

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA AVALIAÇÃO DO CARPO DE BEZERROS
DA RAÇA HOLANDESA**

Pedro Augusto Cordeiro Borges
Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Franco da Silva

GOIÂNIA
2019



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS
DE TESES E
DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: Pedro Augusto Cordeiro Borges

Título do trabalho: Termografia infravermelha na avaliação do carpo de bezerros da raça Holandesa

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Pedro Augusto Cordeiro Borges

Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 14 /03/2019

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente
- Submissão de artigo em revista científica
- Publicação como capítulo de livro
- Publicação da dissertação/tese em livro

²A assinatura deve ser escaneada.

TERMOGRAFIA INFRAVERLHA NA AVALIAÇÃO DO CARPO DE BEZERROS DA RAÇA HOLANDESA

Dissertação de mestrado apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de Concentração:

Patologia, clínica e cirurgia

Linha de Pesquisa:

Clínica, diagnóstico por imagem e patologia clínica de animais de companhia e selvagens

Orientador:

Prof. Dr. Luiz Antônio Franco da Silva- EVZ/UFG

Comitê de orientação:

Prof^a. Dr^a. Naida Cristina Borges - EVZ/UFG

Prof^a. Dr^a. Maria Clorinda Soares Fioravanti -
EVZ/UFG

GOIÂNIA

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Borges, Pedro Augusto Cordeiro

Termografia infravermelha na avaliação do carpo de bezerros da raça Holandesa [manuscrito] / Pedro Augusto Cordeiro Borges. - 2019. XCVII, 97 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Franco Silva; co-orientador Dr. Naida Cristina Borges; co-orientador Dr. Maria Clorinda Soares Fioravanti.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Goiânia, 2019.

Bibliografia. Anexos. Apêndice.

Inclui siglas, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Artrite. 2. bovino. 3. claudicação. 4. inflamação . 5. infravermelho. I. Silva, Luiz Antônio Franco, orient. II. Título.

CDU 639.09

1 ATA NÚMERO **505** DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE
2 PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL DA ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
3 DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. Às **14h00min** do dia **15/02/2019**, reuniu-se na sala
4 de defesas do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, a Comissão Julgadora infra
5 nomeada para proceder ao julgamento da Defesa de Dissertação de Mestrado apresentado (a) pelo
6 (a) Pós-Graduando (a) **Pedro Augusto Cordeiro Borges**, intitulada: "**O potencial da termografia**
7 **infravermelha na avaliação do corpo de bezerros da raça holandesa**", apresentado para
8 obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal, junto à Área de Concentração: **Cirurgia,**
9 **Patologia Animal e Clínica Médica**, desta Universidade. O (A) Presidente da Comissão Julgadora,
10 **Prof.ª Dr.ª Naida Cristina Borges (coorientadora)**, representando o **Prof. Dr. Luiz Antônio**
11 **Franco da Silva (orientador)**, iniciando os trabalhos, concedeu a palavra ao (a) candidato (a)
12 **Pedro Augusto Cordeiro Borges** para exposição em **quarenta** minutos do seu trabalho. A seguir,
13 o (a) senhor (a) Presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos Examinadores, os
14 quais passaram a arguir o (a) candidato (a), durante o prazo máximo de **vinte** minutos, assegurando-
15 se ao mesmo igual prazo para responder aos Senhores Examinadores. Ultimada a arguição, que se
16 desenvolveu nos termos regimentais, a Comissão, em sessão secreta, expressou seu Julgamento,
17 considerando o (a) candidato (a) **Aprovado (a) ou Reprovado (a):**

18 Prof.ª Dr.ª Naida Cristina Borges (coorientadora)

Naida Aprovado

19 Prof. Dr. Júlio Roquete Cardoso

Aprovado

20 Prof.ª Dr.ª Ana Flávia Machado Botelho

Aprovado

21 Em face do resultado obtido, a Comissão Julgadora considerou o(a) candidato(a) **Pedro Augusto**
22 **Cordeiro Borges**, Habilitado [(**Habilitado(a)** ou não **Habilitado(a)**)]
23 pelo(s) motivo(s) abaixo exposto(s):

24 O estudante procedeu todas as correções
25 sugeridas na qualificação deixando a
26 dissertação apta.

27 _____
28 _____
29 _____
30 _____
31 _____
32 _____
33 _____

34

35 A Banca Examinadora aprovou a seguinte alteração no título da dissertação:

36 "TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA
37 AVALIAÇÃO DO CARPO DE BEZERROS
38 DA RAÇA HOLANDESA"

39

40

41

42 Nada mais havendo a tratar eu, **Prof.ª Dr.ª Naida Cristina Borges**, lavrei a presente ata que, após
43 lida e achada conforme foi por todos assinada.

44 Prof.ª Dr.ª Naida Cristina Borges (coorientadora)

45 Prof. Dr. Júlio Roquete Cardoso

46 Prof.ª Dr.ª Ana Flávia Machado Botelho

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a entidade de força maior do universo por ter me dado a oportunidade de estar aqui nessa existência terrena, errando, aprendendo e acertando na busca constante pela evolução que todos os espíritos almejam. Obrigado por todas as possibilidades concedidas e amparo durante caminho até aqui percorrido.

Agradeço a minha família, em especial aqueles que constituíram o alicerce da minha criação, minha avó materna Socorro e meus avós paternos Socorro “*in memoriam*” e Laci; agradeço por todos os ensinamentos, carinho e valores passados. A minha mãe por todo o apoio, amor e companheirismo ao longo de toda essa jornada e por ter me apoiado mesmo que minhas decisões me levassem a ficar distante. Ao meu avô materno Francisco Cordeiro “*in memoriam*” por todo o carinho depositado a mim. Ao meu pai pelo exemplo de personalidade, caráter e humildade. Aos meus tios que tanto estimo, Luciana, Luciede, Linoede, Cléber, Marcelo, Magda, Carmen Cleide. A todos os demais presentes no meu núcleo familiar materno e paterno, muito obrigado pelo apoio. A minha companheira Maria Alice, por todo o amor e companheirismo e por ter me auxiliado nos desafios que surgiram durante esta etapa, bem como pela paciência e doação frequentes.

Aos amigos e colegas da Escola de Veterinária e Zootecnia, Paulo José, Danilo, Ana Carolina, Rodolfo, Nivan, Valesca, Joel, Letícia, Ana Kellen, Helena, Victor, Artur, Gabriela, Plínio, Malú, Mariana, Damila; obrigado pelo apoio e pelos bons momentos durante essa jornada. Aos amigos de Pires do Rio e do IF Goiano, Ricardo, Davi, Carol, Cleber, Adriana, Sabrina, Wesley, obrigado pelo apoio. Aos amigos da época da residência que permanecem em constante contato e que me visitaram ao longo desse período, Rodolfo, Fábio, Talles “*in memoriam*”, Heider, Baracho, obrigado pelo apoio e pela torcida.

Aos meus orientadores e co-orientadores, Prof. Dr. Rogério Rabelo, Prof^a. Dr^a. Maria Clorinda, Prof^a. Dr^a. Naida, obrigado por todo o apoio, dedicação e ensinamentos. Ao professor Dr. Luiz Franco, sobretudo, gostaria de deixar aqui os meus agradecimentos; em primeiro lugar por ter aceitado assumir minha orientação de fato e em segundo lugar por ter realizado tal orientação de maneira eximia sempre se mostrando disponível a corrigir e orientar quantas vezes fosse necessário na orientação dos trabalhos. Obrigado professor Luiz, pela confiança depositada em mim e por todas as portas a mim abertas. Agradeço a EVZ/UFG por ter me acolhido e dado oportunidade para crescer profissionalmente e por todos os ensinamentos passados pelos professores do Programa

de Pós-Graduação em Ciência Animal. A CAPES, agradeço pelo auxílio financeiro para realização da pesquisa e conclusão desse curso.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa.
Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre”

Paulo Freire

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Anatomia comparada do carpo bovino	4
2.1.1. Ossos e Articulações do carpo	4
2.1.2. Músculos e tendões com atuação biomecânica sobre o carpo.....	5
2.2. Termografia infravermelha.....	7
2.2.1. Princípios de aplicação	8
2.2.1.1. Equipamento.....	8
2.2.1.2. Emissividade.....	9
2.2.1.3. Temperatura refletida	10
2.2.1.4. Fatores externos: Umidade, Temperatura, Velocidade do vento.....	10
2.2.2. Metodologia de execução do exame termográfico	11
2.2.2.1. Contenção	12
2.2.2.2. Limpeza e tricotomia	12
2.2.2.3. Escolha do ambiente e aclimação	12
2.2.2.4. Configurações da câmera.....	14
2.2.2.5. Distância e angulação da câmera.....	14
2.2.3. Processamento e análise das imagens termográficas	15
2.2.4. Outros fatores a se considerar na interpretação das imagens termográficas	18
2.2.4.1. Artefatos de execução.....	18
2.2.4.2. Simetria corporal	19
2.3. Considerações Finais.....	20
3. OBJETIVOS	30

3.1. Objetivo geral	30
3.2. Objetivos específicos	30
CAPÍTULO 2 – Análise de diferentes métodos de processamento de imagens termográficas para avaliação das temperaturas do corpo de bezerros da raça Holandesa.	31
CAPÍTULO 3 – Termografia do corpo de bezerros da raça Holandesa sobre diferentes temperaturas ambiente: análise de um método de correção	44
CAPITULO 4- CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
ANEXOS	60

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- FIGURA 1. Ossos e articulações do carpo bovino..... 4
- FIGURA 2. Procedimento de ajuste da angulação da câmera entre 90° e 120° a estrutura anatômica a ser avaliada. A distância entre a câmera e a estrutura anatômica é mensurada com o auxílio de uma trena métrica..... 15
- FIGURA 3. Demarcação de região de interesse (ROI). Uma figura geométrica que mais se ajusta a região a ser avaliada é aplicada de maneira a cobri-la totalmente e com base nos pixels existentes dentro da área da figura, o software determina as temperaturas... 16
- FIGURA 4. Demarcação de uma grande área que contenha a região anatômica de interesse para aplicação do método de área total. Na sequência é determinado o espectro de temperaturas de interesse, removendo dos resultados as temperaturas não relacionadas a estrutura anatômica que está sob avaliação. Linhas tracejadas aparecem sobre o termograma, determinando os pontos nos quais a temperatura está dentro do espectro selecionado. 17
- FIGURA 5. Aplicação do método de temperaturas máximas (T_{máx}). A figura geométrica é aplicada abrangendo toda a região de interesse e área circundante, e os cinco pontos mais quentes dentro da estrutura anatômica que se deseja avaliar são encontrados. 18
- FIGURA 6. Imagem de artefato gerado pela presença de sujidades no membro durante a realização do exame termográfico. As setas vermelhas indicam a área na qual as sujidades e umidade concentram-se. No exame termográfico essa área é marcada por redução de temperatura que se reflete pela demarcação da região com a coloração referente aos pontos mais frios da escala utilizada (círculos vermelhos). 19

Capítulo 2

FIGURA 1. Imagens resultantes da mensuração da temperatura do carpo pelo método T_{tot} . Para obtenção das imagens é aplicado um retângulo a uma área mais larga que a região anatômica de interesse (A); em seguida, o histograma é gerado e as temperaturas referentes ao fundo da imagem são excluídas (B)..... 35

FIGURA 2. Mensuração da temperatura do carpo pelo método T_{max} . A temperatura final é a média das temperaturas dos cinco pontos mais quentes (A); e pelo método ROI, onde uma figura elíptica é aplicada a região de interesse respeitando as delimitações anatômicas dessa região (B). 36

FIGURA 3. Médias e erros-padrão das temperaturas dos capos direito e esquerdo encontrados nos diferentes métodos de análise das imagens termográficas 37

Capítulo 3

FIGURA 1. Imagem representativa da determinação da região de interesse (ROI) por meio do software Flir Tools. Nota-se as regiões referentes a temperatura máxima (seta vermelha) e mínima (seta azul) dentro do ROI. 48

FIGURA 2. Organograma de obtenção das temperaturas do carpo corrigidas.49

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Capítulo 2

TABELA 1. Médias e desvio-padrão da temperatura do carpo direito (TCD) e temperatura do carpo esquerdo (TCE) para cada método utilizado na análise das imagens termográficas do carpo de bezerros da raça Holandesa..... 37

TABELA 2. Médias das diferenças de temperatura entre o carpo direito e o carpo esquerdo (Δ_{d-e}) para cada método utilizada para avaliação das imagens termográficas do carpo de bezerros da raça Holandesa..... 38

Capítulo 3

TABELA 1. Médias \pm desvio das temperaturas dos carpos (carpo direito + carpo esquerdo), para cada momento estudado..... 51

TABELA 2. Médias \pm desvios das temperaturas máximas dos carpos direito e esquerdo, de bezerros da raça Holandesa, considerando-se os dados obtidos a partir de M2, antes e após a aplicação do modelo de correção proposto... .. 52

TABELA 3. Médias \pm desvios das diferenças de temperatura médias dos carpos, a partir de M2 em relação a M1 ($DIF_{M_x-M_1}$)..... 52

TABELA 4. Médias das Δ_{d-e} , antes e depois da aplicação do modelo de correção proposto para as temperaturas do carpo de bezerros da raça Holandesa, obtidas em momentos posteriores a M1.... .. 52

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Diferenças entre as temperaturas dos carpos direito e esquerdo	-	Δ_{d-e}
Articulação antebraquiocárpica	-	ABC
Ossos carpianos primeiro	-	C1
Ossos carpianos segundo	-	C2
Ossos carpianos terceiro	-	C3
Ossos carpianos quarto	-	C4
Articulação intercárpica	-	IC
Articulação carpo-metacárpica	-	CMC
Matriz de plano focal	-	MPF
Falange Distal	-	P3
Região de interesse	-	ROI
Temperatura máxima	-	TMAX
Termografia Infravermelha	-	TRI
Temperatura de área total	-	TTOT

RESUMO

Visando consolidação de novos métodos de diagnóstico na clínica de bovinos, este estudo, objetivou adequar a metodologia e estabelecer valores de referência para se a avaliação termográfica do carpo de bezerros da raça Holandesa. No primeiro trabalho, imagens dos carpos de oito bezerros, obtidas em um único momento, foram analisadas por meio do software GRAYESS® IRT Analyzer 7, pelos métodos de temperatura global (Ttot), região de interesse (ROI) e temperatura máxima média (Tmax). O método Tmax foi aquele que se mostrou mais sensível para verificar diferenças de temperatura entre os carpos contralaterais, sendo possivelmente o mais aplicável no diagnóstico de enfermidades das articulações cárpicas. Nesse estudo, a diferença de temperatura entre carpos contralaterais variou no intervalo de confiança de 0,03 a 0,26°C, o que indica que variações dessa magnitude entre carpos contralaterais podem ser consideradas normais. No segundo trabalho, as imagens termográficas foram obtidas em cinco diferentes momentos (M1= 31°C; M2= 29°C, M3= 27°C; M4= 26°C; M5=14°C) e analisadas no software Flir Tools®, para obtenção das temperaturas máximas de cada carpo. Verificou-se, em relação a temperatura ambiente, uma moderada correlação positiva para com as temperaturas dos carpos e uma moderada correlação negativa para com a diferença de temperatura entre o carpo direito e esquerdo de um mesmo animal. Numa etapa posterior, um modelo de ajustes de temperatura ambientes foi aplicado e testado. O modelo mostrou capacidade reduzir a influência das temperaturas ambientais sobre as temperaturas do carpo, tendo assim potencial para ser utilizado em experimentos futuros.

Palavras- chave: Artrite, bovino, claudicação, inflamação, infravermelho

ABSTRACT

In order to consolidate new diagnostic tools in bovine medicine this work aimed to standardize a methodology and reference values for thermographic evaluation of Holstein calves carpus. In a first study, carpal thermographic images of eight calves, obtained in a single moment, were analyzed by GRAYESS® IRT Analyzer 7 software through global temperature (T_{tot}), region of interest (ROI) and mean maximum temperature (T_{max}) methods. T_{max} method was more effective than ROI and T_{tot}, to identify temperature differences between contralateral carpus, and possibly it's the most applicable to diagnosis carpal joint diseases. Furthermore in this step of study, the temperature difference between contralateral carpus varied in a confidence interval of 0,03 to 0,26°C, indicating that variations in this range, between contralateral carpus, can be normal. In a second study, thermographic images were obtained in five different moments (M1 = 31°C, M2 = 29°C, M3 = 27°C, M4 = 26°C, M5 = 14°C) and through Flir Tools® the maximum temperatures of each carpi were summarized. A moderate positive correlation with carpal temperatures and a moderate negative correlation with the temperature difference between the right and left carpus of the same animal observed in relation to ambient temperature. At a later stage, a mathematic model applied to data to adjust environment temperatures to the same value. The model showed ability to reduce the influence of ambient temperatures on carpal temperatures, thus having potential to use in future experiments.

Key-words: Arthritis, bovine, inflammation, infrared, lameness

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

As claudicações em bovinos leiteiros, têm sido relatadas como causa de perdas econômicas e de redução de indicadores de bem-estar animal, há mais de 20 anos¹. O custo estimado com os prejuízos causados por claudicações no gado de leite chega a 500 dólares por caso²; estes custos envolvem além de fatores relacionados ao tratamento propriamente dito, fatores como a diminuição da produção leiteira e redução de índices reprodutivos³.

Depois dos dígitos, as articulações são tidas como as principais estruturas relacionadas à origem da claudicação em bovinos; afecções articulares podem ser de origem traumática, congênita ou séptica⁴. A artrite séptica é uma causa comum de claudicação em bovinos, sobretudo em bezerras, podendo advir da disseminação de bactérias para a articulação, por via hematogena. Afecções como diarreia, pneumonia e onfalofletite são potenciais focos de bactérias que disseminam-se e colonizam as articulações, causando artrite séptica, principalmente quando há falha na transferência de imunidade passiva^{5,6}; sendo as articulações interfalangeana distal, metacarpofalangeana, cárpicas e társicas as mais comumente afetadas^{6,7}.

Quando não tratada adequadamente, a artrite séptica pode levar a consequências drásticas, como dor crônica e redução da capacidade de locomoção; uma vez instalada, tal afecção, tende a ocasionar alterações na fisiologia articular que levam a degradação da cartilagem articular e superfície óssea⁶. Nesse contexto, métodos que permitam um diagnóstico precoce da artrite séptica, tem importante valor afim de permitir que o tratamento seja iniciado rapidamente e com isso se tenha uma maior possibilidade de cura e completa restauração da função articular^{6,8,9}.

Além do exame clínico e da avaliação do líquido sinovial, exames de imagem são de grande valia no diagnóstico da artrite séptica. O exame radiográfico, por exemplo, revela alterações como o aumento do espaço articular, lise subcondral e proliferação óssea periarticular, achados que podem sugerir a presença da doença. Entretanto, nos primeiros cinco a dez dias, a radiografia pode demonstrar apenas achados inespecíficos, como aumento de volume periarticular^{4,6,8,10,11}.

Nesses casos, a ultrassonografia é uma alternativa viável para detectar alterações de maneira mais precoce, pois permite uma avaliação dinâmica em tempo real da área afetada. A ecogenicidade e a flutuação do líquido sinovial associadas à distensão do recesso do recesso articular visualizados na ultrassonografia, apresentam sensibilidade e especificidade satisfatórias para estabelecer o diagnóstico de artrite séptica¹⁰. Outro método de diagnóstico por imagem que tem ganhado notoriedade nos últimos anos é a termografia infravermelha. O exame não é invasivo e mensura a radiação infravermelha emitida por uma superfície, transformando em uma representação gráfica em pixels, denominada termograma¹². Quando se trata de superfície corporal, as variações detectáveis na termografia são oriundas sobretudo de alterações no fluxo sanguíneo de uma determinada região, o que fez a termografia tornar-se uma ferramenta aplicável a afecções do sistema locomotor, pois o caráter inflamatório da maioria das afecções, incluindo a artrite séptica, tende a alterar o fluxo sanguíneo e a temperatura local^{13,14}. Por meio da termografia o processo inflamatório pode ser detectado antes mesmo de determinadas manifestações clínicas, como as claudicações, por exemplo.¹⁵

As imagens termográficas podem ser analisados de maneira qualitativa ou quantitativa; entretanto há uma dificuldade de utilização da termografia quantitativa na Medicina Veterinária em virtude, sobretudo, da influência das condições ambientais, principalmente da temperatura atmosférica, sobre as imagens termográficas^{16,17}. Sabe-se que a realização do exame em ambiente com temperatura controlada, favorece a avaliação de imagens termográficas seriadas no tempo, uma vez que ao minimizar de maneira considerável variáveis ambientais, dá maior fidedignidade aos resultados¹⁸, porém; tal necessidade praticamente torna a realização, desse exame, inviável em grandes animais tendo em vista as dificuldades relacionadas ao transporte e manutenção do animal em um ambiente com tais características¹⁹. Visando possibilitar a análise quantitativa de imagens termográficas de maneira seriada, vários autores desenvolveram métodos matemáticos^{17,20,21}, porém não há um método simples e de fácil execução que seja aplicável a medicina veterinária, sobretudo quando se trata da avaliação em diferentes temperaturas ambientes.

Nesse contexto, diante dos questionamentos ainda existentes, vislumbrando-se a possibilidade de consolidação da termografia infravermelha como ferramenta auxiliar no diagnóstico precoce de afecções articulares de caráter inflamatório em bovinos leiteiros, pesquisas científicas precisam ser realizadas afim de caracterizar de maneira quantitativa

o padrão termográfico normal das principais articulações acometidas nessa espécie. Acrescenta-se a isso, a necessidade de trabalhos que gerem meios de minimizar a interferência de fatores ambientais sobre a termografia, de modo a tornar possível a obtenção de resultados mais fidedignos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Anatomia comparada do carpo bovino

2.1.1. Ossos e Articulações do carpo

O carpo dos bovinos e outros ruminantes é composto de duas fileiras de ossos; na fileira proximal arranjam-se de medial para lateral, respectivamente; o osso carpo radial, carpo intermédio, carpo acessório e carpo ulnar. Na fileira distal, entretanto, enquanto o cavalo apresenta de três a quatro ossos, sendo estes; o primeiro (C1), que pode estar ausente em alguns cavalos, o segundo (C2), terceiro (C3) e quarto (C4) ossos do carpo; nos ruminantes, de maneira geral há apenas dois ossos; C4 e uma fusão do segundo e terceiro ossos do carpo (C2+3)²²⁻²⁴ (FIGURA 1).

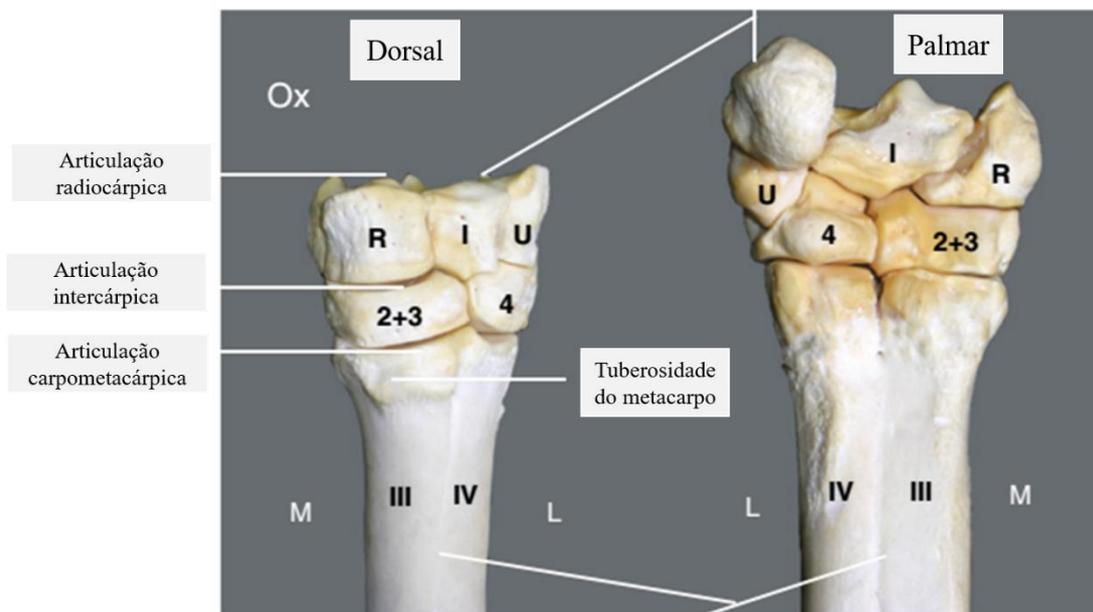


FIGURA 1. Ossos e articulações do carpo bovino. R= Carpo Radial, I= Carpo Intermédio, U= Carpo ulnar, 2+3= segundo e terceiro ossos cárpicos, 4= quarto osso cárpico, M= medial, L= Lateral, III= terceiro metacarpiano, IV= quarto metacarpiano. Fonte: Adaptado de Mahmoud, et al²²

As articulações formadas pelos ossos do carpo, podem ser classificadas como sinoviais; estas são constituídas pelas superfícies articulares dos ossos revestidas pela cartilagem articular e fixadas pela capsula articular e ligamentos, além de um espaço cavitário formado por essas estruturas, que contém o líquido sinovial. Esse tipo de articulação tem como funções primordiais permitir o movimento e transferir forças, de maneira a contribuir com a biomecânica da locomoção; são as articulações sinoviais, as

mais frequentemente envolvidas nas afecções do sistema locomotor, seja essa afecção séptica ou não^{4,25}.

O carpo dos animais domésticos, compreende três articulações: a antebraquicárpica (ABC), intercárpica (IC) e carpo-metacarpica (CMC)^{26,27}. Em equinos as articulações IC e CMC comunicam-se, no aspecto dorsal, entre os ossos C3 e C4, podendo haver ainda uma comunicação adicional no aspecto palmar de C2²⁸. Característica semelhante foi demonstrada em bovinos, por meio de radiografias e fluoroscopia após injeção de látex e sulfato de bário em peças anatômicas; nessa espécie a comunicação entre as articulações IC e CMC se dá no aspecto dorsal do carpo entre C4 e C2+3, podendo também haver uma comunicação no aspecto palmar desses mesmos ossos. Além disso, em alguns bovinos, pode haver uma comunicação existente entre as articulações ABC e IC²⁹.

2.1.2. Músculos e tendões com atuação biomecânica sobre o carpo

Os músculos e tendões localizados na região do antebraço e que tem funcionalidade biomecânica sobre o movimento do carpo, podem ser divididos quanto a sua disposição em crâniolaterais e caudomediais; o grupo de músculos e tendões localizados craniolateralmente é responsável pela extensão do carpo e dígitos, enquanto que os músculos e tendões localizados caudomedialmente são responsáveis pela flexão²². Originando-se no epicôndilo lateral do úmero, o musculo extensor digital comum apresenta duas cabeças (lateral e medial) e dois tendões que percorrem o carpo em uma mesma bainha sinovial; o mais espesso, oriundo da cabeça medial, é denominado tendão extensor digital medial e insere-se no aspecto medial do dígito III, enquanto que o originado da cabeça lateral, denominado tendão extensor comum dos dígitos III e IV se divide em dois tendões que cursam o espaço interdigital para inserir-se no processo extensor da falange distal (P3) dos dígitos III e IV^{22,30}.

