinguish between cutaneous non-neoplastic and neoplastic lesions. Future research, with more homogeneous samples, is necessary to propose and standardize protocols and mathematical models for dynamic infrared thermography in veterinary medicine.*

*Keywords: dynamic infrared thermography; skin neoplasm; dog.*

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CAD	Diagnóstico auxiliado por computador
cm	Centímetros
ROIs	Regiões de interesse
TIV	Termografia infravermelha
TIVD	Termografia infravermelha dinâmica
U.S. FDA	Administração de Alimentos e Medicamentos dos Estados Unidos da América
s	Segundos

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
$\alpha$	Absorbância
$\varepsilon$	Emissividade

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
2.1 PRINCÍPIOS DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA (TIV).....	14
2.2 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS .....	15
2.3 APLICAÇÃO DA TIV NA MEDICINA HUMANA E VETERINÁRIA .....	17
2.4 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA DINÂMICA (TIVD) .....	20
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	23
3.1 OBJETIVO GERAL .....	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
<b>4 ARTIGO CIENTÍFICO</b> .....	24
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	25
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	26
<b>APÊNDICE - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> .....	31

## 1 INTRODUÇÃO

A pele é o maior órgão do corpo em extensão, sendo frequentemente acometida por diversas enfermidades, entre elas, a presença de tumores (Miller et al., 2013; Mathew et al., 2020). Em cães, lesões tumorais podem ser neoplásicas ou não neoplásicas (Machado et al., 2018) e são facilmente visualizadas pelos tutores e veterinários (Martins et al., 2021). Tumores não neoplásicos e neoplásicos são macroscopicamente e clinicamente similares, sendo imprescindível um diagnóstico adequado (Kukolj et al., 2021). A modalidade diagnóstica e terapêutica de escolha geralmente é a excisão cirúrgica (Mathew et al., 2022). O método padrão ouro para um diagnóstico confirmatório é a histopatologia, que também auxilia no estadiamento tumoral e estabelecimento de prognóstico (Machado et al., 2018).

A termografia infravermelha objetiva identificar a energia térmica emitida pela superfície de um animal, transformando-a em uma imagem visível, geralmente disposta em escalas de cores graduadas (Roberto; Souza, 2014; Casas-Alvarado et al., 2020). A termografia consiste em uma técnica recente, mas com crescente popularidade na área médica, pois permite detectar alteração na homeostasia corporal e vascularização periférica, com a percepção de assimetria nos padrões térmicos do paciente de forma rápida, indolor, e não invasiva (Vainionpää, 2014; Ferreira et al., 2016).

Alterações fisiológicas que cursem com aumento da perfusão sanguínea, como inflamação, neoplasias e infecção, ou processos que incidam na diminuição do fluxo de sangue, como isquemia e necrose, podem ser avaliados por meio desta técnica (Love, 1980; Redaelli et al., 2014; Sturion et al., 2020).

A termografia infravermelha pode ser conduzida de forma estática (TIV), com fotografias ou gravações, ou dinamicamente, através da resposta a aplicação de um estímulo específico (químico, mecânico ou térmico) previamente à obtenção de imagens térmicas (Magalhães; Vardasca; Mendes, 2018). A termografia dinâmica (TIVD) tem apresentado resultados promissores, principalmente na triagem diagnóstica de neoplasias (Magalhães; Santa-Cruz et al., 2009; Godoy et al., 2015; Magalhães, Vardasca, Mendes, 2018). Entretanto, até o conhecimento dos autores, a termografia dinâmica nunca foi utilizada na veterinária.

O presente estudo objetiva utilizar a TIVD para avaliar a viabilidade da utilização do exame como ferramenta de triagem diagnóstica, na diferenciação de tumores cutâneos neoplásicos e não neoplásicos. Além disto, visa avaliar se a técnica possui utilidade na diferenciação preliminar entre neoplasias malignas e benignas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PRINCÍPIOS DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA (TIV)

A termoregulação é uma das principais funções da pele, sendo controlada principalmente por mecanismos neuro-vasculares em resposta a estímulos externos e internos, como exposição solar prolongada e doenças infecciosas, respectivamente (Magalhães; Vardasca; Mendes, 2018). Humanos e outros mamíferos, como cães e gatos, são animais homeotérmicos, e conseguem manter a sua temperatura corporal relativamente constante mesmo que submetidos a variações ambientais (De Weerd; Mercer; Weum, 2011; Lahiri, 2012).

O calor é conduzido pelo corpo através do sangue, que atua como meio de transferência térmica, armazenando e dissipando o calor produzido pelo metabolismo e realizando trocas térmicas com o ambiente circundante a partir da superfície da pele (De Weerd; Mercer; Weum, 2011; Sarigoz; Ertan, 2020). A principal forma de perda do calor pela pele é por meio de radiação infravermelha, que é invisível ao olhar humano, mas que pode ser detectada por câmeras específicas e processada em imagens térmicas visíveis (Gambardella et al., 2019; Gonzalez-Hernandez et al., 2019).

