

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
CAMPUS DE PATOS – PB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E SAÚDE ANIMAL

USO DA TERMOGRAFIA NA AVALIAÇÃO CLÍNICA DE CÃES E GATOS
CARDIOPATAS

Patos-PB
2022

Ermano Lucena de Oliveira

USO DA TERMOGRAFIA NA AVALIAÇÃO CLÍNICA DE CÃES E GATOS
CARDIOPATAS

Dissertação submetida ao
Programa de Pós-Graduação
em Ciência e Saúde Animal,
da Universidade Federal de
Campina Grande, como
requisito parcial para obtenção
do grau de Mestre em Ciência
e Saúde Animal.

Orientador: Prof. Dr. Almir Pereira de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Marlos Gonçalves de Sousa

Patos/PB
2022

O48u

Oliveira, Ermano Lucena de.

Uso da termografia na avaliação clínica de cães e gatos cardiopatas / Ermano Lucena de Oliveira. – Patos, 2022.

70 f.: il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Saúde Animal) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2022.

"Orientação: Prof. Dr. Almir Pereira de Souza; Coorientação: Prof. Dr. Marlos Gonçalves de Sousa".

Referências.

1. Termograma. 2. Coração. 3. Canino. 4. Felino. I. Souza, Almir Pereira de. II. Sousa, Marlos Gonçalves de. III. Título.

CDU 636.09(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM CIENCIA E SAUDE ANIMAL
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 23 dias do mês de fevereiro do ano de 2022, às 08h30min, sob a presidência do Professor Doutor Almir Pereira de Souza, por meio de videoconferência na plataforma Google Meet, reuniram-se os Professores Doutores Rosangela Maria Nunes da Silva e Wilmer Alejandro Zamora Restan, para participarem da banca de Dissertação do discente Ermano Lucena de Oliveira. O resultado da Dissertação intitulada: “Uso da termografia na avaliação clínica de cães e gatos cardiopatas”, foi considerado APROVADO. Do que, para constar, eu, orientador, lavrei a presente Ata, que depois de lida e aprovada, vai assinada por mim e com anuência dos demais membros da banca examinadora.

PROF. DR. ALMIR PEREIRA DE SOUZA

Presidente e Orientador

PROFA. DRA. ROSANGELA MARIA NUNES DA SILVA

Examinadora Externa

PROF. DR. WILMER ALEJANDRO ZAMORA RESTAN

Examinador Externo

PROF. DR. ANTÔNIO FERNANDO DE MELO VAZ

Coordenador do PPGCSA

OBSERVAÇÕES:

1 - Por não possuir cadastro como usuário externo no SEI, o examinador Wilmer Alejandro Zamora Restan receberá cópia da presente Ata e dará ciência e aprovação dos termos por e-mail

2 - Os examinadores internos signatários certificam que o examinador externo acima identificado participou da defesa da dissertação e tomou conhecimento do teor deste documento.



Documento assinado eletronicamente por **ALMIR PEREIRA DE SOUZA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 23/02/2022, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ROSANGELA MARIA NUNES DA SILVA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 23/02/2022, às 12:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANTONIO FERNANDO DE MELO VAZ, COORDENADOR(A)**, em 23/02/2022, às 15:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **2134379** e o código CRC **1C02E340**.

AGRADECIMENTOS

Agradecer a Deus, por tudo que ele tem feito em minha vida e continua fazendo, sem a presença dele nada disso seria possível.

Aos meus pais, Ermano e Sorlane, exemplos de garra, esperança e fé, sem os seus ensinamentos e cuidados nada disso seria possível.

A minha noiva Aline, pelo companheirismo paciência e amor, virtudes que admiro muito, e que sem sua compreensão e colaboração não teria chegado até aqui.

Ao meu orientador e amigo professor Almir, pela confiança em minha pessoa desde o início da graduação, muito obrigado pelos ensinamentos de cunho profissional e pessoal que o senhor me transmitiu, todos estes, eu levarei para minha vida profissional e pessoal. Obrigado pela amizade e companheirismo.

Ao meu coorientador professor Marlos Gonçalves, pelas palavras de conselho, como também a oportunidade e incentivo a viver na cardiologia veterinária.

A professora Rosângela, pelo seu coração gigante, palavras afetuosas, e grande carinho que tem por todos nós da pós graduação.

Aos meus amigos que a medicina veterinária me presenteou desde a graduação, Aline, Agrício, Ariana, Taynara, Samara, Joel, Jardel, João Pedro, Arthur (Bozó) e mais tantos, aprendi muito com vocês, obrigado por fazerem parte da minha vida nesse período.

Aos professores e funcionários do Hospital Veterinário da UFCG, campus Patos, pela dedicação e comprometimento com a instituição, em especial ao Prof. Fernando Vaz, Prof. Antônio Flávio, Rosileide, Eduardo (Dudu), Dona Neide, Vânia, Zé (Pé de Grea), Cacau e Seu Cuité (in memoriam).

A banca examinadora, pela sua experiência e disponibilidade, além das suas correções, sugestões e considerações para o melhoramento deste trabalho.

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigado a todos!!!

RESUMO

Oliveira, E. L. (Uso da termografia na avaliação clínica de cães e gatos cardiopatas). [Use of thermography in the clinical evaluation of dogs and cats with heart disease] 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência e Saúde Animal) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2021.

Objetivou-se com esta dissertação buscar a utilização da imagem termográfica na clínica de cães e gatos. Para tanto a mesma foi dividida em dois capítulos. O capítulo I aborda uma síntese qualitativa mediante a realização de uma revisão sistemática de literatura sobre o uso da termografia de infravermelho na clínica de pequenos animais, possibilitando subsídios para estudos futuros quanto a essa temática. Nesta realizou-se a pesquisa nas bases de dados Periódicos Capes, Google Acadêmico (GA), National Library of Medicine (PubMed) e Web of Science. Diante disto, houve a combinação de termos em inglês, que foram: “*thermographic images OR thermographic imaging AND canine OR dogs AND feline OR cats.*”, empregando a forma de pesquisa específica de cada plataforma, em português ou inglês, originários do Brasil ou qualquer outro país, que descrevessem a utilização da imagem termográfica na clínica de pequenos animais. Os dados sobre essa tecnologia em pequenos animais ainda são poucos esclarecidos. Concluiu-se que a termografia mostra-se como um recurso prático e não invasivo que fornece informações até então obtidas apenas por meio de exames invasivos, ou de alto valor financeiro e alta complexidade. Enquanto que o capítulo II mostra um projeto de pesquisa demonstrando a aplicabilidade desta tecnologia nas cardiopatias crônicas e agudas em cães e gatos. Os animais foram selecionados a partir da rotina da Clínica Médica de Pequenos Animais do Hospital Veterinário Universitário Prof. Ivon Macedo Tabosa (UFCG), com sinais clínicos de insuficiência cardíaca congestiva, onde foram avaliadas as patologias: degeneração valvar mitral, hipertensão arterial pulmonar, fibrilação atrial, taquicardia ventricular e tromboembolismo arterial felino. Realizou-se os exames cardiovasculares de eletrocardiografia (ECG), ecodopplercardiografia (ECO), aferição da pressão arterial (PA) sistólica, média e diastólica e captura da imagem termográfica. Acompanhou-se a evolução clínica após instituição do tratamento com a análise destes parâmetros por quinze dias, no momento da consulta, sete dias após início do tratameto e quinze dias após início do protocolo terapêutico. Os parâmetros fisiológicos e as pressões arteriais não apresentaram alterações. Os resultados eletrocardiográficos sucederam-se com fibrilação atrial e taquicardia ventricular em dois animais no momento do diagnóstico, um com degeneração valvar mitral e outro com neoplasia extra cardíaca, essas duas alterações foram corrigidas terapêuticamente. No ECO apresentou-se remodelamento atrial e aumento da cavidade do ventrículo esquerdo em diástole nos animais com degeneração valvar mitral, e redução na fração de ejeção dos dois animais com arritmias no primeiro momento. Após quinze dias de tratamento os animais com diagnóstico de arritmia já apresentavam ritmo sinusal e fração de ejeção com valores desejáveis. O felino com tromboembolismo não foi possível realização do ecocardiograma, pois esse teve morte súbita 48 horas após o diagnóstico. A imagem termográfica não apresentou diferença de temperatura superficial entre as regiões estudadas nos cães e também diferença entre os momentos logo após o diagnóstico e quinze dias após tratamento. O felino acometido de tromboembolismo arterial demonstrou diferença da temperatura superficial entre os membros pélvicos, comparados com os membros torácicos e região abdominal. Concluiu-se que a termografia nos cães não mostrou a mesma eficiência nas alterações circulatórias crônicas nem tampouco foi possível realizar diagnóstico precoce de

1 alterações compensatórias circulatórias já existentes, não sendo uma ferramenta
2 indicada para pacientes com ICC na fase crônica. Contudo, para gatos acometidos de
3 tromboembolismo, a termografia parece ser um método útil, fácil, não invasivo e
4 instantâneo para a detecção de tromboembolismo. De acordo com os dados obtidos
5 concluiu-se com esta dissertação diversas aplicabilidades desta ferramenta em
6 patologias agudas. Porém em patologias crônicas, como a insuficiência cardíaca
7 congestiva, não se tem bons resultados até o momento, sendo necessárias mais estudos
8 em vários tópicos relacionados a termografia. Dentre eles a padronização de imagens
9 termográficas em pequenos animais.

10

11 **Palavras-chave:** termograma, coração, canino, felino.

ABSTRACT

Oliveira, E. L. (Use of thermography in the clinical evaluation of dogs and cats with heart disease). [Uso da termografia na avaliação clínica de cães e gatos cardiopatas] 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência e Saúde Animal) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2021.

The objective of this dissertation was to seek the use of thermographic imaging in the clinic of dogs and cats. For this purpose, it was divided into two chapters. Chapter I addresses a qualitative synthesis by conducting a systematic review of the literature on the use of infrared thermography in the clinic of small animals, providing subsidies for future studies on this topic. The research was carried out in Capes Periodicals, Google Scholar (GS), National Library of Medicine (PubMed) and Web of Science databases. Therefore, there was a combination of terms in English, which were: "*thermographic images OR thermographic imaging AND canine OR dogs AND feline OR cats.*", using the specific research method for each platform, in Portuguese or English, originating in Brazil or any other another country, to describe the use of thermographic imaging in small animal clinics. Data on this technology in small animals are still poorly understood. It was concluded that thermography is a practical and non-invasive tool that provides information hitherto obtained only through invasive exams, or expensive value and high complexity. While chapter II shows a research project demonstrating the applicability of this technology in chronic and acute heart diseases in dogs and cats. The animals were selected from the routine of the Small Animal Medical Clinic of the University Veterinary Hospital Prof. Ivon Macedo Tabosa (FUCG), with clinical signs of congestive heart failure, where the following pathologies were evaluated: mitral valve degeneration, pulmonary arterial hypertension, atrial fibrillation, ventricular tachycardia and feline arterial thromboembolism. Cardiovascular examinations of electrocardiography (ECG), echodopplercardiography (ECHO), measurement of systolic, mean and diastolic blood pressure (BP) and thermographic image capture were performed. The clinical evolution after institution of treatment was monitored with the analysis of these parameters for fifteen days, at the time of consultation, seven days after the beginning of the treatment and fifteen days after the beginning of the therapeutic protocol. Physiological parameters and blood pressure did not change. The electrocardiographic results followed with atrial fibrillation and ventricular tachycardia in two animals at the time of diagnosis, one with mitral valve degeneration and the other with extracardiac neoplasia, these two alterations were corrected therapeutically. The ECHO showed atrial remodeling and enlargement of the left ventricular cavity in diastole in animals with mitral valve degeneration, and a reduction in the ejection fraction of the two animals with arrhythmia in the first moment. After fifteen days of treatment, the animals diagnosed with arrhythmia already presented sinus rhythm and ejection fraction with desirable values. The feline with thromboembolism was not able to perform the echocardiogram, as it had sudden death 48 hours after diagnosis. The thermographic image did not show a difference in surface temperature between the regions studied in dogs and also a difference between the moments immediately after diagnosis and fifteen days after treatment. thoracic and abdominal region. It was concluded that thermography in dogs did not show the same efficiency in chronic circulatory alterations, nor was it possible to carry out an early diagnosis of existing compensatory circulatory alterations, and it is not an indicated tool for patients with CHF in the chronic phase. However, for cats suffering from thromboembolism, thermography appears to be a useful, easy, non-invasive and instantaneous method for

1 detecting thromboembolism. According to the data obtained, this dissertation concluded
2 with several applicability of this tool in acute pathologies. However, in chronic
3 pathologies, such as congestive heart failure, there are no good results so far, and further
4 studies are needed in various topics related to thermography. Among them the
5 standardization of thermographic images in small animals.

6
7 **Keywords:** thermogram, heart, canine, feline.

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	
ABSTRACT	
LISTA DE TABELAS E FIGURAS	
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS	
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2 REFERÊNCIAS.....	15
3 CAPÍTULO I: A utilização da termografia infravermelha na medicina veterinária de pequenos animais: Uma revisão sistemática.....	16
RESUMO.....	17
ABSTRACT.....	17
INTRODUÇÃO.....	19
DESENVOLVIMENTO.....	20
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
REFERÊNCIAS.....	26
4 CAPÍTULO II: Uso da termografia na avaliação clínica de cães e gatos cardiopatas.....	31
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
INTRODUÇÃO.....	34
MATERIAL E MÉTODOS.....	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
CONCLUSÕES.....	42
REFERÊNCIAS.....	43
5 CONCLUSÃO GERAL.....	50
ANEXOS.....	51

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

CSTR – Centro de Saúde e Tecnologia Rural

CMPA – Clínica Médica de Pequenos Animais

DVM – Degeneração Valvar Mitral

ECG – Eletrocardiograma

ECO – Ecocardiograma

FA – Fibrilação Atrial

FC – Frequência Cardíaca

FE – Fração de Ejeção

FR – Frequência Respiratória

HAP – Hipertensão Arterial Pulmonar

HVUIMT - Hospital Veterinário Universitário Prof. Dr. Ivon Macêdo Tabosa

Min – Minuto

PA – Pressão arterial

PB – Paraíba

SRD – Sem raça definida

TC – Temperatura Corporal

TEAF – Tromboembolismo Arterial Felino

TV – Taquicardia Ventricular

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

	Pág.
Tabela 1 - Principais publicações referentes a utilização da termografia infravermelha em pequenos animais.....	27

CAPÍTULO II

	Pág.
Tabela 1 - Diagnósticos mais encontrados nos animais cardiopatas (N=9*).....	43
Tabela 2 - Média \pm desvio padrão dos valores de pressão arterial sistólica, média e diastólica dos animais recém diagnosticados (RD) (N=7) e de pacientes tratados (PT) (N=6).....	43
Tabela 3 - Média \pm desvio padrão das Temperaturas ($^{\circ}$ C) dos animais recém diagnosticados (RD) (N=7) e de pacientes tratados (PT) (N=6).....	43
Tabela 4 - Correlação da temperatura superficiais dos animais, com os resultados das frações de ejeções (FE) das respectivas patologias. As imagens foram realizadas antes do início do tratamento.....	43
Tabela 5 - Correlação da temperatura superficiais dos animais, com os resultados das frações de ejeções (FE) das respectivas patologias. As imagens foram realizadas após início do tratamento.....	44

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

	Pág.
Figura 1 - Fluxograma do processo de busca, seleção e inclusão dos estudos na revisão sistemática.....	25
Figura 2 - Distribuição de câmeras termográficas usadas na medicina veterinária por fabricantes.....	26

CAPÍTULO II

	Pág.
Figura 1 - Gráfico oscilométrico para determinação dos valores de pressão arterial sistólica, média e diastólica pelo método de High Definition Oscilometer (HDO).....	44
Figura 2 - Corte ecocardiográfico transversal, a nível dos músculos papilares, onde obtivemos os valores de fração de ejeção.....	44
Figura 3 - Captura da imagem termográfica do animal posicionado em decúbito lateral esquerdo e câmera termográfica com distanciamento de 1,5 m do objeto de estudo.....	45
Figura 4 - Termograma do animal acometido com taquicardia ventricular logo após diagnóstico eletrocardiográfico, demonstrando uniformidade na temperatura superficial abdominal com temperatura média de 35,6 °C.....	45
Figura 5 - Termograma do felino com diagnóstico de tromboembolismo no CMPA / HUVIMT / UFCG, com diferença de 5,2 °C entre a região anterior e posterior ao trombo.....	46
Figura 6 - Felino com tromboembolismo. Cavidade Pélvica mostrando artéria ilíaca dissecada e em seu interior mostrando trombo (seta) em sua bifurcação.....	46

1 1 INTRODUÇÃO GERAL

2 Buscando melhores ferramentas para auxílio diagnóstico na Medicina
3 Veterinária, as especialidades estudam formas não invasivas, baixo estresse ao animal e
4 proporcionando sempre mais resultados fidedignos na elucidação conclusiva do
5 diagnóstico. Assim, a termografia infravermelha se destaca com sua tecnologia de
6 obtenção de temperatura superficial, auxiliando em diagnósticos onde ocorrem mudança
7 de temperatura ou mudança na circulação sanguínea.