Diferente do que ocorre nos bovinos, nos equinos o musculo extensor digital comum apresenta apenas uma cabeça, o que faz com que o tendão extensor digital medial esteja ausente^{22,26}. Com origem na crista supracondilar lateral do úmero, o músculo extensor carpo radial é tido como o mais cranial e espesso dos músculos extensores do antebraço, este apresenta formato cilíndrico e origina um tendão único que é quase que totalmente envolvido por uma bainha sinovial e insere-se na tuberosidade dorsal do metacarpo na base de C3, no equino, e na base de C3 e C4 em bovinos e suínos^{22,30,31}. O músculo ulnar lateral por sua vez, é tido como mais caudal do grupo de músculos

extensores do carpo, este também tem origem no epicôndilo lateral do úmero e insere-se no carpo acessório por meio de um tendão acessório ou no IV ou V metacarpianos por meio de um tendão principal; embora esse músculo seja classificado como parte dos músculos extensores, em virtude da sua origem e suprimento neurovascular, biomecanicamente ele pode atuar de maneira a flexionar ou estender o carpo, o que está na dependência do posicionamento de outros grupamentos musculares durante o movimento^{22,30,32}. O músculo extensor carpo oblíquo consiste de um músculo triangular que localiza-se em um plano profundo dos músculos do antebraço; o tendão originado por esse músculo cruza o aspecto cranial do carpo, superficial ao tendão extensor carpo radial, sendo envolvido ao longo de todo o seu trajeto por uma bainha, e insere-se no osso mais medial do metacarpo, ou seja, comparativamente, o segundo metacarpiano no equino e suíno e o metacarpiano III em bovinos e cabras^{30,32}.

O grupo de músculos responsáveis pela flexão do carpo, engloba os músculos flexor carpo ulnar, flexor carpo radial, pronador redondo, flexor digital superficial e flexor digital profundo²². O músculo flexor carpo ulnar posiciona-se no aspecto caudomedial do antebraço superficialmente aos músculos flexores digitais, sendo composto de duas cabeças: a ulnar, menor e originada no olecrano (*caput ulnare*) e a humeral (*caput humerale*), maior e que tem origem no epicôndilo lateral do úmero; ambas seguem de maneira independente o mesmo trajeto e originam um tendão único que insere-se no carpo acessório e que tem por função biomecânica promover a flexão do carpo e extensão do ombro^{33,34}. O flexor carpo radial, tem apenas uma cabeça que se localiza na superfície medial do antebraço, imediatamente caudal a borda do rádio e diretamente abaixo da pele; está origina-se do epicôndilo medial do úmero, passa pela superfície flexora do carpo, onde é envolta por uma bainha sinovial, e insere-se no aspecto palmar do segundo e terceiro ossos metacarpianos em carnívoros, do segundo metacarpiano em equinos e do terceiro em suínos e ruminantes^{22,33}.

O músculo pronador redondo, é um músculo vestigial nos bovinos, tendo nessa espécie pouca importância biomecânica; o pronador quadrado que atua junto ao pronador redondo promovendo o movimento de pronação em algumas espécies, incluindo o humano, nos bovinos nem se quer está presente^{22,30,35}. O músculo flexor digital superficial origina-se no epicôndilo medial do úmero e se divide ao passar pelo carpo em dois ramos, um ramo para cada dígito, inserindo-se cada ramo na superfície palmar da falange média do dígito correspondente; esse músculo e seu respectivo tendão, atuam promovendo a extensão do cotovelo e flexão do carpo, boleto e quartela^{22,33,36}. O músculo

flexor digital profundo por sua vez, é dotado de três cabeças: a ulnar, originada no olecrano, a radial, com origem no aspecto medial proximal do rádio, e a umeral, que origina-se no epicôndilo medial do úmero; estas convergem em um tendão único que divide-se em dois segmentos ao passar pelo boleteo, para inserirem-se no tubérculo flexor da falange distal dos dedos III e IV. Assim como o músculo e tendão flexor digital superficial, o flexor digital profundo tem por função biomecânica promover extensão do cotovelo e flexão das articulações do carpo e distais a esta^{22,36}.

2.2. Termografia infravermelha

A termografia infravermelha (TRI) é um método utilizado na obtenção de informação térmica de um corpo ou objeto, sem que haja contato direto com este; essas informações, são geradas com base na detecção da radiação infravermelha (uma forma de radiação com ondas eletromagnéticas de grande comprimento, não visualizadas pelo olho humano) emitida pela superfície do corpo ou objeto. Essa radiação é posteriormente convertida em um sinal elétrico que possibilita a formação de uma imagem visível ao olho humano, onde uma cor é atribuída a cada nível de energia infravermelha; essa imagem final, em escala de cores, é denominada termograma. Qualquer corpo com temperatura superior ao zero absoluto (0° Kelvin), emite radiação infravermelha e, portanto, é passível de detecção por TRI. De maneira geral quanto maior a temperatura de um corpo, menor o comprimento de onda infravermelha que ele é capaz de gerar³⁷⁻⁴².

O interesse do uso da TRI em áreas médicas advém exatamente da capacidade desse método de fornecer informações acerca do padrão de distribuição da temperatura corpórea⁴⁰. Desde os primórdios da medicina, em 400A.C., que a alteração da temperatura corporal é colocada com um importante indicador de doença; e com o advento do termômetro, no século XVII, a mensuração da temperatura consolidou-se como prática médica¹³.

Com a termografia, um novo patamar foi alcançado, pois a representação pictorial da distribuição da temperatura corporal gerada por esse método, é obtida de maneira rápida e não invasiva e provê informações não só referentes a temperatura em si, mas relacionadas também a circulação, perfusão atividade metabólica locais, o que permite avaliar desde eventos fisiológicos normais do organismo, até aqueles desencadeados em um processo inflamatório e de maneira mais precoce que outros métodos^{40,43-45}.

Na Medicina Veterinária a termografia tem sido usada com diversas finalidades, tais como: diagnóstico de claudicação e avaliação da performance esportiva de

equinos^{44,46}, diagnóstico de doenças do complexo respiratório e diarreia viral bovina^{47,48}, avaliação da atividade ovariana de vacas e correlação com taxa de prenhes⁴⁹, diagnóstico de onfalites em bezerros⁵⁰, avaliação do sucesso de bloqueios anestésicos loco-regionais em cães⁵¹, avaliação de indicadores de estresse térmico em rebanhos bovinos⁵², entre várias outras.

2.2.1. Princípios de aplicação

2.2.1.1. Equipamento

Na câmera termográfica está presente uma matriz bidimensional de detectores, que capta a radiação infravermelha emitida por uma superfície, por meio de um sistema óptico e gera uma corrente elétrica proporcional à radiação emitida. O sistema óptico é composto de uma lente, um focalizador e um filtro, que atuam em conjunto para determinar o campo de visão da câmera e centralizar o foco sobre este^{44,53}. As lentes das câmeras termográficas não são convencionais, pois possuem materiais que as tornam capazes de absorver e refratar a radiação infravermelha; tais como, um revestimento semelhante a diamante, uma película antirreflexo de germânio, seleneto de zinco e fluoreto de cálcio⁵⁴.

Quanto ao tipo de detector de matriz bidimensional presente, as câmeras termográficas podem ser divididas em duas categorias; as de detector refrigerado e de detector não refrigerado^{54,55}. Nas câmeras de detector refrigerado, o detector é constituído de uma mistura de elementos metálicos e fica em um compartimento que é refrigerado com gás hélio por meio de uma bomba de circulação ou com nitrogênio líquido, de maneira a manter uma temperatura constante, o que fornece um valor de referência para mensuração da temperatura de um corpo ou objeto e possibilita maior acurácia; entretanto, o arrefecimento do detector é necessário para o uso da câmera e demanda tempo, o que diminui a aplicabilidade prática^{54,56,57}. As câmeras de detector não refrigerado, por sua vez, geralmente utilizam um microbolômetro como detector; nessas câmeras o funcionamento do detector baseia-se em alterações de resistência, ocasionadas pela radiação infravermelha emitida por um objeto. Estas câmeras podem ser usadas imediatamente após ligadas e são capazes de calibrar-se constantemente, de acordo com a temperatura do ambiente, o que as torna até mais aplicáveis^{54,55}.

Uma vez gerado a corrente elétrica relativa a radiação infravermelha captada, as câmeras podem digitalizar a imagem por meio de um sensor único ou de uma matriz de

plano focal (MPF). As câmeras de sensor único utilizam-se de um espelho rotativo que mede a radiação obtida por um objeto ao longo de várias linhas de varredura, já as câmeras de MPF possuem sensores que detectam a radiação emitida por cada ponto específico e depois a cruzam com outros pontos para gerar a imagem⁴⁰. Do ponto de vista matemático, para o cálculo da temperatura em cada ponto do campo de visão, independente do sistema de digitalização, as câmeras utilizam uma versão modificada da lei de Stefan-Boltzmann⁴⁴.

As câmeras termográficas apresentam ainda diversas outras especificações importantes, como resolução e taxa de quadros por segundo⁴⁰. A resolução espacial determina o menor ponto que uma câmera é capaz de detectar a determinada distancia; as câmeras termográficas disponíveis atualmente têm resolução que varia entre 120x140 e 1280x1024 *pixels*; de maneira geral quanto maior a quantidade de *pixels*, maior a capacidade da câmera de gerar imagens de qualidade à maiores distancias^{40,54}. Em estudos com pequenos animais câmeras de 320x240 *pixels* têm sido frequentemente utilizadas^{51,58,59}; em grandes animais, entretanto, recomenda-se a utilização de câmeras de alta resolução, uma vez que as imagens são de maneira geral obtidas a maiores distancias, tendo sido para isso utilizadas com maior frequência câmeras de 640x480 *pixels*^{44,50,60,61}. A taxa de quadro por segundos determina a velocidade de aquisição das imagens e para maioria dos aparelhos fica entre 30 e 60Hz⁴⁰.

2.2.1.2. Emissividade

A eficiência com que uma superfície irradia o infravermelho é denominada de emissividade, e é um dos mais importantes parâmetros a serem ajustados na mensuração de temperaturas por meio de TRI^{40,44}. Diferentes objetos, apresentam emissividades distintas e interagem de maneiras próprias com o ambiente para criar um balanço entre a radiação que é absorvida e que é refratada. Teoricamente, um objeto negro é capaz de absorver 100% do que lhe é irradiado, sendo em uma escala de zero a um, a emissividade desse objeto considerada como um^{40,54,62}. De modo contrário um objeto que reflete toda a radiação que lhe é emitida é considerado como de emissividade zero⁵⁴. Na natureza, não há um material capaz de absorver ou refletir toda a radiação infravermelha que lhe é emitida, assim a emissividade de materiais naturais, mantem-se entre zero e um⁵⁴.

De maneira geral, materiais biológicos como pele e pelo tem emissividade alta, o que faz com que na maioria dos trabalhos que utilizam termografia na Medicina Veterinária adote-se emissividades entre 0,95 e um; além disso, em superfícies com alta

emissividade, pequenas variações na emissividade adotada na termografia, não geram grandes variações na temperatura de superfície adquirida^{44,54,62,63}. São poucos os trabalhos, porém, que se dedicam a determinar a emissividade das pelagens de animais⁴⁴; um estudo recente, que mensurou a emissividade da pelagem de 22 espécies de mamíferos, incluindo bovinos e equinos, o valor médio de emissividade obtida foi de $0,89 \pm 0,1$ ⁶⁴; o que contesta o intervalo utilizado atualmente para aquisição de temperatura de superfície em animais, por meio de termografia. Para que tal parâmetro se consolide e passe a ser utilizado na prática, entretanto, mais trabalhos nessa linha são necessários⁶⁴.

2.2.1.3. Temperatura refletida

A temperatura refletida ou temperatura de fundo consiste na radiação infravermelha emitida por objetos presentes no ambiente, que reflete no objeto alvo da mensuração. Para que a temperatura de uma superfície seja mensurada com exatidão é necessário que a temperatura refletida seja quantificada e programada na câmera termográfica, para que o *software* utilizado pela câmera compense os efeitos dessa radiação, pois ela não está ligada a temperatura real da superfície do objeto⁶⁵.

Existem dois métodos para se mensurar a temperatura refletida: o método direto e o método refletor; o método refletor é o mais comumente empregado devido a sua aplicabilidade prática e garantia de bons resultados. Por esse método, um papel alumínio amassado é posicionado na frente do alvo proposto e a temperatura desse papel é obtida com a câmera termográfica configurada com emissividade um e distância zero, na mesma angulação e distância na qual deseja-se obter a imagem do objeto alvo; em seguida, a temperatura mensurada é configurada como temperatura refletida na câmera termográfica e a imagem do objeto alvo obtida, de modo a considerar que a radiação referente a objetos localizados ao redor do alvo foi compensada^{66,67}. Na maioria dos experimentos realizados com termografia em Medicina Veterinária a obtenção da temperatura refletida não é citada como parte da metodologia, talvez pelo fato de considera-se que uma maior quantidade de radiação infravermelha oriunda de outros objetos é atribuída a matérias de baixa emissividade; e materiais biológicos, em geral tem emissividade alta⁴⁰.

2.2.1.4. Fatores externos: Umidade, Temperatura e Velocidade do vento

Além da emissividade e da temperatura refletida, fatores inerentes ao ambiente como umidade, temperatura atmosférica e velocidade do vento, também influenciam na mensuração da temperatura de uma superfície por meio de TRI, uma vez que a temperatura de superfície obtida por esse método, consiste na interação do calor

produzido pelo corpo com esses fatores^{60,68,69}. Quando se trata de organismos, o calor produzido em determinada região do corpo está na dependência da microcirculação local e das propriedades térmicas da pele e pelagem; o ambiente por sua vez, tem influências diretas sobre a maneira com que a termorregulação corpórea ocorre, interferindo assim nesses fatores, de forma que ao longo do ano é possível ocorrer grandes variações de temperatura em uma mesma região anatômica de um mesmo indivíduo, em virtude de variações na temperatura ambiente⁶⁹.

Uma maior incidência de raios solares sobre a superfície de um corpo ou objeto, além de promover um incremento de temperatura direto, aumenta a quantidade de raios infravermelhos presentes na atmosfera, o que por consequência faz com que mais radiação seja captada pela câmera termográfica, aumentando assim a temperatura mensurada na superfície alvo¹⁹. Quanto a influência da velocidade do vento sobre a temperatura do objeto alvo, não há ainda um consenso. Um trabalho que avaliou a influência de fatores externos sobre imagens termográficas, em um ambiente experimental com um modelo inanimado, chegou à conclusão de que a incidência direta de vento sobre o objeto alvo, leva ao incremento da temperatura aferida devido ao aumento na agitação de partículas de água atmosféricas e atrito causado pelo contato do vento com a superfície do objeto⁷⁰. Outros autores, entretanto, afirmam que um aumento na velocidade do vento, causa uma redução na temperatura obtida por meio de termografia, uma vez que o vento reduz o isolamento térmico da pelagem, o que leva a uma maior perda de calor para o ambiente^{68,71}.

No que se refere a umidade relativa do ar, por sua vez, sabe-se que uma maior umidade pode levar a formação de gotículas de água sobre a superfície a ser estudada, o que constitui uma barreira para a radiação infravermelha; além disso, nota-se que uma maior umidade, potencializa a perda de calor por convecção, o que tende a reduzir a temperatura obtida por meio da termografia^{19,68,72}.

2.2.2. Metodologia de execução do exame termográfico

Em virtude das diversas variáveis que podem ter influência sobre o exame termográfico, este está sujeito a produzir artefatos que prejudicam a interpretação das imagens obtidas¹⁶. Assim como em humanos é necessário haver um preparo para realização do exame, que passa por evitar condutas que podem alterar a dinâmica da circulação sanguínea, como consumo de álcool ou cigarro; em animais, também há a

necessidade de realizar procedimentos prévios ao exame, que minimizem a ocorrência de artefatos^{44,73,74}.

2.2.2.1. Contenção

Como a termografia é um exame que produz imagens em tempo real, não há necessidade de completa restrição do movimento do animal, porém uma contenção suficiente para permitir a abordagem da área a ser estudada é necessária. Tal contenção, pode ser obtida mediante a manutenção do animal em um tronco de contenção ou de forma manual, com o auxílio de um manipulador qualificado. A contenção química deve ser evitada, uma vez que os fármacos utilizados com tal finalidade podem afetar o sistema cardiovascular e a circulação periférica, o que por consequência pode gerar padrões térmicos ilusórios^{75,76}.

2.2.2.2. Limpeza e tricotomia

A presença de sujidades ou água na região anatômica a ser avaliada por meio da termografia, gera uma barreira física que inibe a absorção e emissão de radiação infravermelha pela superfície corpórea, o que faz com que seja necessário manter a região limpa e seca no momento da realização do exame; tal limpeza, pode ser realizada com um pano seco de 20 a 60 minutos previamente ao exame, uma vez que a manipulação pode também alterar a temperatura aferida^{19,44,77}.

No que se refere a tricotomia, alguns autores afirmam que esta não é necessária, uma vez que estudos demonstraram que o padrão de distribuição térmica se mantém semelhante antes e depois da tricotomia, sobretudo se o pelo é curto e uniforme o suficiente para permitir uma boa condução térmica^{44,59,78}; outros autores por sua vez, afirmam que a tricotomia pode levar a um erro de interpretação da termografia, uma vez que o atrito da lâmina com a pele por si só gera calor e a ausência do pelo faz com que a superfície seja capaz de absorver e emitir mais radiação, tendo em vista que a pele é mais vascularizada e possui maior atividade metabólica quando comparada ao pelo^{16,70}. De maneira geral, quando há a necessidade de realização de tricotomia, recomenda-se que esta seja realizada 24 horas antes do exame¹⁶.

2.2.2.3. Escolha do ambiente e aclimação

A termografia deve ser realizada em um ambiente fechado, que impossibilite a incidência direta de luz solar ou correntes de ar sobre a superfície a ser estudada; a realização da termografia em um ambiente completamente aberto deve ser evitada, pois

potencializa os efeitos do ambiente sobre as imagens termográficas, o que leva a um resultado pouco confiável^{68,75}.

Como já mencionado, a temperatura do ambiente exerce um efeito importante sobre o padrão circulatório do animal, principalmente no que se refere a estruturas distais, isso interfere na termografia e dificulta a realização de uma avaliação do mesmo animal por um período seriado no tempo^{19,60,69,70,79}. Assim, alguns autores recomendam que a temperatura do ambiente no qual se realiza o exame esteja abaixo da temperatura da superfície corporal, mantendo-se em um intervalo que vai de 20 a 26°C^{76,80}. Um outro autor, entretanto, ao realizar trabalhos com equinos, defendeu que a termografia pode ser realizada em qualquer temperatura ambiental, desde que o animal não apresente sudorese intensa⁷⁵.

Pelo grau de influência que a temperatura ambiente é capaz de ter sobre a termografia, alguns estudos sugerem que melhor maneira de se reduzir a interferência da temperatura ambiental sobre o exame, é realiza-lo em um ambiente com temperatura controlada^{18,50,81}, o que, entretanto, diminui a aplicabilidade prática do exame em grandes animais¹⁹. Visando melhorar a capacidade do método em fornecer informações ao longo do tempo, sobre um determinado processo inflamatório, por exemplo, a partir de avaliações realizadas em um mesmo ambiente, mas sob diferentes temperaturas, alguns autores têm proposto a comparação de uma região anatômica com sua respectiva região contralateral e a aplicação de modelos matemáticos que possibilitam corrigir até determinado ponto, os efeitos inerentes a variação na temperatura ambiente. Para isso, é necessário, a obtenção precisa das temperaturas ambientais, no momento da realização dos exames, por meio de um termo-higrômetro^{19,82,83}.

Embora um estudo com equinos tenha demonstrado que nem sempre há necessidade de aclimação para avaliação termográfica da região toracolombar, nessa espécie⁸⁴; para maioria dos autores é consenso que a permanência do animal no ambiente onde o exame será realizado, por um período de aclimação, é essencial para obtenção de imagens termográficas fidedignas, pois permite que o equilíbrio da temperatura corporal seja alcançado^{44,76,80,85}. O fator que mais afeta o tempo necessário para obtenção desse equilíbrio é a diferença existente entre a temperatura do ambiente em que o animal se encontra originalmente e a temperatura do ambiente no qual o exame será realizado; de modo geral, quanto maior essa diferença, maior o tempo necessário para aclimação⁴⁴. De acordo com a espécie, região anatômica a ser estudada e temperatura ambiente,

diferentes intervalos de tempo têm sido recomendados para aclimatação, variando de dez a 60 minutos em equinos e de dez a 30 minutos em bovinos^{84,86,87}.

2.2.2.4. Configurações da câmera

Além da necessidade de calibrar a câmera termográfica para parâmetros aqui já citados como temperatura ambiente, umidade relativa, emissividade e temperatura refletida da superfície a ser avaliada; ajustes podem ser feitos com relação a paleta de cores e escala de temperaturas incluídas no termograma^{16,44,77}. A escala de temperatura deve contemplar todas as temperaturas possivelmente existentes na região anatômica do animal que está sendo avaliado e no seu entorno, bem como ser preferencialmente ajustada de maneira manual, de acordo com a temperatura ambiente, mantendo um grau de variação de 10°C^{44,88}.

A paleta de cores, que corresponde a representação gráfica das temperaturas presentes, na Medicina Veterinária é normalmente configurada na opção arco-íris, porém inúmeras paletas alternativas estão disponíveis e em alguns casos é possível criar, com base em uma distribuição logarítmica das cores, uma paleta específica para uma determinada finalidade; diferentes paletas geram imagens termográficas com cores distintas sem afetar, porém, as temperaturas mensuradas⁸⁸⁻⁹⁰. Essas variáveis são frequentemente ajustadas antes da realização do exame, entretanto, várias delas podem ser modificadas por meio do *software* utilizado para processar as imagens termográficas⁴⁴. O importante é que na imagem final, tenha-se exibidas a escala de temperatura e paleta de cores utilizada⁸⁸.

2.2.2.5. Distância e angulação da câmera

Durante a realização do exame termográfico é necessário que a câmera seja posicionada a uma distância e ângulo que permitam abranger toda a área de interesse, bem como uma pequena zona marginal a ela. Isso, se faz ainda mais necessário quando se realizam termografias em diferentes momentos com o intuito de acompanhar a evolução de um quadro inflamatório, por exemplo; nesses casos é importante que a distância e o ângulo sejam os mesmos em todos esses momentos para dar maior respaldo aos resultados^{16,44,91}. Alguns autores sugerem que variações na distância de aquisição das imagens termográficas tem influência direta sobre as temperaturas obtidas. O emprego de uma maior distância resulta em um menor foco na área de interesse e conseqüentemente menor resolução e número de *pixels*, o que tende a reduzir tais temperaturas^{16,91}. São poucos os trabalhos, entretanto, que se dedicam a avaliar a influência a específica desses

parâmetros sobre a termografia. Um trabalho realizado por Westermann et al (2013), demonstrou que uma variação na angulação de 20° e um aumento na distância de aquisição das imagens de um para 1,5 metros, não são suficientes para causar mudanças significativas nas temperaturas obtidas por meio de termografia da região distolateral do metacarpo em equinos⁹².

De maneira geral, em estudos com as mais diversas espécies, a distância utilizada para obtenção das imagens termográficas tem variado entre 0,5 e dois metros, de acordo com a região anatômica a ser avaliada^{61,93-95} (FIGURA 2).

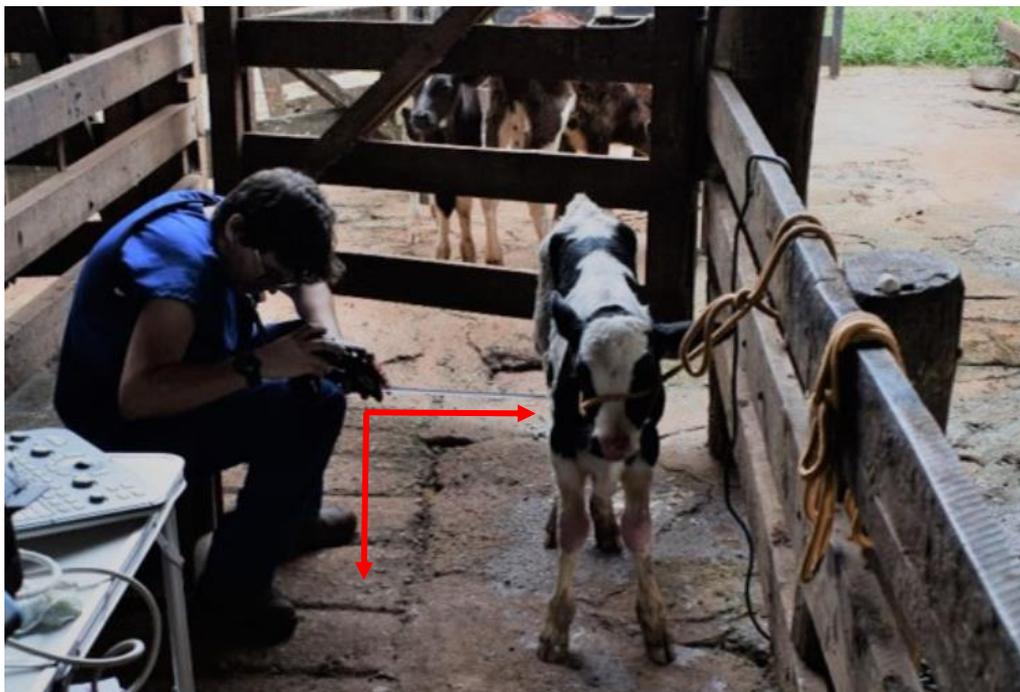


Figura 2. Imagem ilustrando o procedimento de ajuste da angulação da câmera entre 90° e 120° a estrutura anatômica a ser avaliada. A distância entre a câmera e a estrutura anatômica é mensurada com o auxílio de uma trena métrica. Fonte: Borges P.A.C. et al⁹⁶

2.2.3. Processamento e análise das imagens termográficas

Uma vez obtidos, as imagens termográficas são processadas em um software para garantir maior precisão e especificidade em relação as temperaturas da superfície que se deseja avaliar. Para isso, diferentes métodos de processamento têm sido utilizados, como a demarcação da região de interesse (ROI), obtenção da temperatura de área total (Ttot) e determinação das temperaturas máximas (Tmax)^{18,40,96,97}.

No método ROI, uma figura geométrica (oval, retangular, quadrangular, triangular ou retilínea) é aplicada sobre a região de interesse e com base nos *pixels* existentes dentro

da área demarcada o software calcula a temperatura média, máxima e mínima (FIGURA 3)^{92,98}. Esse método tem sido o mais comumente utilizado em estudos que se dedicam a avaliar temperaturas de superfície de animais hígidos de maneira seriada, uma vez que permite obter valores mais próximos em exames realizados em diferentes momentos, sendo a comparação entre esses exames baseada temperatura média ou máxima obtida^{18,19,97}. A demarcação da região de interesse no software, entretanto, está sujeita a subjetividade, pois cabe ao operador aplicar a figura nas proporções que considera cabíveis. Para minimizar o “efeito operador”, em um estudo realizado em humanos, cogitou-se a possibilidade de utilizar um marcador na região a ser estudada durante a realização da termografia, porém descartou-se tal possibilidade tendo em vista a potencial interferência causada pelo material utilizado como marcador, sobre as imagens termográficas^{97,99}.