A termografia infravermelha (TIV) é baseada na característica da radiação térmica ser composta por ondas eletromagnéticas cujos comprimentos de onda, maiores que a luz visível, variam conforme o material do objeto e podem ser detectados por ferramentas específicas (Vollmer; Möllmann, 2017). Noções sobre a Lei de Stefan-Boltzmann, a Lei de Planck para corpos negros e de conceitos como emissividade e absorvância são essenciais para uma adequada compreensão dos princípios que regem a TIV (Clausing, 2007; Gambardella et al., 2019).

A Lei de Stefan-Boltzmann, essencial para a termografia, estabelece que o comprimento de onda emitido está relacionado à temperatura superficial do objeto (Gambardella et al., 2019). A equação de Stefan-Boltzmann pode ser representada por:

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

na qual,  $Q$  é a intensidade da radiação,  $\varepsilon$  é a emissividade do material,  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann, e  $T$  é a temperatura absoluta. Portanto, de acordo com essa lei, objetos mais quentes emitem mais radiação infravermelha (Clausing, 2007).

A pesquisa no campo da TIV incorpora a equação de Stefan-Boltzmann às contribuições de Max Planck, especialmente sua lei dos corpos negros ou da radiação incandescente, que

estabelece a radiação térmica como sendo composta por diferentes comprimentos de onda, e quanto maior a intensidade espectral, maior a temperatura do objeto. Ou seja, objetos mais frios emitem radiação em ondas mais longas, enquanto que objetos mais quentes emitem a radiação em ondas mais curtas (Clausing, 2007). Uma imagem termográfica, ou termograma, representa de forma visível as distribuições dos diferentes comprimentos de onda captados pela câmera termográfica (Mikail, 2010; Ferreira et al., 2016; Vollmer; Möllmann, 2017).

Em relação ao modelo de corpo negro ideal proposto por Max Planck, este seria um objeto inexistente, que absorve e emite a energia absorvida integralmente. Ou seja, nesses objetos existiria um equilíbrio entre a absorção e emissão de energia, sendo a absorbância ( $\alpha$ ) e emissividade ( $\varepsilon$ ) de radiação equivalentes ( $\alpha = \varepsilon = 1$ ). Apesar de todos os objetos (com temperatura acima de zero absoluto) e animais emitirem radiação infravermelha a emissividade é variável conforme o material que compõe o objeto ou o tecido animal em análise, e a radiação emitida não é totalmente reabsorvida, sendo sempre maior que 0 e inferior a 1 (Novo et al., 2014; Roberto; Souza, 2014; Casas-Alvarado et al., 2020).

Quanto maior a emissividade, melhores são as propriedades radiativas do corpo ou objeto, e diferentes materiais possuem diferentes emissividades. Animais homeotérmicos, incluindo seres humanos, apresentam emissividade variável, influenciada por fatores como espécie, pelagem, estado reprodutivo e idade. Valores típicos para emissividade em humanos variam de 0,97 a 0,99, enquanto em animais de companhia, como cães e gatos, os valores geralmente situam-se entre 0,93 a 1, sendo valores médios de 0,97 e 0,98 mais utilizados em cães por sua similaridade à emissividade em humanos (Mikail, 2010; Roberto; Souza, 2014; Novo et al., 2014; Ferreira et al., 2016; Holanda et al., 2023).

## 2.2 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS

A utilização da TIV na área médica consiste basicamente em uma técnica que objetiva capturar e mensurar a radiação térmica em forma de calor emitida pela superfície da pele de um paciente por meio de uma câmera termográfica, produzindo imagens denominadas de termogramas (Ferreira et al., 2016; Casas-Alvarado et al., 2020). Diferentemente de outros métodos de diagnóstico por imagem, a TIV é um exame que não resulta em riscos ao paciente, comparativamente à outros exames de imagem modernos tem um custo atrativo, não está associado com sedação ou anestesia geral, é indolor, rápido, não invasivo e não exige contato direto com o paciente (Magalhães; Vardasca; Mendes, 2018; Gonzalez-Hernandez et al, 2019).

Apesar da TIV ser um exame facilmente realizado, o sucesso da técnica depende de fatores indispensáveis na preparação do ambiente e paciente no momento da captação da imagem termográfica (Lahiri, 2012). Fatores tecnológicos referentes ao equipamento ou processamento, fatores extrínsecos ou ambientais e intrínsecos ao paciente podem interferir na interpretação do exame termográfico (Rekant et al., 2016; Casas-Alvarado et al., 2020).

Em estudo desenvolvido por Moreira et al. (2017) foi proposto um check-list com 15 itens direcionados para a padronização de exames utilizando TIV na medicina humana que pode ser um guia no direcionamento de um bom exame termográfico. Entretanto, para padronização de protocolos na veterinária existem algumas particularidades a serem ressaltadas.

Em relação ao equipamento, é importante um equipamento de qualidade e com boa definição de imagem, sendo recomendadas câmeras com definição de no mínimo 320 x 240 pixels em estudos envolvendo pequenos animais (Casas-Alvarado et al., 2022). É relevante também, durante a obtenção de imagens, estabelecer protocolos padronizados de angulação e distância da câmera entre paciente e operador. Distâncias sugeridas variam entre 0,6 m e 1 m, e a melhor angulação sugerida é de 90° (Vainionpää, 2014; Zanghi, 2016; Kwon; Brundage, 2019; Casas-Alvarado et al., 2020; Holanda et al., 2023).