8 A doença cardíaca reconhecida como qualquer alteração estrutural do coração,
9 que poderá resultar em insuficiência cardíaca, onde esta insuficiência cardíaca é
10 resultante de um coração que não consegue manter uma cadência apropriada de
11 circulação sanguínea requerida pelo metabolismo tecidual (TILLEY, 2008). Durante a
12 insuficiência cardíaca, o coração não bombeia o sangue em quantidade suficiente para
13 manter as demandas metabólicas teciduais ou realiza somente com altas pressões de
14 enchimento, em maioria as alterações hemodinâmicas agravam-se pela redução da
15 contratilidade e relaxamento do miocárdio resultando em alterações na pré e pós-carga
16 (ETTINGER; FELDMAN, 2017).

17 O coração, possui duas formas de tornar-se insuficiente. Não bombeando sangue
18 para a aorta ou para a artéria pulmonar o suficiente para manter a pressão arterial
19 (insuficiência cardíaca de baixo débito) ou não esvaziando de forma adequada as
20 câmaras cardíacas (insuficiência cardíaca congestiva) (ETTINGER; FELDMAN, 2017).
21 Para uma adequada oxigenação do fluxo sanguíneo e distribuição de nutrientes vitais
22 para os tecidos, a manutenção da pressão do sangue arterial e do débito cardíaco são
23 necessárias, bem como para remover os resíduos metabólicos destes tecidos (NELSON;
24 COUTO, 2006).

25 A termografia é uma tecnologia de obtenção de imagens térmicas de objetos que
26 estejam numa temperatura acima do zero absoluto. Pode ser considerada como a
27 extensão da visão humana através do espectro de infravermelho, pois apenas a partir de
28 650°C os corpos começam a emitir radiação visível. As câmeras de infravermelho
29 captam a radiação térmica emitida pelo corpo e a convertem numa imagem que
30 representa a distribuição de temperaturas superficiais desse corpo (PAVELSKI *et al.*,
31 2015; INFERNUSO *et al.*, 2010).

32 O uso da termografia como ferramenta diagnóstica em Medicina Veterinária está
33 presente em diversas áreas como a ortopedia, oncologia, dermatologia, além da

1 avaliação da dor em resposta ao tratamento com acupuntura, e também na produção
2 animal (GROSSBARD *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

3 Tendo em vista as cardiopatias serem na maioria das vezes patologias sem
4 tratamento definitivo, o prognóstico e o acompanhamento da eficácia do tratamento é de
5 extrema importância, assim sendo a imagem termográfica pode auxiliar no
6 acompanhamento da terapêutica estabelecida, além de proporcionar uma nova opção de
7 ferramenta auxiliar no estabelecimento de prognóstico.

8 Assim, objetivou-se com esta dissertação buscar a utilização da imagem
9 termográfica na clínica de pequenos animais.

10 Para tanto a mesma foi dividida em dois capítulos. O capítulo I aborda uma
11 revisão sistemática sobre o uso da termografia de infravermelho na clínica de pequenos
12 animais, enquanto que o capítulo II mostra um projeto de pesquisa demonstrando a
13 aplicabilidade desta tecnologia nas cardiopatias crônicas e agudas em cães e gatos.

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

2 REFERÊNCIAS

- BRUINS, A.A., KISTEMAKER, K.R.J., BOOM, A., JOHN, H.G., KLAESSENS, M., VERDAASDONK, R.M. BOER, C. Thermographic skin temperature measurement compared with cold sensation in predicting the efficacy and distribution of epidural anesthesia. **J. Clin. Monit. Comput.** 32,335–341, 2018.
- CASAS-ALVARADO, Alejandro et al. Advances in infrared thermography: Surgical aspects, vascular changes, and pain monitoring in veterinary medicine. **Journal of Thermal Biology**, p. 102664, 2020.
- LOUGHIN, C. A., MARINO, D. J. Evaluation of thermographic imaging of the limbs of healthy dogs. **American journal of veterinary research**, v. 68, n. 10, p. 1064-1069, 2007.
- MOTA-ROJAS, D., VELARDE, A., MARIS-HUERTAS, S, CAJIAO-PACH, M.N., (editors). Animal welfare, a global vision in Ibero-America. **Bienestar Animal una visi n global em Iberoam rica**. 3rd ed. Barcelona, Spain: Elsevier. p. 516, 2016.
- MOTA-ROJAS, D., OLMOS-HERNANDEZ, A., VERDUZCO, M.A., LECONA, B.H., MARTINEZ-BURNES, J., MORA- MEDINA, P., GOMEZ, P.J., ORIHUELA, A. **Infrared thermal imaging associated with pain in laboratory animals**. *Exp. Anim.* 69, 2020a.
- OLIVEIRA, E. L; SILVA, R. M. N; SOUZA, B. B. Utilização da Imagem termográfica em cadelas com neoplasias mamárias. *In: SOUZA, A. P.; BORGES, O. M. M.; SILVA, R. M. N. Coletânea de temas da clínica de pequenos animais*. 1. ed. Curitiba: Appris, 2018. v. 1, cap. 10, p. 185-198. ISBN 978-85-473-2244-1.
- PAVELSKI, M., SILVA, D.M., LEITE, N.C., JUNIOR, D.A., DE SOUSA, R.S., GUERIOS, S.D., DORNBUSCH, P.T. Infrared Thermography in Dogs with Mammary Tumors and Healthy Dogs. **J. Vet. Intern. Med.** 29, 1578- 1583, 2015.
- PEREZ-PEDRAZA, E., MOTA-ROJAS, D., GONZALEZ-LOZANO, M., GUERRERO-LEGARRETA, I., MARTINEZ-BURNES, J, MORA-MEDINA, P., RAMIREZ-NECOECHEA, R. Infrared thermography and metabolic changes in castrated piglets due to the effects of age and the number of incisions in the testicles. **Am. J. Anim. Vet. Sci.** 13, 104-114, 2018.
- VAINIONP, M.H., RAEKALLIO, M.R., JUNNILA, J.J.T., HIELM- BJ RKMAN, A.K., Snellman, M.P.M., Vainio, O.M. Acomparision of thermographic imaging, physical axamination and modified questionnaire as an instrument to assess painful condition in cats, **J. Feline. Med. Surg.** 15, 124- 131, 2012.
- WEERD de, L., MILAND, .O., MERCER, J.B. Perfusion dynamics of free DIEP and SIEA flaps during the first postoperative week monitored with dynamic infrared thermography. **Ann. Plast. Surg.** 62, 42-47, 2009.

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

3 CAPÍTULO I:

A UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA MEDICINA VETERINÁRIA DE PEQUENOS ANIMAIS: Uma Revisão Sistemática

Manuscrito que será submetido ao
periódico: Journal of Thermal
Biology ISSN: 0306-4565. Fator
de Impacto: 2,902. Qualis A2.

1 **A UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA MEDICINA**
2 **VETERINÁRIA DE PEQUENOS ANIMAIS: Uma Revisão Sistemática**

3
4 THE USE OF INFRARED THERMOGRAPHY IN VETERINARY MEDICINE OF SMALL
5 ANIMALS: A Systematic Review

6
7 E.L. Oliveira^{a*}, A.S. Alves^a, R.M.N. Silva^a, A.P. Souza^a

8
9 ^a Programa de Pós-Graduação em Ciência e Saúde Animal, Universidade Federal de
10 Campina Grande (UFCG), Av. Universitária s/n, Bairro Santa Cecília, Patos, PB, Brasil.

11 *Autor para correspondência: ermano.vet@gmail.com

12
13
14 **RESUMO**

15 A termografia infravermelha é um método de diagnóstico não invasivo, indolor e sem
16 necessidade de contraste. Analisa a distribuição da temperatura cutânea utilizando
17 sensores térmicos colocado próximo à superfície a ser avaliada. Seus resultados são
18 apresentados por meio de uma representação gráfica da distribuição da temperatura
19 superficial em uma determinada área do corpo. Na Medicina Veterinária essa tecnologia
20 encontra-se presente em diversas áreas como a ortopedia, oncologia, dermatologia, além
21 da avaliação da dor em resposta ao tratamento, e também na produção animal. O
22 objetivo do trabalho foi analisar, por meio de uma revisão de literatura, a utilização da
23 termografia infravermelha na Medicina Veterinária de pequenos animais. É uma
24 revisão sistemática da literatura, conduzida em várias bases de dados. Foram
25 encontrados 796 artigos e, após aplicação dos critérios metodológicos, 15 artigos ainda
26 foram avaliados na íntegra. Pode-se verificar com a pesquisa que o uso da tecnologia de
27 aferição de temperatura por infravermelho é um recurso valioso em vários aspectos da
28 avaliação clínica, como a identificação de trauma, dor e distúrbios circulatórios.

29 **Palavras-chaves:** Avaliação, termografia, cães, gatos.

30
31 **ABSTRACT**

32 Infrared thermography is a non-invasive, painless and non-contrast-enhanced diagnostic
33 method. Analyze the distribution of skin temperature using thermal sensors placed close
34 to the surface that you want to assess. Its results are presented through a graphical

1 representation of the surface temperature distribution in a given area of the body. In
2 veterinary medicine, this technology is present in several areas such as orthopedics,
3 oncology, dermatology, in addition to the assessment of pain in response to treatment,
4 and also in animal production. The aim of this work was to analyze, through the
5 literature, the use of this technology in the veterinary medicine of small animals. This is
6 a systematic review of the literature, conducted in multiple databases. Where 796
7 articles were found and, after applying the methodological criteria, 15 articles were still
8 fully evaluated. It can be seen from this research that the use of infrared temperature
9 measurement technology is a valuable resource in several aspects of clinical evaluation,
10 such as the identification of trauma, pain and circulatory disorders.

11 **Keywords:** Evaluation, thermography, dogs, cats.

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

1 INTRODUÇÃO

2

3 A termografia infravermelha (TI) é um método diagnóstico que analisa a
4 temperatura distribuída na pele por meio de sensores térmicos colocados próximos ao
5 ponto estudado, fornecendo uma representação gráfica do padrão térmico do indivíduo.
6 O método originou-se na década de 60, e é uma ferramenta não invasiva, não requer
7 contraste e é totalmente indolor (Leão *et al.*, 2015; Brioschi *et al.*, 2003).

8 A radiação infravermelha é uma frequência eletromagnética emitida
9 naturalmente por qualquer corpo ou objeto e esta é proporcional à sua temperatura.
10 Partindo do princípio de que todos os objetos emitem uma carga elétrica de radiação
11 infravermelha, a câmera termográfica captura essa radiação por meio de um gráfico de
12 calor, que representa graficamente a temperatura da superfície de um objeto ou corpo
13 (Eddy *et al.*, 2001).

14 A temperatura corporal superficial depende do fluxo sanguíneo e da taxa de
15 metabolismo de um tecido ou órgão (Nikkhah *et al.*, 2005). Processos inflamatórios,
16 estresse térmico em decorrência de fatores externos como temperatura, umidade e
17 vento, podem alterar o fluxo sanguíneo e a temperatura na área examinada (Berry *et al.*,
18 2003). Mecanismos termorreguladores são ativados na presença de estresse por calor
19 para manter a homeostase do corpo. De acordo com Bouzida *et al.* (2009), alterações na
20 superfície corporal podem ser avaliadas por câmeras e softwares e podem ser usadas
21 para avaliar a temperatura da superfície da pele de cavalos, cães e animais de produção
22 (Moura *et al.*, 2011).

23 É possível determinar através dos resultados da TI o funcionamento de diversos
24 sistemas dentre eles o nervoso, musculoesquelético, vascular bem como alterações
25 dermatológicas, endócrinas e oncológicas, permitindo também avaliar processos
26 inflamatórios, obtendo-se um melhor prognóstico clínico e uma maior objetividade na
27 conduta médica adotada (Brioschi *et al.*, 2003).

28 Tratando de um método não invasivo, e ainda que não requer contato físico e
29 nem contraste para a realização do exame, torna-se fácil a obtenção de dados sem
30 interferir no metabolismo dos animais avaliados, possibilitando avaliar em diferentes
31 situações como as trocas térmicas de cavalos durante treinamentos de alta performance
32 e diferentes partes do corpo de vacas durante a gestação (Montanholi *et al.*, 2008;
33 Moura *et al.*, 2011), e estudos em cascos de bovinos infectados com febre aftosa
34 (Rainwater-Lovett *et al.*, 2009). Sendo assim, a termografia vem sendo utilizada na

1 medicina veterinária como ferramenta auxiliar de avaliação, diagnóstico e prevenção
2 podendo ser empregada também na detecção de processos inflamatórios e sinais
3 patológicos (Leão *et al.*, 2015). Desta forma, objetivou-se com este estudo analisar, por
4 meio da literatura, o uso da termografia infravermelha na avaliação clínica de cães e
5 gatos, uma vez que não se tem grande disponibilidade de trabalhos nestas espécies.