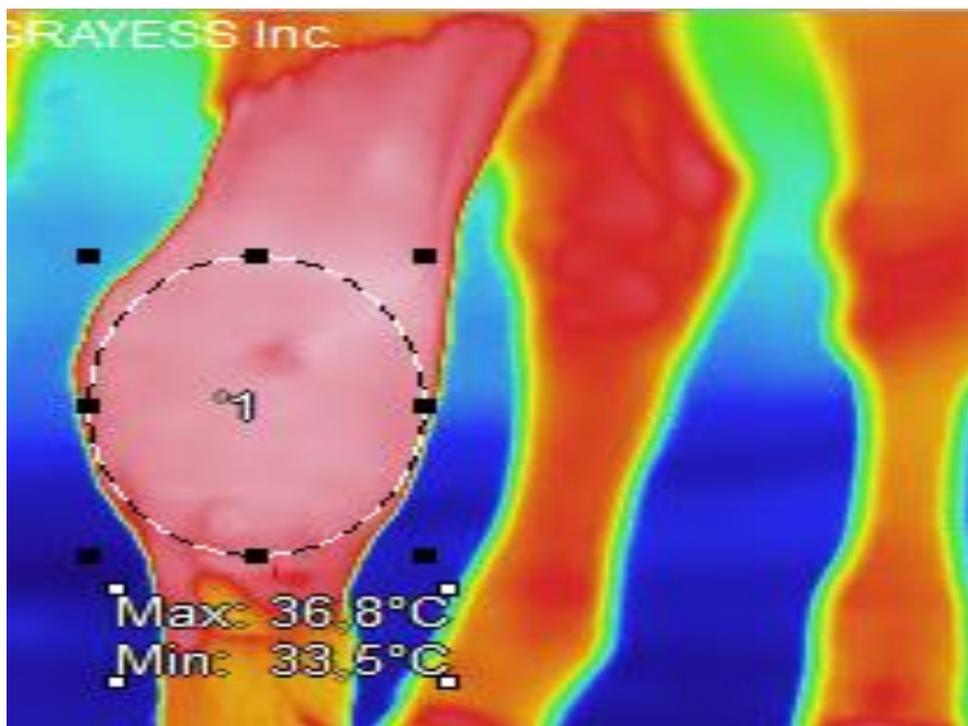


FIGURA 3. Método ROI. Uma figura geométrica que mais se ajusta a região a ser avaliada é aplicada de maneira a cobri-la totalmente e com base nos pixels existentes dentro da área da figura, o software determina as temperaturas. Fonte: Borges P.A.C. et al⁹⁶

No método de obtenção da temperatura de área total, o operador aplica uma figura geométrica que excede a região anatômica a ser estudada de modo a incluir uma porção pertencente ao ambiente. Em seguida os dados de distribuição de temperatura que se

encontram em um valor abaixo do limiar da temperatura da superfície corporal são excluídos uma vez que se considera estes pertencentes ao ambiente (FIGURA 4). Com essa técnica, o tempo necessário para o processamento das imagens é menor, bem como o “efeito operador” durante a demarcação da região anatômica é reduzido, entretanto, a avaliação de corpos de diferentes tamanhos pode levar a áreas de demarcação muito diferentes, o que predispõe a dificuldades de interpretação^{40,97}.

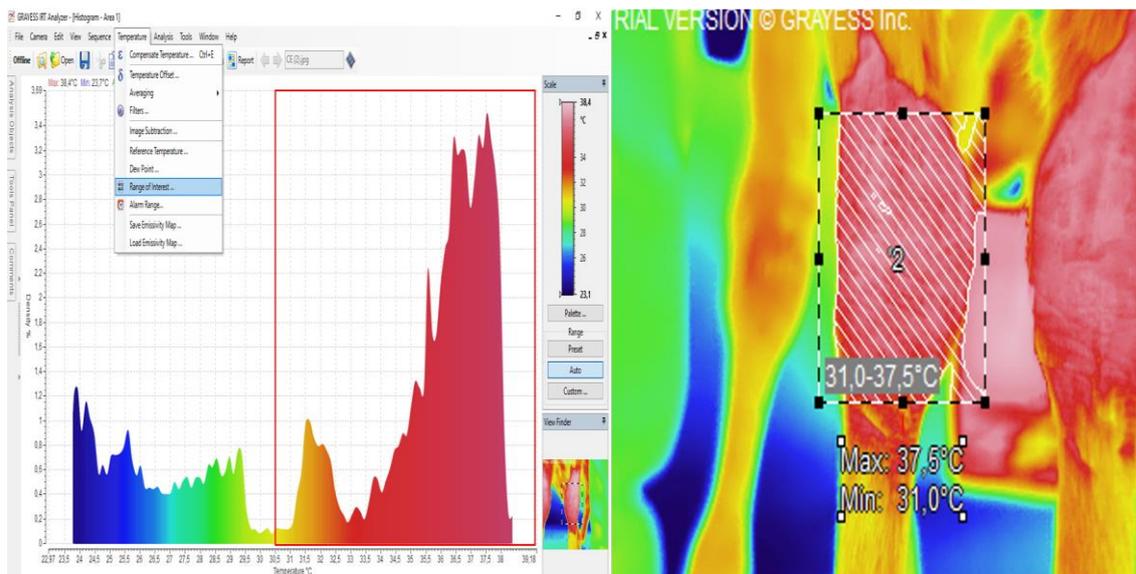


FIGURA 4. Imagem ilustrando a demarcação de uma grande área que contenha a região anatômica de interesse para aplicação do método de área total. Na sequência é determinado o espectro de temperaturas de interesse, removendo dos resultados as temperaturas não relacionadas a estrutura anatômica que está sob avaliação. Linhas tracejadas aparecem sobre o termograma, determinando os pontos nos quais a temperatura está dentro do espectro selecionado. Fonte: Borges P.A.C. et al⁹⁶

No método Tmax, por sua vez, ao selecionar-se a região anatômica a ser avaliada, o software faz uma varredura e detecta os cinco pontos mais quentes (*hotspots*) com uma distância mínima de cinco *pixels* entre um ponto e outro. Após isso a temperatura da região é calculada com base na média da área 5x5 ao redor dos *pixels* mais quentes (FIGURA 5). Esse método permite uma avaliação dinâmica, que dispensa a necessidade de ausência de movimento total do corpo que está sendo avaliada e minimiza os possíveis efeitos de sobreposição, de tecidos menos vascularizados sobre tecidos mais vascularizados, nas imagens termográficas. Tais características, tornam o Tmax interessante na avaliação de processos patológicos, quando se tem possivelmente uma assimetria entre as estruturas corporais estudadas^{40,97,100}. Alguns softwares e câmeras

termográficas, entretanto, só permitem o uso desse tipo de avaliação no exato momento da realização do exame, o que pode ser visto como uma desvantagem.

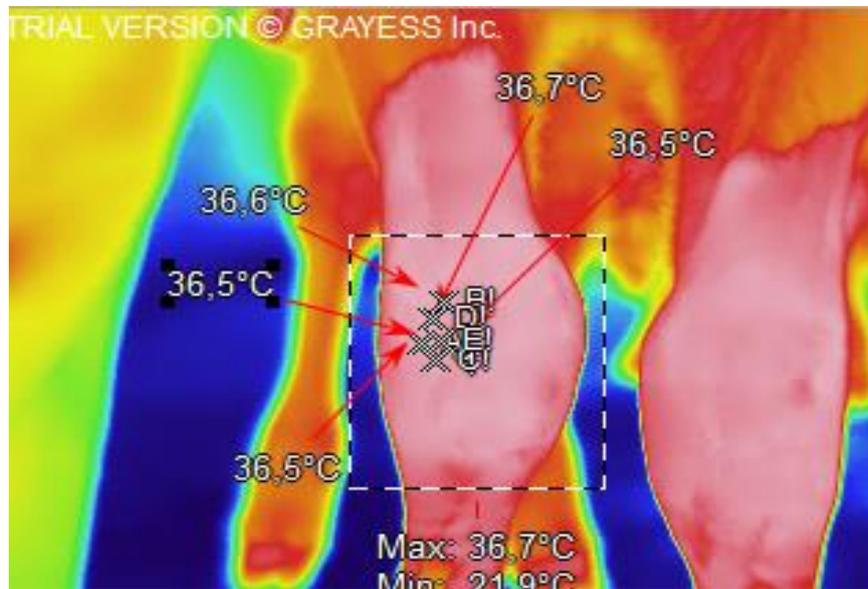


FIGURA 5. Imagem ilustrando a aplicação do método Tmáx. A figura geométrica é aplicada abrangendo toda a região de interesse e área circundante, e os cinco pontos mais quentes dentro da estrutura anatômica que se deseja avaliar são encontrados. Fonte: Borges P.A.C. et al⁹⁶.

O desenvolvimento de novos softwares e técnicas para análise de imagens termográficas médicas é um processo que vem sendo continuamente aperfeiçoado, uma vez que o processamento e a avaliação das imagens termográficas têm um grande impacto sobre a reprodutibilidade dos estudos¹⁰¹.

2.2.4. Outros fatores a se considerar na interpretação das imagens termográficas

2.2.4.1. Artefatos de execução

Uma vez que o exame termográfico está sujeito a diversas variáveis, fenômenos naturais ou artificiais podem induzir a produção de artefatos e consequentemente resultar em erros diagnósticos⁵⁴. A presença de água na superfície corporal leva a uma mudança no padrão de distribuição térmica e redução das temperaturas obtidas. Em termografias realizadas em membros de equinos, uma redução de 5°C foi notada quando comparou-se um membro seco a um membro molhado, resultado semelhante foi encontrado na avaliação termográfica do carpo de bezerros, onde a presença de água reduziu a temperatura de um carpo em relação ao outro, em 3°C^{16,102}. Assim como a água, sujidades

ou qualquer outro material presente na superfície da região anatômica a ser avaliada podem gerar uma barreira física a emissão e absorção de ondas infravermelhas. Até mesmo cicatrizes ou diferenças na altura do pelo, são capazes de gerar artefatos que dificultam a comparação de resultados (FIGURA 6) ⁴⁵.

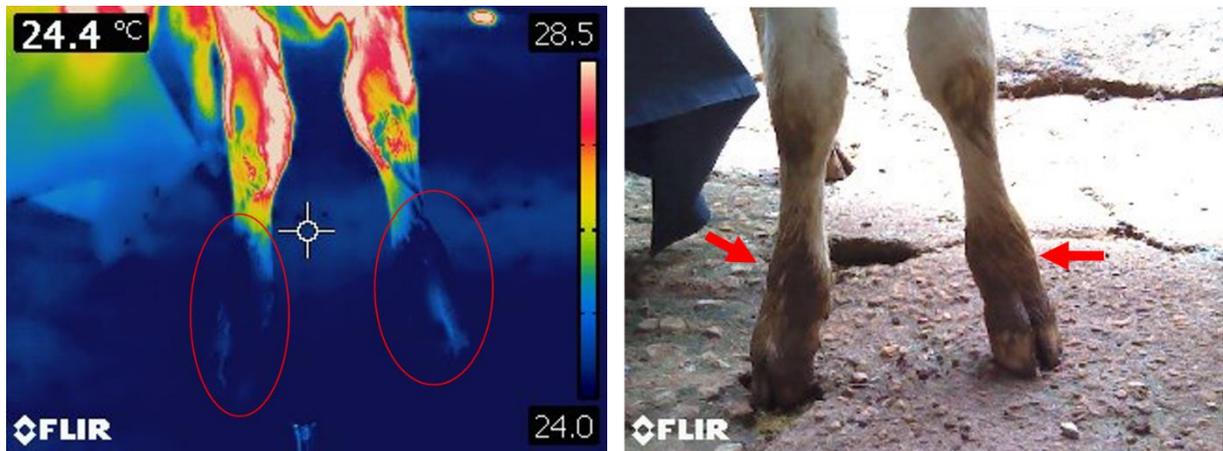


FIGURA 6. Imagem de artefato gerado pela presença de sujidades no membro durante a realização do exame termográfico. As setas vermelhas indicam a área na qual as sujidades e umidade concentram-se. No exame termográfico essa área é marcada por redução de temperatura que se reflete pela demarcação da região com a coloração referente aos pontos mais frios da escala utilizada (círculos vermelhos). Fonte: Borges P.A.C. et al⁹⁶.

2.2.4.2. Simetria corporal

Ao comparar estruturas contralaterais deve se levar em consideração a existência de um certo grau de assimetria na temperatura corporal. Embora alguns autores afirmem que uma diferença de 0,3 a 0,5°C entre dois lados do corpo já possa ser considerada como anormal em humanos, outros mostram a possibilidade de haver variações de até 0,7°C sem significância clínica nessa mesma espécie, sendo a magnitude da diferença de temperatura entre dois lados do corpo, associada a região estudada^{73,103,104}.

No que concerne a medicina veterinária há uma escassez de trabalhos que demonstrem claramente o grau de variação de temperatura aceitável quando se compara regiões contralaterais de um mesmo indivíduo; sabe-se, que assim como em humanos há uma tendência a proximidade entre as temperaturas obtidas, o que já foi demonstrado em cães e equinos^{59,87}. Uma diferença de temperatura, entretanto, principalmente em regiões distais dos membros de equinos e em climas frios, não necessariamente indica uma afecção em curso⁸⁵. Alguns autores demonstraram que na espécie equina diferenças de até 1°C entre regiões contralaterais de membros podem ser consideradas normais e que

uma diferença de 1,25°C pode ser suficiente para indicar uma inflamação subclínica em curso^{87,105,106,107}.

2.3. Considerações Finais

A termografias infravermelha é, portanto, uma ferramenta de grande valia para o uso em Medicina Veterinária, tendo um enorme potencial para emprego na rotina clínica, acompanhamento pós-cirúrgico e reabilitação animal. Para que se aproveite todo esse potencial, entretanto, é necessário que se tenha um conhecimento amplo acerca das variáveis que devem ser consideradas durante a execução do exame e análise das imagens termográficas, bem como acerca da anatomia e fisiologia da espécie com a qual se trabalha.

Referências

1. Archer S, Bell N, Huxley J. Lameness in UK dairy cows: A review of the current status. *In Pract.* 2010;32(10):492–504.
2. Guard C. Quantification and the associated costs of lameness in today's dairies. *AABP Proc.* 2006;(39):144–6.
3. Cha E, Hertl JA, Bar D, Gröhn YT. The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Prev Vet Med* . 2010;97(1):1–8. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.07.011>
4. Desrochers A, Francoz D. Clinical management of septic arthritis in cattle. *Vet Clin North Am - Food Anim Pract* . 2014;30(1):55–76. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.11.006>
5. Marchionatti E, Nichols S, Babkine M, Fecteau G, Francoz D, Lardé H, et al. Surgical Management of Omphalophlebitis and Long Term Outcome in Calves: 39 Cases (2008-2013). *Vet Surg.* 2016;45(2):194–200.
6. Mulon PY, Desrochers A, Francoz D. Surgical Management of Septic Arthritis. *Vet Clin North Am - Food Anim Pract.* 2016;32(3):777–95.
7. D Griffin, L Perino DH. Historical materials from University of Nebraska-Lincoln extension 1993. paper 196. University of Nebraska-Lincoln. 1993.
8. Doğan E, Yanmaz Le, Okumuş Z, Kaya M, Şenocak Mg, Cengiz S. Radiographic, Ultrasonographic and Thermographic Findings in Neonatal Calves with Septic Arthritis: 82 cases (2006-2013). *Atatürk Üniversitesi Vet Bilim Derg.* 2016;1(1):6–12. Disponível em: <http://dergipark.gov.tr/doi/10.17094/avbd.51116>
9. Motta GA, Girardi AM, Sabes AF, Portugal ES, Nociti RP, Bueno GM, et al. Clinical and radiographic changes of carpi, tarsi and interphalangeal joints of beef zebu bulls on semen collection regimen. *Arq Bras Med Vet e Zootec.* 2017;69(6):1357–66.
10. Heppelmann M, Rehage J, Kofler J, Starke A. Ultrasonographic diagnosis of septic arthritis of the distal interphalangeal joint in cattle. *Vet J.* 2009;179(3):407–16. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.10.017>
11. Desrochers A, Anderson DE, St-Jean G. Surgical Treatment of Lameness. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* . 2001;17(1):143–58. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0749072015300591>
12. Eddy AL, Van Hoogmoed LM, Snyder JR. The role of thermography in the management of equine lameness. *Vet J.* 2001;162(3):172–81.
13. Rekant SI, Lyons MA, Pacheco JM, Arzt J, Rodriguez LL. Veterinary applications

- of infrared thermography. *Am J Vet Res.* 2016;77(1):98–107.
14. Alsaad M, Schaefer AL, Büscher W, Steiner A. The role of infrared thermography as a non-invasive tool for the detection of lameness in cattle. *Sensors (Switzerland)*. 2015;15(6):14513–25.
 15. K.C. Mogg, C.C. Pollit. Hoof and distal limb surface temperature in the normal pony under constant and changing ambient temperatures. *Equine Vet J.* 1992;24(2):134–9.
 16. Basile R.C, Basile M.T, Albernaz R.M, Pereira M.C, Araújo R., Ferraz G.C, Queiroz-Neto A. Guia prático para o exame termográfico em equinos. *Rev Bras Med Equina.* 2010;31(1):1–4.
 17. Christensen J, Matzen LH, Vaeth M, Schou S, Wenzel A. Thermography as a quantitative imaging method for assessing postoperative inflammation. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2012;41(6):494–9.
 18. Pavelski M, Basten M da S, Busato E, Dornbusch PT. Infrared thermography evaluation from the back region of healthy horses in controlled temperature room. *Ciência Rural* . 2015;45(7):1274–9. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000701274&lng=en&tlng=en
 19. Basile RC. Metodologia de avaliação e análise de termografia em equinos. Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal para obtenção do título de Médica Veterinária, 2012.
 20. Herry CL, Frize M. Quantitative assessment of pain-related thermal dysfunction through clinical digital infrared thermal imaging. *Biomed Eng Online.* 2004;3:1–14.
 21. Całkosiniński I, Dobrzyński M, Rosińczuk J, Dudek K, Chrószcz A, Fita K, et al. The use of infrared thermography as a rapid, quantitative, and noninvasive method for evaluation of inflammation response in different anatomical regions of rats. *Biomed Res Int.*; 2015.
 22. Mahmoud M, Wilhite R, Rowe J. *Guide to Ruminant Anatomy: Dissection and Clinical Aspects.* 2018.
 23. Supriya B, Rao TSC, Ramayya PJ. Anatomy of the femorotibial joint of stifle of buffalo calves (*bubalus bubalis*): materials and methods. *Buffalo Bulletin* 2016;35(4).
 24. Siddiqui MSI, Khan MZI, Moonmoon S, Islam MN, Jahan MR. Macro-anatomy of the bones of the forelimb of black bengal goat. *Bangl. J. Vet. Med.* 6:59–66, 2008.
 25. Auer JA, Stick JA. *Equine Surgery*, 4^a ed. Saunders. Philadelphia; 2012.
 26. Lardé H, Nichols S, Babkine M, Desrochers A. Dorsal Arthroscopic Approach and Intra-Articular Anatomy of the Bovine Antebrachicarpal and Middle Carpal

- Joints. *Vet Surg.* 2016;45(5):609–18.
27. Hoey SE, Biedrzycki AH, Livesey MJ, Drees R. Radiographic anatomy of juvenile bovine limbs. *Vet Rec.* 2016;179(21).
 28. Ford TS, Ross MW OP. Communications and boundaries of the middle carpal and carpometacarpal joints in horses. *Am J Vet Res.* 1988;49(12).
 29. Desrochers A, St-Jean G, Cash WC, Hoskinson JJ DR. Characterization of anatomic communications among the antebrachiocarpal, middle carpal, and carpometacarpal joints in cattle, using intra-articular latex, positive-contrast arthrography, and fluoroscopy. *Am J Vet Res.* 1997;58(1):7–10.
 30. Klaus Dieter Budras, Robert E. Habel, Christoph K. W. Mülling, Paul R. Greenough, Gisela Jahrmärker, Renate Richter DS. *Bovine Anatomy: An Illustrated Text.* Schluetersche; 2011.
 31. Guintard C, Cossu F. Comparative anatomy of M . extensor carpi radialis in 9 species of domestic Mammals and in Man.
 32. Rowen D. Frandson, W. Lee Wilke ADF. *Anatomy and physiology of farm animals.* 7th ed. Rowen D. Frandson, W. Lee Wilke ADF, editor. Vol. 2, Wiley-Blackwell. Colorado: Wiley-Blackwell; 2009. 520 p.
 33. Horst Erich König (H-GL. *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals: Teextbook and Colour Atlas.* 4th ed. Manson Publishing Ltd; 2009. 788 p.
 34. Oskar Schaller; Fernando Gomes do Nascimento. *Nomenclatura anatômica veterinária ilustrada.* 1st ed. São Paulo; 1999. 614 p.
 35. Netter FH. *Atlas de anatomia humana.* 6th ed. Elsevier; 2015. 624 p.
 36. Raymond R. Ashdown, Stanley H. Done, Stephen W. Barnett EAB. *Color Atlas of Veterinary Anatomy, Volume 1, The Ruminants.* 2nd ed. Mosby Ltda.; 2010. 272 p.
 37. P Maldague X. *Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing.* Wiley-Blackwell; 2001. 704 p.
 38. Modest MF. *Radiative Heat Transfer.* Waltham, MA, USA: Academic Press; 2013.
 39. Vollmer, M.; Mollmann KP . *Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications.* Weinheim, Germany: Wiley-Blackwell; 2011.
 40. Usamentiaga R, Venegas P, Guerediaga J, Vega L, Molleda J, Bulnes F. Infrared Thermography for Temperature Measurement and Non-Destructive Testing. *Sensors* . 2014;14(7):12305–48. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1424-8220/14/7/12305/>
 41. Kastberger G1 SR. Infrared imaging technology and biological applications. *Behav Res Methods Instrum Comput.* 2003;35(3):429–39.
 42. Latif Emrah Yanmaz ZO and ED. Instrumentation of Thermography and its Applications in Horses. *J Anim Vet Adv.* 2007;6(7):858–62.

43. Çetinkaya MA, Demirutku A. Thermography in the assessment of equine lameness. *Turkish J Vet Anim Sci.* 2012;36(1):43–8.
44. Soroko M, Howell K. Infrared Thermography: Current Applications in Equine Medicine. *J Equine Vet Sci* . 2018;60:90–96.e2. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.11.002>
45. Redaelli V, Bergero D, Zucca E, Ferrucci F, Costa LN, Crosta L, et al. Use of thermography techniques in equines: Principles and applications. *J Equine Vet Sci* . 2014;34(3):345–50. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2013.07.007>
46. Michelotto BL, Rocha RMVM, Michelotto P V. Thermographic Detection of Dorsal Metacarpal/Metatarsal Disease in 2-Year-Old Thoroughbred Racehorses: A Preliminary Study. *J Equine Vet Sci* . 2016;44:37–41. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2016.04.005>
47. Schaefer AL, Cook N, Tessaro S V, Deregts D, Desroches G, Dubeski PL, et al. Early detection and prediction of infection using infrared thermography 1. 2004;
48. Schaefer AL, Cook NJ, Church JS, Basarab J, Perry B, Miller C, et al. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. *Res Vet Sci.* 2007;83(3):376–84.
49. Radigonda VL, Pereira GR, da Cruz Favaro P, Barca Júnior FA, Borges MHF, Galdioli VHG, et al. Infrared thermography relationship between the temperature of the vulvar skin, ovarian activity, and pregnancy rates in Braford cows. *Trop Anim Health Prod.* 2017;49(8):1787–91.
50. Shecaira CL, Seino CH, Bombardelli JA, Reis GA, Fusada EJ, Azedo MR, et al. Using thermography as a diagnostic tool for omphalitis on newborn calves. *J Therm Biol* . 2018;71(November 2017):209–11. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.11.014>
51. Küls N, Blissitt KJ, Shaw DJ, Schöffmann G, Clutton RE. Thermography as an early predictive measurement for evaluating epidural and femoral–sciatic block success in dogs. *Vet Anaesth Analg.* 2017;44(5):1198–207.
52. Unruh EM, Theurer ME, White BJ, Larson RL, Drouillard JS, Schrag N. Evaluation of infrared thermography as a diagnostic tool to predict heat stress events in feedlot cattle. *Am J Vet Res.* 2017;78(7):771–7.
53. Rogalski A. Progress in focal plane array technologies. *Prog Quantum Electron* . 2012;36(2–3):342–473. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pquantelec.2012.07.001>
54. Vainionpää M. Thermographic Imaging in Cats and Dogs Usability as a Clinical Method. 2014. 67 p.
55. Flir. Cooled versus uncooled cameras for long range surveillance. Disponível em: http://www.flir.com/uploadedfiles/Eurasia/MMC/Tech_Notes/TN_0005_EN.pdf

56. Wolf A, Redlich R, Figueroa M, Pezoa JE. On-line nonuniformity and temperature compensation of uncooled IRFPAs using embedded digital hardware. 2013;8868:88680H. Disponible em: <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?doi=10.1117/12.2024241>
57. Pedreros F, Pezoa JE, Torres SN. Compensating internal temperature effects in uncooled microbolometer-based infrared cameras. 2012;8355(41):83551C. Disponible em: <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?doi=10.1117/12.918701>
58. Malafaia O, Brioschi ML, Aoki SMS, Dias FG, Gugelmin BS, Aoki MS, et al. Infrared imaging contribution for intestinal ischemia detection in wound healing. *Acta Cir Bras*. 2008;23(6):511–9.
59. Infernuso T, Loughin CA, Marino DJ, Umbaugh SE, Solt PS. Thermal Imaging of Normal and Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifles in Dogs. *Vet Surg*. 2010;39(4):410–7.
60. Soroko M, Dudek K, Howell K, Jodkowska E, Henklewski R. Thermographic Evaluation of Racehorse Performance. *J Equine Vet Sci* . 2014;34(9):1076–83. Disponible em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2014.06.009>
61. Labour L, Villiers G, Small AHH, Hinch GNN, Schmoelzl S. Infrared thermal imaging as a method to evaluate heat loss in newborn lambs. *Res Vet Sci* . 2017;115(September):517–22. Disponible em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.09.023>
62. Herlofson EG. *The Use of Thermography in Evaluation of Surgical Wounds in Small Animal Practice*. 2017;
63. McCafferty DJ. The value of infrared thermography for research on mammals: Previous applications and future directions. *Mamm Rev*. 2007;37(3):207–23.
64. McGowan NE, Scantlebury DM, Maule AG, Marks NJ, McGowan NE, Scantlebury DM, et al. Measuring the emissivity of mammal pelage Measuring the emissivity of mammal pelage. *Quant Infrared Thermogr J* . 2018;6733:1–9. Disponible em: <http://doi.org/10.1080/17686733.2018.1437239>
65. Orlove G. Emissivity and Reflected Temperature . nashua, EUA. 2017 [cited 2018 Jun 14]. Disponible em: <http://irinformir.blogspot.com/2012/02/thermographic-measurement-techniques.html>
66. Ivanov G V., Ivanov VG. Temperature and emissivity determination of small-size long-range object's using staring Thermovision Cameras. *Infrared Phys Technol* . 2013;60:161–5. Disponible em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2013.04.009>
67. ASTM E1862 - 14 (2014). Standard Test Methods for Measuring and Compensating for Reflected Temperature Using Infrared Imaging Radiometers. ASTM Int West Conshohocken, PA . 2010;3. Disponible em: <http://www.astm.org/Standards/E1862.htm>

68. Westermann S, Stanek C, Schramel JP, Ion A, Buchner HHF. The effect of airflow on thermographically determined temperature of the distal forelimb of the horse. *Equine Vet J*. 2013;45(5):637–41.
69. Soroko M, Howell K, Dudek K. The effect of ambient temperature on infrared thermographic images of joints in the distal forelimbs of healthy racehorses. *J Therm Biol* . 2017;66(December 2016):63–7. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.03.018>
70. OKADA K, TAKEMURA K, SATO S. Investigation of Various Essential Factors for Optimum Infrared Thermography. *J Vet Med Sci* . 2013;75(10):1349–53. Disponível em: <http://jlc.jst.go.jp/DN/JST.JSTAGE/jvms/13-0133?lang=en&from=CrossRef&type=abstract>
71. McArthur AJ. Air movement and heat loss from sheep. III. Components of insulation in a controlled environment. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 1980;209(1175):219–37.
72. Tran QH, Han D, Kang C, Haldar A, Huh J. Effects of Ambient Temperature and Relative Humidity on Subsurface Defect Detection in Concrete Structures by Active Thermal Imaging. *Sensors* . 2017;17(8):1718. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1424-8220/17/8/1718>
73. Vardasca R, Ring EFJ, Plassmann P, Jones CD. Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects. *Thermol Int*. 2012;22(2):53–60.
74. Gazerani P, Arendt-Nielsen L. Cutaneous vasomotor reactions in response to controlled heat applied on various body regions of healthy humans: Evaluation of time course and application parameters. *Int J Physiol Pathophysiol Pharmacol*. 2011;3(3):202–9.
75. Turner TA. Diagnostic Thermography. *Vet Clin North Am Equine Pract* . 2001;17(1):95–114. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0749073917300779>
76. Turner TA. Thermography. In: Baxter GM, editor. *Lameness in horse*. 6th ed. Wiley-Blackwell; 2011. p. 1272.
77. Ávila Filho SH. Comparativo entre os fios de quitosana e poligrecapone na reparação intestinal e muscular de coelhos (*Oryctogalus cuniculus*). Dissertação de mestrado apresentada junto ao PPGCA-EVZ. Universidade Federal de Goiás; 2017.
78. Loughin CA, Marino DJ. Evaluation of thermographic imaging of the limbs of healthy dogs. *Am J Vet Res*. 2007;68(10):1064–9.
79. Satchell_et_al-2015-Equine_Veterinary_Journal. 2015;47(September).
80. Purohit R. Standards for thermal imaging in veterinary medicine. In: *Proceedings of the XIth European Congress of Thermology*. Mannheim, Germany: Thermol Int; 2009. p. 99.