Visando minimizar a presença de artefatos nos termogramas que impossibilitem ou dificultem a interpretação pelo usuário preconiza-se, além de um bom equipamento e preparo técnico, que o exame termográfico seja conduzido em um ambiente controlado em relação à temperatura, umidade, luminosidade e fluxo de ar (Casas-Alvarado et al., 2020). A temperatura ambiental deve-se manter entre 22 e 30°C para investigações termográficas em animais, e deve ser alinhada com a zona termoneutra da espécie a ser analisada, com valores para umidade entre 30 e 50% (Holanda et al., 2023). O paciente deve ser aclimatado à sala de exame por no mínimo 15 minutos previamente à obtenção dos termogramas, e durante a aquisição das imagens não deve haver luminosidade incandescente e fluxo de ar diretamente incidente no paciente (Sturion et al., 2020).

Com a finalidade de obter um protocolo padronizado e imagens com repetibilidade a preparação para o exame termográfico também inclui recomendações prévias importantes para o paciente, tais como: evitar exposição ao frio ou calor, exercícios físicos, não administrar nenhum produto tópico na região de interesse previamente ou medicamento parenteral que possa alterar a micro-circulação, dentre outros. (Lahiri, 2012; Moreira et al., 2017; Ekici; Jawzal, 2020; Sturion et al., 2020).

Pacientes veterinários também possuem uma particularidade a ser ressaltada que os difere de pacientes humanos, que é a presença de pelo, com pelagens densas por vezes atuando como

isolante térmico e dificultando a análise termográfica (Kwon; Brundage, 2019). Ainda não existe um consenso de padronização em relação à tosa ou não previamente ao exame termográfico, entretanto, em caso de realização da tosa deve-se aguardar entre 15 e 60 minutos antes de iniciar o exame termográfico (Loughin; Marino, 2007; Melo et al., 2015; Holanda et al., 2023).

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 saudáveis. E em estudo conduzido por Infernuso e colaboradores (2010) que buscou avaliar ruptura de ligamento cruzado cranial em cães com tosa e sem tosa na região, embora as médias térmicas fossem maiores no grupo sem pelagem, o padrão térmico permaneceu inalterado entre ambos os grupos.

As imagens térmicas ou termogramas obtidos contém dados de temperatura para cada pixel da imagem obtida, e são posteriormente processados por softwares específicos com a finalidade de avaliar regiões de interesse (ROIs) (Moreira et al., 2017). Na interpretação de termogramas pode-se utilizar diferentes paletas de cores (multicoloridas, monocromáticas) para auxiliar na avaliação térmica do corpo ou objeto de interesse. Na área médica a preferência é pela utilização de paletas coloridas, buscando acentuar os contrastes térmicos observados para a região de interesse do paciente (De Weerd; Mercer; Weum, 2011; Ferreira et al., 2016).

Nos termogramas coloridos cada tonalidade corresponde a uma quantidade maior ou menor de energia térmica emitida pelo corpo sob análise. Dessa forma, é possível examinar de maneira mais acessível e dinâmica as variações térmicas resultantes do fluxo sanguíneo em um paciente. Quando se utiliza paletas coloridas para a realização da termografia as áreas com temperaturas mais elevadas são representadas por cores quentes, como branco, vermelho e laranja, enquanto as regiões mais frias são predominantemente exibidas como cores frias, tais como azul e violeta (Clausing, 2007; De Weerd; Mercer; Weum, 2011).

### **2.3 APLICAÇÃO DA TIV NA MEDICINA HUMANA E VETERINÁRIA**

A TIV é amplamente utilizada na área médica pois permite avaliar a microcirculação superficial da pele com base nas consequentes variações nas temperaturas dos tecidos (Roberto; Souza, 2014; Gonzalez-Hernandez et al., 2019). Assimetrias nos padrões térmicos são muitas vezes associadas a alterações no sistema nervoso autônomo e podem ser de origem inflamatória aguda ou crônica, infecciosa, neoplásica, relacionada ao estresse e à dor (Casas-Alvarado et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2023). A TIV pode evidenciar processos que resultem em angiogênese

e aumento na vascularização sistêmica ou local com a presença de “pontos quentes” (*hot spots*), bem como alterações crônicas que desencadeiem uma redução da vascularização, os chamados “pontos frios” (*cold spots*), que são muitas vezes associados com necrose ou isquemia (Roberto; Souza, 2014; Vainionpää, 2014).

O início da utilização da TIV na medicina foi em meados de 1960, auxiliando tanto em ensaios clínicos de pacientes com artrose quanto na detecção de câncer de mama em mulheres (Vainionpää, 2014; Sarigoz; Ertan, 2020). Em 1982 a Food and Drug Administration (US-FDA), Administração de Alimentos e Medicamentos dos Estados Unidos da América, autorizou o uso da TIV de forma complementar à mamografia (Husani et al., 2020). Atualmente, mais de 800 trabalhos, contando com 110 revisões de literatura, foram publicados abordando a utilização da TIV apenas em tumores de mama em mulheres (John et al., 2016).

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; Jawzal, 2020). Por isso, novas alternativas que auxiliem no diagnóstico da neoplasia têm sido propostas, entre elas uma opção em ascensão é a TIV (Lahiri, 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, 2018). 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).