6 7 **DESENVOLVIMENTO**

8 Foram seguidas as recomendações da metodologia PRISMA - Preferred
9 Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (Moher *et al.*, 2009) para a
10 preparação deste estudo. A pesquisa consta de uma revisão sistemática de literatura com
11 material disponível em artigos de periódicos indexados, nacional e internacionalmente
12 disponíveis nas plataformas da Capes.

13 **Critérios de inclusão e exclusão - Elegibilidade dos artigos**

14 Como critérios de inclusão, foram considerados elegíveis artigos completos e
15 short communications publicados no período de 2000 a 2021, em periódicos indexados
16 com informações relevantes, relacionados ao tema termografia infravermelha em cães e
17 gatos, que incluíssem dados sobre utilização da imagem termográfica como ferramenta
18 diagnóstica na rotina médica de pequenos animais. Não houve restrição do idioma no
19 qual o artigo foi publicado.

20 Como critérios de exclusão, foram desconsiderados anais de congresso e
21 manuais técnicos. Também foram desprezados trabalhos inacessíveis na íntegra. A
22 metodologia do estudo e relevância das informações resultou na seleção dos trabalhos a
23 serem avaliados na íntegra.

24 Diante dos critérios, as produções científicas aptas foram lidas na íntegra, e, após
25 leitura, foram excluídos estudos com ausência de dados relevantes.

26 27 **Fontes de informação e estratégia de busca**

28 Considerando os critérios de inclusão pré-estabelecidos, o processo de
29 identificação dos artigos ocorreu por pesquisa nos bancos de dados Web of Science,
30 PubMed, ScienceDirect e Scopus, utilizando-se combinações dos seguintes termos:
31 “*thermographic images OR thermographic imaging AND canine OR dogs AND feline*
32 *OR cats.*” Após o processo de busca em cada banco de dados, as informações obtidas

1 foram convertidas para o formato “BibTex” e em seguida importadas para o software
2 Mendeley®, no qual ocorreu a exclusão de duplicatas, conservando-se apenas um dos
3 arquivos. As pesquisas foram concluídas no mês de setembro de 2021.

4 **Seleção dos estudos e extração dos dados**

5

6 Dois pesquisadores de forma independente realizaram uma seleção dos estudos
7 através da análise de título e resumo, e posteriormente leitura integral do texto. Após
8 avaliação completa dos textos, outros estudos foram excluídos por não atenderem aos
9 critérios de elegibilidade. Não houve casos divergentes entre os dois pesquisadores.
10 Informações relevantes foram coletadas e descritas, como: utilização da tecnologia,
11 espécie do animal e raça dos animais, além de sinais clínicos, método de diagnóstico,
12 obtenção das imagens e amostra total.

13

14 **Análise dos dados**

15

16 Informações pertinentes dos trabalhos foram analisadas e descritas através de
17 análise descritiva das variáveis.

18 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

19

20 Nas quatro bases eletrônicas de dados citados anteriormente, as buscas
21 resultaram um total de 796 estudos, dos quais 23 foram excluídos no primeiro momento
22 por serem duplicatas, restando assim 773 para fase de triagem de títulos e resumos.
23 Nessa fase, excluíram-se outras 509 publicações que não atendiam aos critérios de
24 inclusão pré-estabelecido, selecionando assim 23 estudos para completa leitura. Após
25 leitura e avaliação detalhada desses, mais 8 artigos foram excluídos. Finalmente, 15
26 estudos atenderam aos critérios estabelecidos e foram considerados na presente revisão
27 sistemática (Figura 1) e (Quadro 1).

28

29 A revisão avaliou como esta tecnologia de termografia infravermelha tem sido
30 utilizada nos diversos tipos de avaliações clínicas em cães e gatos. A seleção dos artigos
31 incluiu pesquisas desenvolvidas em diversos continentes. É importante deixar claro a
32 falta de artigos científicos sobre a utilização desta ferramenta auxiliar nas espécies
canina e felina disponíveis nas plataformas de pesquisas empregadas nesse estudo.

1 Os estudos analisados nesta revisão avaliaram através da termografia
2 infravermelha, variantes como lesões, evolução de dores ou tratamentos em caninos e
3 felinos. E ainda a análise da disposição de técnicas e outras circunstâncias envolvidas.
4 Em um contexto onde várias condições externas interferem na obtenção, qualidade e
5 credibilidade da imagem, observa-se como necessária a descrição desses fatores no
6 desenvolvimento do trabalho. A imagem termográfica é um ótimo complemento ao
7 exame clínico, e tem ganhado espaço para esse tipo de avaliação, por ser capaz de
8 identificá-las de forma precoce e precisa (Turner, 2001).

9 Em geral, a câmera termográfica que foi mais usada na captura das imagens dos
10 trabalhos estudados foi a do sistema Flir, e também o software mais empregado na
11 análise foi o quickreport que pertence ao mesmo sistema Flir (gráfico 1). A distância
12 média adotada entre a câmera e o objeto de estudo em todos os trabalhos foi de 1,5
13 metros, e o tempo de adaptação à temperatura ambiente da sala de avaliação antes da
14 aquisição das imagens variou de 1h à 2h, ficando o tempo de 1h o mais abordado entre
15 os artigos.

16 Para uma avaliação segura e fidedigna através da termografia devem ser
17 analisadas as formas de utilização da imagem termográfica, compreendendo os tipos de
18 aparelhos, modalidades, parâmetros e métodos de aproveitamento da imagem usados
19 para a avaliação de cada variante. Para uma maior precisão, a termografia deve ser
20 realizada em um ambiente fechado e livre de influências externas. Logo a sala de
21 avaliação deve ser protegida da luz solar, para impedir o aquecimento cutâneo errôneo
22 (Turner, 2001). Outros autores aconselham que o ambiente ideal para avaliação em
23 seres humanos deve estar entre 20 e 30 °C, todavia, nenhum estudo relatou ainda
24 recomendações sobre a temperatura adequada, quando trata-se de avaliação em animais,
25 sejam pequenos ou grandes (Simon *et al.*, 2006).

26 Por ser um método diagnóstico não invasivo e ser isento de radiações, esta
27 técnica proporciona várias vantagens no seu emprego, sendo utilizada em diversas áreas
28 da medicina veterinária, e com as mais diferentes espécies, incluindo animais selvagens.
29 Não necessita de contenções físicas e químicas, logo, pode ser aplicada no ambulatório
30 ou até mesmo no local em que o animal se encontra presente durante a avaliação clínica,
31 conservando assim, o conforto e bem-estar do paciente (Grossbard *et al.*, 2014).

32 Em pequenos animais o uso dessa tecnologia ainda apresenta desafios, pois a
33 padronização da imagem termográfica está diretamente ligada à precisão e qualidade da
34 câmera utilizada, levando a não existir literatura internacional e/ou nacional suficiente

1 para a padronização e uso na rotina clínica de pequenos animais (Loughin e Marino,
2 2007).

3 Na termografia pode-se visualizar em tempo real imagens qualitativas da
4 temperatura da superfície do paciente, indicando áreas de anormalidades de temperatura
5 e sugerindo áreas de triagem para melhor investigação, diagnóstico e acompanhamento
6 terapêutico (Soroko e Howell, 2018).

7 Infernuso e colaboradores (2010) descreveram o emprego do método no
8 diagnóstico de cães com ruptura de ligamento cruzado. Os autores confrontaram a
9 utilização da imagem termográfica em joelhos de animais hígidos, com o objetivo de
10 buscar e investigar a capacidade da técnica e sua precisão. Os resultados obtidos foram
11 de aproximadamente 75 a 85% de precisão na detecção dessa patologia em joelhos com
12 pelo ou tosados.

13 Redaelli et al. (2014), desenvolveram um trabalho empregando a imagem
14 termográfica em 110 animais (92 cães e 18 gatos), os quais foram selecionados de
15 forma aleatória no momento do atendimento clínico na Faculdade de Medicina
16 Veterinária da Universidade de Milão. Esses animais foram separados em grupos, nas
17 áreas de: oncologia, ortopedia, dermatologia e neurologia. Os resultados do estudo
18 foram que a técnica teve 100% de sensibilidade e especificidade de 44% no diagnóstico
19 das diversas patologias observadas.

20 Comparando a ressonância magnética (RM) e a técnica de termografia
21 infravermelha, existem estudos onde esta apresenta resultados positivos em humanos
22 (Fricke *et al.*, 2018) e em cães (Grossbard *et al.*, 2014). Este mesmo estudo realizado
23 por Grossbard e colaboradores detectaram a presença da doença de disco intervertebral
24 toracolombar em cães com condrodistofia tipo I, empregando a imagem termográfica e
25 confirmaram os achados com ressonância magnética e procedimentos cirúrgicos. Eles
26 obtiveram resultado de 97% de sucesso da termografia de infravermelho identificando a
27 região do disco intervertebral anormal ou acometido.

28 Um estudo utilizando cães com artrite induzida experimentalmente, os gráficos
29 de cores termográficas alteraram à medida em que a temperatura aumentava na região
30 das articulações lesionadas. Ao utilizar, a acupuntura como tratamento nestes animais
31 por quatro semanas os padrões termográficos e também as temperaturas regrediram ao
32 normal. Em contrapartida, os animais não tratados com acupuntura não tiveram
33 regressão na temperatura das articulações equivalentes ao grupo tratado (Marino e
34 Loughin, 2010; Um *et al.*, 2005). Steiss (2002), relatou a importância da utilização da

1 imagem termográfica juntamente com outras ferramentas de diagnóstico por imagem no
2 acompanhamento e avaliação da terapia com acupuntura em cães atletas que receberam
3 a técnica para reabilitação de distúrbios musculoesqueléticos, observando-se a
4 recuperação muscular desses animais a partir de redução de temperatura superficial.

5 Vainionpää *et al.* (2012), descreveram que a termografia infravermelha tem a
6 capacidade de distinguir e apontar regiões lesionadas ou em processo doloroso em cães
7 e gatos, devido as alterações vasculares e conseqüentemente da temperatura superficial
8 que revelam alterações, sobretudo em animais que apresentam dificuldade para conduzir
9 o exame físico. Entretanto, os termogramas, não são imagens que demonstram dor e sim
10 alterações morfofisiológicas que estão pertinentes com regiões álgicas, pois demonstram
11 as alterações que são resultados do sistema nervoso autônomo simpático e seus
12 mecanismos inflamatórios, que alteram o fluxo sanguíneo superficial (Brioschi, 2011;
13 Dornbusch *et al.*, 2017).

14 Nos cães e gatos há poucos estudos que corroboram a utilização da técnica da
15 imagem termográfica como ferramenta de detecção de dor com base na alteração da
16 temperatura, mas, esses estudos demonstram que esta pode ser um instrumento útil na
17 avaliação de excitação ou estresse (Travain *et al.*, 2015; Travain *et al.*, 2016).

18 Dornbusch *et al.* (2017) realizaram um trabalho de forma pioneira para avaliação
19 da inflamação causada por abscessos dentários, em uma amostra de 53 cães, com 13
20 animais positivos para a patologia. O estudo destaca significativas alterações na
21 temperatura em regiões do corpo, nas quais há inflamação e ainda recomenda a imagem
22 termográfica como ferramenta de triagem.

23 Kim e Park (2012), recomendaram o uso da termografia na avaliação de uma
24 trombose arterial femoral unilateral em um cão com neoplasia maligna de glândula
25 mamária: eles acompanharam com a imagem termográfica o tratamento bem-sucedido
26 com aplicação local intra-arterial de estreptoquinase, avaliando o retorno de circulação
27 sanguínea por meio da elevação da temperatura no membro comprometido.

28
29
30
31
32
33
34

1 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

2 Verifica-se a partir do estudo que a utilização da imagem termográfica através
3 da termografia infravermelha é uma ferramenta eficaz em vários aspectos dentro de uma
4 avaliação clínica de pequenos animais. A termografia mostra-se como um recurso
5 prático e não invasivo que fornece informações até então obtidas apenas por meio de
6 exames invasivos, ou de alto valor financeiro e alta complexidade. Porém, há carência
7 de estudos com grandes números de animais que autentiquem os resultados dos artigos
8 citados na revisão sistemática em questão. Mais pesquisas são necessárias para
9 determinar a aplicação efetiva da técnica na rotina de atendimento clínico de animais de
10 companhia.