81. Pavelski M, Silva DM, Leite NC, Junior DA, De Sousa RS, Guérios SD, et al. Infrared Thermography in Dogs with Mammary Tumors and Healthy Dogs. *J Vet Intern Med.* 2015;29(6):1578–83.
82. Basile RC, Basile MT, Ferraz GC, Pereira MC, Queiroz-Neto A. Equine Inflammatory Process Evaluation Using Quantitative Thermographic Methodology. *Ars Vet.* 2010;26(2):77–81.
83. Herman C, Pirtini Cetingul M. Quantitative Visualization and Detection of Skin Cancer Using Dynamic Thermal Imaging. *J Vis Exp* . 2011;(51):2–5. Disponível em: <http://www.jove.com/index/Details.stp?ID=2679>
84. Tunley B V, Henson FMD. Reliability and repeatability of thermographic examination and the normal thermographic image of the thoracolumbar region in the horse. *Equine Vet J.* 2004;36(4):306–12.
85. Palmer E. Effect of ambient temperature upon the surface temperature of the equine limb. *American J Vet Res.* 1983;44(10):98–101.
86. Heath AM, Carson RL, Purohit RC, Sartin EM, Wenzel JGW, Wolfe DE. Effects of testicular biopsy in clinically normal bulls. *J Am Vet Med Assoc.* 2002;220(4):507–12.
87. Turner TA. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Vet Clin North Am Equine Pract* . 1991;7(2):311–38. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30502-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30502-3)
88. Ring EFJ, Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiol Meas.* 2012;33(3).
89. Redaelli V. UTILIZZO DELLA TECNICA TERMOGRAFICA COME SISTEMA NON INVASIVO PER LO STUDIO DEL BENESSERE E DELLO STATO SANITARIO NELLE SPECIE ANIMALI DI INTERESSE ZOOTECNICO E DA AFFEZIONE. 2010.
90. How I. Veterinary applications of thermography on cats and dogs. 2017. p. 1–9.
91. Ammer, K; Ring EFJ. Repeatability of the standard view of both dorsal hands. Results from a training course on medical infra red imaging. *Thermol Int.* 2004;(14):99–102.
92. Westermann S, Schramel JP, Tichy A, Stanek C. of the Distolateral Aspects of the Forelimbs in Horses. 2013;242(3):1–8.
93. Pezeshki A, Stordeur P, Wallemacq H, Schynts F, Stevens M, Boutet P, et al. Variation of inflammatory dynamics and mediators in primiparous cows after intramammary challenge with *Escherichia coli*. *Vet Res* . 2011;42(1):15. Disponível em: <http://www.veterinaryresearch.org/content/42/1/15>
94. Martins RFS, do Prado Paim T, de Abreu Cardoso C, Stéfano Lima Dallago B, de Melo CB, Louvandini H, et al. Mastitis detection in sheep by infrared

- thermography. *Res Vet Sci* . 2013;94(3):722–4. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2012.10.021>
95. Pulido-Rodríguez LF, Titto EAL, Henrique FL, Longo LS, Hooper HB, Pereira TL, et al. Termografia infravermelha da superfície ocular como indicador de estresse em suínos na fase de creche. *Pesqui Vet Bras*. 2017;37(5):453–8.
 96. Borges, P.A.C.; Silva, D.C.; Queiroz, P.J.B.; Silva, L.A.F.; Rabelo RE. *Termografia Infravermelha na Medicina Veterinária: Um guia prático*. 1st ed. Borges, P.A.C.; Silva, D.C.; Queiroz, P.J.B.; Silva, L.A.F.; Rabelo RE, editor. Amazon KDP Publishing; 2018. 57 p.
 97. Arenhart R, Severo AL, Carvalho Maia PE, Silveira DA, Lopez[RR, Bocaccio D. Thermographic and histological analysis of rabbit different tenorrhaphies techniques (4 and 6 strands) after early active mobilization. *Fisioter em Mov* . 2014;27(4):611–9. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=jlh&AN=103748568&site=ehost-live>
 98. Ludwig N, Formenti D, Gargano M, Alberti G. Skin temperature evaluation by infrared thermography: Comparison of image analysis methods. *Infrared Phys Technol* . 2014;62:1–6. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2013.09.011>
 99. Holmes LC, Gaughan EM, Gorondy DA, Hogge S, Spire MF. The effect of perineural anesthesia on infrared thermographic images of the forelimb digits of normal horses. *Can Vet J*. 2003;44(5):392–6.
 100. Ferreira JJA, Mendonça LCS, Nunes LAO, Andrade Filho ACC, Rebelatto JR, Salvini TF. Exercise-associated thermographic changes in young and elderly subjects. *Ann Biomed Eng*. 2008;36(8):1420–7.
 101. Ludwig N, Gargano M, Formenti D, Bruno D, Ongaro L, Alberti G. Breathing training characterization by thermal imaging: A case study. *Acta Bioeng Biomech*. 2012;14(3):41–7.
 102. Pant G, Umbaugh SE, Dahal R, Lama N, Marino DJ, Sackman J. Veterinary software application for comparison of thermograms for pathology evaluation. *Appl Digit Image Process XL* . 2017;(September 2017):83. Disponível em: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10396/2273077/Veterinary-software-application-for-comparison-of-thermograms-for-pathology-evaluation/10.1117/12.2273077.full>
 103. Borges PAC, Silva NAA, Silva DC, Silva WPR, Ávila Filho SH, Silva LAF. Artefatos do exame termográfico do aparelho locomotor de bovinos. In: *Anais Do Encontro Científico Da Escola De Veterinária E Zootecnia Da Universidade Federal De Goiás - 3ª Edição*. Goiânia; 2018. p. 69–72.
 104. Lee JG, Kim SG, Lim KJ, Choi KC. Thermographic Assessment of Inferior Alveolar Nerve Injury in Patients With Dentofacial Deformity. *J Oral Maxillofac*

- Surg. 2007;65(1):74–8.
105. Hakgüder A, Birtane M, Gürcan S, Kokino S, Tura FN. Efficacy of Low Level Laser Therapy in Myofascial Pain Syndrome: An Algometric and Thermographic Evaluation. *Lasers Surg Med.* 2003;33(5):339–43.
 106. Soroko M, Henklewski R, Filipowski H, Jodkowska E. The Effectiveness of Thermographic Analysis in Equine Orthopedics. *J Equine Vet Sci* . 2013;33(9):760–2. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2012.11.009>
 107. Kold SE, Chappel AKA. Use of computerised themnographic image analysis (CTIA) in equine orthopaedics: review and presentation of clinical cases. *Equine Vet Educ.* 1998;10(4):198–204.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Adequar a metodologia e estabelecer valores de referência para se realizar a avaliação termográfica do carpo de bezerros da raça Holandesa.

3.2. Objetivos específicos

- Instituir o melhor método para análise quantitativa de imagens termográficas oriundas do carpo de bezerros da raça Holandesa.
- Analisar quantitativamente a magnitude da influência da temperatura ambiente sobre imagens termográficas do carpo de bezerros da raça Holandesa.
- Validar um método de ajuste de temperaturas ambiente para avaliação de imagens termográficas do carpo de bezerros da raça Holandesa realizadas em mesmo ambiente sob diferentes temperaturas.

CAPÍTULO 2

Análise de diferentes métodos de processamento de imagens termográficas para avaliação das temperaturas do carpo de bezerros da raça Holandesa.

Resumo: As afecções do sistema locomotor, representam uma importante parcela da casuística da Clínica Médica de Bovinos. Nesse contexto, o desenvolvimento de ferramentas que permitam o diagnóstico precoce de tais afecções é de suma importância. O presente trabalho objetivou analisar comparativamente diferentes métodos de obtenção de imagens termográficas para avaliação quantitativa das temperaturas do carpo de bezerros da raça Holandesa. Foram obtidas imagens termográficas, de ambos os carpos, de oito bezerros, com idade entre 20 e 45 dias e peso médio de $38,65 \pm 2,27$ kg. As imagens foram analisadas por meio do software GRAYESS® IRT Analyzer 7, pelos métodos de temperatura global (T_{tot}), região de interesse (ROI) e temperatura máxima média (T_{max}). Os dados obtidos foram tabulados e avaliados por meio análise de variância seguida do teste de Turkey, utilizando-se do *software* SAS 8.0®. Os resultados mostraram não haver diferença entre as temperaturas obtidas usando os métodos TROI e T_{tot} , porém o método T_{max} quando comparado com estes, mostrou gerar temperaturas mais elevadas, determinando a existência de influência do método de análise nas temperaturas obtidas. O método T_{max} , foi aquele que se mostrou mais preciso para verificação de variações de temperaturas entre os carpos direito e esquerdo de um mesmo indivíduo, sendo possivelmente o de melhor aplicação no diagnóstico de enfermidades relacionadas as articulações cárpicas. O intervalo de confiança para diferença entre as temperaturas dos carpos direito e esquerdo (Δ_{d-e}) do mesmo indivíduo, por sua vez, foi de 0,03 a 0,26°C. Assim, conclui-se que a termografia é um exame com potencial de aplicação clínica no diagnóstico de afecções articulares de bezerros, o método T_{max} mostra-se mais sensível para verificação de variações de temperaturas entre os carpos contralaterais de um mesmo indivíduo e que Δ_{d-e} variando entre 0,03 e 0,26°C não necessariamente indica uma doença articular em curso.

Palavras-chave: Artrite, bovino, claudicação, inflamação, infravermelho, termografia

1. Introdução

Depois dos dígitos, as articulações são tidas como as principais estruturas relacionadas a origem de claudicações em bovinos. Afecções articulares podem ser de origem traumática, congênita ou séptica e tendem a apresentar um marcante caráter inflamatório ao longo do seu curso¹. A artrite séptica é uma causa comum de claudicação em bovinos, sobretudo em bezerros, onde pode advir de bactérias que se disseminam por via hematogena e colonizam as articulações, sendo as articulações interfalangeana distal, metacarpofalangeana, cárpicas e társicas, as mais frequentemente afetadas. Quando não diagnosticada precocemente ou não tratada adequadamente essa afecção pode levar a consequências drásticas para o animal e perdas econômicas significativas. Nessas circunstâncias, métodos que permitam um diagnóstico precoce da artrite séptica, tem importante valor afim de permitir que o tratamento seja iniciado rapidamente e com isso se tenha uma maior possibilidade de cura e completa restauração da função articular²⁻⁴.

Um método que tem ganhado destaque na detecção de quadros inflamatórios é a termografia infravermelha (TRI). O interesse do uso da TRI em áreas médicas advém da capacidade desse método de fornecer informações acerca do padrão de distribuição da temperatura corpórea⁵. Desde os primórdios da medicina, em 400A.C., que a alteração da temperatura corporal é colocada com um importante indicador de doença e com o advento do termômetro no século XVII, a mensuração da temperatura consolidou-se como prática médica⁶. Com a termografia, um novo patamar foi alcançado, pois esse método permite obter de maneira rápida e não invasiva informações referentes a temperatura que podem ser relacionadas a circulação, perfusão e atividade metabólica local; o que permite avaliar desde eventos fisiológicos normais do organismo até aqueles desencadeados em um processo inflamatório, de maneira mais precoce que outros métodos^{5,7-9}. Na Medicina Veterinária a termografia tem sido usada com diversas finalidades, tais como: diagnóstico de claudicação e avaliação da performance esportiva de equinos^{8,10}, diagnóstico de doenças do complexo respiratório e diarreia viral bovina^{11,12}, avaliação da atividade ovariana de vacas e correlação com taxa de prenhes¹³, avaliação de indicadores de estresse térmico em rebanhos bovinos¹⁴ e diagnóstico de onfalites e artrite séptica em bezerros¹⁵. Mas, para a realização do exame termográfico é necessário que uma série de recomendações sejam seguidas, afim de minimizar variações inerentes ao ambiente e outros fatores que podem prejudicar a interpretação dos resultados^{8,16,17}.

A análise das imagens visando a obtenção das temperaturas pode ser feita por um *software* específico utilizando-se de diferentes técnicas que podem gerar resultados diferentes. Sobretudo, quando termografias são realizadas em um mesmo animal de maneira seriada com intuito de detectar ou acompanhar um processo inflamatório é necessário que se padronize a técnica de análise utilizada, além disso, é preciso que se tenha uma concisa caracterização dos padrões de simetria e assimetria corporal para cada região, para que uma variação de temperatura normal, quando se compara regiões contralaterais, não seja considerada patológica^{8,18-20}. Na literatura são poucos os trabalhos que se dedicam a avaliar diferentes métodos de análise de imagens termográficas, sendo estes voltados para o uso da termografia na medicina humana.

Além disso, o padrão de simetria corporal para determinadas regiões anatômicas ainda não está totalmente definido. Logo, diante desse cenário, não se pode negligenciar o potencial do exame termográfico no diagnóstico de afecções que cursam com inflamação. Essa realidade, somada a necessidade de consolidar métodos de diagnóstico precoces de artrite séptica em bezerros, a importância da padronização de um método de avaliação de imagens termográficas para o diagnóstico e acompanhamento de processos de caráter inflamatório e a carência de informações acerca da simetria da temperatura corporal da região cárpica de bezerros sustentam a realização de trabalhos sobre esse tema.

O presente trabalho objetivou comparar três diferentes métodos de avaliação de imagens termográficas e estabelecer possíveis diferenças nos valores da temperatura dos carpos de bezerros da raça Holandesa que possam ser considerados uma assimetria fisiológica.

2. Material e métodos

2.1. Animais

Para o estudo, foram utilizados oito bezerros da raça holandesa, machos, sem claudicação, com idade entre 20 e 45 dias e peso médio de $38,65 \pm 2,27$ kg, mantidos na Fazenda Experimental do Setor de Bovinocultura de leite da Universidade Federal de Goiás (UFG), Campus Samambaia. O experimento, procedeu-se mediante aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFG sob número 015/18. Os animais eram mantidos em bezerreiros individuais e alimentados com dois litros de leite, duas vezes ao dia, concentrado com 18% de proteína e água *ad libitum*.

2.2. Exame termográfico

Vinte e quatro horas previamente a realização das termografias, em ambos os carpos de cada animal, foi realizada tricotomia com máquina de tosa Oster Agc[®], com lâmina nº40. Para realização do exame termográfico foi utilizada uma câmera termográfica modelo Termovisor FLIR[®] T440 (Flir[®] Systems, Inc. Wilsonville-Oregon-USA), com resolução espacial de 320x240 pixels e sensibilidade para detectar diferenças térmicas de 0,04°C, configurada com os seguintes parâmetros: emissividade 0,98 ($\epsilon=0.98$), temperatura ambiente 27°C, umidade relativa de 59%, distância de aquisição entre meio e um metro e paleta de cores na opção arco-íris. A temperatura e umidade relativa do ambiente foram obtidas por meio de um termohigrômetro digital Incoterm[®] TH50. Além desses parâmetros, foi determinada e ajustada na câmera a temperatura refletida para cada imagem a ser realizada, com papel alumínio, conforme descrito por Usamentiaga et al (2014).

Os animais foram levados dos bezerreiros para um galpão coberto, próximo a sala de ordenha, sem a incidência direta de raios de sol e vento, onde tiveram os carpos limpos com um pano seco e macio e foram mantidos em estação por 30 minutos preliminarmente a realização do exame, para evitar efeitos associados a possível presença de umidade no carpo bem como ao manuseio realizado na limpeza. Foram obtidas imagens individualizadas, do aspecto cranial de cada carpo a uma distância de 60 centímetros com a câmera posicionada em um ângulo de 90° em relação ao carpo. As imagens de todos os animais foram obtidas sequencialmente em um curto intervalo de tempo, durante a manhã, evitando influências inerentes a variações bruscas de temperatura e estágios do ciclo circadiano.

2.3. Análise das imagens termográficas

As imagens termográficas foram analisadas por meio do software GRAYESS[®] IRT Analyzer 7, pelos métodos de temperatura global (T_{tot}), região de interesse (ROI) e temperatura máxima média (T_{max}) conforme metodologia proposta por Ludwig et al (2014) para cada método. A demarcação das áreas a serem incluídas em cada análise baseou-se no conhecimento anatômico da região, dispensando a necessidade de utilização de instrumentos marcadores.

2.3.1. Ttot

Por esse método, a figura geométrica de um retângulo foi aplicada a uma área mais larga que a região anatômica de interesse, estendendo-se da zona mais distal da face cranial do rádio até a fileira distal de ossos do carpo, em uma área limítrofe com a porção mais proximal do metacarpo (FIGURA 1A). Foi gerado o histograma de temperatura e em seguida selecionou-se apenas a área da distribuição gráfica correspondente ao espectro de temperaturas existentes dentro da região do carpo, excluindo-se as temperaturas referentes ao fundo da imagem (FIGURA 1B). A temperatura média então foi determinada como sendo a média das temperaturas dos *pixels* existentes nessa área final.

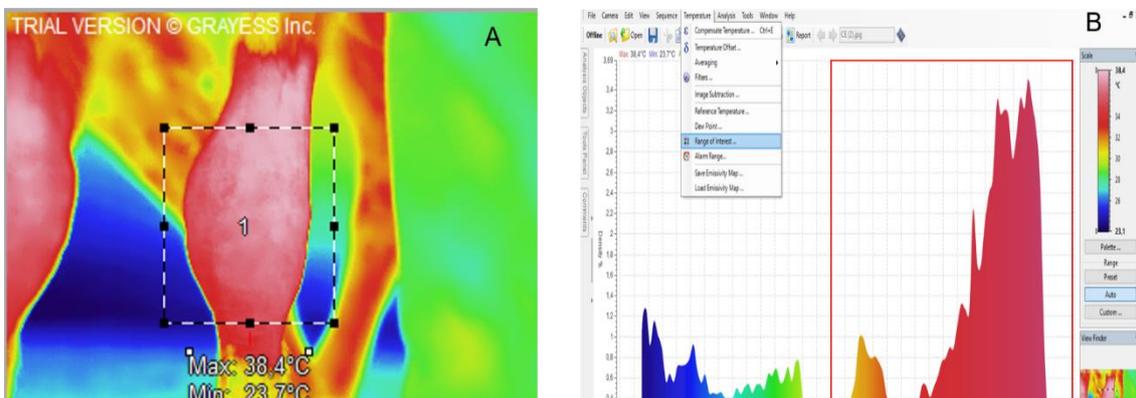


FIGURA 1. Imagens resultantes da mensuração da temperatura do carpo pelo método Ttot. Para obtenção das imagens é aplicado um retângulo a uma área mais larga que a região anatômica de interesse (A); em seguida, o histograma é gerado e as temperaturas referentes ao fundo da imagem são excluídas (B). 1= numeração emitida pelo software para demarcação da área coberta pela figura geométrica.

2.3.2. Tmax

Assim como no método Ttot, um retângulo foi aplicado à uma área mais ampla que a região anatômica de interesse. Em seguida, programou-se o *software* para detectar os cinco pontos mais quentes dentro dessa área, referentes a estrutura anatômica de interesse, tomando como temperatura final a média aritmética da temperatura desses cinco pontos (FIGURA 2A).

2.3.3. ROI

Uma figura elíptica foi aplicada e ajustada à região do carpo, com limite na margem superior mais distal do rádio, limite inferior junto a margem proximal do metacarpo e limites lateral e medial respeitando, respectivamente, as bordas lateral e

medial do carpo (FIGURA 2B). A temperatura final foi determinada como a média aritmética das temperaturas dos *pixels* existentes dentro da área demarcada.

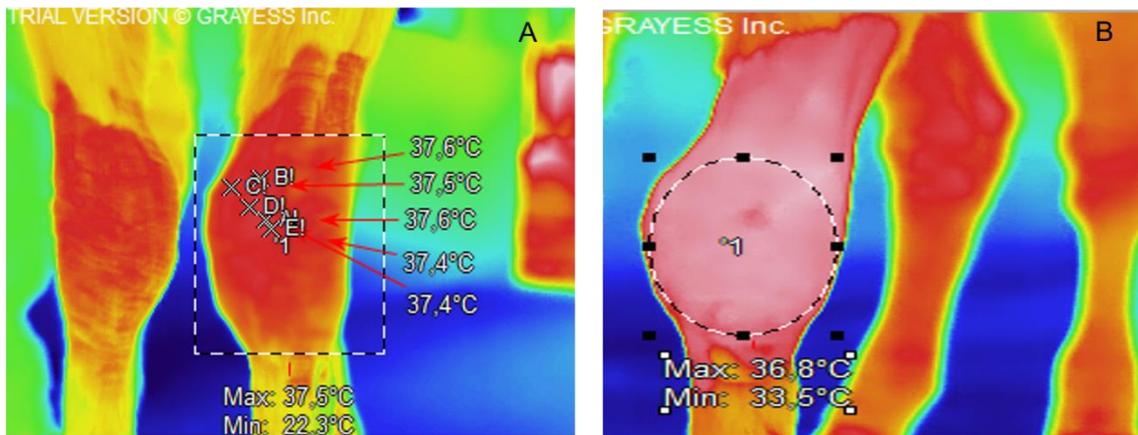


FIGURA 2. Mensuração da temperatura do carpo pelo método T_{max}. A temperatura final é a média das temperaturas dos cinco pontos mais quentes (A); e pelo método ROI, onde uma figura elíptica é aplicada a região de interesse respeitando as delimitações anatômicas dessa região (B). '1' = numeração emitida pelo software para demarcação da área coberta pela figura geométrica. 'B,'C,'D,'E' = identificação do software para os 5 pontos mais quentes dentro da área geométrica.

2.4. Análise estatística

Os dados obtidos foram tabulados e testados quanto à homocedasticidade e normalidade por meio do software SAS 8.0 (SAS Institute, Inc., Cary, NC) utilizando, respectivamente, os testes de Levene e Shapiro-Wilk. O efeito do método de análise das imagens termográficas sobre a temperatura dos carpos e a diferença de temperatura entre os carpos direito e esquerdo ($\Delta d-e$), foi avaliado por meio de análise de variância em um modelo linear geral Proc GLM (SAS Institute, Inc.) seguido do teste de Tukey. As diferenças entre médias foram consideradas significativas quando $P < 0,01$. Também foram obtidos os coeficientes de correlação de Pearson para as temperaturas dos carpos direito e esquerdo nos diferentes métodos de análise, os quais foram consideradas significativas quando $P < 0,01$. Com base nas $\Delta d-e$ obtidas, foi determinado o intervalo de confiança para esse parâmetro.

3. Resultados

As médias e desvio-padrão das temperaturas dos carpos direito e esquerdo estão expressas na TABELA 1.

TABELA 1. Médias±desvio da temperatura do carpo direito (TCD) e temperatura do carpo esquerdo (TCE) para cada método utilizado na análise das imagens termográficas do carpo de bezerros da raça Holandesa

Método/ Variável	ROI	Ttot	Tmax
TCD	35,875 ^{Aa} ±0,604	35,340 ^{Aa} ±0,580	37,180 ^{Ba} ±0,711
TCE	36,037 ^{Aa} ±0,545	35,475 ^{Aa} ±0,550	37,315 ^{Ba} ±0,667

Letras maiúsculas iguais na linha ou letras minúsculas iguais na coluna referem a valores estatisticamente iguais ($p < 0,01$).

Os resultados indicam que houve uma influência considerável do método de análise das imagens termográficas sobre as temperaturas do carpo ($p < 0,01$). Na comparação entre os métodos, não se detectou diferença significativa entre Ttot e ROI; porém, o método Tmax, quando comparado com ambos, diferiu, tendo apresentado as maiores temperaturas (FIGURA 3). Não houve diferença significativa entre as temperaturas do carpo direito e esquerdo dentro de cada método avaliado (Ttot, $p = 0,31$; ROI, $p = 0,58$; Tmax, $p = 0,45$).

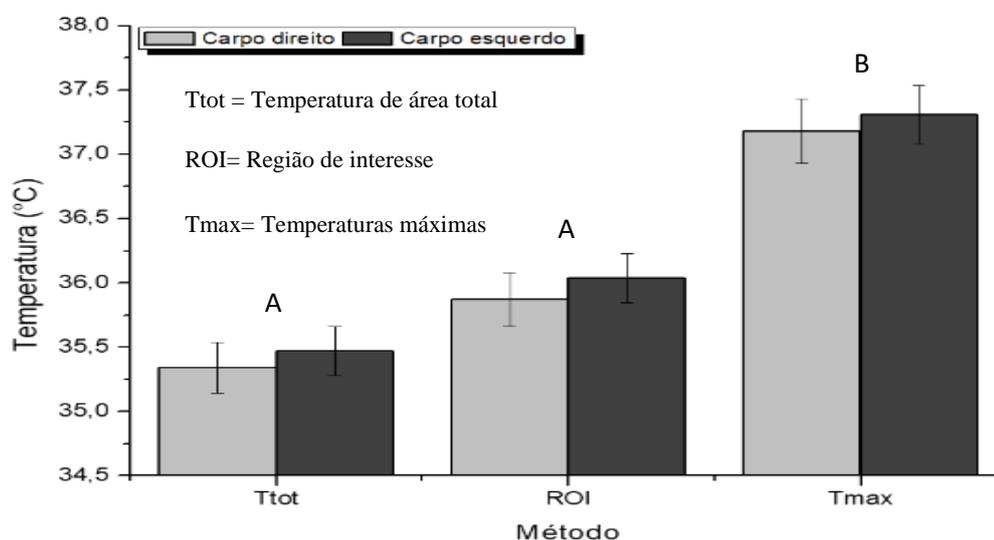


FIGURA 3. Médias das temperaturas dos carpos direito e esquerdo encontradas nos diferentes métodos de análise das imagens termográficas.

Nos três métodos, foram observadas correlações elevadas e significativas entre as temperaturas do carpo direito e esquerdo (Ttot=0,90, ROI=0,88, Tmax=0,99). Quanto a

$\Delta d-e$, não houve diferença significativa entre os métodos estudados (TABELA 2) e tal parâmetro apresentou intervalo de confiança de 0,03 a 0,26°C ($p < 0,01$).

TABELA 2. Médias \pm desvio das diferenças de temperatura entre o carpo direito e o carpo esquerdo ($\Delta d-e$) para cada método utilizada para avaliação das imagens termográficas do carpo de bezerros da raça Holandesa.

<i>Método de análise</i>	<i>Média de $\Delta d-e$</i>
<i>ROI</i>	0,16250 \pm 0,283 ^a
<i>Ttot</i>	0,13750 \pm 0,56 ^a
<i>Tmax</i>	0,13500 \pm 0,115 ^a

a= não houve diferença estatística significativa entre os métodos estudados para $p < 0,01$

4. Discussão

Argumentando inicialmente sobre a metodologia de execução do exame termográfico, ficou evidente que as análises contemporizam com os padrões pré-estabelecidos na literatura, no que se refere a escolha do ambiente, tempo de aclimação e ajustes da câmera^{8,21-26}. No tocante à tricotomia pondera-se que a adoção dessa conduta se deu com a finalidade de facilitar a limpeza dos carpos bem como manter um padrão uniforme para todos os animais avaliados. No entanto, na contramão dessa atitude, alguns autores afirmaram que a tricotomia pode levar a um erro de interpretação da termografia, uma vez que o atrito da lâmina com a pele por si só gera calor e a ausência do pelo faz com que a superfície seja capaz de absorver e emitir mais radiação. Esses acontecimentos podem ser explicados pela maior vascularização e atividade metabólica da pele quando comparada ao pelo^{16,27}. Outros autores por sua vez demonstraram que o padrão de distribuição térmica se mantém semelhante antes e depois da tricotomia e que densidades e volumes de pelo diferentes podem influenciar na mensuração da temperatura obtida pela termografia^{8,25,26}. Mas, de maneira geral o que se rege é que quando necessária, a tricotomia seja realizada com antecedência entre duas e 24 horas. Assim, a sobreposição do incremento de calor imediato gerado pela lâmina no exame é evitada, conduta que foi considerada no presente experimento^{6,28}.