Em humanos, a técnica teve um aumento em sua utilização entre 1990 e 2000, quando houve a disponibilidade de câmeras mais modernas e com maior qualidade de imagem, e vem adquirindo crescente importância e relevância na área médica (Gonzalez-Hernandez et al., 2019; Casas-Alvarado et al., 2020; Holanda et al., 2023). Atualmente, a TIV é amplamente utilizada em estudos com pacientes humanos, e sua indicação é no intuito de identificar as mais diversas alterações patológicas que curse com aumento (hiperperfusão) e diminuição do fluxo sanguíneo (hipoperfusão). Pode-se citar, além do uso em neoplasias mamárias, as aplicações em: tumores de tireoide, neoplasias cutâneas, monitoramento de diabetes e viabilidade de transplantes, doenças auto-imunes e oculares, termorregulação, cirurgia plástica, medicina de esportes, trauma, queimaduras, dentre outras (Brioschi; Macedo; Macedo, 2003; De Weerd,

Mercer; Weum, 2011; Kaczmarek; Nowakowski, 2017; Magalhães; Vardasca; Mendes, 2018; Norheim et al., 2018; Gonzalez-Hernandez et al., 2019; Verstockt et al., 2021; Ramirez-Garcialuna et al., 2022).

Na veterinária, os primeiros estudos foram em equinos, na década de 1960, visando avaliar osteopatias (Turner, 2001). Atualmente diversos estudos propondo a TIV como ferramenta auxiliar de diagnóstico em medicina veterinária têm sido propostos, em grandes animais, animais silvestres e pequenos animais (Vainionpää, 2014; Mota-Rojas et al., 2023). Na clínica de pequenos animais destaca-se o uso nas áreas de ortopedia, oncologia, neurologia, comportamento animal, cirurgia reconstrutiva e manejo de feridas e da dor, reabilitação e fisioterapia, dentre outras aplicações (Casas-Alvarado et al., 2020). As vantagens inerentes à técnica, como sua natureza não invasiva, custo-benefício do procedimento e acessibilidade para operar o equipamento estimulam o contínuo interesse para pesquisas e novas aplicações da técnica em cães e gatos (Herlofson, 2017; Lama, 2017).

Na oncologia de pequenos animais a TIV é uma técnica em ascensão (Holanda et al., 2023), sendo utilizada em consonância com a medicina humana, com alguns estudos visando avaliação de neoplasias mamárias. Em pacientes veterinários, entre 50 e 70% dos tumores mamários são malignos (Reis et al., 2010; Pavelski et al., 2015). 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, 2018).

Os resultados de estudos associando a utilização da termografia com o diagnóstico de tumores de mama em cadelas são contrastantes. As divergências nas conclusões dos artigos podem ser explicadas por diferenças nos objetivos e limitações de cada um dos estudos, assim como nos protocolos de aclimatação e padronização do ambiente (Pavelski et al., 2015; Clementino; Lins; Azevedo, 2018).

Foram também publicados estudos promissores envolvendo a TIV em tumores de pele e tecidos moles em felinos (Nitrini; Cogliati; Matera, 2020), osteossarcoma (Amini et al., 2012; Subedi et al., 2014), mastocitomas (Melo et al., 2015) e tumores perianais em cães (Zanuto et al., 2021). Estudos realizados em cães e gatos concordam que a TIV pode ser uma ferramenta sensível e eficaz para diferenciar tumores malignos de benignos, podendo auxiliar na elaboração de chegar a prognósticos oportunos em pacientes oncológicos (Casas-Alvarado et al., 2022; Holanda et al., 2023).

Nitrini, Cogliati e Matera (2020) empregaram a TIV para avaliar tumores de pele e tecidos moles, assim como na identificação de padrões térmicos de sarcomas de tecidos moles em

felinos, correlacionando os achados termogáficos com tipo histopatológico de cada neoplasia. Os padrões térmicos variaram amplamente entre áreas de pele saudável e tumoral avaliadas, com tumores malignos tendo médias térmicas significativamente maiores que tumores benignos e temperaturas acima de 34,7 °C associadas com malignidade (Nitrini; Cogliati; Matera, 2020).

Resultados promissores foram obtidos utilizando a TIV como ferramenta de triagem diagnóstica em tumores ósseos, com boa sensibilidade e especificidade para detecção de neoplasias ósseas, diferenciando-as de tecido saudável (Amini et al., 2012; Subedi et al., 2014). A TIV também revelou diferenças marcantes entre tecidos tumorais e pele saudável em estudo envolvendo cães com mastocitoma, entretanto as variações na temperatura da pele não foram correlacionadas com grau histológico e dados clínicos (Melo et al., 2015).

Utilizando a TIV em estudo conduzido visando diferenciar tumores benignos e malignos de glândulas perianais de cães, diferenças de temperatura maiores ou iguais a 1°C entre tumores circum-anais e pele saudável do esfíncter anal aumentaram a probabilidade de diagnóstico de neoplasia maligna em 17,45% (Zanuto et al., 2021).