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

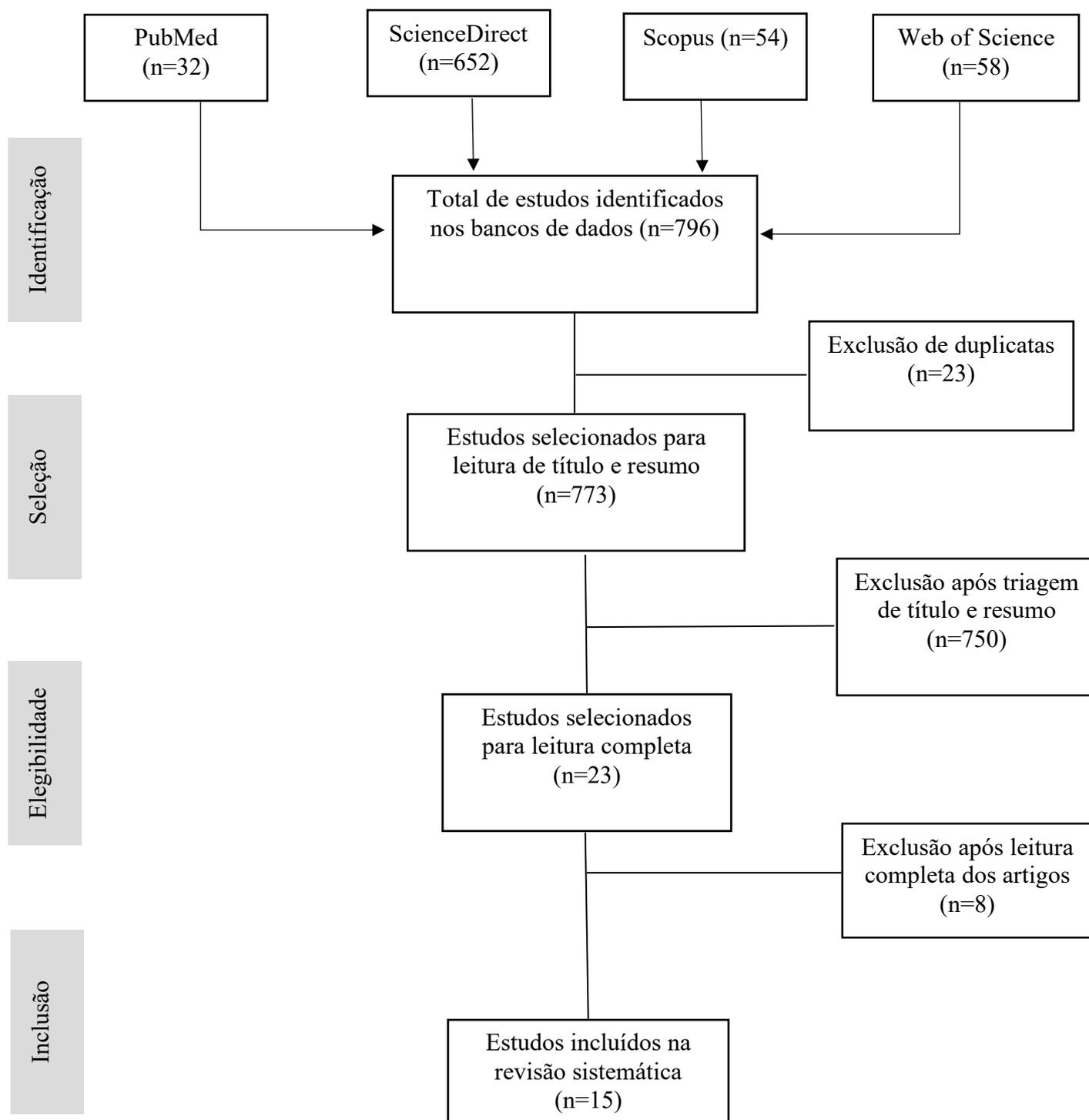
34

REFERÊNCIAS

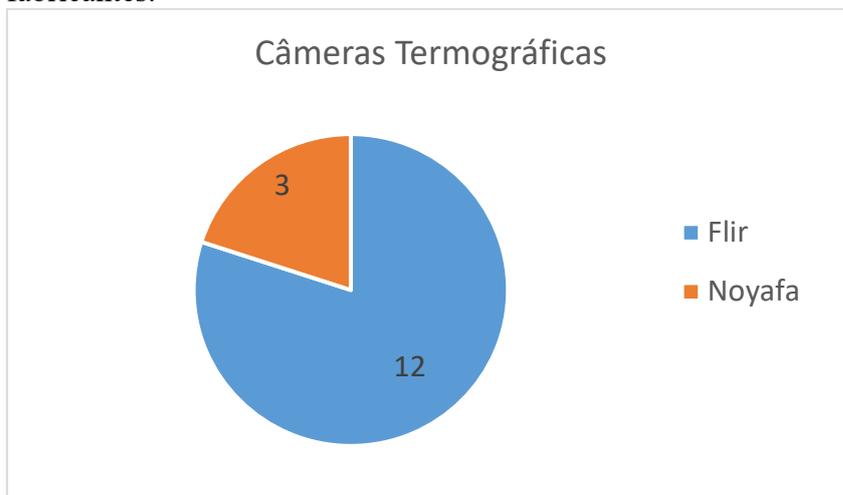
- 1
2
3 Berry, R.J.; Kennedy, A.D.; Scott S.L.; Kyle, B.L.; Schaefer, A.L. Daily variation in the udder
4 surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for
5 mastitis detection. **Canadian Journal of Animal Science**, v.83, n.4, p.687-693, 2003.
6
- 7 Bouzida, N.; Bendana, A.; Maldague, X.P. Visualization of body thermoregulation by infrared
8 imaging. **Journal of Thermal Biology**, v.34, p.120-126, 2009.
9
- 10 Brioschi ML. Metodologia de normalização de análise do campo de temperaturas em imagem
11 infravermelha humana [tese]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2011.
12
- 13 Brioschi, M.L.; Macedo, J.F.; Macedo, R.A.C. Termometria cutânea: novos conceitos. **Jornal**
14 **Vascular Brasileiro**, v.2, n.2, p.151-160, 2003.
15
- 16 Dornbusch LPTC, Cardoso TL, Leite JESB, Lange RR, Barros Filho IR, Vilani RGDO, et al.
17 Achados termográficos em cães acometidos de abscesso periapical. **Arch Vet Sci**.
18 2017;22(1):57-63. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v22i1.48176>.
19
- 20 Eddy, A.L.; Vanhoogmoed, L.M.; Snyder, J.R. The Role of Thermography in the Management
21 of Equine Lameness. **Veterinary of Journal**, v.162, n.3, p.172-181, 2001.
22
- 23 Grossbard BP, Loughin CA, Marino DJ, Marino LJ, Sackman J, Umbaugh SE, et al. Medical
24 infrared imaging (thermography) of type I thoracolumbar disk disease in
25 chondrodystrophic dogs. **Vet Surg**. 2014;43(7):869-76. doi:
26 <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2014.12239.x>.
27
- 28 Infernuso T, Loughin CA, Marino DJ, Umbaugh SE, Solt PS. Thermal imaging of normal and
29 cranial cruciate ligament-deficient stifles in dogs. **Vet Surg**. 2010;39(4):410-7. doi:
30 <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2010.00677.x>.
31
- 32 Kim JH, Park HM. Unilateral femoral arterial thrombosis in a dog with malignant mammary
33 gland tumor: clinical and thermographic findings, and successful treatment with local
34 intra-arterial administration of streptokinase. **J Vet Med Sci**. 2012;74(5):657-61. doi:
35 <https://doi.org/10.1292/jvms.11-0432>.
36
- 37 Leão, J.M.; Lima, J.A.M.; Possas, F.P.; Pereira, L.G.R. Uso da termografia infravermelha na
38 pecuária de precisão. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n.79, 2015.
39
- 40 Marino DJ, Loughin CA. Diagnostic imaging of the canine stifle: a review. **Vet Surg**.
41 2010;39(3):284-95. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2010.00678.x>.
42
- 43 Moher, David et al. Reprint—preferred reporting items for systematic reviews and meta-
44 analyses: the PRISMA statement. **Physical therapy**, v. 89, n. 9, p. 873-880, 2009.
45
- 46 Montanholl, Yuri R. et al. Application of infrared thermography as an indicator of heat and
47 methane production and its use in the study of skin temperature in response to
48 physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). **Journal of thermal Biology**, v. 33, n.
49 8, p. 468-475, 2008.
50
- 51 Moura, D.J.; Maia, A.P.; Vercellino, R.A.; Medeiros, A.B.L.; Sarubbi, J. Griska, P.R. Uso da
52 termografia infravermelha na análise da termorregulação de cavalo em treinamento.
53 **Engenharia Agrícola**, v.31, n.1, p.23-32, 2011.
54

- 1 Nikkhah, A. et al. Infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two
2 stages of lactation. **Journal of dairy science**, v. 88, n. 8, p. 2749-2753, 2005.
- 3 Rainwater-Lovett, Kaitlin et al. Detection of foot-and-mouth disease virus infected
4 cattle using infrared thermography. **The Veterinary Journal**, v. 180, n. 3, p. 317-324,
5 2009.
- 6
- 7 Redaelli V, Tanzi B, Luzi F, Stefanello D, Proverbio D, Crosta L, et al. Use of thermographic
8 imaging in clinical diagnosis of small animal: preliminary notes. **Ann Ist Super Sanit.**
9 2014;50(2):140-6. doi: https://doi.org/10.4415/ANN_14_02_06.
- 10
- 11 Simon, Erika L. et al. Influence of exercise on thermographically determined surface
12 temperatures of thoracic and pelvic limbs in horses. **Journal of the American**
13 **Veterinary Medical Association**, v. 229, n. 12, p. 1940-1944, 2006.
- 14
- 15 Steiss JE. Muscle disorders and rehabilitation in canine athletes. **Vet Clin Small Anim Pract.**
16 2002;32(1):267-85. doi: [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(03\)00088-3](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(03)00088-3).
- 17
- 18 Travain T, Colombo ES, Grandi LC, Heinzl E, Pelosi A, Previde EP, et al. How good is
19 thisfood? A study on dogs' emotional responses to a potentially pleasant event using
20 infrared thermography. **Physiol Behav.** 2016;159:80-7. doi:
21 <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.03.019>.
- 22
- 23 Travain T, Colombo ES, Heinzl E, Bellucci D, Previde EP, Valsecchi P. Hot dogs:
24 thermography in the assessment of stress in dogs (*Canis familiaris*) - a pilot study. **J**
25 **Vet Behav.** 2015;10(1):17-23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2014.11.003>.
- 26
- 27 Turner, Alasdair. Depthmap: a program to perform visibility graph analysis. In: **Proceedings of**
28 **the 3rd International Symposium on Space Syntax.** 2001. p. 31-12.
- 29
- 30 Um SW, Kim MS, Lim JH, Kim SY, Seo KM, Nam TC. Thermographic evaluation for the
31 efficacy of acupuncture on induced chronic arthritis in the dog. **J Vet Med Sci.**
32 2005;67(12):1283-4. doi: <https://doi.org/10.1292/jvms.67.1283>.
- 33
- 34 Vainionpää MH, Raekallio MR, Junnila JJ, Hielm-Björkman AK, Snellman MP, Vainio OM. A
35 comparison of thermographic imaging, physical examination and modified
36 questionnaire as an instrument to assess painful conditions in cats. **J Feline Med Surg.**
37 2012;15(2):124-31. doi: <https://doi.org/10.1177/1098612X12463926>.
- 38
- 39
- 40
- 41
- 42
- 43
- 44
- 45
- 46
- 47
- 48
- 49
- 50
- 51
- 52
- 53

1 **Figura 1.** Fluxograma do processo de busca, seleção e inclusão dos estudos na revisão
2 sistemática.
3



1 **Figura 2.** Distribuição de câmeras termográficas usadas na Medicina Veterinária por
2 fabricantes.



3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26

1 **Tabela 1.** Principais publicações referentes a utilização da termografia infravermelha em
 2 pequenos animais.

3

Objetivo	Referência
Avaliação de membros saudáveis	(LOUGHIN E MARINO, 2007)
Avaliação de joelho com e sem ruptura do ligamento cruzado	(INFERNUSO <i>et al.</i> , 2010)
Auxílio diagnóstico de neoplasias mamárias	(CLEMENTINO <i>et al.</i> , 2020)
Revisão de métodos de imagem na avaliação do joelho	(MARINO E LOUGHIN, 2010)
Triagem diagnóstica: estudos preliminares	(REDAELLI <i>et al.</i> , 2014)
Detecção de osteossarcoma	(AMINI <i>et al.</i> , 2012)
Discopatia em cães condrodistrofícos tipo I	(GROSSBARD <i>et al.</i> , 2014)
Utilização como ferramenta na clínica médica	(VAINIONPÄÄ, 2014)
Avaliação da acupuntura para tratamento em artrite crônica induzida	(UM <i>et al.</i> , 2006)
Análise de termo câmeras para veterinária	(VAINIONPÄÄ <i>et al.</i> , 2012)
Avaliação de ferida cirúrgica	(HERLOFSON, 2017)
Detecção da fase reprodutiva	(DURRANT <i>et al.</i> , 2006; OLĞAÇ <i>et al.</i> , 2017)
Avaliação de cães de corrida	(VAINIONPÄÄ <i>et al.</i> , 2012)
Anestesia – Avaliação da vasodilatação periférica	(VAINIONPÄÄ <i>et al.</i> , 2013)
Fisioterapia – avaliação de lesões musculares	(STEISS, 2002)
Odontologia - Avaliação de doenças dentárias	(DORNBUSCH, 2013), (DORNBUSCH <i>et al.</i> , 2017)
Trombose em artéria femoral - relato de caso	(KIM E PARK, 2012)
Oftalmologia – cães com e sem ceratoconjuntivite seca	(BIONDI <i>et al.</i> , 2015)
Mudanças na temperatura superfície corporal associada a exercício em esteira	(RIZZO <i>et al.</i> , 2017)
Comportamento - Temperatura dos olhos	(TRAVAIN <i>et al.</i> , 2015; TRAVAIN <i>et al.</i> , 2016)

4

5

6

7

8

9

10

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

4 CAPÍTULO II:

USO DA TERMOGRAFIA NA AVALIAÇÃO CLÍNICA DE CÃES E GATOS CARDIOPATAS

Manuscrito que será submetido ao
periódico: Journal of Thermal
Biology ISSN: 0306-4565. Fator
de Impacto: 2,902. Qualis A2.

Uso da termografia na avaliação clínica de cães e gatos cardiopatas

Use of thermography in the clinical evaluation of dogs and cats with heart disease

E.L. Oliveira^{a*}, A.S. Alves^a, L. F. Batista^a, J. S. Ferreira^a, B. B. Sousa^a, A.F.M. Dantas^a, A.P. Souza^a

^a Programa de Pós-Graduação em Ciência e Saúde Animal, Universidade Federal de 9 Campina Grande (UFCG), Av. Universitária s/n, Bairro Santa Cecília, Patos, PB, Brasil. 10

*Autor para correspondência: ermano.vet@gmail.com

RESUMO

A pesquisa teve por objetivo a avaliação da termografia por infravermelho para o auxílio diagnóstico e acompanhamento clínico de alterações cardiovasculares em cães e gatos. Neste estudo foram selecionados sete animais, de diversas raças, pesos e idades, divididos em 2 grupos: animais recém diagnosticados (N=7) e animais após 15 dias de tratamento (N=6). Os cães e gatos passaram por avaliação clínica que incluiu anamnese, exame físico geral e específico do sistema cardiovascular. Adicionalmente, exames complementares de imagem foram empregados para confirmação do diagnóstico de cardiopatas. Todos os animais foram submetidos a análise termográfica dos membros pélvicos, torácicos e região abdominal (FLIR[®] Tir32, EUA). Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, além de análise de variância e teste de correlação para determinação das possíveis associações entre os achados dos exames clínico e imagem cardiológico com os resultados dos termogramas. Não foram observadas diferenças significativas para a temperatura superficial dos animais diagnosticados com cardiopatas crônicas quando comparados os termogramas dos mesmos animais após 15 dias de tratamento, porém para a mensuração termográfica do felino acometido com tromboembolismo arterial felino, este apresentou temperatura mais baixa nos membros pélvicos (24,66 °C) comparando com os membros torácicos e região abdominal. Concluiu-se que a termografia por infravermelho não representou uma técnica eficiente para o auxílio diagnóstico e identificação de doenças cardiovasculares crônicas em cães e gatos.

Palavras-chave: coração, canino, felino, temperatura, termograma.

1 **ABSTRACT**

2
3 This research aimed to evaluate infrared thermography to aid diagnosis and clinical
4 monitoring of cardiovascular changes in dogs and cats. For the study, 7 animals of
5 different breeds, weights and ages were selected, divided into 2 groups: newly
6 diagnosed animals (N=7) and animals after 15 days of treatment (N=6). All animals
7 underwent clinical evaluation that included anamnesis, general and specific physical
8 examination of the cardiovascular system. Additionally, complementary imaging tests
9 were used to confirm the definitive diagnosis in the group of animals with heart disease.
10 All animals underwent thermographic analysis of the pelvic limbs, thoracic and
11 abdominal region (FLIR® T32, USA). The data generated were submitted to descriptive
12 statistical analysis, in addition to analysis of variance and correlation test to determine
13 possible associations between the findings of the clinical cardiological examination and
14 the results of the thermograms. No significant differences were observed for the surface
15 temperature of the diagnosed animals when comparing the thermograms of the same
16 animals after 15 days of treatment, except for the thermographic measurement of the
17 feline affected with feline arterial thromboembolism, which had a lower temperature in
18 the pelvic limbs (24,66 °C) compared to the thoracic limbs and abdominal region. Based
19 on the findings, it was concluded that infrared thermography did not represent an
20 efficient technique to aid in the diagnosis and identification of chronic cardiovascular
21 diseases in dogs.