No que se refere a comparação entre os métodos *Ttot* e *ROI*, os resultados encontrados corroboram com os de Ludwig et al 2014, ocasião que usaram os métodos para avaliação da região da panturrilha humanos, demonstrando não haver diferenças entre as duas estruturas anatômicas contralaterais. Tal resultado possivelmente advém do fato de que ambas as técnicas se baseiam na determinação das temperaturas a partir da

inclusão de todos os pixels existentes na área selecionada¹⁸. Vale ressaltar que o método ROI tem sido o mais utilizado na Medicina Veterinária, porém, nessa modalidade de análise, a demarcação da região de interesse no *software* está sujeita a subjetividade, pois cabe ao operador aplicar a figura geométrica nas proporções que considera cabíveis^{15,18,29-32}. No método Ttot, por sua vez, o “efeito operador” bem como o tempo necessário para a realização das análises é reduzido, já que uma área mais ampla é incluída no campo de avaliação^{5,18}. Além disso, em uma perspectiva qualitativa, foi possível observar que o método Ttot tem potencial para facilitar a análise em grandes animais de maneira geral. Isso é um aspecto relevante, pois em determinadas situações, mesmo se tomando os cuidados necessários para realização da termografia, sujidades ou cicatrizes podem persistir na região que se deseja avaliar; de tal maneira que essas circunstâncias podem gerar um artefato que exerce influência direta sobre a interpretação da imagem termográfica. Seguindo-se a metodologia de Ludwing et al (2014), o método Ttot oferece a possibilidade de se determinar o espectro de temperatura de interesse, mediante a detecção de pontos indesejados, permitindo validar o exame mesmo em situações onde todas as recomendações não foram seguidas.

Quanto ao método Tmax, já era esperado que as temperaturas encontradas por esse exame fossem mais elevadas em relação as encontradas ao se aplicar os métodos de Ttot e ROI. O achado está relacionado ao fato desse método amparar-se para o cálculo da temperatura nos pontos mais quentes existentes dentro da região delimitada. Alguns autores, defendem que Tmax permite uma avaliação dinâmica e pode ser usado para avaliar pacientes que não estejam totalmente estáticos. Acrescente-se que o método minimiza os possíveis efeitos de sobreposição de uma imagem de tecidos menos vascularizados sobre tecidos mais vascularizados. Daí o método ser uma alternativa interessante na avaliação de processos patológicos, quando existir uma assimetria entre as estruturas corporais estudadas^{5,18,33}. O fato desse método também ter apresentado o maior coeficiente de correlação, bem como uma menor média para $\Delta d-e$, sugere ser este, o método mais sensível na detecção de variações de temperatura entre os carpos colaterais em quadros patológicos.

Ao se fazer uma avaliação geral de todos os resultados obtidos e fundamentar-se nas diferenças observadas entre as temperaturas dos carpos direito e esquerdo não se pode ignorar a necessidade de se estabelecer um padrão de assimetria fisiológico entre os carpos contralaterais de bezerras da raça Holandesa. No que concerne a Medicina Veterinária há uma escassez de trabalhos que demonstrem claramente o grau de variação

de temperatura aceitável quando se compara regiões contralaterais de um mesmo indivíduo. Mas, sabe-se, que há uma tendência a proximidade entre as temperaturas obtidas, o que já foi demonstrado em cães e equinos^{21,25}. Alguns autores demonstraram que na espécie equina diferenças de até 1°C entre regiões contralaterais de membros podem ser consideradas normais^{21,34,35}.

Assim, com base nos resultados encontrados, pode-se inferir que, dependendo do método utilizado para análise das imagens termográficas, diferenças próximas variando no espectro de 0,3 a 0,26°C podem ser encontradas quando comparados os carpos contralaterais hígidos, de um bezerro da raça Holandesa. Tal resultado, assemelha-se aos achados encontrados por Vardasca et al (2012)¹⁹, que ao estudarem a simetria da temperatura corporal em humanos, encontraram variações de mais ou menos 0,4°C entre os lados corporais de indivíduos hígidos. Portanto, ao se confrontar resultados obtidos na Medicina Veterinária e na Medicina, pode se sugerir que estes se complementam, o que evidencia a possibilidade de uso prático da termografia.

5. Conclusões

- Há influência direta do método de processamento das imagens termográficas sobre as temperaturas dos carpos de bezerros da raça Holandesa, de modo que é necessário adotar um método padrão.
- Todos os métodos testados são eficientes para detectar variações de temperaturas de estruturas anatômicas contralaterais, porém o Tmax apresenta maior precisão.
- O método Tmax, pelas características apresentadas, é o que apresenta maior potencial para detecção de processos inflamatórios em curso.
- O método Ttot, em determinadas situações tem potencial para ser explorado, como uma ferramenta que venha a minimizar a existência de artefatos, relacionados a erros de execução do exame termográfico.

Referências

1. Desrochers A, Francoz D. Clinical management of septic arthritis in cattle. *Vet Clin North Am - Food Anim Pract* . 2014;30(1):55–76. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.11.006>
2. Mulon PY, Desrochers A, Francoz D. Surgical Management of Septic Arthritis. *Vet Clin North Am - Food Anim Pract*. 2016;32(3):777–95.
3. Doğan E, Yanmaz Le, Okumuş Z, Kaya M, Şenocak Mg, Cengiz S. Radiographic, Ultrasonographic and Thermographic Findings in Neonatal Calves with Septic Arthritis: 82 cases (2006-2013). *Atatürk Üniversitesi Vet Bilim Derg* . 2016;1(1):6–12. Disponível em: <http://dergipark.gov.tr/doi/10.17094/avbd.51116>
4. Motta GA, Girardi AM, Sabes AF, Portugal ES, Nociti RP, Bueno GM, et al. Clinical and radiographic changes of carpi, tarsi and interphalangeal joints of beef zebu bulls on semen collection regimen. *Arq Bras Med Vet e Zootec*. 2017;69(6):1357–66.
5. Usamentiaga R, Venegas P, Guerediaga J, Vega L, Molleda J, Bulnes F. Infrared Thermography for Temperature Measurement and Non-Destructive Testing. *Sensors* . 2014;14(7):12305–48. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1424-8220/14/7/12305/>
6. Rekant SI, Lyons MA, Pacheco JM, Arzt J, Rodriguez LL. Veterinary applications of infrared thermography. *Am J Vet Res*. 2016;77(1):98–107.
7. Çetinkaya MA, Demirutku A. Thermography in the assessment of equine lameness. *Turkish J Vet Anim Sci*. 2012;36(1):43–8.
8. Soroko M, Howell K. Infrared Thermography: Current Applications in Equine Medicine. *J Equine Vet Sci* . 2018;60:90–96.e2. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.11.002>
9. Redaelli V, Bergero D, Zucca E, Ferrucci F, Costa LN, Crosta L, et al. Use of thermography techniques in equines: Principles and applications. *J Equine Vet Sci* . 2014;34(3):345–50. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2013.07.007>
10. Michelotto BL, Rocha RMVM, Michelotto P V. Thermographic Detection of Dorsal Metacarpal/Metatarsal Disease in 2-Year-Old Thoroughbred Racehorses: A Preliminary Study. *J Equine Vet Sci* . 2016;44:37–41. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2016.04.005>
11. Schaefer AL, Cook N, Tessaro S V, Deregts D, Desroches G, Dubeski PL, et al. Early detection and prediction of infection using infrared thermography 1. 2004;
12. Schaefer AL, Cook NJ, Church JS, Basarab J, Perry B, Miller C, et al. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. *Res Vet Sci*. 2007;83(3):376–84.
13. Radigonda VL, Pereira GR, da Cruz Favaro P, Barca Júnior FA, Borges MHF, Galdioli VHG, et al. Infrared thermography relationship between the temperature of the vulvar skin, ovarian activity, and pregnancy rates in Braford cows. *Trop*

- Anim Health Prod. 2017;49(8):1787–91.
14. Unruh EM, Theurer ME, White BJ, Larson RL, Drouillard JS, Schrag N. Evaluation of infrared thermography as a diagnostic tool to predict heat stress events in feedlot cattle. *Am J Vet Res.* 2017;78(7):771–7.
 15. Shecaira CL, Seino CH, Bombardelli JA, Reis GA, Fusada EJ, Azedo MR, et al. Using thermography as a diagnostic tool for omphalitis on newborn calves. *J Therm Biol.* 2018;71(November 2017):209–11. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.11.014>
 16. Basile R.C, Basile M.T, Albernaz R.M, Pereira M.C, Araújo R., Ferraz G.C, Queiroz-Neto A. Guia prático para o exame termográfico em equinos. *Rev Bras Med Equina.* 2010;31(1):1–4.
 17. Westermann S, Stanek C, Schramel JP, Ion A, Buchner HHF. The effect of airflow on thermographically determined temperature of the distal forelimb of the horse. *Equine Vet J.* 2013;45(5):637–41.
 18. Ludwig N, Formenti D, Gargano M, Alberti G. Skin temperature evaluation by infrared thermography: Comparison of image analysis methods. *Infrared Phys Technol.* 2014;62:1–6. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2013.09.011>
 19. Vardasca R, Ring EFJ, Plassmann P, Jones CD. Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects. *Thermol Int.* 2012;22(2):53–60.
 20. Lee JG, Kim SG, Lim KJ, Choi KC. Thermographic Assessment of Inferior Alveolar Nerve Injury in Patients With Dentofacial Deformity. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007;65(1):74–8.
 21. Turner TA. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 1991;7(2):311–38. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30502-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30502-3)
 22. Turner TA. Thermography. In: Baxter GM, editor. *Lameness in horse.* 6th ed. Wiley-Blackwell; 2011. p. 1272.
 23. Purohit R. Standards for thermal imaging in veterinary medicine. In: *Proceedings of the XIth European Congress of Thermology.* Mannheim, Germany: Thermol Int; 2009. p. 99.
 24. Basile RC. Metodologia de avaliação e análise de termografia em equinos. Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal para obtenção do título de Médica Veterinária, 2012.
 25. Infernuso T, Loughin CA, Marino DJ, Umbaugh SE, Solt PS. Thermal Imaging of Normal and Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifles in Dogs. *Vet Surg.* 2010;39(4):410–7.
 26. Loughin CA, Marino DJ. Evaluation of thermographic imaging of the limbs of healthy dogs. *Am J Vet Res.* 2007;68(10):1064–9.
 27. Okada K, Takemura K, Sato S. Investigation of Various Essential Factors for

- Optimum Infrared Thermography. *J Vet Med Sci* . 2013;75(10):1349–53. Disponível em: <http://jlc.jst.go.jp/DN/JST.JSTAGE/jvms/13-0133?lang=en&from=CrossRef&type=abstract>
28. Pavelski M, Silva DM, Leite NC, Junior DA, De Sousa RS, Guérios SD, et al. Infrared Thermography in Dogs with Mammary Tumors and Healthy Dogs. *J Vet Intern Med*. 2015;29(6):1578–83.
 29. Westermann S, Schramel JP, Tichy A, Stanek C. of the Distolateral Aspects of the Forelimbs in Horses. 2013;242(3):1–8.
 30. Pavelski M, Basten M da S, Busato E, Dornbusch PT. Infrared thermography evaluation from the back region of healthy horses in controlled temperature room. *Ciência Rural* . 2015;45(7):1274–9. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000701274&lng=en&tlng=en
 31. Vainionpää M. Thermographic Imaging in Cats and Dogs Usability as a Clinical Method. 2014. 67 p.
 32. Ferreira JJA, Mendonça LCS, Nunes LAO, Andrade Filho ACC, Rebelatto JR, Salvini TF. Exercise-associated thermographic changes in young and elderly subjects. *Ann Biomed Eng*. 2008;36(8):1420–7.
 33. Ludwig N, Gargano M, Formenti D, Bruno D, Ongaro L, Alberti G. Breathing training characterization by thermal imaging: A case study. *Acta Bioeng Biomech*. 2012;14(3):41–7.
 34. Soroko M, Henklewski R, Filipowski H, Jodkowska E. The Effectiveness of Thermographic Analysis in Equine Orthopedics. *J Equine Vet Sci* . 2013;33(9):760–2. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2012.11.009>
 35. Kold SE, chappel AKA. Use of computerised themnographic image analysis (CTIA) in equine orthopaedics: review and presentation of clinical cases. *EQUINE Vet Educ*. 1998;10(4):198–204.

CAPÍTULO 3

Termografia do carpo de bezerros da raça Holandesa sobre diferentes temperaturas ambiente: análise de um método de correção

Resumo: A termografia infravermelha se apresenta como uma ferramenta útil a Medicina Veterinária para o diagnóstico precoce de afecções de caráter inflamatório. Alguns fatores, porém, ainda constituem entraves a utilização dessa ferramenta. O presente trabalho objetivou avaliar a influência da temperatura ambiente sobre a temperatura do carpo de bezerros da raça Holandesa e averiguar a eficácia de um método de correção de temperaturas para comparação de imagens termográficas do carpo obtidos sob diferentes temperaturas ambientais. Foram utilizados oito bezerros hípidos com idade entre 20 e 45 dias e obtidas termografias dos carpos em cinco momentos e temperaturas ambientes diferentes (M1= 31°C, M2= 29°C, M3= 27°C, M4= 26°C, M5=14°C). Utilizou-se nas análises dos dados, as temperaturas máximas de cada carpo, determinadas a partir da demarcação da região de interesse (ROI) por meio do software Flir Tools. Os dados foram tabulados e analisados com o *software* Minitab 18[®], aplicando-se ANOVA, Teste de Tukey, correlações e testes pareados conforme distribuição. Houve diferença significativa para as temperaturas dos carpos os momentos estudados, sendo M5, aquele em que se obteve a menor média. Ocorreu uma moderada correlação positiva entre a temperatura ambiente e a temperatura do carpo ($r=0,679$) e uma moderada correlação negativa entre esta última e as diferenças de temperatura entre os carpos direito e esquerdo (Δ_{d-e}), o que confirma a hipótese de que o ambiente exerce uma influência significativa sobre a temperatura de estruturas distais do membro e que sobre temperaturas mais elevadas, os mecanismos de termorregulação tornam estruturas contralaterais mais simétricas. O método proposto para correção de temperaturas ambientes reduziu as diferenças das temperaturas dos carpos obtidas a partir de M2 em relação a M1 e não interferiu sobre Δ_{d-e} . Conclui-se que a temperatura ambiente exerce influência sobre as temperaturas dos carpos de bezerros e que o método de ajustes de temperaturas de imagens termográficas obtidas em diferentes temperaturas ambientes permite a comparação dessas com maior fidedignidade, o que torna a termografia mais prática e aplicável na medicina de grandes animais.

Palavras-chave: Articulação, artrite, bezerros, diagnóstico, exame termográfico

1. Introdução

A mensuração da temperatura da superfície corporal tem sido empregada desde os primórdios da medicina como um importante indicador de doença¹. Com o advento da termografia infravermelha (TRI) por sua vez, foi possível vislumbrar novas possibilidades para aplicação desse exame, tendo em vista seu caráter não invasivo²⁻⁵. Esse método permite obter informação térmica de um corpo ou objeto sem que haja contato, com base na detecção da radiação infravermelha emitida pela superfície desse indivíduo ou componente avaliado. A radiação é posteriormente convertida em um sinal elétrico, que possibilita a formação de uma imagem visível ao olho humano, sendo que uma cor é atribuída a cada nível de energia infravermelha. Essa imagem final, em escala de cores, é denominada termograma^{2,6-10}. Na medicina de bovinos, a termografia tem sido aplicada com as mais diversas finalidades, como detecção precoce de enfermidades do casco, diagnóstico de afecções articulares sépticas e avaliação de stress térmico¹¹⁻¹⁴.

O calor produzido em determinada região do corpo de organismos vivos, está na dependência da microcirculação local e das propriedades térmicas da pele e pelagem dessa região. Tudo isso, por sua vez, depende de condições inerentes ao ambiente¹⁵. A atmosfera exerce influência direta sobre a termorregulação corpórea, interferindo nos padrões de circulação local e conseqüentemente na temperatura local. Assim, ao longo do ano é possível haver grandes variações de temperatura em uma mesma região anatômica de um mesmo indivíduo, em virtude de variações na temperatura ambiente^{15,16}. Ao analisar regiões distais dos membros locomotores, a influência da temperatura ambiente sobre a termorregulação é ainda mais preponderante¹⁷.

Portanto, a influência da temperatura atmosférica torna-se um fator limitante ao emprego da termografia, sobretudo quando se deseja avaliar regiões distais dos membros locomotores dos grandes animais. Essa barreira se torna mais pronunciada nas avaliações realizadas de maneira seriada, quando se deseja acompanhar a evolução de um paciente submetido a um protocolo terapêutico¹⁸. Nesses casos, nem sempre, se consegue manter a temperatura ambiente estritamente controlada para avaliação do doente ou modelo experimental em diferentes momentos. Assim, a influência de fatores externos sobre a termografia faz com que a interpretação confiável de anormalidades termográficas esteja na dependência da compreensão dos padrões de distribuição normal da temperatura corporal. Acrescente-se o provável impacto de fatores ambientais, da adoção de protocolos de aquisição e da capacidade dos métodos de análise de imagens limitar esses fatores¹⁹⁻²¹.

Embora haja na literatura estudos que correlacionem variações na temperatura ambientais com alteração na temperatura corporal de animais¹⁵. Se tratando de bovinos, existe uma escassez substancial de trabalhos científicos acerca do tema. A carência de pesquisas se intensifica quando as estruturas anatômicas analisadas compõem o sistema locomotor. Nesse caso, trabalhos científicos com o propósito de amenizar a magnitude da interferência da temperatura ambiente sobre a termografia, de maneira prática e rápida, e aplicando um modelo matemático, são mais raros ainda^{22,23}. Assim, partindo-se da hipótese de que a temperatura ambiente exerce significativa influência sobre as temperaturas do membro locomotor, fica evidente a necessidade de se realizar pesquisas científicas sobre esse tema.

O presente trabalho objetivou verificar a intensidade da influência da temperatura ambiente sobre a temperatura do carpo de bezerros da raça Holandesa e a capacidade de um modelo matemático de corrigir o efeito de diferentes temperaturas ambiente sobre os valores obtidos para esse exame.

2. Material e Métodos

2.1. Animais

Para o estudo foram utilizados oito bezerros da raça holandesa, machos, sem claudicação ao exame clínico, com idade entre 20 e 45 dias e peso médio de $38,65 \pm 2,27$ kg, mantidos na Fazenda Experimental do Setor de Bovinocultura de leite da Universidade Federal de Goiás (UFG), Campus Samambaia. O experimento, procedeu-se mediante aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFG sob número 015/18. Os animais eram mantidos em bezerreiros individuais e alimentados com dois litros de leite, duas vezes ao dia, concentrado com 18% de proteína e água *ad libitum*.

2.2. Exame termográfico e momentos experimentais

Vinte e quatro horas previamente a realização das termografias, em ambos os carpos de cada animal, foi realizada tricotomia com máquina de tosa Oster Agc[®], com lâmina n^o40. Para realização do exame termográfico foi utilizada uma câmera termográfica modelo Termovisor FLIR[®] T440 (Flir[®] Systems, Inc. Wilsonville-Oregon-USA), com resolução espacial de 320x240 pixels e sensibilidade para detectar diferenças térmicas de 0,04°C, configurada com emissividade 0,98 ($\epsilon=0.98$), distância de aquisição entre meio e um metro e paleta de cores na opção arco-íris. A temperatura e umidade

relativa do ambiente foram obtidas por meio de um termohigrometro digital Incoterm[®] TH50 e posteriormente ajustados na câmera. Além desses parâmetros, foi determinada e alimentada na câmera, a temperatura refletida para cada imagem a ser realizada, com papel alumínio, conforme descrito por Usamentiaga et al (2014)².

Os animais foram levados dos bezerreiros para um local sem a incidência direta de raios de sol e vento, tiveram os carpos limpos com um pano seco e macio e foram mantidos em estação por 30 minutos preliminarmente a realização do exame, para evitar efeitos associados a possível presença de umidade no carpo bem como ao manuseio realizado na limpeza. Foram obtidas imagens individualizadas, do aspecto cranial de cada carpo a uma distância de 60 centímetros com a câmera posicionada em um ângulo de 90° em relação ao carpo. Os exames termográficos foram realizados no decorrer de uma semana, ao longo da manhã, entre as 7:00 e 12:00, em um mesmo ambiente, em cinco diferentes oportunidades, cada uma delas com uma temperatura ambiente única. Ao final, os exames termográficos foram distribuídos em cinco diferentes momentos, conforme ordem decrescente de temperatura ambiente, estabelecendo-se assim os seguintes momentos e suas respectivas temperaturas ambientais: M1= 31°C, M2= 29°C, M3= 27°C, M4=26°C, M5=14°C)

2.3. Análise das imagens termográficas

As imagens termográficas foram analisadas por meio do software Flir Tools[®] (Flir[®] Systems, Inc. Wilsonville-Oregon-USA) a partir da inclusão de uma figura geométrica de formato elíptico sobre a região de interesse (ROI), ou seja, recobrando todo o carpo (FIGURA 1). Dentro dessa região foram determinadas as temperaturas máxima, mínima e média. Optou-se por utilizar as temperaturas máximas de cada termograma pela maior sensibilidade e segurança que esse parâmetro fornece.

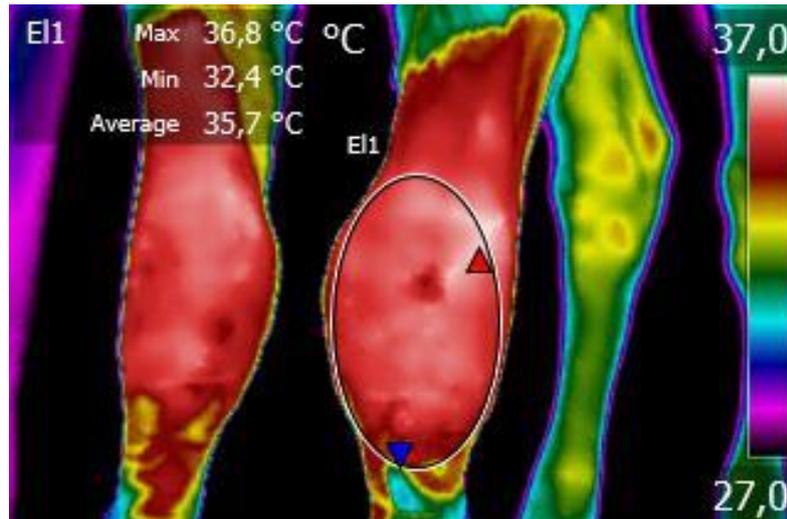


FIGURA 1. Imagem representativa da determinação da região de interesse (ROI) por meio do software Flir Tools. Nota-se as regiões referentes a temperatura máxima (seta vermelha) e mínima (seta azul) dentro do ROI.

2.4. Correção das temperaturas máximas

Para expor temperaturas máximas obtidas nas imagens termográficas referentes aos momentos estudados foi aplicado um modelo matemático proposto por Basile et al (2010)²², que segue princípios da Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO) . Para isso, o M1 foi considerado o momento inicial e posteriormente fixado na fórmula para estabelecimento dos cálculos de correção (FIGURA 2).

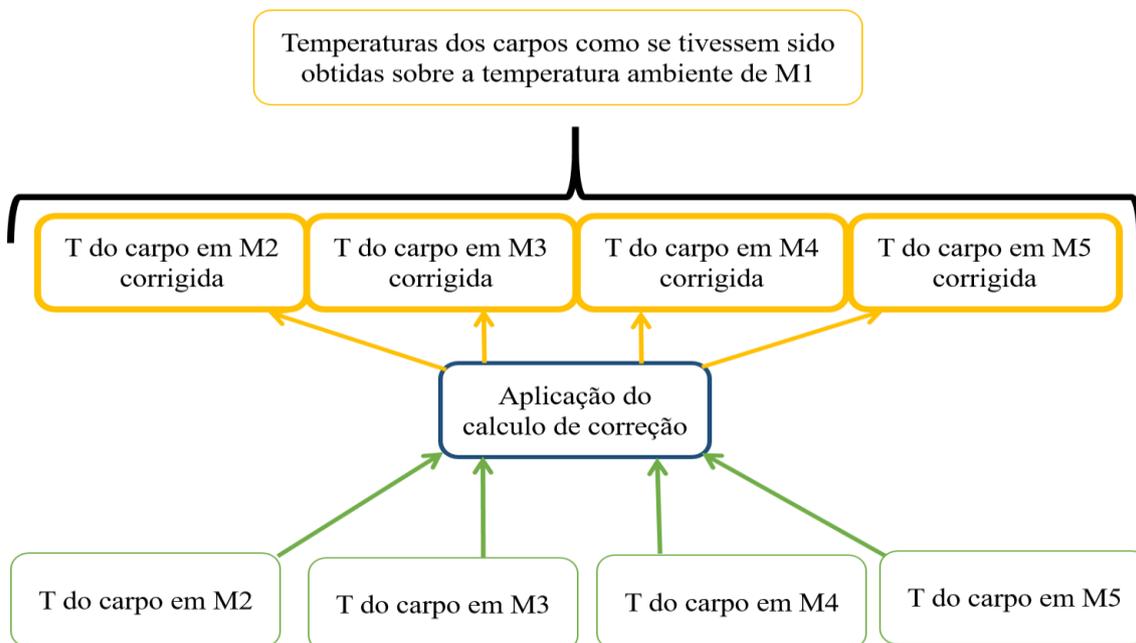


FIGURA 2. Organograma de obtenção das temperaturas do carpo corrigidas. T= Temperatura do carpo, M= Momento

A partir dos princípios estabelecidos pela ICAO e da equação geral dos gases, anulando-se variáveis que permanecem constantes nas situações em que as imagens termográficas são obtidas, como pressão atmosférica e densidade do ar; obteve-se como via final da equação para determinar a relação entre temperaturas ambientes diferentes, o “ Θ ”, que pode ser obtido por meio da fórmula $\Theta_x = \frac{T_{ambMx}}{T_{ambM1}}$; onde T_{ambMx} é a temperatura ambiente no momento “x”, (posterior a M1) e T_{ambM1} equivale à temperatura ambiente em M1.

Para converter as temperaturas máximas obtidas em momentos posteriores ao M1, a temperatura ambiente presente em M1, por sua vez, deve-se aplicar a seguinte fórmula: $T_{maxMcorr} = \frac{T_{maxMx}}{\Theta_x}$; onde “ $T_{maxcorr}$ ” equivale a temperatura máxima obtida em um momento “x”, posterior a M1, após submetida a temperatura ambiente de M1; ou seja, “ $T_{maxcorr}$ ” representa a temperatura convertida propriamente dita. “ T_{maxMx} ” corresponde a temperatura máxima obtida no “momento x”, sob a temperatura ambiente do próprio “momento x” e “ Θ_x ” representa a relação entre a temperatura ambiente do “momento x” e M1.

2.5. Análise Estatística

Os dados obtidos foram tabulados e as análises estatísticas realizadas com software Minitab 18[®] (Minitab Inc.) em três etapas, sendo para cada uma delas testada a normalidade dos dados, para que os testes estatísticos cabíveis fossem aplicados. Na primeira etapa, foram obtidas as médias das temperaturas dos carpos direito e esquerdo em conjunto, e as médias das diferenças de temperatura entre o carpo direito e esquerdo de um mesmo indivíduo (Δ_{d-e}), para cada momento estudado. Os momentos foram comparados, para esses parâmetros, mediante realização de ANOVA seguida de teste de Tukey. Avaliou-se, ainda, a correlação das temperaturas ambiente com as temperaturas dos carpos, bem como com Δ_{d-e} .