Vale a pena ressaltar que um desafio na aplicação da TIV na veterinária é a padronização de protocolos de aquisição da imagem (Holanda et al., 2023). Na medicina humana, quando na dificuldade de padronização ambiental ou individual e na busca por termogramas com maior acurácia, a termografia infravermelha dinâmica vêm crescendo em popularidade e destaque como uma técnica alternativa de exame termográfico (De Weerd; Mercer; Weum, 2011; Gonzalez-Hernandez et al., 2019).

A termografia infravermelha pode ser estática (TIV) ou dinâmica (TIVD). Na medicina veterinária a termografia vem sendo utilizada, no melhor do conhecimento da autora, exclusivamente na forma convencional ou estática (TIV), sendo a TIVD utilizada exclusivamente na medicina humana.

#### **2.4 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA DINÂMICA (TIVD)**

A termografia ativa ou dinâmica (TIVD) é realizada por meio de indução de estresse térmico, de forma a gerar um contraste térmico, seguido de mensuração da fase de recuperação térmica com termogramas sequenciais (Iljaž et al., 2020; Mashekova et al., 2022). Essa técnica evidencia de forma mais marcante os contrastes térmicos entre tecidos com alterações patológicas (neoplasias, por exemplo) e saudáveis, resultando muitas vezes em maior acurácia diagnóstica, em comparação com o exame convencional de aquisição de imagens de forma estática (Iljaž et al., 2020; Mashekova et al., 2022). A análise e comparação dos gradientes de

distribuição de temperatura na TIVD permitem melhor compreensão do conteúdo diagnóstico fornecido pelos termogramas (Kaczmarek; Nowakowski, 2017).

O estresse térmico pode ser exercido no local de interesse ou em áreas distantes, e pode durar de segundos a minutos (Gonzalez-Hernandez et al., 2019). A maioria dos trabalhos utiliza um intervalo de tempo de 2 a 6 minutos, com temperaturas abaixo de 15 °C (Mashekova et al., 2022). As técnicas mais comuns de estresse térmico na TIVD envolvem resfriamento por ventilador, imersão em água fria, e contato direto de objetos frios ou quentes com a superfície da pele (De Weerd; Mercer; Weum, 2011). Após o estímulo estressor, o padrão de recuperação térmico da pele em direção ao equilíbrio é registrado com a câmera termográfica (De Weerd; Mercer; Weum, 2011).

Áreas com anormalidades metabólicas ou vasculares conseguem ser visualizadas com mais facilidade, principalmente na oncologia, campo médico de maior utilização da técnica (Gonzalez-Hernandez et al., 2019). Nas neoplasias ocorre aumento da perfusão sanguínea no tecido tumoral e liberação de substâncias vasoativas pelas células neoplásicas (óxido nítrico, por exemplo), processos que resultam em uma apresentação clínica de inflamação e em temperaturas maiores (Sarigoz; Ertan, 2020).

Normalmente, as neoplasias benignas são retratadas como mais frias do que o tecido circundante, enquanto que os neoplasmas malignos são geralmente representados por altas temperaturas, criando um padrão hipertérmico no termograma (Magalhães et al., 2019). Entretanto, outros processos patológicos como necrose tecidual associada e vascularização local abundante podem fazer com que termogramas de neoplasias malignas sejam mais frios e de neoplasias benignas sendo retratadas como mais quentes (Holanda et al., 2023).

Em razão dos processos inflamatórios e de angiogênese, taxa metabólica alterada, hipertensão intersticial, morfologia anormal dos vasos e falta de resposta aos sinais homeostáticos envolvidos em neoplasias, conseqüentemente após estresse frio, o tecido tumoral tende a se comportar de forma distinta a tecidos saudáveis em relação à termorregulação e dissipação térmica local, sendo geralmente mais quente que tecidos saudáveis (Gonzalez-Hernandez et al., 2019, Santa-Cruz et al., 2009; Verstockt et al., 2021). Em decorrência desses processos patológicos previamente descritos, tecidos neoplásicos tendem a atingir um estado estável mais rapidamente do que o tecido normal na TIVD (Sarigoz; Ertan, 2020).

Para algumas finalidades da TIVD na medicina podem ser citadas: detecção da viabilidade de cirurgias plásticas e reconstrutivas, avaliação da psoríase e testes alérgicos, auxílio no diagnóstico de câncer de mama e de pele, detecção de queimaduras, avaliação de cicatrização tecidual e circulação periférica, dentre outras aplicações biomédicas (De Weerd;

Mercer; Weum, 2011; Kaczmarek e Nowakowski, 2017; Magalhães; Verdasca; Mendes, 2018; Verstockt et al., 2021; Verstockt et al., 2023).

Além do uso consolidado em câncer de mama em mulheres, a utilização da TIVD parece ser uma tendência crescente em estudos sobre câncer de pele. A técnica é associada com uma média de melhoria de padrões térmicos, facilitando a detecção, diferenciação e caracterização de diferentes tipos de câncer de pele, assim como na diferenciação entre nevus melanocítico e melanoma (Magalhães; Verdasca, Mendes, 2018; Magalhães et al., 2019).