22 **Keywords:** heart, canine, feline, temperature, thermogram.

23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35

1 INTRODUÇÃO

2

3 A ativação de mecanismos compensatórios que causam a insuficiência cardíaca, está
4 associada as reduções das funções do sistema cardiovascular, disfunção sistólica ou
5 diastólica (Tilley, 2019). Assim sendo, disfunção sistólica ocorre uma vez que o coração
6 não consegue impulsionar sangue para o organismo de forma eficaz. Entre os
7 mecanismos que resultam em insuficiência cardíaca diastólica cita-se a insuficiência
8 miocárdica, sobrecarga de volume ou sobrecarga de pressão (Tilley, 2019; Ettinger e
9 Feldman, 2017). A insuficiência miocárdica reduz ou deprime a capacidade do coração
10 de compensar a diminuição do débito cardíaco (Ettinger e Feldman, 2017).

11 Os mecanismos compensatórios ativados pela insuficiência cardíaca crônica
12 pode ser a relação comparativa entre o débito cardíaco e a lei de Frank-Starling, o qual é
13 um mecanismo adaptativo onde ocorre um aumento de pré-carga e desempenho
14 cardíaco. O retorno venoso determina a pré-carga do ventrículo e a relação de Starling
15 aumenta para aumentar ou suprir o débito cardíaco (Tilley, 2019).

16 Em pequenos animais a IC é normalmente um problema crônico (Morais, 2005). A
17 diminuição súbita da contratilidade ventricular é pouco comum em Medicina
18 Veterinária, e embora o número de animais apresentados à consulta com sinais de IC
19 aguda seja significativo, isto se dá provavelmente pelo fato dos proprietários não
20 identificarem os sinais clínicos mais sutis até que estes se tornam demasiado graves
21 (Kittleson, 1999). O estímulo inicial subjacente ao desenvolvimento de remodelagem
22 cardíaca crônica pode ocorrer anos antes das evidências clínicas de IC (Ware, 2003).

23 A IC é abordada como uma alteração circulatória, e não apenas cardíaca. A IC
24 desenvolve-se, não quando o coração é afetado, mas quando os mecanismos
25 hemodinâmicos e neuro-humorais compensatórios se esgotam (Packer, 1992).

26 Os sinais de IC podem ser divididos em sinais de IC congestiva esquerda e/ou
27 direita e de baixo débito cardíaco. A IC congestiva é o acúmulo de fluido em tecidos
28 associada a pressões hidrostáticas capilares, intra-atriais e intraventriculares elevadas.
29 Os sinais de congestão observados refletem o ventrículo insuficiente, embora
30 frequentemente haja afecção biventricular, quer por um processo comum aos dois
31 ventrículos (ex. cardiomiopatia dilatada), quer pelo aumento das pressões pulmonares
32 devido a insuficiência esquerda que resulta em aumento das pressões no ventrículo
33 direito (VD), com o aparecimento de sinais de IC esquerda e direita (Kittleson, 1999). A
34 IC de baixo débito cardíaco é a diminuição da capacidade do coração de ejetar sangue a

1 pressões adequadas para a circulação sanguínea, resultando numa diminuição da
2 perfusão tecidual e oxigenação tecidual inadequada (Morais, 2005).

3 Devido à cronicidade e progressão características da IC a consulta periódica ao
4 clínico é essencial. O tratamento deve ser reavaliado com o evoluir da doença, ajustando
5 doses dos medicamentos, adicionando ou retirando fármacos, modificando o estilo de
6 vida ou a dieta. As medicações, doses, frequência, administração e qualquer sinal de
7 toxicidade deve ser avaliado junto ao tutor em cada visita, assim como a resposta ao
8 tratamento atual, apetite e atividade do animal (Ware, 2003).

9 A técnica de termografia infravermelho é baseada no princípio de que todos os
10 corpos formados de matéria emitem certa carga de radiação infravermelha, proporcional
11 a sua temperatura. Esta radiação pode ser capturada em um termograma que expressa o
12 gradiente térmico em um padrão de cores (Eddy *et al.*, 2001). De acordo com Giorleo e
13 Meola (2002), a termografia é uma técnica não invasiva, bidimensional, utilizada na
14 medição do campo de temperatura da superfície de todos os tipos de materiais. Desta
15 forma, pode ser apresentada como um método não invasivo capaz de avaliar a
16 temperatura através da energia emitida pela superfície do corpo animal ou de qualquer
17 objeto e transformá-la em uma imagem visível ao olho humano (Ziproudina *et al.*, 2006;
18 Sümbera *et al.*, 2007).

19 O uso da termografia como ferramenta diagnóstica em Medicina Veterinária está
20 presente em diversas áreas como a ortopedia, oncologia, dermatologia, além da
21 avaliação da dor em resposta ao tratamento com acupuntura, e também na produção
22 animal (Se-Wook *et al.*, 2005). Em trabalho com pequenos animais, Reis *et al.* (2010)
23 correlacionaram diferentes métodos diagnósticos em casos de tumores de mama em
24 cadelas e citaram a imagem termográfica como uma possível ferramenta auxiliar.

25 Objetivou-se com esse estudo avaliar a eficácia da imagem termográfica como
26 uma ferramenta de auxílio diagnóstico de cardiopatias agudas e crônicas em cães e
27 gatos.

28
29
30
31
32
33
34

1 MATERIAL E MÉTODOS

2 O estudo foi realizado nas dependências do Hospital Veterinário Prof. Dr. Ivon
3 Macêdo Tabosa, CSTR/UFCG, no período de maio de 2020 a maio de 2021.

4 5 **Seleção dos animais**

6 Foram selecionados cães e gatos provenientes da rotina de atendimento
7 ambulatorial da CMPA/HVU/CSTR/UFCG sem predisposição quanto à raça, idade ou
8 sexo, apresentando história, sinais clínicos gerais e específicos de insuficiência cardíaca
9 congestiva.

10 Os animais selecionados eram levados para o laboratório de Cardiologia Veterinária,
11 e após adaptação do animal ao ambiente, uma consulta específica do sistema
12 cardiovascular era realizada.

13

14 **Parâmetros fisiológicos:**

15 Foram analisados os parâmetros fisiológicos dos animais, onde a frequência cardíaca
16 (FC) foi obtida utilizando-se de um estetoscópio, sendo a unidade considerada em
17 batimentos/min. A obtenção da frequência respiratória (FR) foi através da contagem dos
18 movimentos da parede torácica em movimentos/min. E a temperatura corporal foi
19 determinada em graus Celsius (°C) utilizando-se um termômetro digital inserido na
20 ampola retal do animal durante um minuto.

21

22 **Eletrocardiograma (ECG)**

23 Para a realização do eletrocardiograma o animal foi posicionado em decúbito lateral
24 direito sobre uma superfície isolada, os eletrodos foram posicionados na superfície do
25 animal de acordo com Santilli, *et al.* (2017). As variáveis eletrocardiográficas foram
26 obtidas através do eletrocardiógrafo computadorizado (InPulse InCardio® Agile). Os
27 dados eletrocardiográficos foram avaliados a partir do software InCardio Duo, onde
28 foram avaliados ritmo e mensuradas as amplitudes em milivolts (mV) e durações em
29 milissegundos (ms) da onda P, complexo QRS e onda T, como também os intervalos P-
30 R, Q-T e S-T na derivação II (DII).

31

32 **Pressão Arterial (PA)**

33 O animal uma vez em decúbito lateral direito, realizou-se o posicionamento do cuff
34 ideal para a circunferência na região umeral esquerda ou na cauda do animal para

1 aferição da pressão arterial sistêmica; esses valores foram obtidos empregando-se o
2 equipamento InPulse BpScan[®], com a tecnologia High Definition Ocilometer (HDO) e
3 os valores obtidos em milímetro de mercúrio (mmHg) como mostra a Figura -1. Foram
4 realizadas sete mensurações e feito a média desses valores obtidos.

5

6 **Ecocardiograma (ECO)**

7 O exame ecocardiográfico foi realizado após tricotomia na região torácica direita e
8 esquerda (entre o 4^o e 6^o espaços intercostais); em seguida, o animal foi posicionado,
9 inicialmente, em decúbito lateral direito para captura das imagens e vídeos com acessos
10 pela janela para external direita, onde foram obtidos os cortes longitudinais quatro
11 câmaras e quatro câmaras com via de saída do ventrículo esquerdo e corte transversal.
12 Posicionando o animal em decúbito lateral esquerda, foram obtidos imagens e vídeos
13 com acesso pela janela para external esquerda, onde obtive-se as imagens a partir dos
14 cortes apical quatro câmaras, apical cinco câmaras e corte cranial.

15 No exame de ecocardiograma observou-se: morfologia e anatomia do coração e seus
16 anexos, através das imagens bidimensionais obtidas. A hemodinâmica cardíaca foi
17 avaliada a partir das imagens em modo M (Figura 2), fluxo de doppler pulsátil,
18 contínuo, color doppler, dentre os parâmetros hemodinâmicos, foi possível observar:
19 fluxo transmitral, transtricuspideo, aórtico e pulmonar; padrão de relaxamento
20 miocárdico e débito cardíaco. Os exames de ecocardiografia foram realizados nos
21 aparelhos de ultrassom Vivid 3 Pro GE[®] e E2V Cardio SonoScape[®].

22

23 **Imagens Termográficas**

24 As imagens termográficas foram capturadas com os animais em decúbito lateral
25 direito, esquerdo e esternal, sobre uma mesa com isolamento térmico, distanciamento de
26 1,5 metros do objeto em estudo (Figura 3) e em seguidas obtidas imagens da superfície
27 dos mesmos. As imagens termográficas foram captadas com o auxílio de uma câmera de
28 infravermelho (Thermacam Fluke[®] TiR32), sendo registradas informações inerentes a
29 mesma e foram avaliadas a partir do software Fluke Conect Smart View[®].

30

31 **Análise estatística**

32 Para apresentação dos dados utilizou-se a estatística descritiva na forma de
33 média e desvio padrão. Para verificação da normalidade dos dados foi utilizado o teste T
34 de Student. Para os resultados com distribuição não paramétrica, utilizou-se o teste

1 Mann-Whitney. Todos os resultados de débito cardíaco e temperatura foram submetidos
2 à análise de correlação de Pearson. As análises estatísticas foram realizadas a partir dos
3 programas SPSS v. 25 da HP (Chicago, Illinois, EUA) considerando o nível de
4 significância de 5%.

5

6 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

7 Os animais foram selecionados a partir de sinais clínicos específicos de ICC
8 esquerda, direita ou mista descritos por Tilley (2019), identificados durante a admissão
9 do paciente, os quais foram: dispneia, tosse, cansaço, intolerância ao exercício, síncope
10 e ascite.

11 Dos sete animais selecionados para a pesquisa, seis eram cães e pertenciam às
12 raças; Poodle (4), sem raça definida (1) e shiitzu (1), e um representante felino sem
13 raça definida. Os animais apresentaram idade média de $10,2 \pm 4,54$ anos, peso médio de
14 $9,73 \pm 8,84$ kg, frequência cardíaca de 134 ± 98 b.p.m., frequência respiratória de $62 \pm$
15 18 m.p.m., temperatura retal média no momento do exame de $38,7 \pm 0,53$ °C. Em
16 relação ao gênero, 71,43% eram machos e 28,57% fêmeas.

17 Foram observadas como alterações cardiovasculares, a degeneração valvar
18 mitral (DVM), hipertensão arterial pulmonar (HAP), neoplasia, arritmia ventricular
19 (taquicardia ventricular TV), arritmia supraventricular (fibrilação atrial FA) e
20 tromboembolismo arterial felino (TEAF) conforme ilustra a Tabela 1. Tais achados
21 corroboraram os estudos de Figueiredo et al. (2018) e Andrade et al. (2012). Neste
22 contexto, foi observado maior predomínio de alterações degenerativas, resultados que se
23 assemelharam aos reportados por Epstein (2017). De acordo com Cole e Millis (2017),
24 tal patologia está sujeita a maior número em animais de pequeno porte, justificando os
25 resultados encontrados neste trabalho.

26 Na avaliação eletrocardiográfica foi observado alterações de ritmo cardíaco em
27 dois animais (28,57%), sendo fibrilação atrial em um animal com diagnóstico de DVM
28 e outro animal que apresentou taquicardia ventricular com diagnóstico de linfoma. A
29 fibrilação atrial é uma arritmia presente em animais acometidos de patologias valvares,
30 onde em consequência da regurgitação e sobrecarga de volume e pressão intra-atrial
31 ocorre uma hipertrofia excêntrica atrial, lesionando as fibras elétricas presentes na
32 musculatura dos átrios e como consequência a desorganização do ritmo atrial (Santilli *et*
33 *al.*, 2017). A presença de massas, ou qualquer lesão extra cardíaca que venha estimular
34 de forma mecânica a formação de um impulso elétrico no coração acarretam formação

1 de complexos ventriculares pré-maturos (CVP), evoluindo para taquicardias
2 ventriculares não sustentadas e agravadas quando já encontram taquicardia ventricular
3 como ritmo de base, quando esse estímulo externo não é tratado (Tilley *et al*, 2019;
4 SAntilli *et al.* 2017). Para os animais que apresentaram arritmia, foi instituído um
5 tratamento antiarrítmico e esses animais foram reavaliados com 48 horas, uma semana e
6 duas semanas após, onde tiveram sucesso na terapia escolhida, retornando com o ritmo
7 de base sinusal. O felino com tromboembolismo arterial felino e os demais cães não
8 apresentaram alteração no traçado eletrocardiográfico.

9 Os valores de pressão arterial sistólica, média e diastólica tiveram diferenças
10 entre os animais recém diagnosticados comparando com os mesmos animais após
11 tratamento. Porém nos dois grupos mantiveram dentro dos valores de referência para as
12 espécies estudadas conforme descrito na Tabela 2. Essa redução dos valores de pressão
13 entre os dois grupos se dá devido ao protocolo terapêutico instituído para a maioria dos
14 animais, constituídos de iECA e inodilatador. A terapêutica para pacientes com
15 degeneração valvar mitral a partir do estágio C (escala de classificação da DMVM)
16 consiste em diuréticos de alça, vasodilatador (iECA e inodilatador) com intuito de
17 reduzir a pós-carga cardíaca e diurético poupador de potássio a fim de competir com a
18 aldosterona (Kenne *et al.*, 2019).