Na segunda etapa, considerou-se apenas os dados obtidos a partir de M2. As médias de temperaturas do carpo direito e do carpo esquerdo foram obtidas e submetidas ao modelo de correção, tendo-se aplicado para fins de comparação, teste de Wilcoxon. Obteve-se após isso, as correlações da temperatura ambiente com a temperatura dos carpos antes e depois da correção, bem como seus respectivos coeficientes de determinação. As diferenças das médias das temperaturas de ambos os carpos em conjunto, a partir de M2, em relação a M1 ($DIFM_x-M_1$), com e sem correção, foram também obtidas e comparadas aplicando-se o teste t pareado.

Na terceira etapa, avaliou-se a influência do cálculo sobre Δ_{d-e} por meio de teste de Wilcoxon pareado, também excluindo-se os dados referentes a M1.

3. Resultados

3.1. Primeira Etapa

As médias das temperaturas dos carpos com respectivos desvio-padrão obtidas para cada momento e os valores mínimo e máximo encontrados, estão expressos na TABELA 1.

TABELA 1. Médias \pm desvio das temperaturas dos carpos (carpo direito + carpo esquerdo) e diferenças de temperatura entre o carpo direito e esquerdo de um mesmo indivíduo (Δ_{d-e}), para cada momento estudado.

Estatística/ Momento	Média	Mínimo	Máximo	Δ_{d-e}
M1 (31°C)	37,49 ^a \pm 0,61	36,50	38,50	0,31 ^A \pm 0,455
M2 (29°C)	37,39 ^a \pm 0,68	36,30	38,40	0,11 ^{AB} \pm 0,146
M3 (27°C)	37,18 ^a \pm 0,62	36,20	38,30	0,13 ^{AB} \pm 0,542
M4 (26°C)	36,79 ^a \pm 0,44	36,00	37,50	0,13 ^{AB} \pm 0,565
M5 (14°C)	34,71 ^b \pm 1,70	31,10	36,60	0,61 ^B \pm 0,844

Letras iguais na mesma coluna significam médias estatisticamente iguais para $p < 0,05$

Os resultados mostram a influência da temperatura ambiente sobre as médias de temperaturas dos carpos ($p < 0,05$), sendo o momento M5 aquele no qual a menor média de temperatura dos carpos foi obtida. No que se refere a Δ_{d-e} , foi possível observar diferença estatisticamente significativa quando comparado M1 com M5, sendo M5, o momento no qual a maior Δ_{d-e} média foi obtida.

Avaliando a correlação entre a temperatura dos carpos e a temperatura ambiente observou moderada correlação positiva, com r de Spearman = 0,679 e coeficiente de determinação de 46,1%. O coeficiente de correlação de Pearson obtido, para correlação entre Δ_{d-e} e a temperatura ambiente, por sua vez, foi de $-0,495$, indicando moderada correlação negativa.

3.2. Segunda etapa

Por meio do teste de Wilcoxon para dados pareados foi possível notar diferença estatística significativa entre as temperaturas de ambos os carpos, com e sem correção (TABELA 2). Quanto a DIFM_x-M₁ antes e depois da correção, por meio do teste t pareado também se observou diferença significativa, para $p < 0,05$ em todos os momentos avaliados (TABELA 3). As correlações de Spearman entre as temperaturas sem e com correção, com as temperaturas ambiente foram respectivamente iguais a 0,712 ($r^2 = 50,7\%$) e 0,255 ($r^2 = 6,5\%$).

TABELA 2. Médias \pm desvios das temperaturas máximas dos carpos direito e esquerdo, de bezerros da raça Holandesa, considerando-se os dados obtidos a partir de M2, antes e após a aplicação do modelo de correção proposto.

<i>Temperatura</i>	<i>Antes da correção</i>	<i>Após correção</i>
<i>TCD</i>	36,579 ^a \pm 1,342	37,399 ^b \pm 1,034
<i>TCE</i>	36,454 ^a \pm 1,565	37,264 ^b \pm 1,145

TCD: temperatura do carpo direito; TCE: temperatura do carpo esquerdo

Letras diferentes na mesma linha significam que houve diferença estatística significativa para $p < 0,05$

TABELA 3. Médias \pm desvios das diferenças de temperatura médias dos carpos, a partir de M2 em relação a M1 ($DIFM_x - M_1$).

<i>DIFM_x-M₁</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>
<i>Sem correção</i>	-0,1 ^a \pm 0,51	-0,4 ^a \pm 0,52	-0,7 ^a \pm 0,50	-2,8 ^a \pm 1,49
<i>Após correção</i>	0,2 ^b \pm 0,51	0,1 ^b \pm 0,52	-0,3 ^b \pm 0,50	-0,7 ^b \pm 1,58

Letras diferentes na mesma coluna significam que houve diferença estatística significativa para $p < 0,05$

3.3. Terceira etapa

Por meio do teste de Wilcoxon para dados pareados, detectou-se não haver diferença estatística significativa em relação a Δ_{d-e} antes e depois da correção das temperaturas, para $p < 0,05$ (TABELA 4).

TABELA 4. Médias das Δ_{d-e} , antes e depois da aplicação do modelo de correção proposto para as temperaturas do carpo de bezerros da raça Holandesa, obtidas em momentos posteriores a M1.

Momento	Δ_{d-e}	Δ_{d-e} corrigido
M2	0,11 ^a \pm 0,146	0,11 ^a \pm 0,147
M3	0,13 ^a \pm 0,844	0,13 ^a \pm 0,894
M4	0,13 ^a \pm 0,565	0,13 ^a \pm 0,571
M5	0,61 ^a \pm 0,542	0,65 ^a \pm 0,549

Letras iguais na mesma linha significam que as médias são estatisticamente iguais para $p < 0,05$

4. Discussão

Os resultados aqui apresentados confirmam a hipótese de que há uma marcante correlação positiva entre a temperatura de superfície do carpo de bezerros obtida por termografia e a temperatura ambiente. Essa correspondência indica que ambos os parâmetros variam na mesma direção. Assim, quanto maior a temperatura ambiente maior tende a ser a temperatura do carpo, o que pode ser observado frente as médias de

temperaturas dos carpos obtidas para cada momento e que coincide com os achados de outros autores^{4,15,24,25}. O coeficiente de determinação encontrado para essa correlação denota que 46,1% da variação na temperatura do carpo nos diferentes momentos estudados deve-se a variação na temperatura ambiente. Entretanto, a de se considerar interferências referentes a outros parâmetros ambientais, como umidade relativa do ar.

Nota-se que dentro de uma faixa estreita de variação de temperatura ambiente, entre 26 e 31°C (M1 a M4), não houve diferença estatística para as médias das temperaturas dos carpos, porém em uma temperatura ambiente mais discrepante, como no caso de M5(14°C), as médias obtidas diferiram estatisticamente. Considerando isto e o fato de que alguns autores, a depender da espécie, consideram como patológicas apenas variações superiores a 1°C entre estruturas contralaterais²⁶; pode-se inferir em um primeiro momento que a realização de exames termográficos de maneira seriada, dentro dessa faixa de temperatura ambiente (26 a 31°C), torna-se viável até mesmo sem a necessidade de ajuste. Entretanto, se considerarmos que uma variação de temperatura em magnitude menor que 1°C, entre carpos, já é suficiente para caracterizar a existência de um processo patológico em curso; mesmo dentro dessa faixa estreita de variação, a aplicação de um modelo de ajuste de temperaturas ambientes se faz necessário.

Quando se compara imagens termográficas obtidas em temperaturas ambiente muito discrepantes por sua vez, observando a existência de diferença estatística entre M1 e M5, por exemplo, a necessidade de ajuste torna-se clara e obrigatória afim de garantir uma interpretação fiel dos resultados do exame termográfico.

No que se refere as diferenças entre os carpos direito e esquerdo ($\Delta d-e$), a moderada correlação negativa com a temperatura ambiente demonstrada na primeira etapa da análise estatística, indica que em maiores temperaturas ambientes há uma inclinação a maior simetria entre as temperaturas dos carpos. Alguns autores relataram que em equinos, temperaturas ambientes mais baixas podem ocasionar uma vasodilatação cutânea periódica de diferentes níveis, entre os membros, que faz com que haja uma maior $\Delta d-e$, ao mesmo tempo que essa diferença pode ser amenizada em temperaturas mais elevadas²⁷.

Argumentando sobre a projeção utilizada para obtenção da imagem termográfica, observou-se que mesmo realizando imagens em projeção dorsal, houve uma marcante

influência do ambiente. Para determinar se a magnitude dessa influência é menor ou maior do que quando tomadas imagens em projeções laterais ou caudais, mais estudos devem ser realizados. Mas, fundamentando-se na anatomia do membro distal de grandes animais alguns autores consideram que o aspecto dorsal das articulações distais é o mais indicado para realização de imagens termográficas²⁸. O local não sofre interferências claras do ambiente, em virtude da distribuição dos vasos sanguíneos e do fluxo circulatório que parece ser menos intenso^{22,28}.

Confrontando os achados obtidos na segunda e a terceira etapa da análise estatística ficou demonstrado que o cálculo de correção proposto é capaz de amenizar os efeitos da temperatura ambiente sobre as imagens termográficas, uma vez que ficou evidente a existência de diferença estatística significativa entre as médias das temperaturas dos carpos antes e após a correção. Além disso, as correlações de Spearman entre as temperaturas do carpo e as temperaturas ambiente, demonstram que após o cálculo a variação nas temperaturas dos carpos devem-se em apenas 6,5% a variação na temperatura ambiente, enquanto que nas temperaturas não corrigidas essa dependência chega a 50,7%. Diante dessa constatação admite-se credenciar o modelo proposto para garantir maior equivalência entre as temperaturas do carpo de um mesmo animal, obtidas sob diferentes temperaturas ambientes.

Fazendo uma análise geral sobre o método empregado para avaliar a intensidade da influência da temperatura ambiente sobre a temperatura do carpo de bezerros da raça Holandesa e a capacidade de um modelo matemático de corrigir o efeito de diferentes temperaturas ambiente sobre os valores obtidos para esse exame infere-se que os resultados são animadores. Em um estudo anterior, no qual esse modelo matemático foi proposto, os autores não realizaram provas estatísticas, mas, mesmo assim ficou perceptível nos dados brutos que as temperaturas corrigidas se aproximaram das encontradas em uma primeira termografia. Além disso, o modelo mostrou ser útil durante a avaliação de processos inflamatórios relacionados à extremidade distal²². Todavia, o grau de aplicabilidade do modelo pode ainda estar na dependência da espécie e das , particularidades anatômicas e fisiológicas da região a ser estudada¹⁸.

Ao finalizar a avaliação do modelo matemático proposto, ficou demonstrado não haver interferência significativa sobre Δ_{d-e} . Essa constatação pode ser vista de uma boa perspectiva, uma vez que a literatura considera que a eficácia da termografia em detectar quadros patológicos baseia-se na diferença de temperatura entre estruturas contralaterais.

Assim sendo, como a aplicação do modelo matemático utilizado não interfere na sensibilidade do exame a proposta pode ser uma alternativa viável para exame dos membros locomotores de bovinos.

5. Conclusões

- A temperatura ambiente exerce significativo efeito sobre as temperaturas do carpo de bezerros da raça Holandesa, obtidas por termografia infravermelha a partir da demarcação de região de interesse.
- Quanto maior a discrepância entre as temperaturas ambientes nas quais as imagens termográficas dos carpos são obtidas, maior é a discrepância entre as médias das temperaturas dos carpos.
- O modelo matemático proposto favorece a comparação de imagens termográficas do carpo de bezerros da raça Holandesa obtidas sob diferentes temperaturas ambiente em uma faixa de variação de 14 a 31°C, além da fácil execução e aplicabilidade.
- Uma maior temperatura ambiente favorece a comparação de imagens termográficas contralaterais do carpo de bezerros da raça Holandesa, uma vez que as diferenças entre as temperaturas dos carpos direito e esquerdo acabam se tornando mais estreitas.
- Mais trabalhos são necessários afim de comparar o modelo proposto com outros existentes na literatura ou que possam vir a ser adaptados das ciências exatas, tendo em vista a definição do melhor modelo a ser utilizado.

Referências

1. Rekant SI, Lyons MA, Pacheco JM, Arzt J, Rodriguez LL. Veterinary applications of infrared thermography. *Am J Vet Res.* 2016;77(1):98–107.
2. Usamentiaga R, Venegas P, Guerediaga J, Vega L, Molleda J, Bulnes F. Infrared Thermography for Temperature Measurement and Non-Destructive Testing. *Sensors* [Internet]. 2014;14(7):12305–48. Available from: <http://www.mdpi.com/1424-8220/14/7/12305/>
3. Çetinkaya MA, Demirutku A. Thermography in the assessment of equine lameness. *Turkish J Vet Anim Sci.* 2012;36(1):43–8.
4. Soroko M, Howell K. Infrared Thermography: Current Applications in Equine Medicine. *J Equine Vet Sci* [Internet]. 2018;60:90–96.e2. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.11.002>
5. Redaelli V, Bergero D, Zucca E, Ferrucci F, Costa LN, Crosta L, et al. Use of thermography techniques in equines: Principles and applications. *J Equine Vet Sci* [Internet]. 2014;34(3):345–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2013.07.007>
6. Maldague X. *Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing.* Wiley-Blackwell; 2001. 704 p.
7. Modest MF. *Radiative Heat Transfer.* Waltham, MA, USA: Academic Press; 2013.
8. Vollmer, M.; Mollmann KP. *Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications.* Weinheim, Germany: Wiley-Blackwell; 2011.
9. Kastberger G1 SR. Infrared imaging technology and biological applications. *Behav Res Methods Instrum Comput.* 2003;35(3):429–39.
10. Latif Emrah Yanmaz ZO and ED. Instrumentation of Thermography and its Applications in Horses. *J Anim Vet Adv.* 2007;6(7):858–62.
11. Unruh EM, Theurer ME, White BJ, Larson RL, Drouillard JS, Schrag N. Evaluation of infrared thermography as a diagnostic tool to predict heat stress events in feedlot cattle. *Am J Vet Res.* 2017;78(7):771–7.
12. Doğan E, Yanmaz LE, Okumuş Z, Kaya M, Şenocak MG, Cengiz S. Radiographic, Ultrasonographic and Thermographic Findings in Neonatal Calves with Septic Arthritis: 82 cases (2006-2013). *Atatürk Üniversitesi Vet Bilim Derg* [Internet]. 2016;1(1):6–12. Available from: <http://dergipark.gov.tr/doi/10.17094/avbd.51116>
13. Cockcroft PD, Henson FMD, Parker C. Thermography of a septic metatarsophalangeal joint in a heifer. *Vet Rec.* 2000;146(9):258–60.
14. Alsaad M, Schaefer AL, Büscher W, Steiner A. The role of infrared thermography as a non-invasive tool for the detection of lameness in cattle. *Sensors* (Switzerland). 2015;15(6):14513–25.
15. Soroko M, Howell K, Dudek K. The effect of ambient temperature on infrared thermographic images of joints in the distal forelimbs of healthy racehorses. *J Therm Biol* [Internet]. 2017;66(December 2016):63–7. Available from:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.03.018>

16. Basile R.C, Basile M.T, Albernaz R.M, Pereira M.C, Araújo R., Ferraz G.C, Queiroz-Neto A. Guia prático para o exame termográfico em equinos. *Rev Bras Med Equina*. 2010;31(1):1–4.
17. Wallsten H, Olsson K, Dahlborn K. Temperature regulation in horses during exercise and recovery in a cool environment. *Acta Vet Scand* [Internet]. 2012;54(1):42. Available from: ???
18. Basile RC. Metodologia de avaliação e análise de termografia em equinos. Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal para obtenção do título de Médica Veterinária, 2012.
19. Dyson S. Lameness and Poor Performance in the Sport Horse: Dressage, Show Jumping and Horse Trials. 2002;22(4):145.
20. Ludwig N, Formenti D, Gargano M, Alberti G. Skin temperature evaluation by infrared thermography: Comparison of image analysis methods. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2014;62:1–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2013.09.011>
21. Purohit R. Standards for thermal imaging in veterinary medicine. In: *Proceedings of the XIth European Congress of Thermology*. Mannheim, Germany: Thermol Int; 2009. p. 99.
22. Basile RC, Basile MT, Ferraz GC, Pereira MC, Queiroz-Neto A. Equine Inflammatory Process Evaluation Using Quantitative Thermographic Methodology. *Ars Vet*. 2010;26(2):77–81.
23. Soroko M, Dudek K, Howell K, Jodkowska E, Henklewski R. Thermographic Evaluation of Racehorse Performance. *J Equine Vet Sci* [Internet]. 2014;34(9):1076–83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2014.06.009>
24. Palmer E. Effect of ambient temperature upon the surface temperature of the equine limb. *merican J Vet Res*. 1983;44(10):98–101.
25. Pavelski M, Basten M da S, Busato E, Dornbusch PT. Infrared thermography evaluation from the back region of healthy horses in controlled temperature room. *Ciência Rural* [Internet]. 2015;45(7):1274–9. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000701274&lng=en&tlng=en
26. Turner TA. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Vet Clin North Am Equine Pract* [Internet]. 1991;7(2):311–38. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30502-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30502-3)
27. Turner, T.A., Rantanen, N.W. HM. Alternate methods of soft tissue imaging. In: *Proceedings of the 1st Dubai International Equine Symposium*. 1996. p. 165–76.
28. K.C. Mogg, C.C. Pollit. Hoof and distal limb surface temperature in the normal pony under constant and changing ambient temperatures. *Equine Vet J*. 1992;24(2):134–9.

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do preparo e execução da pesquisa foi possível detectar que estudos envolvendo o uso de métodos de diagnóstico por imagem com a finalidade de se avaliar de maneira rápida o sistema locomotor de bovinos são escassos, principalmente se comparados a quantidade de estudos realizados em outras espécies, como equinos e cães.

Embora diversos trabalhos descrevam a existência da influência da temperatura ambiente sobre imagens termográficas, não há estudos que quantifiquem a magnitude de tal influência em imagens termográficas do carpo de bovinos. Essa constatação, confere a esse trabalho um caráter inovador, apresentando resultados que podem vir a ser utilizados como referência para avaliação termográfica de articulações distais nessa espécie.

A influência de variáveis ambientais sobre a temperatura de estruturas anatômicas avaliadas por termografia infravermelha, continua a ser o grande entrave para utilização desse método de diagnóstico em condições de campo. Quando se quer acompanhar um animal durante todo o curso clínico de uma afecção essa influência torna-se ainda mais proeminente. Estudos que visam solucionar esse problema são escassos e muitas vezes envolvem fórmulas matemáticas complexas, o que dificulta o uso.

O emprego do modelo de ajuste de temperatura ambiente avaliado no presente estudo em consórcio com um método padronizado de análise de imagens termográficas potencializa o uso da termografia, uma vez que permite obter resultados mais reais e replicáveis. Assim, os resultados obtidos nesse trabalho podem auxiliar no uso da termografia como ferramenta diagnóstica para várias afecções de bovinos, como afecções podais, articulares, umbilicais e quaisquer outras que envolvam alterações no padrão de circulação local.

Ademais, ao caracterizar o padrão de variação de temperatura fisiológico de carpos contralaterais, o trabalho demonstra a importância de se conhecer as características anatômicas e fisiológicas da região estudada para uma boa interpretação das imagens termográficas. Essa verificação abre um vasto leque de pesquisas visando estabelecer o padrão fisiológico de variação de temperatura das diferentes regiões do corpo de bovinos.

Tendo em vista o potencial anunciado pela termografia no presente experimento, o estímulo ao uso dessa ferramenta na prática clínica cotidiana e sua inserção nos mais

diversos ramos da pesquisa científica devem ser incentivados, como forma de cada vez mais auxiliar na consolidação desse método.

ANEXOS

Anexo A – Aprovação CEUA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA



Goiânia, 05 de março de 2018.

PARECER CONSUBSTANCIADO REFERENTE AO PROJETO DE PESQUISA DO PROTOCOLO N. 015/18

I - Finalidade do projeto de pesquisa: Mestrado

II - Identificação:

- Data de apresentação a CEUA:** 16/02/18
- Título do projeto:** Caracterização termográfica e ultrassonográfica das articulações társicas, cárpicas e metacarpofalangeanas de bezerros com e sem onfaloflebite
- Pesquisador Coordenador no SAP:** Luiz Antônio Franco da Silva
- Pesquisador Responsável/ Unidade:** Pedro Augusto Cordeiro Borges/EVZ
- Pesquisadores Participantes:** Naida Cristina Borges e Paulo José Bastos Queiroz
- Médico Veterinário/CRMV:** Paulo José Bastos Queiroz/5966-GO
- Unidade onde será realizado:** EVZ/UFV-Goiânia

III - Objetivos e justificativa do projeto:

Objetivo geral: Estabelecer um padrão termográfico e ultrassonográfico das articulações cárpicas, társicas e metacarpofalangeanas de bezerros (*Bos taurus*) com e sem onfaloflebite.

Objetivos específicos: Padronizar a técnica de exame termográfico das articulações cárpicas, társicas e metacarpofalangeanas de bezerros (*Bos taurus*). Correlacionar os achados do exame termográfico com o exame ultrassonográfico. Verificar se há relação entre os achados da análise do líquido sinovial e os achados dos exames, termográfico e ultrassonográfico. **Justificativa:** Com esse trabalho espera-se padronizar a técnica de exame termográfico do sistema locomotor de bovinos, avaliar a eficácia dessa técnica como meio de detecção precoce de processos inflamatórios articulares nessa espécie, principalmente em casos de artrite séptica e correlacionar os achados desse exame a termografia e achados da análise do líquido sinovial.

IV - Sumário do projeto:

- Discussão sobre a possibilidade de métodos alternativos e necessidade do número de animais:**
Segundo os autores, por tratar-se de um estudo clínico, a aplicação de métodos alternativos torna-se um tanto limitada. Porém o experimento envolve um método não invasivo e nenhum tipo de lesão será induzida nos animais. Além disso, a rotina diária de manejo dos animais, não sofrerá alterações que os privem do fornecimento de alimento ou água.
- Prevê Projeto Piloto:** Sim

Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA

Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação/PRPI-UFV, Caixa Postal: 131, Prédio da Reitoria, Piso 1, Campus Samambaia (Campus II) -
CEP:74001-970, Goiânia – Goiás, Fone: (55-62) 3521-1876.
Email: ceua.ufv@gmail.com



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA**



- ❑ **Espécie animal utilizada/ número total de animais/ Número de animais por tratamento ou grupo experimental:** Piloto = 4 bovinos (12 meses). Experimento = 30 bovinos (8 a 10 meses), dois grupos com 15 animais cada.
- ❑ **Descrição do animal utilizado (Explicitar: espécie/ linhagem/ sexo (informar número por sexo)/ peso e/ou idade etc):** Piloto = 4 bovinos de 12 meses, sendo 2 machos e 2 fêmeas. Experimento: 30 bovinos com idade entre 8 a 12 meses, sendo 10 machos e 20 fêmeas.
- ❑ **Fonte de obtenção do animal:** Fazenda Experimental, Setor de Bovinocultura de leite UFG.
- ❑ **Descrição das instalações utilizadas e número de animais/área/qualidade do ambiente (ar, temperatura, umidade), alimentação/hidratação:** Os animais são mantidos em piquetes com capim moçamba e diariamente é fornecido a cada animal 2kg de ração farelada com 18% de proteína, silagem de milho a vontade, tolerando-se 5% de sobras, sal mineral a vontade, e água *ad libitum*.
A temperatura varia com a época do ano, chegando-se a se registrar mínima de 7,4°C nos meses mais frios (junho e julho) e 35,4° nos meses mais quentes (agosto). A umidade e a precipitação pluviométrica também variam de acordo com a época do ano. No ano de 2017 a umidade na fazenda experimental variou entre 40 e 80%. Os animais têm oferta de luz durante todo o dia e os sombrites protegem insolação, ao proporcionarem um local com menos incidência de raios solares.
Os bezerros ficam em piquetes cercados com fios de arame liso, possuindo sombrites de 5x5 metros. Os cochos são distribuídos de maneira a possibilitar o acesso de todos os animais, garantindo 40cm por bezerro, o bebedouro é do tipo australiano, sendo higienizado semanalmente. O piquete permite o contato direto e interação social entre os bezerros e o número de bezerros por piquete será de 15 animais. O ambiente proporciona interação entre os animais e permite a livre expressão de comportamentos naturais.
- ❑ **Utilização de agente infeccioso/gravidade da infecção a ser observada e análise dos riscos aos pesquisadores/alunos:** Não se aplica
- ❑ **Procedimentos experimentais do projeto de pesquisa:** Todos os animais serão submetidos a exames clínicos e de imagem. Para minimizar interferências externas, em um primeiro momento irá se realizar a termografia; os animais serão levados a uma sala protegida de vento e raios solares e mantidos nela por 30 minutos. Imagens termográficas serão obtidas no momento da chegada do animal nesse ambiente, após 15 e após 30 minutos de permanência, sem que haja nem um contato físico com a região do animal da qual as imagens serão obtidas. Após isso irá se realizar o exame clínico geral (frequências cardíaca, respiratória e temperatura), exame físico específico (mensuração da circunferência articular) e colheita de sangue por meio de venopunção jugular. Após isso irá se preparar o animal para a ultrassonografia; o animal será devidamente contido e será realizada tricotomia, com uma máquina de tosa, e aplicado gel de ultrassom sobre a superfície de interesse. Após término do exame ultrassonográfico, na articulação em que se indique alteração, será realizada antissepsia e colheita do líquido sinovial por meio de artrocentese com agulha de calibre 25x8.
- ❑ **Métodos utilizados para minimizar o sofrimento e aumentar o bem-estar dos animais antes, durante e após a pesquisa. Pontos Finais Humanitários:** De acordo com os autores, Animais que apresentarem onfaloflebite com artrite séptica já instalada e que porventura estiverem demasiadamente

Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA

Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação/PRPI-UFG, Caixa Postal: 131, Prédio da Reitoria, Piso 1, Campus Samambaia (Campus II) -
CEP:74001-970, Goiânia – Goiás, Fone: (55-62) 3521-1876.
Email: ceua.ufg@gmail.com



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA**



debilitados ou com alterações sistêmicas que os coloquem em risco a vida, serão excluídos do experimento e receberão tratamento específico. Os animais que apresentarem resultados, nos exames utilizados, compatíveis com tal afecção, mesmo que ainda não apresentem alterações sistêmicas, também receberão tratamento clínico.

- Grau de invasividade:** G1
- Material utilizado em outros projetos:** Não se aplica
- Método de eutanásia:** Não se aplica
- Destino do animal:** Os animais permanecerão Fazenda Escola/EVZ da UFG

V – Comentários do relator frente às orientações da CEUA:

- Quanto aos documentos exigidos pela CEUA/UFG:** Os documentos estão de acordo o exigido, sendo composto pela Ficha de Protocolo do Projeto (p. 1-10), Termo de responsabilidade assinado por todos os pesquisadores (p. 11), Certidão de ata (p. 12) e CD com os itens do protocolo físico gravados em mídia digital.
- Quanto aos cuidados e manejo dos animais e riscos aos pesquisadores:** Os riscos de acidentes envolvendo os animais e a equipe executora devem ser levados em consideração. E de acordo com os autores para minimizar esses riscos, os animais serão devidamente contidos e quando necessário sedados. Além disso, o manejo desses animais será realizado da forma mais racional possível e o envolvimento de pesquisadores com experiência na área auxiliará na redução desses riscos.

VI - Parecer da CEUA:

De acordo com a documentação apresentada à CEUA, consideramos o projeto **APROVADO**.

Informação aos pesquisadores:

Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que a pesquisadora responsável deverá encaminhar à CEUA-PRPI-UFG o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Lei nº. 11.794 de 08/10/2008, e Resolução Normativa nº. 01, de 09/07/2010 do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal-CONCEA. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, a qual está prevista para finalizar suas ações até **16 de fevereiro de 2019**.