Com a modernização dos computadores e a popularização de ferramentas contendo algoritmos de inteligência artificial a TIVD (assim como a TIV) também pode ser associada com um processamento por softwares específicos, visando um diagnóstico auxiliado por computadores (“*computer-aided diagnosis*” ou CAD). Dessa forma, os termogramas são processados automaticamente e informações mais relevantes são extraídas, visando a diminuição em artefatos de imagem e conseqüentemente um aumento de sensibilidade e especificidade (Gonzalez-Hernandez et al., 2019; Holanda et al., 2023).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

O presente estudo objetiva avaliar o uso da termografia dinâmica em cães como exame de triagem diagnóstica para distinguir lesões cutâneas neoplásicas e não neoplásicas, bem como na diferenciação entre neoplasias malignas e benignas.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- a) Avaliar se a termografia dinâmica é capaz de detectar distintos padrões térmicos resultantes de recuperação térmica de lesões cutâneas não neoplásicas e neoplásicas em cães.
- b) Avaliar se neoplasias cutâneas malignas tendem a demonstrar menor constante de tempo (em segundos) de recuperação térmica após estresse térmico em comparação com neoplasias benignas e lesões não neoplásicas.
- c) Comparar os padrões ou gradientes térmicos decorrentes da recuperação térmica e constantes de tempo de cada tumor para as áreas de pele lesional, áreas perilesionais e áreas de pele saudável de cada paciente.
- d) Comparar os padrões ou gradientes térmicos decorrentes da recuperação térmica e constantes de tempo de cada um dos três grupos avaliados (lesões cutâneas não neoplásicas, neoplasias malignas, neoplasias benignas) entre si, para as áreas de pele lesional, áreas perilesionais e áreas de pele saudável.

#### **4 ARTIGO CIENTÍFICO**

Os resultados, bem como os materiais e métodos empregados para a realização do estudo que compõe esta dissertação, serão apresentados na forma de artigo científico para submissão na revista *Veterinary and Comparative Oncology*.

## 5 CONCLUSÕES

Neste estudo, a termografia infravermelha dinâmica teve uma utilidade limitada para diferenciar lesões cutâneas não neoplásicas e neoplásicas, assim como não possibilitou a distinção entre neoplasias malignas e benignas. Pesquisas futuras são necessárias para propor e padronizar protocolos e modelos matemáticos para a termografia infravermelha dinâmica na medicina veterinária.

## REFERÊNCIAS

- 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 do Evento. Chongqing: IEEE, p. 485-489, out. 2012.
- BRIOSCHI, M. L.; MACEDO J. F.; MACEDO, R. A. C. Termografia cutânea: novos conceitos. *Revista Vasculiar Brasileira*, v. 2, n. 2, p. 151-160, 2003.
- CASAS-ALVARADO, A. et al. Advances in infrared thermography: Surgical aspects, vascular changes, and pain monitoring in veterinary medicine. *Journal of Thermal Biology*, v. 92, n. 1, p. 102664-102673, ago. 2020.
- CASAS-ALVARADO, A. et al. Thermal and Circulatory Changes in Diverse Body Regions in Dogs and Cats Evaluated by Infrared Thermography. *Animals*, v. 12, n. 6, p. 789, 20 mar. 2022.
- CIFUENTES, I. J. et al. Augmented reality and dynamic infrared thermography for perforator mapping in the anterolateral thigh. *Archives of Plastic Surgery*, v. 45, n. 03, p. 284–288, maio 2018.
- CLAUSING, L. T. Emissivity: Understanding the difference between apparent and actual infrared temperatures. Fluke Education Partnership Program. 2007. [Online] Disponível em: [http://support.fluke.com/educators/Download/Asset/2563251\\_6251\\_ENG\\_B\\_W.PD](http://support.fluke.com/educators/Download/Asset/2563251_6251_ENG_B_W.PD)  
F. Acesso em: 17 jan. 2024.
- 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, nov. 2018.
- DE WEERD, L. ; MERCER, J. B. ; WEUM, S. Dynamic Infrared Thermography. *Clinics in Plastic Surgery*, v. 38, n. 2, p. 277–292, abr. 2011.
- EKICI, S.; JAWZAL, H. Breast cancer diagnosis using thermography and convolutional neural networks. *Medical Hypotheses*, v. 137, n. 1, p. 109542, abr. 2020.
- FERREIRA, K. D. et al. Termografia infravermelha em medicina veterinária. *Enciclopédia Biosfera*, v. 13, n. 23, p. 1298-1313, jun. 2016.
- 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.

GODOY, S. E. et al. Dynamic infrared imaging for skin cancer screening. *Infrared Physics & Technology*, v. 70, p. 147–152, maio 2015.

GONZALEZ-HERNANDEZ, J.-L. et al. Technology, application and potential of dynamic breast thermography for the detection of breast cancer. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, v. 131, p. 558–573, mar. 2019.

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

HOLANDA, A. G. A.; CORTEZ, D. E. A.; QUEIROZ, G. F.; MATERA, J.M.. Applicability of thermography for cancer diagnosis in small animals. *Journal of Thermal Biology*, v. 114, p. 103561, maio 2023.

HUSAINI, M. A. S. A. et al. A Systematic Review of Breast Cancer Detection Using Thermography and Neural Networks. *IEEE Access*, v. 8, p. 208922–208937, nov. 2020.