19 No exame ecocardiográfico observou-se espessamento e irregularidade da valva
20 mitral, regurgitação de moderado a grave através da mesma valva, como também
21 aumento atrial esquerdo comparado com o diâmetro da artéria aorta além de aumento da
22 cavidade do ventrículo esquerdo em diástole normalizado com o peso nos pacientes com
23 degeneração valvar mitral. No paciente com hipertensão arterial pulmonar secundário a
24 DVM observou-se além dos achados descritos anteriormente, um aumento do diâmetro
25 do átrio direito, diâmetro da artéria pulmonar maior 1,35 vezes o diâmetro da artéria
26 aorta e uma regurgitação através da valva tricúspide de 45 mmHg. Achados semelhantes
27 descrito por Keene (2019) em pacientes com degeneração mixomatosa valvar mitral e
28 Reiner et al, (2020) em pacientes com hipertensão arterial pulmonar. Os dois animais
29 que apresentaram arritmia ventricular e supraventricular apresentaram fração de ejeção
30 inferior a 60%, caracterizando uma disfunção sistólica do ventrículo esquerdo. As
31 alterações hemodinâmicas ocasionadas pelas arritmias são devidas aos seus efeitos
32 sobre o tempo de fechamento das válvulas atrioventriculares, permitindo um maior
33 volume regurgitante e sobre o débito cardíaco. As arritmias de origem atrial também
34 reduzem o débito sistólico como consequência do não enchimento ventricular de forma

1 eficiente (Boon, 2011). Não foi possível realizar o exame ecocardiográfico no felino,
2 devido o mesmo ter tido morte súbita 48 horas após admissão na CMPA.

3 Com a imagem termográfica observou-se, da amostra de pacientes selecionados,
4 que 85,71% (6/7) dos animais não apresentaram nenhuma alteração circulatória
5 superficial comparando os membros pélvicos com os membros torácicos e região
6 abdominal como demonstrado na Figura - 4, e 14,29% (1/7) animal apresentou alteração
7 circulatória dos membros pélvicos comparado com os membros torácicos e região
8 abdominal (Figura – 5).

9 A captura das imagens foi executada com os cães e o gato em decúbito lateral e
10 esternal, conforme preconizou Cugmas (2020) e, embora todos os decúbitos (lateral,
11 dorsal e esteral) foram avaliadas nos trabalhos de Travian et al. (2015), neste estudo,
12 optou-se pela exclusão do decúbito dorsal, devido à dificuldade do posicionamento, os
13 animais poderiam ficar estressados, aumentando a temperatura superficial e interferindo
14 nos resultados, conforme alertou Nomura et al. (2018) em seu estudo.

15 A escolha das referências anatômicas para captação das imagens térmicas foi
16 determinada pela importância na anatomia circulatória, pois não foi encontrada
17 padronização na literatura para análise da temperatura com objetivo de avaliar
18 circulação superficial. Loughin e Marino (2007) determinaram regiões para as
19 avaliações dos termogramas de forma geral; na região escápulo-umeral, eles definiram
20 uma área que se iniciava no meio da escápula indo até o terço distal do úmero e a face
21 cranial da cabeça do úmero até a região da quarta costela. Já na região úmero-rádio-
22 ulnar, segundo McGowan et al. (2015) e Loughin & Marino (2007), a região foi
23 definida como terço distal do úmero até o terço proximal do rádio-ulna e a face cranial
24 do rádio-ulna até a borda caudal do olécrano.

25 Para se testar a possível identificação de lesões circulatórias compensatórias em
26 pacientes com cardiopatia, fez-se a média entre as temperaturas superficiais dos animais
27 imediatamente após o diagnóstico com os mesmos animais quinze dias após o início do
28 tratamento, tanto dos membros torácicos quanto dos membros pélvicos e região
29 abdominal. Embora as temperaturas superficiais dos animais quinze dias após início do
30 tratamento tenham sido menores que as temperaturas dos animais recém diagnosticados,
31 não houve diferença significativa para a maioria das aferições térmicas, contudo o felino
32 com tromboembolismo arterial, teve alterações da temperatura superficial dos membros
33 pélvicos comparando com o resto da superfície (Tabela-3).

34 Com intuito de avaliar a possível correlação entre a temperatura superficial dos

1 animais cardiopatas com os seus respectivos débitos cardíacos, cada animal foi testado
2 separadamente no modelo estatístico de correlação de Pearson, sendo observado as
3 frações de ejeções (FE) antes do tratamento e quinze dias após início do tratamento.
4 Nesse contexto, não foram observadas associações significativas entre os resultados do
5 débito cardíaco e da técnica de termografia por infravermelho (Tabela-4 e 5).

6 Trabalhos anteriores utilizaram a termografia por infravermelho e abrangeram as
7 espécies canina (Cugmas, 2020), felina (Nutt, 2015), equina (Oliveira, 2018), bovina
8 (Ruediger, 2016), caprina (Deak, 2019) e animais silvestres (Silva, 2019). E, embora a
9 sensibilidade e acurácia da técnica tenham sido estabelecidas para o diagnóstico de
10 lesões agudas em joelhos (Formenton, 2015; Infernuso, 2010), inflamação em
11 articulações coxofemorais em cães (Fukahori *et al.*, 2018) e ainda na identificação de
12 lesões na coluna (Nomura *et al.*, 2018), não há estudos que tenham avaliado o emprego
13 dessa técnica para o diagnóstico e acompanhamento de lesões crônicas em cães e gatos.

14 Os estudos com termografia possuem importantes fontes de variação na captação
15 das temperaturas, sendo uma delas a heterogeneidade da amostra dos indivíduos como
16 porte, idade, tamanho e quantidade de pelos. O tamanho dos pelos pode influenciar na
17 captação da temperatura, conforme relatado no trabalho de Kwon e Brundage (2019),
18 pois o pelo curto facilitaria a convecção da temperatura local, fazendo-a ser maior
19 quando comparado ao pelo longo que serviria de isolante térmico (Nomura *et al.*, 2018).
20 Além disso, o comprimento do pelo dificulta a localização da referência anatômica para
21 análise do termograma (Vainionpää, 2014).

22 Foram observadas diferenças significativas para os débitos cardíacos dos
23 animais diagnosticados com arritmia quando comparados com os animais sem arritmias.
24 Esses resultados foram semelhantes aos reportados por Formenton *et al.* (2019) e
25 Thomovsky *et al.* (2016). Entretanto, quando comparadas as médias de temperatura de
26 cada paciente aos seus valores de débito cardíaco, tanto antes de iniciar o tratamento
27 quanto após início do tratamento, os resultados não foram significativos. Tais achados
28 podem ser justificados pela compensação da circulação periférica devido a cronicidade
29 da lesão cardíaca (Nelson e Couto, 2015).

30 O felino acometido por tromboembolismo arterial, a redução significativa na
31 temperatura superficial dos membros pélvicos (Figura 5), deve-se a ausência de
32 circulação sanguínea parcial ou total nessa região de forma aguda, em consequência do
33 tromboembolismo (Figura 6) e dor, causando ainda mais vasoconstricção periférica
34 (Nelson e Couto, 2015). Resultado semelhante, Palveski *et al.*, (2015) observaram

1 diminuição significativa da temperatura da pele avaliada por termografia em uma cadela
2 com tromboembolismo arterial secundário a uma neoplasia mamária na região inguinal.

5 **CONCLUSÃO**

6 Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que a termografia nos cães não
7 mostrou a mesma eficiência nas alterações circulatórias crônicas nem tampouco foi
8 possível realizar diagnóstico precoce de alterações compensatórias circulatórias já
9 existentes, não sendo uma ferramenta indicada para pacientes com ICC na fase crônica.

10 Entretanto para gatos acometidos de tromboembolismo, a termografia parece ser
11 um método útil, fácil, não invasivo e instantâneo para a detecção de tromboembolismo
12 aórtico em gatos, particularmente em emergências. Embora esses resultados precisem
13 ser confirmados em uma população maior de gatos.

14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34

REFERÊNCIAS

- 1
2 ANDRADE, A. P. P., et al. Serviços Em Ortopedia Veterinária. **Universidade Federal de**
3 **Goiás** 2012 Disponível em:
4 <[https://serex2012.proec.ufg.br/up/399/o/ANA_PAULA_PEREIRA_DE_ANDRADE.p](https://serex2012.proec.ufg.br/up/399/o/ANA_PAULA_PEREIRA_DE_ANDRADE.pdf)
5 [df](https://serex2012.proec.ufg.br/up/399/o/ANA_PAULA_PEREIRA_DE_ANDRADE.pdf)>. acessado dia 17/11/ 2021.
6
- 7 BEZERRA, L. A., SILVA, R. N. T, GUERRERO, J. R. H., MAGNANI, F. S.,” Estudo da
8 influência de parâmetros na medição por termografia”, **Anais do IV Congresso de**
9 **Engenharia Mecânica**, Recife, Pernambuco, 2006.
10
- 11 BOON, June A. **Veterinary echocardiography**. John Wiley & Sons, 2011.
12
- 13 BROWN, S. et al. Guidelines for the identification, evaluation, and management of systemic
14 hypertension in dogs and cats. **J. Vet. Intern. Med.**, v.21 p.542- 558, 2017.
15
- 16 ÇENTINKAYA, M.A; DEMIRUKTU, A. Thermography in the assessment of equine lameness.
17 **Turk. Journal Vet. Animal Science**, v.35, n.1, p.1-6, 2011.
18
- 19 COLE G. L.; MILLIS D. L. The Effect of Limb Amputation on Standing Weigth Distribution in
20 the Remaining Three Limbs in Dogs. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and**
21 **Traumatology**. 30 (1): 59-61, 2017.
22
- 23 CUGMAS B., et al. Comparison between rectal and body surface temperature in dogs by the
24 calibrated infrared thermometer. **Veterinary and Animal Science** v. 9, p. 1-8, June,
25 2020.
26
- 27 DEAK F. L. G. B., et al. Effects of physiological stage and season on infrared thermograms of
28 different body areas of dairy cows raised under tropical conditions **Animal**
29 **Reproduction**. v.16, n.2, p.311-316, Apr./Jun. DOI: 10.21451/1984-3143-AR2017-
30 0023; 2019.
31
- 32 EPSTEIN M. E.; The Prevention and Management of Pain Dogs. **Canine Sports Medicine and**
33 **Rehabilitation** 7° ed. Wiley-BlackWell, Iowa, p. 370- 388, 2017.
34
- 35 ETTINGER, Stephen J.; FELDMAN, Edward C.; COTE, Etienne. **Textbook of Veterinary**
36 **Internal Medicine-eBook**. Elsevier health sciences, 2017.
37
- 38 FIGUEIREDO N. E. O., et al. Retrospective study of dogs with neurologic and musculoskeletal
39 diseases attended at a rehabilitation and chronic pain control service. **Ciência animal**
40 **brasileira**, Goiânia, v.19, 1-18, e- 44570, 2018.
41
- 42 FORMENTON M. R. Eletroterapia e laserterapia no controle da dor e da inflamação no período
43 pós-operatório em cães submetidos a cirurgia de osteotomia de nivelamento do platô da
44 tíbia: estudo prospectivo Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
45 Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
46 Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências, 2015.
47
- 48 FUKAHORI F. L. P., et al. Method for auxiliary use of thermography in diagnosing
49 inflammation in the coxofemoral joint in dogs Method Semina: **Ciências Agrárias**,
50 Londrina, v. 39, n. 4, p. 1565-1574, jul./ago. 2018. doi: 10.5433/1679-
51 0359.2018v39n4p1565
52
- 53 GIORLEO G, MEOLA C., Comparison between pulsed and modulated thermography in glass-
54 epoxy laminates. **NDT&E International**, London. 35:287-292, 2002.

- 1
2 GROSSBARD, B. P., LOUGHIN, C. A., MARINO, D. J., MARINO, L. J., SACKMAN, J.,
3 Uмбаugh, S. E., AKERMAN, M. L. Medical infrared imaging (thermography) of
4 type I thoracolumbar disk disease in chondrodystrophic dogs. **Veterinary Surgery**, v.
5 43, n. 7, p. 869-876, 2014.
6
- 7 INFERNUSO, T., LOUGHIN, C. A., MARINO, D. J., Uмбаugh, S. E., SOLT, P. S.
8 Thermal imaging of normal and cranial cruciate ligament-deficient stifles in
9 dogs. **Veterinary surgery**, v. 39, n. 4, p. 410-417, 2010.
10
- 11 KEENE, B. W., ATKINS, C. E., BONAGURA, J. D., FOX, P. R., HÄGGSTRÖM, J.,
12 FUENTES, V. L., UECHI, M. ACVIM consensus guidelines for the diagnosis and
13 treatment of myxomatous mitral valve disease in dogs. **Journal of veterinary internal**
14 **medicine**, v. 33, n. 3, p. 1127-1140, 2019.
15
- 16 KITTLESON M.D. Pathophysiology of Heart Failure. In: Kittleson MD, Kienle RD, eds. **Small**
17 **Animal Cardiovascular Medicine**. 2nd ed. St. Louis, Missouri, USA. Mosby, 1999.
18
- 19 KWON C. J.; BRUNDAGE C. M. Quantifying body surface temperature differences in canine
20 coat types using infrared thermography **Journal of Thermal Biology** v. 82 p.18-22
21 <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.03.004>; 2019.
22
- 23 LOUGHIN C. A.; MARINO D. J.; Evaluation of thermographic imaging of the limbs of healthy
24 dogs **AJVR**, vol 68, n. 10, p. 1064-1069, 2007.
25
- 26 MORAIS H. A. Pathophysiology of Heart Failure and Clinical Evaluation of Cardiac Function.
27 In: Ettinger SJ, Feldman EC, eds. **Textbook of Veterinary Internal Medicine**. 6th ed.
28 St. Louis, Missouri, USA. Saunders, 2005:692-712.
29
- 30 NELSON, R. W.; COUTO, C. G. **Medicina Interna de Pequenos Animais**, 3ª edição. 2006.
31
- 32 NOMURA R. H. C. et al. Thermographic images from healthy knees between dogs with long
33 and short hair, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.48:12, [http://dx.doi.org/10.1590/0103-](http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20170040ISSNe1678-4596)
34 [8478cr20170040ISSNe 1678-4596](http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20170040ISSNe1678-4596), 2018.
35
- 36 NUTT K. R. et al. A comparison of non-contact infrared thermometry and rectal thermometry in
37 cats. **Journal of Feline Medicine and Surgery** p. 1–6, doi:
38 [10.1177/1098612X15596564](https://doi.org/10.1177/1098612X15596564), 2015.
39
- 40 OLIVEIRA K., et al. Dinâmica da temperatura da pele de equinos durante atividade física por
41 meio da termografia infravermelha. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**.
42 ano 4, v.12, p. 327-332, 2018.
43
- 44 OLIVEIRA, E. L.; SILVA, R. M. N.; SOUZA, B. B. Utilização da Imagem termográfica em
45 cadelas com neoplasias mamárias. In: SOUZA, A. P.; BORGES, O. M. M.; SILVA, R.
46 M. N. **Coletânea de temas da clínica de pequenos animais**. 1. ed. Curitiba: Appris,
47 2018. v. 1, cap. 10, p. 185-198. ISBN 978-85-473-2244-1.
48
- 49 PACKER M. The neurohormonal hypothesis: A theory to explain the mechanism of disease
50 progression in heart failure. **J Am Coll Cardiol**. 1992;20:248-254.
51
52
- 53 PAVELSKI, M., SILVA, D. M., LEITE, N. C., JUNIOR, D. A., DE SOUSA, R. S., GUÉRIOS,
54 S. D., DORNBUSCH, P. T. Infrared Thermography in Dogs with Mammary Tumors