VII - Data da reunião: 05/03/18.


Dra. Marina Pacheco Miguel
 Coordenadora da CEUA/PRPI/UFG

ANEXO B – Normas do periódico Pesquisa Veterinária Brasileira

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

A submissão de artigos à revista “Pesquisa Veterinária Brasileira” (PVB) deve ser feita em Word, através do Sistema ScholarOne, link <<https://mc04.manuscriptcentral.com/pvb-scielo>>

A tramitação somente pode ter início se o seu artigo estiver **rigorosamente dentro das normas de apresentação da revista**, de acordo com as Instruções aos Autores, o modelo no site da revista e os últimos fascículos publicados (www.pvb.com.br). Na verificação de falhas de apresentação, o artigo será devolvido aos autores para as devidas correções.

Os autores podem submeter seus artigos em **Inglês** ou em **Português**, mas sempre com um Resumo em português. No caso de artigos aceitos escritos em **Português**, estes serão traduzidos para o **Inglês** pela Editora Cubo; pois todos os artigos publicados na PVB serão em inglês. Para os artigos já submetidos em **Inglês**, os autores devem apresentar via ScholarOne um Certificado de Tradução de uma empresa habilitada ou de um Tradutor Nativo. **Essa regra vale para artigos submetidos a partir de 1 de janeiro de 2018.**

Os pagamentos da taxa de publicação (*Paper Charge*) serão cobrados na ocasião do envio da comunicação de aceite por e-mail:

(1) Artigos submetidos em inglês, R\$ 1.500,00 (US\$ 480.00) por artigo;

(2) Artigos submetidos em português, R\$ 2.000,00 (US\$ 640.00) por artigo, incluindo as despesas com a tradução.

O texto deve ser formatado, em todos os pormenores, de acordo com as normas de apresentação da revista (www.pvb.com.br).

Se o artigo for submetido fora das normas de apresentação, a tramitação somente ocorrerá após as devidas correções feitas pelo autor.

A PVB publica Artigos Originais, Artigos de Revisão Crítica e Tópicos de Interesse Geral; não publica artigos com a denominação de *Short Communications*.

Os Artigos Originais devem conter resultados de pesquisa ainda não publicados ou submetidos para outros periódicos.

Artigos de Revisão de Literatura, submetidos a convite, devem constituir-se de análise crítica, de assuntos na área de experiência dos autores, isto é, quando os autores já tiverem publicado anteriormente artigos sobre o assunto.

Os raros Tópicos de Interesse Geral devem constituir-se de assuntos de grande importância atual baseado na vasta experiência dos autores.

As opiniões e conceitos emitidos nos artigos submetidos são de responsabilidade dos autores. O Conselho Editorial da PVB, com a assistência da Assessoria Científica, pode sugerir ou solicitar modificações. Os artigos submetidos são avaliados pelos pares (*peer review*) e, aceitos para publicação com dois pareceres favoráveis, ou rejeitados por dois pareceres desfavoráveis.

Os direitos autorais dos artigos aceitos para publicação permanecem com os autores.

1. Os artigos devem ser organizados em TÍTULO, ABSTRACT, RESUMO, INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODOS, RESULTADOS, DISCUSSÃO, CONCLUSÕES (de preferência os últimos três separadamente), Agradecimentos, Declaração de conflito de interesse e REFERÊNCIAS:

a) O **TÍTULO** deve ser conciso e indicar o conteúdo do artigo; pormenores de identificação científica devem ser colocados em MATERIAL E MÉTODOS.

b) **O(s) Autor(es) com numerosos primeiros nomes e sobrenomes, deve(m) padronizar o seu “nome para publicações científicas”,** como por exemplo: Cláudio Severo Lombardo de Barros, escreve Cláudio S.L. Barros ou Barros C.S.L.; Franklin Riet-Correa Amaral escreve Franklin Riet-Correa ou Riet-Correa F. **Os artigos devem ter no máximo 8 (oito) autores.** O autor para correspondência deve ser um autor que garante o contato com o Conselho Editorial da PVB. Asteriscos de chamadas para o rodapé devem ser mais uma vez elevados (sobrescritos), para aparecerem maiores e mais nítidos.

c) O **Cabeçalho do ABSTRACT** deve conter, além dos nomes dos autores abreviados invertidos, o ano, o TÍTULO, o endereço postal do laboratório (inclusive o CEP) ou instituição principal onde foi desenvolvida a pesquisa. Endereços postais brasileiros não devem ser traduzidos para o inglês, mesmo em artigos escritos na língua inglesa, a fim de evitar dificuldade na postagem. Devem-se conferir os nomes dos autores do artigo e do Cabeçalho do Abstract para evitar discrepâncias.

d) O **Rodapé da primeira página** deve conter os endereços profissionais postais completos dos autores (evitando-se traços horizontais), na língua do país do respectivo autor (em português, espanhol, inglês) e seus e-mails; o e-mail do autor para correspondência deve ser sublinhado. Os sinais de chamada para os nomes dos autores devem ser números arábicos, colocados em sobrescrito, sem o uso automático de “Inserir nota de fim”, do Word (essas chamadas devem ser contínuas por todo artigo, isto é, em todas as notas de rodapé das outras páginas).

e) O **ABSTRACT** deve ser uma versão do RESUMO, mas pode ser mais explicativo, seguido de “INDEX TERMS” que devem incluir termos do título, por não se tratar somente de “ADDITIONAL INDEX TERMS”.

f) O **RESUMO** deve conter o que foi feito e estudado, indicando a metodologia e dando os mais importantes resultados e conclusões, seguido dos “TERMOS DE INDEXAÇÃO” que incluem termos do título, por não se tratar somente de “TERMOS DE INDEXAÇÃO ADICIONAIS”.

g) A **INTRODUÇÃO** deve ser breve, com citação bibliográfica específica sem que a mesma assuma importância principal e deve finalizar com a indicação do objetivo do artigo.

h) **MATERIAL E MÉTODOS** deve reunir a totalidade dos dados que permitam o desenvolvimento de trabalho semelhante por outros pesquisadores.

i) Em **RESULTADOS** devem ser apresentados concisamente os dados obtidos.

j) Na **DISCUSSÃO** devem ser confrontados os resultados diante da literatura. Não convém mencionar artigos em desenvolvimento ou planos futuros, de modo a evitar uma obrigação do autor e da revista de publicá-los.

k) **CONCLUSÕES** devem basear-se somente nos resultados obtidos e devem ser apresentados em diferentes parágrafos (uma Conclusão somente deve ser apresentada em parágrafo único).

l) Os **Agradecimentos** não devem aparecer no texto ou em notas de rodapé; devem ser sucintos e colocados antes da Declaração de conflito de interesse e da Lista de Referências.

m) A **Declaração de conflito de interesse** é obrigatória e deve ser mencionada nos casos positivos ou negativos; deve ser sucinta e colocada imediatamente antes da Lista de Referências.

n) A Lista de **REFERÊNCIAS** deve incluir todas as citações apresentadas no texto e que tenham servido como fonte para consulta. A Lista deve ser ordenada alfabética e cronologicamente, pelo sobrenome do primeiro autor, seguido de todos os demais autores (em caixa alta e baixa), do ano, do título da publicação citada, e abreviado (por extenso em casos de dúvida) o nome do periódico. Sugerimos consultar exemplos dos últimos fascículos (www.pvb.com.br).

(Notem: (1) As Referências citadas no texto devem ser colocadas em ordem cronológica, mas alfabética tratando-se de referências do mesmo ano; (2) Quando utilizados programas de

formatação (p.ex. Endnote X7), remover o fundo automático cinzento antes da submissão, para não dificultar eventuais correções.

2. Na elaboração do texto devem ser atendidas as seguintes normas:

a) Fonte **Cambria, corpo 10, entrelinha simples; página formato A4, com 2cm de margens** (superior, inferior, esquerda e direita), texto corrido em uma coluna justificada, com as Legendas das Figuras no final (logo após a Lista de REFERÊNCIAS) sem repetir as legendas junto com as Figuras.

b) ABSTRACT e RESUMO serão escritos em um só parágrafo corrente e não devem conter citações bibliográficas.

c) A redação dos artigos deve ser concisa, com a linguagem, tanto quanto possível, no passado e impessoal.

d) Os nomes científicos usados no manuscrito devem ser apresentados por extenso (p.ex. *Palicourea marcgravii*), no início de cada capítulo (TÍTULO, ABSTRACT, RESUMO, INTRODUÇÃO, etc.), quando aparecem pela primeira vez, seguido da abreviação do gênero (p.ex. *P. marcgravii*).

e) Nos títulos dos Quadros e nas Legendas das Figuras os nomes científicos devem ser apresentados por extenso, já que estes são independentes do texto.

f) No texto, os sinais de chamada para notas de rodapé devem ser números arábicos colocados em sobrescrito após a palavra ou frase que motivou a nota. Essa numeração será contínua por todo o artigo; as notas deverão ser lançadas ao pé da página em que estiver o respectivo número de chamada, sem o uso do “Inserir nota de fim”, do Word.

Notem: para evitar a separação em duas linhas, os numerais devem ser apresentados junto com suas unidades, ou seja, sem espaçamento, por exemplo: 100ppm, 10mm, 50cm, 18x10cm, (P<0,05), 15h; de conveniência quando seguida de letra alta (35 kg ou 35kg, 4 h ou 4h). A abreviação de número é “n^o” e não “n°”; grau Celsius é “°C” e não “^oC”.

g) Os Quadros (não usar o termo Tabela) e as Figuras devem ser citados no texto, pelos respectivos números, em ordem crescente e devem ser submetidos separadamente do texto!

h) Siglas e abreviações das instituições, ao aparecerem pela primeira vez, deverão ser colocadas entre parênteses, após o nome da instituição por extenso;

i) Citações bibliográficas serão feitas pelo sistema “autor e ano”, p.ex. (Caldas 2005); artigos de até dois autores serão citados pelos nomes dos dois (Pedroso & Pimentel 2013); e com mais de dois, pelo nome do primeiro, seguido de “et al.”, mais o ano (Brito et al. 2015); se dois artigos não se distinguirem, a diferenciação será feita através do acréscimo de letra minúscula ao ano (Barros 2017a, 2017b). A ordem de citação deve ser cronológica (Barbosa et al. 2003, Armien et al. 2004).

j) **Recomenda-se consultar na íntegra todos os artigos citados;** se isto não for possível, deve-se colocar no texto a referência original (não consultada na íntegra) seguida do ano, p.ex. (Bancroft 1921); na Lista de Referências deve ser incluída a referência original como: Bancroft 1921. título. ... periódico. (Apud Suvarna & Layton 2013). A referência consultada também deve ser incluída na Lista de Referências.

k) O uso de “comunicação pessoal” e de “dados não publicados” deve ser feito apenas em casos excepcionais; no texto com citação de Nome e Ano, e na Lista de Referências como: Barbosa 2016. Comunicação pessoal (Universidade Federal do Pará, campus Castanhal).

l) As **Legendas das Figuras** devem conter informações suficientes para sua compreensão (independente do texto); e devem ser precedidas de “Fig.” seguida do número sem espaço, p.ex. “Fig.8. ...”. Para elaboração das legendas sugerimos consultar exemplos nos últimos fascículos (www.pvb.com.br).

(**Notem:** Na legenda de Figuras compostas deve-se colocar a letra de cada “subfigura” em **negrito** com parênteses claros antes do texto correspondente e devem ser mencionados letras ou sinais, que estão dentro de cada “subfigura”, em parêntees e claros após o respectivo texto da legenda.)

m) O Título dos **Quadros** devem ser em **negrito**, sem ponto, e a “garganta” (título das colunas) deve ser escrita em claro e separada por dois traços longos horizontais; o Título dos Quadros e da “garganta” devem ser escritas em caixa alta e baixa. Os Quadros (não usem o termo Tabela) devem conter os resultados mais relevantes. Não há traços verticais, nem fundos cinzentos; excepcionalmente pode conter traços horizontais. Os sinais de chamada serão alfabéticos, recomeçando, com “a” em cada Quadro. As chamadas de rodapé deverão ser lançadas logo abaixo do Quadro respectivo, do qual serão separadas por um traço curto à esquerda; e devem evitar números arábicos. Os títulos não têm ponto no final, ao passo que as legendas terminam com um ponto. Os Quadros devem ser apresentados em Word e ser editáveis, a fim de inserirmos eventuais alterações de apresentação, dentro das normas da revista.

n) Dados complexos devem ser expressos por Gráficos (devem ser chamados de **Figuras**). Os gráficos devem ser produzidos em 2D, sem fundo e sem linhas horizontais.

3. Apresentação das Figuras:

a) As imagens devem ser salvas em 300 dpi, arquivo TIF.

b) Numerar cada figura separadamente (1, 2, ...).

c) Figuras com assuntos similares (subfiguras) devem ser agrupadas em pranchas com espaço entre elas de aprox. 1mm. Identifique cada imagem com uma letra maiúscula (A, B, ...) colocada no canto inferior esquerdo, de preferência fonte Arial 14, branca, em um quadro preto sem bordas.

d) Usar, de preferência, barras de escala para indicar o aumento; para micrografias ópticas apresentar na legenda sempre o método de coloração e a objetiva, p. ex.: HE, obj.40x.

e) As legendas de Figuras devem conter inicialmente o que se observa na imagem, seguida das informações adicionais (Formato típico da legenda = Fig.1. Descrição da imagem. Diagnóstico, órgão ou tecido, espécie animal, número do caso. Método de coloração e objetiva.).

4. Todas as referências citadas no texto devem ser incluídas na Lista de Referências e vice-versa; na revisão final do artigo pelos autores, antes da submissão, isto deve ser conferido criteriosamente, para evitar discrepâncias (o sistema ScholarOne bloqueia automaticamente artigos com discrepâncias).

Exemplos de Referências

➤ Artigos publicados em periódicos:

Pavarini S.P., Soares M.P., Bandarra P.M., Gomes D.C., Bandinelli M.B., Cruz C.E.F. & Driemeier D. 2011. Mortes súbitas causadas por *Amorimia exotropa* (Malpighiaceae) no Rio Grande do Sul. *Pesq. Vet. Bras.* 31(4):291-296.

Hooiveld M., Smit L.A., Wouters I.M., Van Dijk C.E., Spreeuwenberg P., Heederik D.J. & Yzermans C.J. 2016. Doctor-diagnosed health problems in a region with a high density of concentrated animal feeding operations: a cross-sectional study. *Environ. Health* 17:15-24.

(Notem: Os iniciais dos autores devem ser colocados sem espaço. O sinal “&” é usado para separar o penúltimo do último autor. As primeiras letras das palavras do título de artigos publicados em periódicos científicos devem ser de preferência minúsculas. A palavra “Revista” deve ser abreviada como “Revta” em diferença a “Rev.”, do inglês “Review”. Deve-se indicar o número do respectivo volume do periódico e, se possível, também do fascículo. Somente abreviações tem um ponto, exceto as que terminam com a última letra da palavra em

extenso. O traço entre as páginas é curto (-) e não comprido. Não devem ser usados “ponto-vírgulas” (;) em lugar de vírgulas.

➤ Livros:

Tokarnia C.H., Brito M.F., Barbosa J.D., Peixoto P.V. & Döbereiner J. 2012. Plantas Tóxicas do Brasil para Animais de Produção. 2ª ed. Helianthus, Rio de Janeiro, p.305-348.

Marsh P. & Martin M. 1992. Oral Microbiology. 3rd ed. Chapman and Hall, London, p.167-196.

(**Notem:** A primeira letra de termos do título de livros deve ser maiúscula. Devem ser mencionadas as páginas que foram consultadas, em vez do total de páginas do livro.

➤ Capítulos de livros:

Barros C.S.L. 2007. Doenças víricas: leucose bovina, p.159-169. In: Riet-Correa F., Schild A.L., Lemos R.A.A. & Borges J.R.J. (Eds), Doenças de Ruminantes e Equídeos. Vol.1. 3ª ed. Pallotti, Santa Maria.

Tokarnia C.H., Brito M.F., Barbosa J.D., Peixoto P.V. & Döbereiner J. 2012. Plantas que afetam o funcionamento do coração, p.27-94. In: Ibid. (Eds), Plantas Tóxicas do Brasil para Animais de Produção. 2ª ed. Helianthus, Rio de Janeiro.

(**Notem:** As primeiras letras das palavras do título de capítulos de livros são minúsculas, mas as de livros são maiúsculas.)

➤ Dissertações e Teses:

Silva R.M.M. 2016. Prevalência, identificação e distribuição das lesões abscedativas em caprinos e ovinos abatidos em um matadouro frigorífico no Estado da Bahia. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 56p.

Sant’Ana V.A.C. 2004. Proteinograma do leite de vacas: padrões e variabilidade. Tese de Doutorado, Clínica Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, SP. 161p.

(**Notem:** (1) Deve-se evitar se referir a Dissertações ou Teses em vez de aos artigos baseados nas mesmas e publicados em periódicos científicos que são de mais fácil acesso. (2) Não deve-se tentar de publicar o texto de Dissertação ou Tese praticamente na íntegra sem escrever um artigo conciso de seus resultados.

➤ Resumos publicados em eventos:

Mendonça F.S., Almeida V.M., Albuquerque R.F., Chaves H.A.S., Silva Filho G.B., Braga T.C., Lemos B.O. & Riet Correa F. 2016. Paralisia laríngea associada à deficiência de cobre em caprinos no semiárido de Pernambuco (IX Endivet, Salvador, BA). Pesq. Vet. Bras. 36(Supl.2):50-51. (Resumo)

Pierezan F., Lemos R.A.A., Rech R.R., Rissi D.R., Kommers G.D., Cortada V.C.L.M., Mori A.E. & Barros C.S.L. 2007. Raiva em equinos. Anais XIII Encontro Nacional de Patologia Veterinária, Campo Grande, MS, p.145-146. (Resumo)

(Note: Evitar na consulta o uso de Resumos ao invés de artigos na íntegra!)

ANEXO C – Comprovante de submissão do artigo “Análise de diferentes métodos de processamento de imagens termográficas para avaliação das temperaturas do carpo de bezerros da raça Holandesa” ao periódico Pesquisa Veterinária Brasileira.

Pesquisa Veterinária Brasileira



Análise de diferentes métodos de processamento de imagens termográficas para avaliação das temperaturas do carpo de bezerros da raça Holandesa

Journal:	<i>Pesquisa Veterinária Brasileira</i>
Manuscript ID	PVB-6107
Manuscript Type:	Original Article
Date Submitted by the Author:	30-Jan-2019
Complete List of Authors:	Borges, Pedro; Universidade Federal de Goiás - Campus Samambaia, Programa de Pós Graduação em Ciência Animal Silva, Nivan; Universidade Federal de Goiás - Campus Samambaia, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - EVZ/UFG Silva, Danilo; Universidade Federal de Goiás - Campus Samambaia, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal - EVZ/UFG Lima, Valesca ; Universidade Federal de Goiás - Campus Samambaia, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - EVZ/UFG Queiroz, Paulo; Universidade Federal de Goiás - Campus Samambaia, Programa de Pós Graduação em Ciência Animal Rabelo, Rogério; Universidade Federal de Goiás - Campus Samambaia, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - EVZ/UFG Franco da Silva, Luiz Antonio; Universidade Federal de Goiás - Campus Samambaia, Medicina Veterinária
Area:	Livestock Diseases
Keyword:	Arthritis, inflammation, infrared, lameness, thermography

SCHOLARONE™
Manuscripts

<https://mc04.manuscriptcentral.com/pvb-scielo>

1
2
3 **Análise de diferentes métodos de processamento de imagens termográficas para avaliação das**
4 **temperaturas do carpo de bezerros da raça Holandesa**

5 Pedro Augusto Cordeiro Borges¹, Danilo Conrado Silva¹, Nivan Antônio Alves da Silva¹, Valesca Henrique Lima¹,
6 Paulo José Bastos Queiroz¹, Rogério Elias Rabelo², Luiz Antônio Franco da Silva²
7
8

9 **ABSTRACT.** Borges P.A.C., Silva D.C., Silva N.A.A., Lima V.H., Queiroz P.J.B., Rabelo R.E., Silva L.A.F. Analysis of
10 different thermographic imaging methods for evaluation of holstein calves carpal temperatures. Análise de
11 diferentes métodos de processamento de imagens termográficas para avaliação das temperaturas do carpo de
12 bezerros da raça Holandesa. Pesquisa Veterinária Brasileira 00(0):00-00. Escola de Veterinária e Zootecnia da
13 Universidade Federal de Goiás. Avenida Esperança, S/n^o, Campus Samambaia, Goiânia, GO 74.690.900, Brasil. E-
14 mail: pedroavet@gmail.com

15 **ABSTRACT:** Cattle lameness are a common clinical condition in a livestock routine. In this context, tools allowing
16 early diagnosis are fundamental. The aim of this study was to compare three different methods to analysis carpal
17 thermographic images of Houlstein calves. Eight healthy calves were selecte and images obtained of
18 thermographic camera were taken from both carps of each animal. Images were analyze using GRAYESS® IRT
19 Analyzer 7 software by three different methods: global area temperature (Ttot), temperature of the region of
20 interest (TROI) and mean of the maximums temperatures (Tmax). The statistical analysis were taken by analysis
21 of variance followed by the Turkey test using SAS 8.0® software. There was no difference between TROI and Ttot
22 methods. However, Tmax method showed higher temperatures. Tmax method was more effective than ROI and
23 Ttot, to identify temperature differences between contralateral carpus. The temperature difference between
24 contralateral carpus varied in a confidence interval of 0,03 to 0,26°C. Therefore, thermography is a tool with a high
25 potential to application in early diagnosis of cow joint diseases, Tmax method was more sensible than Ttot and
26 ROI, that possibly it's the most applicable to diagnosis carpal joint diseases, and a temperature difference between
27 contralateral carpus varied in a range of 0,03 to 0,26°C, can be normal.

28
29 INDEX TERMS: Arthritis, bovine, inflammation, infrared, lameness, thermography

30
31 **RESUMO.** As afecções do sistema locomotor, representam uma importante parcela da casuística da Clínica Médica
32 de Bovinos. Nesse contexto, o desenvolvimento de ferramentas que permitam o diagnóstico precoce de tais
33 afecções é de suma importância. O presente trabalho objetivou analisar comparativamente diferentes métodos de
34 obtenção de imagens termográficas para avaliação quantitativa das temperaturas do carpo de bezerros da raça
35 Holandesa. Foram obtidas imagens termográficas, de ambos os carpos, de oito bezerros, com idade entre 20 e 45
36 dias e peso médio de 38,65±2,27kg. As imagens foram analisadas por meio do software GRAYESS® IRT Analyzer
37 7, pelos métodos de temperatura global (Ttot), região de interesse (ROI) e temperatura máxima média (Tmax). Os
38 dados obtidos foram tabulados e avaliados por meio análise de variância seguida do teste de Turkey, utilizando-se
39 do software SAS 8.0®. Os resultados mostraram não haver diferença entre as temperaturas obtidas usando os
40 métodos TROI e Ttot, porém o método Tmax quando comparado com estes, mostrou gerar temperaturas mais
41 elevadas, determinando a existência de influência do método de análise nas temperaturas obtidas. O método Tmax,
42 foi aquele que se mostrou mais preciso para verificação de variações de temperaturas entre os carpos direito e
43 esquerdo de um mesmo indivíduo, sendo possivelmente o de melhor aplicação no diagnóstico de enfermidades
44 relacionadas as articulações cárpicas. O intervalo de confiança para diferença entre as temperaturas dos carpos
45 direito e esquerdo ($\Delta d-e$) do mesmo indivíduo, por sua vez, foi de 0,03 a 0,26°C. Assim, conclui-se que a termografia
46 é um exame com potencial de aplicação clínica no diagnóstico de afecções articulares de bezerros, o método Tmax
47 mostra-se mais sensível para verificação de variações de temperaturas entre os carpos contralaterais de um
48 mesmo indivíduo e que $\Delta d-e$ variando entre 0,03 e 0,26°C não necessariamente indicam uma doença articular em
49 curso.

50 TERMOS DE INDEXAÇÃO: Artrite, bovino, claudicação, inflamação, infravermelho, termografia
51
52
53
54
55

56
57 ¹ Discente do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade
58 Federal de Goiás, Goiânia – GO

59 ² Docente do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da
60 Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO

INTRODUÇÃO

Depois dos dígitos, as articulações são tidas como as principais estruturas relacionadas a origem de claudicações em bovinos. Afeções articulares podem ser de origem traumática, congênita ou séptica e tendem a apresentar um marcante caráter inflamatório ao longo do seu curso (DESROCHERS; FRANCOZ, 2014). A artrite séptica é uma causa comum de claudicação em bovinos, sobretudo em bezerros, onde pode advir de bactérias que se disseminam por via hematogena e colonizam as articulações, sendo as articulações interfalangeana distal, metacarpofalangeana, cárpicas e társicas, as mais frequentemente afetadas. Quando não diagnosticada precocemente ou não tratada adequadamente essa afeção pode levar a consequências drásticas para o animal e perdas econômicas significativas. Nessas circunstâncias, métodos que permitam um diagnóstico precoce da artrite séptica, tem importante valor afim de permitir que o tratamento seja iniciado rapidamente e com isso se tenha uma maior possibilidade de cura e completa restauração da função articular (DOĞAN et al., 2016; MOTTA et al., 2017; MULON; DESROCHERS; FRANCOZ, 2016).

Um método que tem ganhado destaque na detecção de quadros inflamatórios é a termografia infravermelha (TRI). O interesse do uso da TRI em áreas médicas advém da capacidade desse método de fornecer informações acerca do padrão de distribuição da temperatura corpórea (USAMENTIAGA et al., 2014). Desde os primórdios da medicina, em 400A.C., que a alteração da temperatura corporal é colocada com um importante indicador de doença e com o advento do termômetro no século XVII, a mensuração da temperatura consolidou-se como prática médica (REKANT et al., 2016). Com a termografia, um novo patamar foi alcançado, pois esse método permite obter de maneira rápida e não invasiva informações referentes a temperatura que podem ser relacionadas a circulação, perfusão e atividade metabólica local; o que permite avaliar desde eventos fisiológicos normais do organismo até aqueles desencadeados em um processo inflamatório, de maneira mais precoce que outros métodos (ÇETINKAYA; DEMIRUTKU, 2012; REDAELLI et al., 2014; SOROKO; HOWELL, 2018; USAMENTIAGA et al., 2014). Na Medicina Veterinária a termografia tem sido usada com diversas finalidades, tais como: diagnóstico de claudicação e avaliação da performance esportiva de equinos (MICHELOTTO; ROCHA; MICHELOTTO, 2016; SOROKO; HOWELL, 2018), diagnóstico de doenças do complexo respiratório e diarreia viral bovina (SCHAEFER et al., 2004, 2007), avaliação da atividade ovariana de vacas e correlação com taxa de prenhes (RADIGONDA et al., 2017), avaliação de indicadores de estresse térmico em rebanhos bovinos (UNRUH et al., 2017) e diagnóstico de onfalites e artrite séptica em bezerros (SHECAIRA et al., 2018). Mas, para a realização do exame termográfico é necessário que uma série de recomendações sejam seguidas, afim de minimizar variações inerentes ao ambiente e outros fatores que podem prejudicar a interpretação dos resultados (BASILE R.C, BASILE M.T, ALBERNAZ R.M, PEREIRA M.C, ARAÚJO R., FERRAZ G.C, QUEIROZ-NETO, 2010; SOROKO; HOWELL, 2018; WESTERMANN et al., 2013a).

A análise das imagens visando a obtenção das temperaturas pode ser feita por um *software* específico utilizando-se de diferentes técnicas. Técnicas diferentes, entretanto, podem gerar resultados diferentes. Sobretudo, quando termografias são realizadas em um mesmo animal de maneira seriada com intuito de detectar ou acompanhar um processo inflamatório é necessário que se padronize a técnica de análise utilizada, além disso, é preciso que se tenha uma concisa caracterização dos padrões de simetria e assimetria corporal para cada região, para que uma variação de temperatura normal, quando se compara regiões contralaterais, não seja considerada patológica (LEE et al., 2007; LUDWIG et al., 2014; SOROKO; HOWELL, 2018; VARDASCA et al., 2012). Na literatura são poucos os trabalhos que se dedicam a avaliar diferentes métodos de análise de imagens termográficas, sendo estes voltados para o uso da termografia na medicina humana.

Além disso, o padrão de simetria corporal para determinadas regiões anatômicas ainda não está totalmente definido. Logo, diante desse cenário promissor, não se pode negligenciar o grande potencial do exame termográfico no diagnóstico de afeções que cursam com inflamação. Essa realidade, somada a necessidade de consolidar métodos de diagnóstico precoces de artrite séptica em bezerros, a importância da padronização de um método de avaliação de imagens termográficas para o diagnóstico e acompanhamento de processos de caráter inflamatório e a carência de informações acerca da simetria da temperatura corporal da região cárpica de bezerros sustentam a realização de trabalhos sobre esse tema.

O presente trabalho objetivou comparar três diferentes métodos de avaliação de imagens termográficas e estabelecer possíveis diferenças nos valores da temperatura dos carpos de bezerros da raça Holandesa que possam ser considerados uma assimetria fisiológica.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais. Para o estudo foram utilizados oito bezerros da raça holandesa, machos, sem claudicação, com idade entre 20 e 45 dias e peso médio de $38,65 \pm 2,27$ kg, mantidos na Fazenda Experimental do Setor de Bovinocultura de leite da Universidade Federal de Goiás (UFG), Campus Samambaia. O experimento, procedeu-se mediante aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFG sob número 015/18. Os animais eram mantidos em bezerreiros individuais e alimentados com dois litros de leite, duas vezes ao dia, concentrado com 18% de proteína e água ad libitum.

Exame termográfico. Vinte e quatro horas previamente a realização das termografias, em ambos os carpos de cada animal, foi realizada tricotomia com máquina de tosa Oster Agc®, com lâmina nº40. Para realização do exame termográfico foi utilizada uma câmera termográfica modelo Termovisor FLIR® T440 (Flir® Systems, Inc. Wilsonville-Oregon-USA), com resolução espacial de 320x240 pixels e sensibilidade para detectar diferenças térmicas de 0,04°C, configurada com os seguintes parâmetros: emissividade 0,98 ($\epsilon=0.98$), temperatura ambiente 27°C, umidade relativa de 59%, distância de aquisição entre meio e um metro e paleta de cores na opção arco-íris. A temperatura e umidade relativa do ambiente foram obtidas por meio de um termohigrometro digital Incoterm® TH50. Além desses parâmetros, foi determinada e ajustada na câmera a temperatura refletida para cada imagem a ser realizada, com papel alumínio, conforme descrito por Usamentiaga et al (2014). Os animais foram levados dos bezerreiros para um local sem a incidência direta de raios de sol e vento, tiveram os carpos limpos com um pano seco e macio e foram mantidos em estação por 30 minutos preliminarmente a realização do exame, para evitar efeitos associados a possível presença de umidade no carpo bem como ao manuseio realizado na limpeza. Foram obtidas imagens individualizadas, do aspecto cranial de cada carpo a uma distância de 60 centímetros com a câmera posicionada em um ângulo de 90° em relação ao carpo. As imagens de todos os animais foram obtidas sequencialmente em um curto intervalo de tempo, durante a manhã, evitando influências inerentes a variações bruscas de temperatura e estágios do ciclo circadiano.

Análise das imagens termográficas. As imagens termográficas foram analisadas por meio do software GRAYESS® IRT Analyzer 7, pelos métodos de temperatura global (Ttot), região de interesse (ROI) e temperatura máxima média (Tmax) conforme metodologia proposta por Ludwig et al (2014) para cada método. A demarcação das áreas a serem incluídas em cada análise baseou-se no conhecimento anatômico da região, dispensando a necessidade de utilização de instrumentos marcadores. Para o método Ttot, a figura geométrica de um retângulo foi aplicada a uma área mais larga que a região anatômica de interesse, estendendo-se da zona mais distal da face cranial do rádio até a fileira distal de ossos do carpo, em uma área limítrofe com a porção mais proximal do metacarpo (Figura 1A). Foi gerado o histograma de temperatura e em seguida selecionou-se apenas a área da distribuição gráfica correspondente ao espectro de temperaturas existentes dentro da região do carpo, excluindo-se as temperaturas referentes ao fundo da imagem (Figura 1B). A temperatura média então foi determinada como sendo a média das temperaturas dos pixels existentes nessa área final. Para o método Tmax, um retângulo foi aplicado a uma área mais ampla que a região anatômica de interesse. Em seguida, programou-se o software para detectar os cinco pontos mais quentes dentro dessa área, referentes a estrutura anatômica de interesse, tomando como temperatura final a média aritmética da temperatura desses cinco pontos (Figura 2A). Já no método ROI, uma figura elíptica foi aplicada e ajustada a região do carpo, com limite na margem superior mais distal do rádio, limite inferior junto a margem proximal do metacarpo e limites lateral e medial respeitando, respectivamente, as bordas lateral e medial do carpo (Figura 2B). A temperatura final foi determinada como a média aritmética das temperaturas dos pixels existentes dentro da área demarcada.

Análise estatística. Os dados obtidos foram tabulados e testados quanto à homocedasticidade e normalidade por meio do software SAS 8.0 (SAS Institute, Inc., Cary, NC) utilizando, respectivamente, os testes de Levene e Shapiro-Wilk. O efeito do método de análise das imagens termográficas sobre a temperatura dos carpos e a diferença de temperatura entre os carpos

1
2
3 direito e esquerdo ($\Delta d-e$), foi avaliado por meio de análise de variância em um modelo linear geral
4 Proc GLM (SAS Institute, Inc.) seguido do teste de Tukey. As diferenças entre médias foram
5 consideradas significativas quando $P < 0,01$. Também foram obtidos os coeficientes de correlação de
6 Pearson para as temperaturas dos carpos direito e esquerdo nos diferentes métodos de análise, os
7 quais foram consideradas significativas quando $P < 0,01$. Com base nas $\Delta d-e$ obtidas, foi determinado
8 o intervalo de confiança para esse parâmetro.
9

10 RESULTADOS

11 As medias e desvio-padrão das temperaturas dos carpos direito e esquerdo são expressas na
12 Quadro 1. Os resultados da análise de variância indicam que houve uma influência considerável do
13 método de análise das imagens termográficas sobre as temperaturas do carpo ($p < 0,01$). Não houve
14 diferença significativa entre as temperaturas do carpo direito e esquerdo dentro de cada método
15 avaliado (T_{tot} , $p=0,31$; ROI, $p=0,58$; T_{max} , $p=0,45$). Na comparação entre os métodos, não se detectou
16 diferença significativa entre T_{tot} e ROI; porém, o método T_{max} , quando comparado com ambos,
17 diferiu, tendo apresentado as maiores temperaturas (FIGURA 3). Nos três métodos, observou-se
18 correlações elevadas e significativas entre as temperaturas do carpo direito e esquerdo ($T_{tot}=0,90$,
19 ROI=0,88, $T_{max}=0,99$). Quanto a $\Delta d-e$, não houve diferença significativa entre os métodos estudados
20 (Quadro 2) e tal parâmetro variou no intervalo de confiança de 0,03 a 0,26°C ($p < 0,01$).
21

22 DISCUSSÃO

23 Argumentando inicialmente sobre a metodologia de execução do exame termográfico ficou
24 evidente que as análises contemporizam com os padrões pré-estabelecidos na literatura, no que se
25 refere a escolha do ambiente, tempo de aclimação e ajustes da câmera (BASILE et al., 2012;
26 INFERNUSO et al., 2010; LOUGHIN; MARINO, 2007; PUROHIT, 2009; SOROKO; HOWELL, 2018;
27 TURNER, 1991, 2011). No tocante a tricotomia pondera-se que a adoção dessa conduta se deu com a
28 finalidade de facilitar a limpeza dos carpos bem como manter um padrão uniforme para todos os
29 animais avaliados. No entanto, na contramão dessa atitude, alguns autores afirmaram que a
30 tricotomia pode levar a um erro de interpretação da termografia, uma vez que o atrito da lâmina com
31 a pele por si só gera calor e a ausência do pelo faz com que a superfície seja capaz de absorver e emitir
32 mais radiação. Esses acontecimentos podem ser explicados pela maior vascularização e atividade
33 metabólica da pele quando comparada ao pelo (BASILE R.C, BASILE M.T, ALBERNAZ R.M, PEREIRA
34 M.C, ARAÚJO R., FERRAZ G.C, QUEIROZ-NETO, 2010; OKADA; TAKEMURA; SATO, 2013). Outros
35 autores por sua vez demonstraram que o padrão de distribuição térmica se mantém semelhante
36 antes e depois da tricotomia e que densidades e volumes de pelo diferentes podem influenciar na
37 mensuração da temperatura obtida pela termografia (INFERNUSO et al., 2010; LOUGHIN; MARINO,
38 2007; SOROKO; HOWELL, 2018). Mas, de maneira geral o que se rege é que quando necessária, a
39 tricotomia seja realizada com antecedência entre duas e 24 horas. Assim, a sobreposição do
40 incremento de calor imediato gerado pela lâmina no exame é evitada, conduta que foi considerada
41 no presente experimento (PAVELSKI et al., 2015a; REKANT et al., 2016).
42

43 No que se refere a comparação entre os métodos T_{tot} e ROI, os resultados encontrados
44 corroboram com os de Ludwig et al 2014, ocasião que usaram os métodos para avaliação da região
45 da panturrilha humanos, demonstrando não haver diferenças entre as duas estruturas anatômicas
46 contralaterais. Tal resultado possivelmente advém do fato de que ambas as técnicas se baseiam na
47 determinação das temperaturas a partir da inclusão de todos os pixels existentes na área selecionada
48 (LUDWIG et al., 2014). Vale ressaltar que o método ROI tem sido o mais utilizado na Medicina
49 Veterinária, porém, nessa modalidade de análise, a demarcação da região de interesse no *software*
50 está sujeita a subjetividade, pois cabe ao operador aplicar a figura geométrica nas proporções que
51 considera cabíveis (FERREIRA et al., 2008; LUDWIG et al., 2014; PAVELSKI et al., 2015b; SHECAIRA
52 et al., 2018; VAINIONPÄÄ, 2014; WESTERMANN et al., 2013b). No método T_{tot} , por sua vez, o “efeito
53 operador” bem como o tempo necessário para a realização das análises é reduzido, já que uma área
54 mais ampla é incluída no campo de avaliação (LUDWIG et al., 2014; USAMENTIAGA et al., 2014). Além
55 disso, em uma perspectiva qualitativa, foi possível observar que o método T_{tot} tem potencial para
56 facilitar a análise em grandes animais de maneira geral. Isso, considerando que em determinadas
57 situações, mesmo se tomando os cuidados necessários para realização da termografia, sujidades ou
58 cicatrizes podem persistir na região que se deseja avaliar; de tal maneira que essas circunstâncias
59 podem gerar um artefato que exerce influência direta sobre a interpretação da imagem termográfica.
60 Seguindo-se a metodologia de Ludwig et al (2014), o método T_{tot} oferece a possibilidade de se

determinar o espectro de temperatura de interesse, mediante a detecção de pontos indesejados, permitindo validar o exame mesmo em situações onde todas as recomendações não foram seguidas.

Quanto ao método Tmax, já era esperado que as temperaturas encontradas por esse exame fossem mais elevadas em relação as encontradas ao se aplicar os métodos de Ttot e ROI. O achado está relacionado ao fato desse método amparar-se para o cálculo da temperatura nos pontos mais quentes existentes dentro da região delimitada. Alguns autores, defendem que Tmax permite uma avaliação dinâmica e pode ser usado para avaliar pacientes que não estejam totalmente estáticos. Acrescente-se que o método minimiza os possíveis efeitos de sobreposição de uma imagem de tecidos menos vascularizados sobre tecidos mais vascularizados. Daí o método ser uma alternativa interessante na avaliação de processos patológicos, quando existir uma assimetria entre as estruturas corporais estudadas (LUDWIG et al., 2012, 2014; USAMENTIAGA et al., 2014). O fato desse método também ter apresentado o maior coeficiente de correlação, bem como uma menor média para Δd -e, sugere ser este, o método mais sensível na detecção de variações de temperatura entre os carpos colaterais em quadros patológicos.

Ao se fazer uma avaliação geral de todos os resultados obtidos e fundamentar-se nas diferenças observadas entre as temperaturas dos carpos direito e esquerdo não se pode ignorar a necessidade de se estabelecer um padrão de assimetria fisiológico entre os carpos contralaterais de bezerras da raça Holandesa. No que concerne a Medicina Veterinária há uma escassez de trabalhos que demonstrem claramente o grau de variação de temperatura aceitável quando se compara regiões contralaterais de um mesmo indivíduo. Mas, sabe-se, que há uma tendência a proximidade entre as temperaturas obtidas, o que já foi demonstrado em cães e equinos (INFERNUSO et al., 2010; TURNER, 1991). Alguns autores demonstraram que na espécie equina diferenças de até 1°C entre regiões contralaterais de membros podem ser consideradas normais (KOLD; CHAPPEL, 1998; SOROKO et al., 2013; TURNER, 1991).

Assim, com base nos resultados encontrados nesse experimento, pode-se inferir que, dependendo do método utilizado para análise das imagens termográficas, diferenças próximas variando no espectro de 0,3 a 0,26°C podem ser encontradas quando comparados os carpos contralaterais hígidos, de um bezerro da raça Holandesa. Tal resultado, assemelha-se aos resultados encontrados por Vardasca et al (2012)19, que ao estudarem a simetria da temperatura corporal em humanos, encontraram variações de mais ou menos 0,4°C entre os lados corporais de indivíduos hígidos. Portanto, ao se confrontar resultados obtidos na Medicina Veterinária e na Medicina, pode se sugerir que estes se complementam, o que evidencia a possibilidade de uso prático da termografia.

CONCLUSÕES

Concluimos assim, que há influência direta do método de processamento de imagens termográficas sobre as temperaturas dos carpos de bezerras da raça Holandesa, obtidas por termografia. De tal modo que é necessário adotar como padrão um desses métodos para fins de comparação de imagens. Embora todos os métodos estudados tenham sido eficientes, o método Tmax foi aquele que apresentou maior precisão na detecção de variações de temperatura entre carpos contralaterais, sendo diante disso aquele com maior potencial para diagnóstico precoce de processos inflamatórios relacionados ao carpo de bezerras da raça Holandesa.

REFERÊNCIAS

- BASILE, R. C. et al. CAMPUS JABOTICABAL EM EQUINOS Trabalho de Iniciação Científica apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias -. [S.l.]: [s.n.], 2012.
- BASILE R.C, BASILE M.T, ALBERNAZ R.M, PEREIRA M.C, ARAÚJO R., FERRAZ G.C, QUEIROZ-NETO, A. Guia prático para o exame termográfico em equinos. Revista Brasileira de Medicina Equina, 2010. v. 31, n. 1, p. 1-4.
- ÇETINKAYA, M. A.; DEMIRUTKU, A. Thermography in the assessment of equine lameness. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 2012. v. 36, n. 1, p. 43-48.
- DESROCHERS, A.; FRANCOZ, D. Clinical management of septic arthritis in cattle. Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice, 2014. v. 30, n. 1, p. 55-76. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.11.006>>.

- 1
2
3 DOĞAN, E. et al. Radiographic, Ultrasonographic and Thermographic Findings in Neonatal Calves
4 with Septic Arthritis: 82 cases (2006-2013). *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 2016. v.
5 1, n. 1, p. 6–12. Disponível em: <<http://dergipark.gov.tr/doi/10.17094/avbd.511116>>.
- 6
7 FERREIRA, J. J. A. et al. Exercise-associated thermographic changes in young and elderly subjects.
8 *Annals of Biomedical Engineering*, 2008. v. 36, n. 8, p. 1420–1427.
- 9
10 INFERNUSO, T. et al. Thermal Imaging of Normal and Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifles in
11 Dogs. *Veterinary Surgery*, 2010. v. 39, n. 4, p. 410–417.
- 12
13 KOLD, S. E.; CHAPPEL, A. K. A. Use of computerised themnographic image analysis (CTIA) in equine
14 orthopaedics: review and presentation of clinical cases. *EQUINE VETERINARY EDUCATION*, 1998. v.
15 10, n. 4, p. 198–204.
- 16
17 LEE, J. G. et al. Thermographic Assessment of Inferior Alveolar Nerve Injury in Patients With
18 Dentofacial Deformity. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 2007. v. 65, n. 1, p. 74–78.
- 19
20 LOUGHIN, C. A.; MARINO, D. J. Evaluation of thermographic imaging of the limbs of healthy dogs.
21 *American Journal of Veterinary Research*, 2007. v. 68, n. 10, p. 1064–1069.
- 22
23 LUDWIG, N. et al. Breathing training characterization by thermal imaging: A case study. *Acta of*
24 *Bioengineering and Biomechanics*, 2012. v. 14, n. 3, p. 41–47.
- 25
26 LUDWIG, N. et al. Skin temperature evaluation by infrared thermography: Comparison of image
27 analysis methods. *Infrared Physics and Technology*, 2014. v. 62, p. 1–6. Disponível em:
28 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2013.09.011>>.
- 29
30 MICHELOTTO, B. L.; ROCHA, R. M. V. M.; MICHELOTTO, P. V. Thermographic Detection of Dorsal
31 Metacarpal/Metatarsal Disease in 2-Year-Old Thoroughbred Racehorses: A Preliminary Study.
32 *Journal of Equine Veterinary Science*, 2016. v. 44, p. 37–41. Disponível em:
33 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2016.04.005>>.
- 34
35 MOTTA, G. A. et al. Clinical and radiographic changes of carpi, tarsi and interphalangeal joints of beef
36 zebu bulls on semen collection regimen. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*,
37 2017. v. 69, n. 6, p. 1357–1366.
- 38
39 MULON, P. Y.; DESROCHERS, A.; FRANCOZ, D. Surgical Management of Septic Arthritis. *Veterinary*
40 *Clinics of North America - Food Animal Practice*, 2016. v. 32, n. 3, p. 777–795.
- 41
42 OKADA, K.; TAKEMURA, K.; SATO, S. Investigation of Various Essential Factors for Optimum Infrared
43 Thermography. *Journal of Veterinary Medical Science*, 2013. v. 75, n. 10, p. 1349–1353. Disponível
44 em: <<http://jlc.jst.go.jp/DN/JST.JSTAGE/jvms/13-0133?lang=en&from=CrossRef&type=abstract>>.
- 45
46 PAVELSKI, M. et al. Infrared Thermography in Dogs with Mammary Tumors and Healthy Dogs.
47 *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 2015. v. 29, n. 6, p. 1578–1583.
- 48
49 PAVELSKI, M. et al. Infrared thermography evaluation from the back region of healthy horses in
50 controlled temperature room. *Ciência Rural*, 2015. v. 45, n. 7, p. 1274–1279. Disponível em:
51 <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000701274&lng=en&tng=en>.
- 52
53 PUROHIT, R. Standards for thermal imaging in veterinary medicine. Mannheim, Germany: *Thermol*
54 *Int*, 2009. p. 99.
- 55
56 RADIGONDA, V. L. et al. Infrared thermography relationship between the temperature of the vulvar
57 skin, ovarian activity, and pregnancy rates in Braford cows. *Tropical Animal Health and Production*,
58 2017. v. 49, n. 8, p. 1787–1791.
- 59
60 REDAELLI, V. et al. Use of thermography techniques in equines: Principles and applications. *Journal*
61 *of Equine Veterinary Science*, 2014. v. 34, n. 3, p. 345–350. Disponível em:
62 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2013.07.007>>.
- 63
64 REKANT, S. I. et al. Veterinary applications of infrared thermography. *American Journal of Veterinary*
65 *Research*, 2016. v. 77, n. 1, p. 98–107.

- 1
2
3 SCHAEFER, A. L. et al. Early detection and prediction of infection using infrared thermography 1.
4 2004.
5
6 SCHAEFER, A. L. et al. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory
7 disease complex in calves. *Research in Veterinary Science*, 2007. v. 83, n. 3, p. 376–384.
8
9 SHECAIRA, C. L. et al. Using thermography as a diagnostic tool for omphalitis on newborn calves.
10 *Journal of Thermal Biology*, 2018. v. 71, n. November 2017, p. 209–211. Disponível em:
11 <<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.11.014>>.
12
13 SOROKO, M. et al. The Effectiveness of Thermographic Analysis in Equine Orthopedics. *Journal of*
14 *Equine Veterinary Science*, 2013. v. 33, n. 9, p. 760–762. Disponível em:
15 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2012.11.009>>.
16
17 HOWELL, K. Infrared Thermography: Current Applications in Equine Medicine. *Journal of Equine*
18 *Veterinary Science*, 2018. v. 60, p. 90–96.e2. Disponível em:
19 <<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.11.002>>.
20
21 TURNER, T. A. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *The Veterinary clinics of*
22 *North America. Equine practice*, 1991. v. 7, n. 2, p. 311–338. Disponível em:
23 <[http://dx.doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30502-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30502-3)>.
24
25 TURNER, T. A. Thermography. In: BAXTER, G. M. (Org.). *Lameness in horse*. 6. ed. [S.l.]: Wiley-
26 Blackwell, 2011, p. 1272.
27
28 UNRUH, E. M. et al. Evaluation of infrared thermography as a diagnostic tool to predict heat stress
29 events in feedlot cattle. *American Journal of Veterinary Research*, 2017. v. 78, n. 7, p. 771–777.
30
31 USAMENTIAGA, R. et al. Infrared Thermography for Temperature Measurement and Non-Destructive
32 Testing. *Sensors*, 2014. v. 14, n. 7, p. 12305–12348. Disponível em: <[http://www.mdpi.com/1424-](http://www.mdpi.com/1424-8220/14/7/12305/)
33 [8220/14/7/12305/](http://www.mdpi.com/1424-8220/14/7/12305/)>.
34
35 VAINIONPÄÄ, M. Thermographic Imaging in Cats and Dogs Usability as a Clinical Method. [S.l.]: [s.n.],
36 2014.
37
38 VARDASCA, R. et al. Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects.
39 *Thermology International*, 2012. v. 22, n. 2, p. 53–60.
40
41 WESTERMANN, S. et al. The effect of airflow on thermographically determined temperature of the
42 distal forelimb of the horse. *Equine Veterinary Journal*, 2013. v. 45, n. 5, p. 637–641.
43
44 WESTERMANN, S. et al. of the Distolateral Aspects of the Forelimbs in Horses. 2013. v. 242, n. 3, p. 1–
45 8.
46
47

LEGENDA DAS FIGURAS

48 Fig. 1- Imagens resultantes da mensuração da temperatura do carpo pelo método Ttot. Para obtenção
49 das imagens é aplicado um retângulo a uma área mais larga que a região anatômica de interesse (A);
50 em seguida, o histograma é gerado e as temperaturas referentes ao fundo da imagem são excluídas
51 (B)

52 Fig. 2- Mensuração da temperatura do carpo pelo método Tmax. A temperatura final é a média das
53 temperaturas dos cinco pontos mais quentes (A); e pelo método ROI, onde uma figura elíptica é
54 aplicada a região de interesse respeitando as delimitações anatômicas dessa região (B)
55

56 Fig. 3- Médias e erros-padrão das temperaturas dos carpos direito e esquerdo encontrados nos
57 diferentes métodos de análise das imagens termográficas
58
59
60

Quadro 1. Médias e desvio-padrão da temperatura do carpo direito (TCD) e temperatura do carpo esquerdo (TCE) para cada método utilizado na análise das imagens termográficas do carpo de bezerros da raça Holandesa.

Método/ Variável	ROI		Ttot		Tmax	
	Média (°C)	Desvio	Média (°C)	Desvio	Média (°C)	Desvio
TCD	35,875 ^{Aa}	0,604	35,340 ^{Aa}	0,580	37,180 ^{Ba}	0,711
TCE	36,037 ^{Aa}	0,545	35,475 ^{Aa}	0,550	37,315 ^{Ba}	0,667

A= não houve diferença estatística significativa, métodos, para $p < 0,01$; B= houve diferença estatística significativa, entre os métodos, para $p < 0,01$; a= não houve diferença estatística entre os carpos direito e esquerdo de um mesmo animal, dentro de cada método.

Quadro 2. Médias das diferenças de temperatura entre o carpo direito e o carpo esquerdo ($\Delta d-e$) para cada método utilizada para avaliação das imagens termográficas do carpo de bezerros da raça Holandesa.

Método de análise	Média de $\Delta d-e$	Desvios
ROI	0,16250 ^a	0,283
Ttot	0,13750 ^a	0,256
Tmax	0,13500 ^a	0,115

a= não houve diferença estatística significante entre os métodos estudados

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

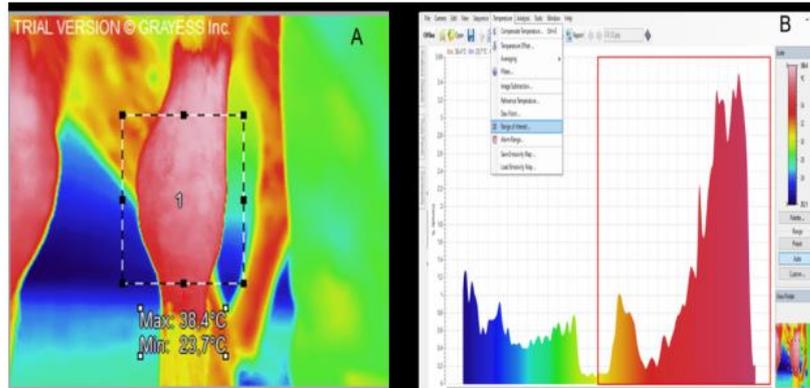


FIG1

85x41mm (300 x 300 DPI)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

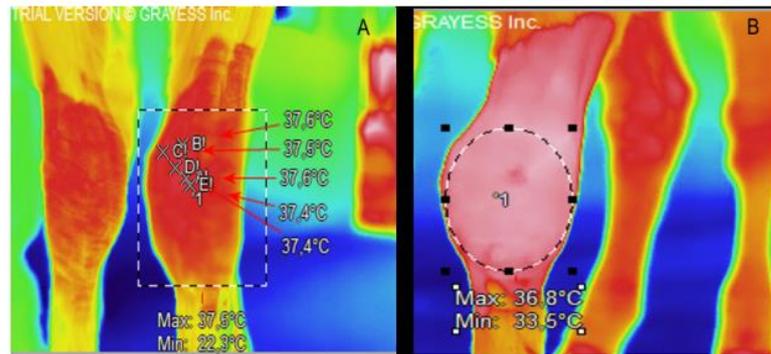


FIG2

86x39mm (300 x 300 DPI)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

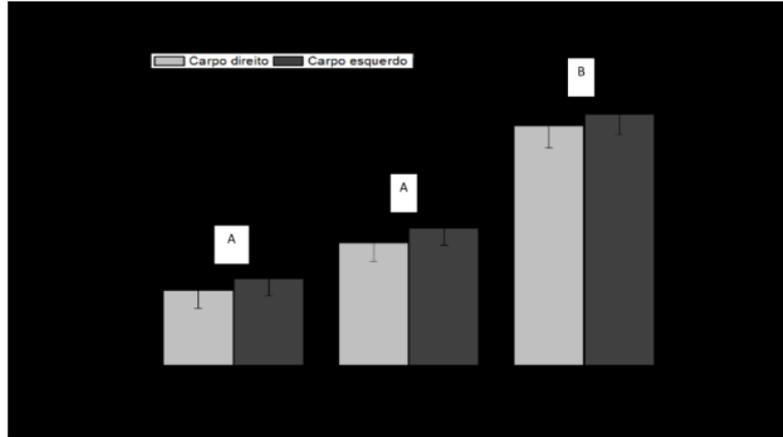


FIG3

108x60mm (300 x 300 DPI)