ILJAŽ, J. et al. Solving inverse bioheat problems of skin tumour identification by dynamic thermography. *Inverse Problems*, v. 36, n. 3, p. 035002, fev. 2020.

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.

JOHN, H.E.; NIUMSAWATT, V.; ROZEN, W.M.; WHITAKER, I. S. Clinical applications of dynamic infrared thermography in plastic surgery: a systematic review. *Gland Surg*, v. 5, n. 2, p. 122-32, abr. 2016.

KACZMAREK, M.; NOWAKOWSKI, A. Active Dynamic Thermography in Medical Diagnostics. In: NG, Eddie YK; ETEHADTAVAKOL, Mahnaz (Orgs.). *Application of Infrared to Biomedical Sciences*. Singapore: Springer Singapore, 2017, p. 291–310. (Series in BioEngineering).

KUKOLJ, V.; NEŠIĆ, S.; MARINKOVIĆ, D.; ALEKSIĆ-KOVAČEVIĆ, S. Prevalence and distribution of canine neoplastic and non-neoplastic cutaneous lesions in Serbia: a retrospective study of 2432 Cases (2011 – Mid 2021). *Acta Veterinaria*, v. 71, n. 4, p. 403–416, dez. 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.

LAHIRI, B. B.; BAGAVATHIAPPAN, S. ; JAYAKUMAR, T. ; PHILIP. J. Medical application of infrared thermography: A review. *Infrared Physics & Technology*, v. 55, n. 4, p. 221- 235, jul. 2012.

- LAMA, N. Optimized Veterinary Thermographic Image Classification using Support Vector Machines and Noise Mitigation. 2017. Dissertação (Mestrado) – Southern Illinois University, Carbondale, 2017.
- 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, out. 2007.
- LOVE, T. J. Thermography as an indicator of blood perfusion. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 335, p. 429-437, 1980.
- MACHADO, G. et al. Incidence of skin tumors in dogs in Salvador, Bahia state, Brazil (2007-2016). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 38, n. 11, p. 2139–2145, nov. 2018.
- MAGALHAES, C.; VARDASCA, R.; MENDES, J. Recent use of medical infrared thermography in skin neoplasms. *Skin Research and Technology*, v. 24, n. 4, p. 587–591, nov. 2018.
- MAGALHÃES, C. et al. Distinguishing melanocytic nevi from melanomas using static and dynamic infrared thermal imaging. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, v. 33, n. 9, p. 1700–1705, set. 2019.
- MARTINS, A. et al. Analysis of risk factors for canine mast cell tumors based on the Kiupel and Patnaik grading system among dogs with skin tumors. *Open Veterinary Journal*, v. 11, n. 4, p. 619, nov. 2021.
- MASHEKOVA, A. et al. Early detection of the breast cancer using infrared technology – A comprehensive review. *Thermal Science and Engineering Progress*, v. 27, p. 101142, jan. 2022.
- MATHEW, R. et al. A Study of occurrence, gross and histopathological characteristics of canine cutaneous neoplasms. *Indian Journal of Animal Research*, v. 54, n. 11, p.1367-1372, mar. 2020.
- MELO, S. M. et al. Thermographic assessment of canine mast cell tumours. *Indian Journal of Applied Research*, v. 5, n. 3, p. 539-543, mar. 2015.
- MILLER, W. H.; GRIFFIN, C. E; CAMPBELL, K. L. Structure and Function of the Skin. In: MILLER, W. H.; GRIFFIN, C. E; CAMPBELL, K. L., et al. *Muller & Kirk's small animal dermatology*. 7<sup>a</sup> ed. St. Louis, Mo: Elsevier, 2013.
- MIKAIL, S. Termografia: diagnóstico através da temperatura. *Nosso Clínico*, [s.l.], v. 13, n. 74, p. 20-24, 2010.

- MOREIRA, D. G. et al. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: A Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. *Journal of Thermal Biology*, v. 69, p. 155–162, out. 2017.
- MOTA-ROJAS, et al. Pathophysiology of Fever and Application of Infrared Thermography (IRT) in the Detection of Sick Domestic Animals: Recent Advances. *Animals*, v. 11, n. 8, p. 2316, ago. 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*, v. 23, n. 6, p. 513–518, jun. 2021.
- NORHEIM, A. J. et al. Variability in peripheral rewarming after cold stress among 255 healthy Norwegian army conscripts assessed by dynamic infrared thermography. *International Journal of Circumpolar Health*, v. 77, n. 1, p. 1536250, nov. 2018.
- 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.
- 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.
- RAMIREZ-GARCIALUNA, J. L. et al. Infrared Thermography in Wound Care, Surgery, and Sports Medicine: A Review. *Frontiers in Physiology*, v. 13, p. 838528, 3 mar. 2022.
- 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.
- 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.
- 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.
- SARIGOZ, T.; ERTAN, T. Role of dynamic thermography in diagnosis of nodal involvement in patients with breast cancer: A pilot study. *Infrared Physics & Technology*, v. 108, p. 103336, ago. 2020.