- 1 and Healthy Dogs. **Journal of veterinary internal medicine**, v. 29, n. 6, p. 1578-1583,
2 2015.
- 3
- 4 REINERO, Carol et al. ACVIM consensus statement guidelines for the diagnosis, classification,
5 treatment, and monitoring of pulmonary hypertension in dogs. **Journal of veterinary**
6 **internal medicine**, v. 34, n. 2, p. 549-573, 2020.
- 7
- 8 REIS FR, BARREIRA APB, CASTRO V, CASTRO JLC, SUZANO SMC, ROCHA A. A.,
9 Índicios sobre a correlação entre diferentes métodos diagnósticos em casos de tumor de
10 mama em cadelas. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, 09:14-31, 2010.
- 11
- 12 RUEDIGER F. R., et al. Digital infrared thermography of the scrotum, semen quality, serum
13 testosterone levels in Nellore bulls (*Bos taurus indicus*) and their correlation with
14 climatic factors. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 221-232, jan./fev.
15 2016.
- 16
- 17 SE-WOOK ,U.M. ET AL. Thermographic Evaluation for the Efficacy of Acupuncture on
18 Induced Chronic Arthritis in the dog. **J.Vet.Med.Sci**, v.67 n.12, p.1283-1284, 2005.
- 19
- 20 SILVA L. G. Termografia de Capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) do perímetro urbano de
21 Campo Grande-MS **PUBVET** v.13, n.3, 297, p.1-9, Mar., 2019.
- 22
- 23 SÚMBERA R, ZELOVÁ J, KUNC P, KNÍKOVÁ I, BURDA_H., Patterns of surface
24 temperatures in two mole-rats(*Bathyergidae*) with diferents social systems as revealed
25 by IR Thermography. **Physiology & Behavior**. 92:526-532, 2007.
- 26
- 27 TILLEY, LAWRENCE P. (Ed.). **Manual of canine and feline cardiology**. Elsevier Health
28 Sciences, 2008.
- 29
- 30 TRAVIAN T.; et al. Hot dogs: Thermography in the assessment of stress in dogs (*Canis*
31 *familiaris*)-A pilot study. **Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and**
32 **Research** , v. 10, p.17-23, 2015.
- 33 Tumors and Healthy Dogs." **Journal of veterinary internal medicine** 29.6: 1578-1583, 2015.
- 34
- 35 UM, Se-Wook.; et al.; Thermographic evaluation for the efficacy of acupuncture on induced
36 chronic arthritis in the dog. **Journal of Veterinary Medical Science**, p. 1283-1284.
37 2005
- 38
- 39 VAINIONPÄÄ M. Thermographic Imaging in Cats and Dogs Usability as a Clinical Method
40 Department of Equine and Small Animal Medicine Faculty of Veterinary Medicine and
41 Doctoral Programme in Clinical Veterinary Medicine University of Helsinki,02/ 2014.
- 42
- 43 VIEIRA RJS, ESTEVES VF., Prevenção do câncer de mama: mito ou realidade? **Prática**
44 **hospitalar**, 40:77-82, 2005.
- 45
- 46 WARE W.A. Management of Congestive Heart Failure. In: Nelson RW, Couto CG, eds **Small**
47 **Animal Internal Medicine**. 3rd ed. St. Louis, Missouri, USA. Mosby, 51-72, 2003.
- 48
- 49 ZIPROUDINA N, MING Z, HÄNNINEN OOP., Plantar infrared thermography measurements
50 and low back pain intensity. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutic**.
51 29:219-223, 2006.
- 52
- 53
- 54

1 **Tabela 1** - Diagnósticos mais encontrados nos animais do grupo cardiopata (N=9*).

2

3 Diagnóstico	N*	%
4 Degeneração valvar mitral	5	62,5
5 Hipertensão arterial pulmonar	1	12,5
6 Taquicardia Ventricular	1	12,5
Fibrilação Atrial	1	12,5
Tromboembolismo arterial felino	1	12,5

7 *Embora o número de portadores de lesões cardíacas tenha sido de 7 animais, alguns pacientes
8 apresentaram mais de uma alteração patológica.

10 **Tabela 2** – Média \pm desvio padrão dos valores de pressão arterial sistólica, média e
11 diastólica dos animais recém diagnosticados (RD) (N=7) e de pacientes tratados (PT)
12 (N=6).

13 Diagnóstico	14 RD			15 PT		
	PAS	PAM	PAD	PAS	PAM	PAD
Degeneração valvar mitral	138 \pm 16	114 \pm 12	88 \pm 14	122 \pm 9	102 \pm 11	86 \pm 12
Hipertensão arterial pulmonar	129 \pm 0	111 \pm 0	94 \pm 0	118 \pm 0	102 \pm 0	91 \pm 0
Taquicardia Ventricular	122 \pm 0	103 \pm 0	85 \pm 0	125 \pm 0	106 \pm 0	96 \pm 0
Fibrilação Atrial	148 \pm 0	124 \pm 0	105 \pm 0	126 \pm 0	108 \pm 0	96 \pm 0
Tromboem. arterial felino	145 \pm 0	116 \pm 0	105 \pm 0	---	---	---

13 *Os valores de referência para PAS é de 110 à 148 mmHg, para PAM é de 80 à 130 mmHg e PAD é de
14 65 à 115 mmHg (BROWN *et al.*, 2017).

16 **Tabela 3** – Média \pm desvio padrão das Temperaturas ($^{\circ}$ C) dos animais recém
17 diagnosticados (RD) (N=7) e de pacientes tratados (PT) (N=6).

18 Diagnóstico	RD ($^{\circ}$C)	PT ($^{\circ}$C)
19 Degeneração valvar mitral	30,96 \pm 0,49	31,2 \pm 0,84
20 Hipertensão arterial pulmonar	30,4 \pm 0,00	29,93 \pm 0,00
Taquicardia Ventricular	31,43 \pm 0,00	31,53 \pm 0,00
Fibrilação Atrial	31,19 \pm 0,00	30,68 \pm 0,00
Tromboembolismo arterial felino	24,66 \pm 0,00	---

18 *O felino não apresentou resultados pós tratamento, pois o animal veio a óbito 48 horas após o
19 diagnóstico.

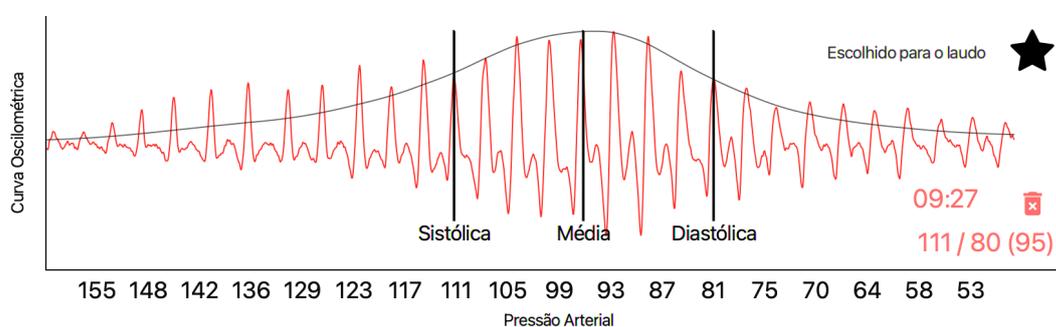
21 **Tabela 4** - Correlação da temperatura superficiais dos animais, com os resultados das
22 frações de ejeções (FE) das respectivas patologias. As imagens foram realizadas antes
23 do início do tratamento.

24 Variável	FE %	RD ($^{\circ}$C)
Degeneração valvar mitral	74 \pm 0,49	31,2 \pm 0,84
Hipertensão arterial pulmonar	71 \pm 0,00	29,93 \pm 0,00
Taquicardia Ventricular	43 \pm 0,00	31,53 \pm 0,00
Fibrilação Atrial	52 \pm 0,00	30,68 \pm 0,00

1 **Tabela 5** - Correlação da temperatura superficiais dos animais, com os resultados das
 2 frações de ejeções (FE) das respectivas patologias. As imagens foram realizadas após
 3 início do tratamento.

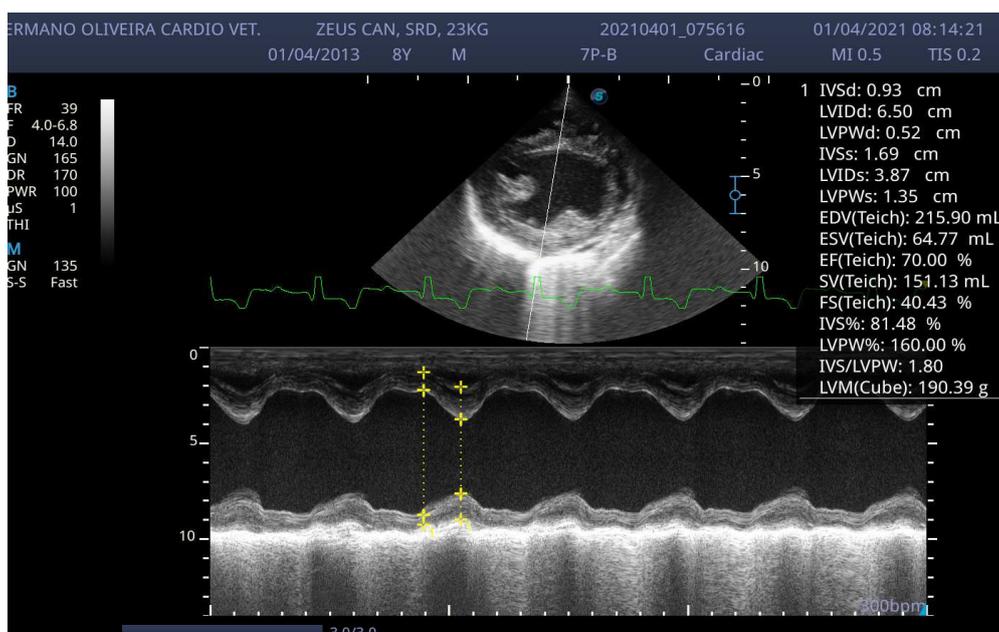
Variável	FE %	PT (°C)
Degeneração valvar mitral	72 ± 0,49	31,2 ± 0,84
Hipertensão arterial pulmonar	76 ± 0,00	29,93 ± 0,00
Taquicardia Ventricular	65 ± 0,00	31,53 ± 0,00
Fibrilação Atrial	78 ± 0,00	30,68 ± 0,00

4
 5 **Figura 1** – Gráfico oscilométrico para determinação dos valores de pressão arterial
 6 sistólica, média e diastólica pelo método de High Definition Oscilometer (HDO).



7
 8 Fonte: Arquivo Pessoal

9
 10 **Figura 2** – Corte ecocardiográfico transversal, a nível dos músculos papilares, onde
 11 obtivemos os valores de fração de ejeção.



12
 13 Fonte: Arquivo Pessoal

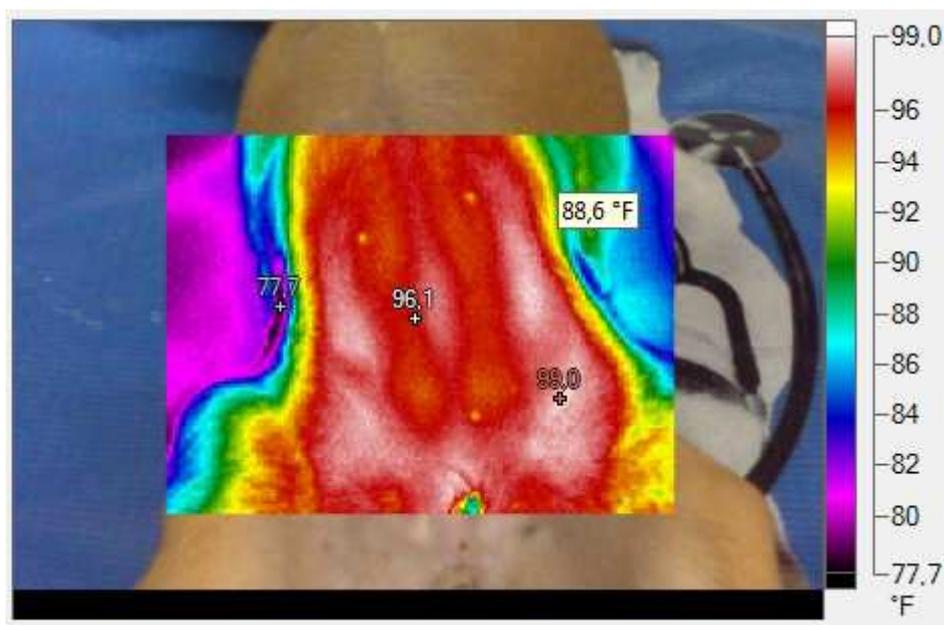
14

- 1 **Figura 3** – Captura da imagem termográfica do animal posicionado em decúbito lateral
2 esquerdo e câmera termográfica com distanciamento de 1,5 m do objeto de estudo.



3
4 Fonte: LCV/HUVIMT/UFCG

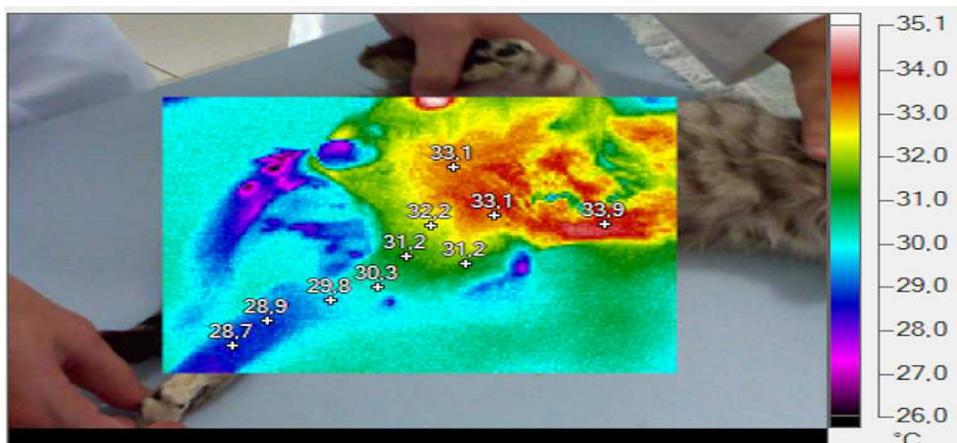
- 5
6 **Figura 4** – Termograma do animal acometido com taquicardia ventricular logo após
7 diagnóstico eletrocardiográfico, demonstrando uniformidade na temperatura superficial
8 abdominal com temperatura média de 35,6 °C.



