



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA APLICADAS A ANIMAIS  
DE INTERESSE REGIONAL**  
Campus Universitário Ministro Petrônio Portela, Bairro Ininga, Teresina, Piauí, CEP 64049-  
550 Telefones: (86) 3237-1465

**DANIELLE CLIMACO MARQUES**

**AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA DO VENTRÍCULO ESQUERDO EM  
CÃES DA RAÇA SHIH TZU HÍGIDOS: VALORES DE REFERÊNCIA  
VOLUMÉTRICOS E COMPARAÇÃO DAS RAZÕES VE/A<sub>o</sub>**

**Teresina  
Piauí – Brasil  
2025**

**DANIELLE CLIMACO MARQUES**

**AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA DO VENTRÍCULO ESQUERDO EM  
CÃES DA RAÇA SHIH TZU HÍGIDOS: VALORES DE REFERÊNCIA  
VOLUMÉTRICOS E COMPARAÇÃO DAS RAZÕES VE/Ao**

Tese a ser apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologias Aplicadas a Animais de Interesse Regional – PPGTAIR/UFPI, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

**Área de Concentração:** Diagnóstico Avançado em Medicina Veterinária

**Linha de pesquisa:** Diagnóstico e Terapêutica em Medicina Veterinária

**Orientador:** Prof. Dr. Flávio Ribeiro Alves

**Teresina**

**Piauí – Brasil**

**2025**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial CCA  
Serviço de Representação da Informação

M357a Marques, Danielle Climaco.

Avaliação ecocardiográfica do ventrículo esquerdo em cães da raça shih Tzu hípidos: valores de referência volumétricos e comparação das razões VE/Ao. / Danielle Climaco Marques. -- 2025. 77 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Aplicadas a Animais de Interesse Regional, 2025.

“Orientador: Prof. Dr. Flávio Ribeiro Alves.”

1. Volume ventricular esquerdo. 2. Função cardíaca. 3. Razão ventrículo-aorta. 4. Ecocardiografia. 5. Canino. I. Araújo, Marcos Jácome de. II. Título.

CDD 636.089612

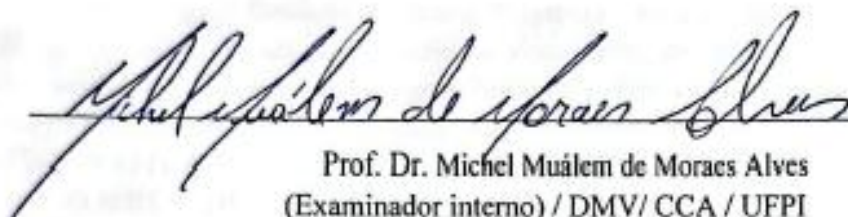
**AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA DO VENTRÍCULO ESQUERDO EM  
CÃES DA RAÇA SHIH TZU HÍGIDOS: VALORES DE REFERÊNCIA  
VOLUMÉTRICOS E COMPARAÇÃO DAS RAZÕES VE/A<sub>0</sub>**

**Danielle Climaco Marques**

Banca examinadora:



**Prof. Dr. Flávio Ribeiro Alves**  
(Presidente / Orientador) / DCCV / CCA / UFPI



**Prof. Dr. Michel Muálem de Moraes Alves**  
(Examinador interno) / DMV/ CCA / UFPI

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** FELIPE DE JESUS MORAES JUNIOR  
Data: 03/10/2025 12:22:19-0300  
verifique em <https://validar.jf.gov.br>

**Prof. Dr. Felipe de Jesus Moraes Junior**  
(Examinador externo) UEMA

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** PORFIRIO CANDANEDO GUERRA  
Data: 03/10/2025 15:15:08-0300  
verifique em <https://validar.jf.gov.br>

**Prof. Dr. Porfírio Candanedo Guerra**  
(Examinador externo) UEMA

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** RENAN PARAGUASSU DE SA RODRIGUES  
Data: 03/10/2025 11:41:53-0300  
verifique em <https://validar.jf.gov.br>

**Prof. Dr. Renan Paraguassu de Sá Rodrigues**  
(Examinador externo) UFCA

# *Dedicatória*

*Dedico este trabalho a Deus e à Nossa Senhora, minhas proteções divinas, sempre presentes em minha vida, iluminando-me e protegendo a mim, meus familiares e amigos.*

# *Agradecimentos,*

Agradeço, primeiramente, a Deus pela minha vida, saúde, família, amigos e todas as pessoas ao meu redor. Expresso também minha gratidão à Nossa Senhora, minha mãe e amiga, por sua intercessão, proteção, conselhos e luz, que guiaram meus caminhos e me permitiram alcançar todos os meus objetivos.

À minha mãe, por ser meu alicerce, apoiando-me em todas as minhas decisões. Você é um exemplo de mulher: guerreira, batalhadora e companheira, que, apesar das dificuldades da vida, fez tudo para que seus filhos alcançassem um patamar que apenas a educação poderia proporcionar. Ao meu pai, Elizeu, e aos meus irmãos, Daniel e Herculy, por todo o apoio e compreensão. Agradeço também aos demais familiares que não mencionei nominalmente, e agradeço a compreensão nos momentos de ausência.

Ao meu orientador, Professor Dr. Flávio Ribeiro, pela orientação, paciência e confiança depositadas em mim durante todos os anos de trabalho no Núcleo de Diagnóstico por Imagem Veterinário Especializado – NUDIVE.

Aos demais pós-graduandos, em especial Kelvin, José Luis, Renan, Caike, Ykaro, Marina, Isadora e Laécio pelos momentos de convivência e pelas contribuições ao longo desses anos. Agradeço também aos estagiários Eduardo, Maria Alice, Gabriel e Juliana e a todos que não foram mencionados nominalmente, mas que fazem parte da equipe do NUDIVE.

Ao Hospital Veterinário da Universidade Federal do Piauí, onde os pós-graduandos também colaboram com a rotina cardiológica, fortalecendo a formação de recursos humanos qualificados. Agradeço, ainda, aos tutores e pacientes que contribuíram para minha pesquisa e formação.

Agradeço também ao Setor de Diagnóstico por Imagem da UFPI pela compreensão nos momentos em que precisei de liberação de horário especial como servidora estudante.

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Aplicadas a Animais de Interesse Regional (PPGTAIR), pela oportunidade de realizar e concluir este curso, pelo suporte acadêmico e administrativo oferecido ao longo desta jornada. À coordenação e aos demais professores do programa, meu muito obrigado. Um agradecimento ao secretário César, que sempre esteve disponível para atender às demandas administrativas.

A Universidade Federal do Piauí, na qual tive a oportunidade de cursar minha graduação, mestrado e doutorado. Agradeço imensamente pelos 10 anos de oportunidades concedidas, amizades, vivências e aprendizados constantes.

E por fim, agradeço a mim, por nunca ter desistido, dando sempre o meu melhor e tentando ajudar a todos no meu alcance.

Obrigado a todos!

# *Epígrafe,*

*“A fé é a ponte entre o mundo espiritual e o mundo físico”.*

*Autor desconhecido*

## RESUMO

Os Shih Tzu destacam-se como uma das raças de cães de pequeno porte mais populares mundialmente. No entanto, parâmetros ecocardiográficos específicos para essa raça ainda não estão bem estabelecidos na medicina veterinária. O objetivo deste estudo foi estabelecer parâmetros ecocardiográficos volumétricos e lineares de referência para o ventrículo esquerdo em cães hípidos da raça Shih Tzu. Foram avaliados 30 cães, sendo 17 fêmeas e 13 machos, com idades variando entre 0,33 e 7 anos, e peso entre 1,7 e 11,6 kg. Os animais foram contidos fisicamente e submetidos a ecocardiografia para a mensuração dos diâmetros do VE (em eixo longo e eixo curto), diâmetro da aorta, fração de ejeção (FE), volume diastólico final do ventrículo esquerdo (LVEDV), volume sistólico final do ventrículo esquerdo (LVESV) e suas indexações ao peso (LVEDV.I.P e LVESV.I.P) e área de superfície corporal (LVEDV.I.B e LVESV.I.B) em cães hípidos da raça Shih Tzu. Os dados volumétricos foram obtidos pelo método de Simpson biplanar, utilizando imagens apicais de duas e quatro câmaras. O valor médio para FE foi  $63,19 \pm 6,41\%$ . O LVEDV médio foi  $10,35 \pm 3,25$  mL, enquanto o LVEDV.I.B foi  $29,23 \pm 12,03$  mL/m<sup>2</sup>, e o LVEDV.I.P foi  $1,85 \pm 0,41$  mL/kg. O valor médio para LVESV foi  $4,1 \pm 1,31$  mL, enquanto o LVESV.I.B foi  $11,01 \pm 1,34$  mL/m<sup>2</sup>, e LVESV.I.P foi  $0,67 \pm 0,15$  mL/kg. Não foram observadas diferenças significativas entre machos e fêmeas nos valores encontrados. O peso foi identificado como a principal covariável associada aos volumes do ventrículo esquerdo. Os valores obtidos são inéditos para a raça Shih Tzu. A média do diâmetro interno do ventrículo esquerdo no eixo curto foi de  $2,26 \pm 0,31$  cm, enquanto no eixo longo foi de  $2,08 \pm 0,28$  cm. A média da razão VE/Ao no eixo longo foi de  $2,27 \pm 0,29$ , e no eixo curto,  $2,47 \pm 0,34$ . Apesar de ser encontrada diferença estatística significativa, as análises Bland-Altman demonstram que o viés é de baixa magnitude e que as diferenças entre os métodos de mensuração do diâmetro do VE e suas indexações à aorta dentro de limites clinicamente aceitáveis em cães da raça Shih Tzu são saudáveis. Além disso, os valores de VE/Ao observados em cães Shih Tzu hípidos foram superiores aos previamente descritos na literatura para populações caninas gerais e outras raças, sugerindo possíveis particularidades morfofuncionais intrínsecas que podem refletir diferenças anatômicas e funcionais específicas. Esses achados fornecem parâmetros ecocardiográficos de referência específicos para a raça Shih Tzu, contribuindo para uma avaliação cardíaca mais precisa na rotina clínica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Volume ventricular esquerdo; função cardíaca; razão ventrículo-aorta; ecocardiografia; canino

## ABSTRACT

Shih Tzus are among the most popular small dog breeds worldwide. However, breed-specific echocardiographic parameters for this breed remain poorly established in veterinary medicine. This study aimed to establish reference volumetric and linear echocardiographic parameters for the left ventricle in healthy Shih Tzu dogs. A total of 30 dogs were evaluated, including 17 females and 13 males, aged between 0.33 and 7 years, and weighing between 1.7 and 11.6 kg. The animals were manually restrained and underwent echocardiographic examination for measurement of left ventricular diameters (in long- and short-axis views), aortic diameter, ejection fraction (EF), left ventricular end-diastolic volume (LVEDV), left ventricular end-systolic volume (LVESV), and their indexations to body weight (LVEDV.I.P and LVESV.I.P) and body surface area (LVEDV.I.B and LVESV.I.B). Volumetric data were obtained using the biplane Simpson's method from apical two- and four-chamber views. The mean EF was  $63.19 \pm 6.41\%$ . The mean LVEDV was  $10.35 \pm 3.25$  mL, while LVEDV.I.B was  $29.23 \pm 12.03$  mL/m<sup>2</sup> and LVEDV.I.P was  $1.85 \pm 0.41$  mL/kg. The mean LVESV was  $4.10 \pm 1.31$  mL, while LVESV.I.B was  $11.01 \pm 1.34$  mL/m<sup>2</sup> and LVESV.I.P was  $0.67 \pm 0.15$  mL/kg. No significant differences were observed between males and females. Body weight was identified as the main covariate associated with left ventricular volumes. The values obtained are novel for the Shih Tzu breed. The mean internal diameter of the left ventricle in the short-axis view was  $2.26 \pm 0.31$  cm, and in the long-axis view,  $2.08 \pm 0.28$  cm. The mean LV/Ao ratio in the long-axis view was  $2.27 \pm 0.29$ , and in the short-axis view,  $2.47 \pm 0.34$ . Although a statistically significant difference was found, Bland–Altman analysis demonstrated a low-magnitude bias, and the differences between measurement methods and their aortic indexations remained within clinically acceptable limits in healthy Shih Tzus. Moreover, the LV/Ao ratios observed in healthy Shih Tzus were higher than those previously reported for general canine populations and other breeds, suggesting potential intrinsic morphofunctional characteristics that may reflect specific anatomical and functional distinctions. These findings provide breed-specific echocardiographic reference values for Shih Tzus and contribute to more accurate cardiac assessments in clinical practice..

**KEYWORDS:** Left ventricular volume; cardiac function; ventriculo-aortic ratio; echocardiography; dog.

## LISTA DE FIGURAS

### Seção I

### Página

- Figura 1:** Imagem apical quatro câmaras do VE em sístole para mensuração do método de Simpson.....36
- Figura 2.** Matriz de correlação de Spearman entre os parâmetros ecocardiográficos volumétricos e antropométricos em cães Shih Tzu saudáveis.....43

### Seção II

### Página

- Figura 1.** Imagens ecocardiográficas.....60
- Figura 2.** Relação do diâmetro interno do ventrículo esquerdo pelo diâmetro da aorta (cm) dos cães da raça Shih Tzu hípidos.....63
- Figura 3.** Gráfico de Bland-Altman para diâmetro interno do ventricular esquerdo (cm) para cada eixo (curto e longo) e acordo com as faixas dos cães da raça Shih Tzu hípidos..... 64
- Figura 4.** Gráfico de Bland-Altman para razão VE/Ao (eixo longo e eixo curto) dos cães da raça Shih Tzu hípidos.....65

## LISTA DE TABELAS

Seção I	Página
<b>Tabela 1.</b> Estatística descritiva dos parâmetros antropométricos e volumétricos cardíacos em cães Shih Tzu clinicamente saudáveis.....	37
<b>Tabela 2.</b> Estatística descritiva dos parâmetros volumétricos do ventrículo esquerdo de fêmeas Shih Tzu saudáveis.....	38
<b>Tabela 3.</b> Estatística descritiva dos parâmetros volumétricos do ventrículo esquerdo de machos Shih Tzu saudáveis.....	39
<b>Tabela 4.</b> Estatística descritiva dos parâmetros volumétricos do ventrículo esquerdo de fêmeas Shih Tzu saudáveis menores ou igual a dois anos.....	39
<b>Tabela 5.</b> Estatística descritiva dos parâmetros volumétricos do ventrículo esquerdo de fêmeas Shih Tzu saudáveis maiores que dois anos.....	40
<b>Tabela 6.</b> Estatística descritiva dos parâmetros volumétricos do ventrículo esquerdo de machos Shih Tzu saudáveis menores que dois anos.....	40
<b>Tabela 7.</b> Estatística descritiva dos parâmetros volumétricos do ventrículo esquerdo de machos Shih Tzu saudáveis maiores que dois anos.....	41
<b>Tabela 8.</b> Comparação dos valores de p dos efeitos principais e da interação entre sexo e idade, considerando modelos de ANOVA bifatorial (idade categorizada: $\leq 2$ anos e $> 2$ anos) e ANOVA com idade contínua.....	42
<b>Tabela 9.</b> Sumário do modelo aditivo generalizado dos parâmetros volumétricos do ventrículo esquerdo em função do peso, idade, BSA e sexo macho dos cães da raça Shih Tzu.....	44
<b>Tabela 10.</b> $R^2$ ajustado e desvio explicativo dos modelos GAM para os parâmetros volumétricos.....	45
<b>Seção II-</b>	<b>Página</b>
<b>Tabela 1.</b> Medidas descritivas das variáveis ecocardiográficas lineares em cães da raça Shih Tzu hípidos.....	61

**Tabela 2.** Medidas descritivas das variáveis ecocardiográficas lineares de acordo com o sexo dos cães da raça Shih Tzu hípidos.....62

**Tabela 3.** Comparação dos diâmetros do ventrículo esquerdo e das razões VE/Ao obtidas no eixo curto e eixo longo em cães da raça Shih Tzu.....62

## LISTA DE SIGLAS

<b>2D</b>	Bidimensional
<b>ACVIM</b>	American College of Veterinary Internal Medicine
<b>Ao</b>	Aorta
<b>AoD</b>	Diâmetro da aorta
<b>ASE</b>	American Society of Echocardiography
<b>BSA</b>	Área de superfície corporal
<b>CEP</b>	Código de endereçamento postal
<b>DMV</b>	Departamento de morfofisiologia veterinária
<b>DMVM</b>	Doença mixomatosa valvar mitral
<b>DOC</b>	Doppler de onda contínua
<b>DOP</b>	Doppler de onda pulsada
<b>DP</b>	Desvio padrão
<b>Dr.</b>	Doutor
<b>EC</b>	Eixo curto
<b>EL</b>	Eixo longo
<b>FE</b>	Fração de ejeção
<b>FRP</b>	Frequência de repetição de pulso
<b>GAM</b>	Modelo aditivo generalizado
<b>GAM (S)</b>	Modelo aditivo generalizado suavizado
<b>IC</b>	Intervalo de confiança
<b>ICC</b>	Insuficiência cardíaca congestiva
<b>LVEDV</b>	Volume diastólico final do ventrículo esquerdo
<b>LVEDV.I.B</b>	Volume diastólico final do ventrículo esquerdo indexado à área de superfície corporal
<b>LVEDV.I.P</b>	Volume diastólico final do ventrículo esquerdo indexado ao peso
<b>LVESV</b>	Volume sistólico final do ventrículo esquerdo
<b>LVESV.I.B</b>	Volume sistólico final do ventrículo esquerdo indexado à área de superfície corporal
<b>LVESV.I.P</b>	Volume sistólico final do ventrículo esquerdo indexado ao peso

<b>LVIDd</b>	Dimensão interna do ventrículo esquerdo no final da diástole
<b>LVIDd.EC</b>	Dimensão interna do ventrículo esquerdo no final da diástole no eixo curto
<b>LVIDd.EL</b>	Dimensão interna do ventrículo esquerdo no final da diástole no eixo longo
<b>Max</b>	Máximo
<b>Min</b>	Mínimo
<b>MODO B</b>	Modo bidimensional
<b>MODO M</b>	Modo de movimento
<b>NUDIVE</b>	Núcleo de Diagnóstico por Imagem Veterinário Especializado
<b>PPGTAIR</b>	Programa de Pós-graduação em Tecnologias Aplicadas a Animais de Interesse Regional
<b>Prof.</b>	Professor
<b>RVAo.EC</b>	Relação ventrículo-aorta em eixo curto
<b>RVAo.EL</b>	Relação ventrículo-aorta em eixo longo
<b>RM</b>	Regurgitação mitral
<b>SMOD</b>	Método de discos de Simpson
<b>SRAA</b>	Sistema renina-angiotensina-aldosterona
<b>TC</b>	Tomografia computadorizada
<b>TDI</b>	Doppler tecidual
<b>UEMA</b>	Universidade Estadual do Piauí
<b>UFPI</b>	Universidade Federal do Piauí
<b>VE</b>	Ventrículo esquerdo
<b>VE/Ao</b>	Razão Ventrículo esquerdo e aorta

## LISTA DE SIMBOLOS

+	Soma
x	Multipliação
/	Divisão
=	Igual
<	Menor que
>	Maior que
$\leq$	Menor ou igual
$\geq$	Maior ou igual
()	Parênteses
[]	Colchetes
°	Grau de ângulo
%	Porcentagem
cm	Centímetro
kg	Quilograma
mHz	Megahertz
mL	Mililitro
mL/kg	Mililitro por quilograma
mL/m <sup>2</sup>	Mililitro por metro quadrado
p	Valor de significância estatística
$\rho$	Coefficiente de correlação de Spearman
Q1	Primeiro interquartil
Q3	Segundo interquartil
Q1–Q3	Intervalo interquartil
R <sup>2</sup>	Coefficiente de determinação

## SUMÁRIO

	Página
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>19</b>
2.1 <i>Anatomia e fisiologia do ventrículo esquerdo.....</i>	<i>19</i>
2.2 <i>Exame ecodopplercardiográfico.....</i>	<i>21</i>
2.2.1 <i>Modo Bidimensional.....</i>	<i>21</i>
2.2.2 <i>Modo-M.....</i>	<i>22</i>
2.2.3 <i>Doppler.....</i>	<i>23</i>
2.3 <i>Métodos de quantificação ecocardiográfica volumétrica do ventrículo esquerdo em cães .....</i>	<i>24</i>
2.3.1 <i>Método de Teichholz.....</i>	<i>24</i>
2.3.2 <i>Método de Simpson.....</i>	<i>25</i>
2.3 <i>Doença mixomatosa valvar mitral.....</i>	<i>27</i>
<b>3. SEÇÃO I.....</b>	<b>31</b>
<b>4. SEÇÃO II.....</b>	<b>56</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>72</b>