- SANTA CRUZ, G. A. et al. Dynamic infrared imaging of cutaneous melanoma and normal skin in patients treated with BNCT. *Applied Radiation and Isotopes*, v. 67, n. 7–8, p. S54–S58, jul. 2009.
- SEFTON, J. M. et al. Therapeutic Massage of the Neck and Shoulders Produces Changes in Peripheral Blood Flow When Assessed with Dynamic Infrared Thermography. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, v. 16, n. 7, p. 723–732, jul. 2010.
- 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.
- 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.
- TURNER, T. A. Diagnostic thermography. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, [s.l.], v. 17, n. 1, p. 95-114, abr. 2001.
- VAINIONPÄÄ, M. Thermographic imaging in cats and dogs usability as a clinical method. 2014. Tese (Doutorado) – University of Helsinki, Uppsala, 2014.
- VERSTOCKT, J. et al. Dynamic Infrared Thermography (DIRT) in Biomedical Applications: DIEP Flap Breast Reconstruction and Skin Cancer. *The 16th International Workshop on Advanced Infrared Technology & Applications. Anais... Em: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ADVANCED INFRARED TECHNOLOGY AND APPLICATIONS. MDPI*, nov. 2021.
- VERSTOCKT, J. et al. Comparative Analysis of Cooling Methods for Dynamic Infrared Thermography (DIRT)-Based Skin Cancer Diagnosis. *Applied Sciences*, v. 13, n. 18, p. 10105, 7 set. 2023.
- 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.
- 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.
- ZANUTO, E. B. M. et al. Diagnostic Value and Application of Infrared Thermography in the Analysis of Circumanal Gland Tumors. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 8, p. 692221, 27 jul. 2021.

**APÊNDICE - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO**

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário, em uma pesquisa. Após ser esclarecido(a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Na sua cópia consta o telefone e endereço institucional do pesquisador principal, de modo que você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e a participação do seu cão, agora ou a qualquer momento. Em caso de recusa ou desistência você não será penalizado(a) de forma alguma. Em caso de dúvida você pode procurar o Comitê de Ética em Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pelo telefone (51) 3308 – 3738 ou pelo e-mail ceua@propeq.ufrgs.br.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

**Título do projeto:** Avaliação da temperatura de nódulos cutâneos em cães

**Pesquisador responsável:** Prof. Dr. Daniel Guimarães Gerardi – Professor associado do Departamento de Medicina Animal da Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e coordenador do projeto.

**Endereço:** Av. Bento Gonçalves, 9090 – Agronomia, Porto Alegre/RS

CEP: 91540-000

Telefone: 51 3308-6922

**E-mail:** daniel.gerardi@ufrgs.br

**Colaboradores:**

Keylla Hörbe Steffen dos Santos – Médica Veterinária, aluna de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGCV-UFRGS).

**Telefone para contato:** (51) 981855757

**E-mail:** keyllahss@gmail.com

Rosane da Costa Duarte – Médica Veterinária, aluna de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGCV-UFRGS).

**Telefone para contato:** (51) 995785081

**E-mail:** rosanecostad@gmail.com

Gabriela Ledur - Médica Veterinária, servidora técnica do Hospital de Clínicas Veterinárias (HCV-UFRGS) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGCV-UFRGS)

**Telefone para contato:** (51) 995593009

**E-mail:** gabirledur@hotmail.com

O cão sob sua tutela está sendo convidado para participar da pesquisa: “Avaliação da temperatura de tumores cutâneos em cães”.

Seu cão está sendo convidado para participar da pesquisa: “Avaliação da temperatura de tumores cutâneos em cães”. Seu cão foi selecionado e a participação do mesmo não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir e retirar seu consentimento para o seu cão fazer parte da pesquisa. Sua recusa não trará nenhum prejuízo na relação do seu animal com o pesquisador ou com a instituição. O objetivo deste projeto é utilizar a termografia para avaliar a temperatura de nódulos cutâneos com distintas apresentações em cães.

Após um tempo de preparo prévio em sala específica de 15 minutos, seu cão será submetido a um contato com um pacote de gelo reutilizável no local da lesão cutânea durante 2 minutos. Durante esse tempo e por mais 2 minutos o seu cão será filmado com câmera de imagem infravermelha, totalizando uma média de 5 minutos de filmagem. A temperatura retal do cão também será medida com termômetro veterinário.

Não há riscos à saúde do cão relacionado com a participação na pesquisa, sendo todos os procedimentos realizados classificados de grau de severidade leve, conforme documentação acessória fornecida pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFRGS (CEUA-UFRGS).

Você terá a garantia de sigilo das informações obtidas bem como o direito de retirar o consentimento a qualquer tempo.

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO:

Eu, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo  
assinado, responsável pela instituição \_\_\_\_\_, autorizo que os cães  
presentes nesta instituição, atualmente sob minha responsabilidade, participem do projeto  
“Avaliação da temperatura de tumores cutâneos em cães”. Bem como o registro fotográfico  
e em vídeo do mesmo.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação dos cães e que  
fui devidamente informado e esclarecido pela mestranda pesquisadora KEYLLA HÖRBE  
STEFFEN DOS SANTOS sobre a pesquisa e os procedimentos nela envolvidos. Foi-me  
garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a  
qualquer penalidade ou interrupção do acompanhamento dos animais.

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 202\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável

\_\_\_\_\_  
Assinatura do aluno (mestrando)

\_\_\_\_\_  
Assinatura do orientador (pesquisador responsável)