- 9
10

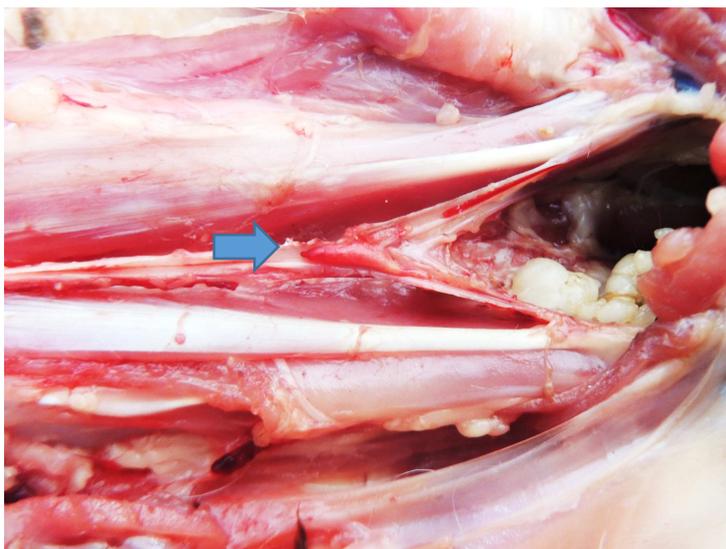
Fonte: Arquivo Pessoal

1 **Figura 5** - Termograma do felino com diagnóstico de tromboembolismo no CMPA /
2 HUVIMT / UFCG, com diferença de 5,2 °C entre a região anterior e posterior ao
3 trombo.



4
5 Fonte: Arquivo Pessoal

6
7 **Figura 6** - Felino com tromboembolismo. Cavidade Pélvica mostrando artéria ilíaca
8 dissecada e em seu interior mostrando trombo (seta) em sua bifurcação.



9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20 Fonte: LPA/HVUPIMT/UFCG

21
22
23
24
25
26
27
28

1 5 CONCLUSÃO GERAL

2
3 São inúmeras os benefícios utilidades que a tecnologia da termografia
4 infravermelho oferece na Medicina Veterinária. A imagem termográfica, associada a
5 outros exames complementares apresentam em conjunto um potencial para uma
6 ferramenta auxiliar no diagnóstico e prognóstico de diversas alterações. Nas pesquisas
7 sobre termografia, observou-se diversas aplicabilidades desta ferramenta em patologias
8 agudas. Porém em patologias crônicas, como a insuficiência cardíaca congestiva, não se
9 tem bons resultados até o momento.

10 São necessárias mais estudos em vários tópicos relacionados a termografia.
11 Dentre eles a padronização de imagens termográficas em pequenos animais. O
12 diagnóstico termográfico não pode continuar fundamentado em observações subjetivas
13 de padrões térmicos.

14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34

- 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

ANEXOS

NORMAS DO CAPÍTULO I E II



JOURNAL OF THERMAL BIOLOGY

Environment, Evolution and Medicine

ISSN: 0306-4565

AUTHOR INFORMATION PACK

TABLE OF CONTENTS

- **Description p.1**
- **Audience p.1**
- **Impact Factor p.2**
- **Abstracting and Indexing p.2**
- **Editorial Board p.2**
- **Guide for Authors p.4**

DESCRIPTION

The *Journal of Thermal Biology* publishes articles that advance our knowledge on the ways and **mechanisms** through which **temperature** affects man and animals. This includes studies of their **responses** to these effects and on the **ecological** consequences. Directly relevant to this theme are:

- The mechanisms of **thermal limitation**, heat and cold injury, and the resistance of organisms to extremes of temperature
- The mechanisms involved in **acclimation**, acclimatization and evolutionary adaptation to temperature
- Mechanisms underlying the patterns of **hibernation**, torpor, dormancy, aestivation and diapause
- Effects of temperature on reproduction and development, growth, ageing and life-span
- Studies on modelling **heat transfer** between organisms and their environment
- The contributions of temperature to effects of **climate change** on animal species and man
- Studies of **conservation biology** and physiology related to temperature
- Behavioural and physiological **regulation** of **body temperature** including its

pathophysiology and fever

- Medical applications of hypo- and hyperthermia

Article types:

- Original articles • Review articles

Benefits to authors

We also provide many author benefits, such as free PDFs, a liberal copyright policy, special discounts on Elsevier publications and much more. Please click here for more information on our [author services](#).

Please see our [Guide for Authors](#) for information on article submission. If you require any further information or help, please visit our [Support Center](#)

AUDIENCE

Biologists, biochemists, physiologists and zoologists.

AUTHOR INFORMATION PACK 16 Dec 2021 www.elsevier.com/locate/jtherbio 1

IMPACT FACTOR

2020: 2.902 © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2021

ABSTRACTING AND INDEXING

EMBiology

BIOSIS Citation Index

Elsevier BIOBASE

Cambridge Scientific Abstracts

Current Contents - Agriculture, Biology & Environmental Sciences Embase

INSPEC

Current Contents

Pascal Francis

Research Alert

Current Contents

Current Contents

Current Contents - Life Sciences

Scopus

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

H.-O. Pörtner, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany **Founding Editors**

K. Bowler[†], Durham, United Kingdom **J.E. Heath**

Senior Editor

D. J. McCafferty, University of Glasgow, Glasgow, United Kingdom **Associate Editor**

T.E. Wilson, University of Kentucky Department of Physiology, Lexington, Kentucky, United States of America **Editorial Board Members**

M.J. Angilletta Jr., Arizona State University, Tempe, Arizona, United States of America

D. Atkinson, University of Liverpool, Liverpool, United Kingdom

G.S. Bakken, Indiana University Bloomington Department of Biology, Bloomington, Indiana, United States of America

L.G.S. Branco, University of Sao Paulo Faculty of Dentistry of Ribeirao Preto, RIBEIRAO PRETO, Brazil

M.J. Buono, San Diego State University, San Diego, California, United States of America

M. Cabanac, Laval University, Quebec, Quebec, Canada

M. Caputa, Nicolaus Copernicus University in Torun, Torun, Poland

A.R. Cossins, University of Liverpool, Liverpool, United Kingdom

J.R. David, Evolution Genomes Behaviour and Ecology, Gif sur Yvette, France

Q. Deng, Zhengzhou University, School of Public Health, Zhengzhou, China

R.B. Huey, University of Washington, Seattle, Washington, United States of America

I.A. Johnston, University of St Andrews Scottish Oceans Institute, St. Andrews, United Kingdom

M.R. Kearney, The University of Melbourne, Victoria, Australia

L.R. Leon, US Army Research Institute of Environmental Medicine, Natick, Massachusetts, United States of America

F. Marino, Charles Sturt University School of Exercise Science Sport and Health, Bathurst, Australia

J. Overgaard, Aarhus University, Aarhus, Denmark

R. Refinetti, University of New Orleans, New Orleans, Louisiana, United States of America

J. Roth, University of Giessen, Gießen, Germany

M. Sawka, US Army Research Institute of Environmental Medicine, Natick, Massachusetts, United States of America

H.A. Shiels, The University of Manchester, Manchester, United Kingdom

D. Shrivastava, University of Minnesota Twin Cities, Minneapolis, Minnesota, United States of America

B.J. Sinclair, Western University Department of Biology, London, Ontario, Canada

D.E. Spiers, University of Missouri, Columbia, Missouri, United States of America

AUTHOR INFORMATION PACK 16 Dec 2021 www.elsevier.com/locate/jtherbio 2

G.J. Tattersall, Brock University, St Catharines, Ontario, Canada

D.-H. Wang, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

F. Wang, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, Hong Kong

G. Williams, The University of Hong Kong, Hong Kong SAR, PR China Hong Kong

AUTHOR INFORMATION PACK 16 Dec 2021 www.elsevier.com/locate/jtherbio 3

GUIDE FOR AUTHORS

1

Types of paper

The journal publishes general articles and review articles.

Contact details for submission

Papers should be submitted via Editorial Manager at <https://www.editorialmanager.com/tb/default.aspx>.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details: •
E-mail address
• Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided • Indicate clearly if color should be used for any figures in print *Graphical Abstracts / Highlights files* (where applicable)

Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our [Support Center](#). **BEFORE YOU BEGIN**

Ethics in publishing

Please see our information on [Ethics in publishing](#).

Informed Consent:

Studies on patients or volunteers require ethics committee approval and informed consent, which should be documented in the paper.

Appropriate consents, permissions and releases must be obtained where an author wishes to include case details or other personal information or images of patients and any other individuals in an Elsevier publication. Written consents must be retained by the author and copies of the consents or evidence that such consents have been obtained must be provided to Elsevier on request. Particular care should be taken with obtaining consent where children are concerned (in particular where a child has special needs or learning disabilities), where an individual's head or face appears, or where reference is made to an individual's name or other personal details.

Human and animal rights:

If the work involves the use of animal or human subjects, the author should ensure that the work described has been carried out in accordance with *The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans* <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>; *EU Directive 2010/63/EU for animal experiments* http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab_animals/legislation_en.htm;

AUTHOR INFORMATION PACK 16 Dec 2021 www.elsevier.com/locate/jtherbio 4

Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals <http://www.icmje.org> Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed.

Declaration of interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential competing interests include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double anonymized) or the manuscript file (if single anonymized). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. [More information](#).

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright- holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service [Crossref Similarity Check](#).

Preprints

Please note that [preprints](#) can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's [sharing policy](#). Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information).

Preprint posting on SSRN

In support of [Open Science](#), this journal offers its authors a free preprint posting service. Preprints provide early registration and dissemination of your research, which facilitates early citations and collaboration.

During submission to Editorial Manager, you can choose to release your manuscript publicly as a preprint on the preprint server [SSRN](#) once it enters peer-review with the journal. Your choice will have no effect on the editorial process or outcome with the journal. Please note that the corresponding author is expected to seek approval from all co-authors before agreeing to release the manuscript publicly on SSRN.

You will be notified via email when your preprint is posted online and a Digital Object Identifier (DOI) is assigned. Your preprint will remain globally available free to read whether the journal accepts or rejects your manuscript.

For more information about posting to [SSRN](#), please consult the [SSRN Terms of Use](#) and [FAQs](#).

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Content should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader; contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition; and use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, stereotypes, slang, reference to dominant culture and/or cultural assumptions. We advise to seek gender neutrality by using plural nouns ("clinicians, patients/clients") as default/wherever possible to avoid using "he, she," or "he/she." We recommend avoiding the use of descriptors that refer to personal attributes such as age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition unless they are relevant and valid. When coding terminology is used, we recommend to avoid offensive or exclusionary terms such as "master", "slave", "blacklist" and "whitelist". We suggest using alternatives that are more appropriate and (self-) explanatory such as "primary", "secondary", "blocklist" and "allowlist". These guidelines are meant as a point of reference to help identify appropriate language but are by no means exhaustive or definitive.

AUTHOR INFORMATION PACK 16 Dec 2021 www.elsevier.com/locate/jtherbio 5

Author contributions

For transparency, we encourage authors to submit an author statement file outlining their individual contributions to the paper using the relevant CRediT roles: Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Funding acquisition; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing - original draft; Writing - review & editing. Authorship statements should be formatted with the names of authors first and CRediT role(s) following. [More details and an example](#)

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of

addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see [more information](#) on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. [Permission](#) of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has [preprinted forms](#) for use by authors in these cases.

For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'License Agreement' ([more information](#)). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of [user license](#).

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. [More information](#).

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can [share your research](#) published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Open access

Please visit our [Open Access page](#) for more information.

Elsevier Researcher Academy

[Researcher Academy](#) is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars,

downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease.

AUTHOR INFORMATION PACK 16 Dec 2021 www.elsevier.com/locate/jtherbio 6

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the [English Language Editing service](#) available from Elsevier's Author Services.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Suggesting reviewers

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential reviewers.

You should not suggest reviewers who are colleagues, or who have co-authored or collaborated with you during the last three years. Editors do not invite reviewers who have potential competing interests with the authors. Further, in order to provide a broad and balanced assessment of the work, and ensure scientific rigor, please suggest diverse candidate reviewers who are located in different countries/regions from the author group. Also consider other diversity attributes e.g. gender, race and ethnicity, career stage, etc. Finally, you should not include existing members of the journal's editorial team, of whom the journal are already aware.

Note: the editor decides whether or not to invite your suggested reviewers.

PREPARATION

Queries

For questions about the editorial process (including the status of manuscripts under review) or for technical support on submissions, please visit our [Support Center](#).

Peer review

This journal operates a single anonymized review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. Editors are not involved in decisions about papers which they have written themselves or have been written by family members or colleagues or which relate to products or

services in which the editor has an interest. Any such submission is subject to all of the journal's usual procedures, with peer review handled independently of the relevant editor and their research groups. [More information on types of peer review](#).

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Guide to Publishing with Elsevier](#)). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

LaTeX

You are recommended to use the [latest Elsevier article class](#) to prepare your manuscript and [BibTeX](#) to generate your bibliography. Our [Guidelines](#) has full details.

Article structure

AUTHOR INFORMATION PACK 16 Dec 2021 www.elsevier.com/locate/jtherbio 7

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Vitae

Submit a short (maximum 100 words) biography of each author, along with a passport-type photograph accompanying the other figures. Please provide the biography in an editable format (e.g. Word), not in PDF format.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower- case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal as they help increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the examples here: [example Highlights](#).

AUTHOR INFORMATION PACK 16 Dec 2021 www.elsevier.com/locate/jtherbio 8

Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

Authors can make use of Elsevier's [Illustration Services](#) to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to

the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.

AUTHOR INFORMATION PACK 16 Dec 2021 www.elsevier.com/locate/jtherbio 9

- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.
- Ensure that color images are accessible to all, including those with impaired color vision.

A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here. *Formats*

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic

artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a

minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF) or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) in addition to color reproduction in print. [Further information on the preparation of electronic artwork.](#)

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please

AUTHOR INFORMATION PACK 16 Dec 2021 www.elsevier.com/locate/jtherbio 10

note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged.

A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support [Citation Style Language styles](#), such as [Mendeley](#). Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. [More information on how to remove field codes from different reference management software.](#)

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/ book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references can be listed either first alphabetically, then chronologically, or vice versa.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999).... Or, as demonstrated (Jones, 1999; Allan, 2000)... Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

AUTHOR INFORMATION PACK 16 Dec 2021 www.elsevier.com/locate/jtherbio 11

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2018. The art of writing a scientific article. *Heliyon*. 19, e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Reference to a website:

Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK.

<http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. *Mendeley Data*, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Reference to software:

Coon, E., Berndt, M., Jan, A., Svyatsky, D., Atchley, A., Kikinzon, E., Harp, D., Manzini, G., Shelef, E., Lipnikov, K., Garimella, R., Xu, C., Moulton, D., Karra, S.,

Painter, S., Jafarov, E., & Molins, S., 2020. Advanced Terrestrial Simulator (ATS) v0.88 (Version 0.88). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3727209>.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the [List of Title Word Abbreviations](#).

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

AUTHOR INFORMATION PACK 16 Dec 2021 www.elsevier.com/locate/jtherbio 12

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data](#) page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking page](#).

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to *Mendeley Data*. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals page](#).

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

AFTER ACCEPTANCE

Online proof correction

To ensure a fast publication process of the article, we kindly ask authors to provide us with their proof corrections within two days. Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

AUTHOR INFORMATION PACK 16 Dec 2021 www.elsevier.com/locate/jtherbio 13

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive a customized [Share Link](#) providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](#). The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's [Author Services](#). Corresponding authors who have published their article gold open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

AUTHOR INQUIRIES

Visit the [Elsevier Support Center](#) to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch.