



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**ADAPTAÇÃO VENTRICULAR ESQUERDA EM CÃES DE  
PASTOREIO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**RAIMY COSTA MARTINS**

Uruguaiana

2017

**RAIMY COSTA MARTINS**

**ADAPTAÇÃO VENTRICULAR ESQUERDA EM CÃES DE  
PASTOREIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo da Exaltação Pascon

Co-orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Lígia de Arruda Mistieri

**Uruguiana  
2017**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

M386a Martins, Raimy Costa Martins  
Adaptação ventricular esquerda em cães de pastoreio / Raimy  
Costa Martins Martins.  
70 p.

Dissertação (Mestrado)-- Universidade Federal do Pampa,  
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL, 2017.

"Orientação: João Paulo da Exaltação Pascon Pascon".

1. Speckle Tracking. 2. Coração Atleta. 3. Strain. 4.  
Strain rate. 5. Ecocardiografia. I. Título.

**RAIMY COSTA MARTINS**

**ADAPTAÇÃO VENTRICULAR ESQUERDA EM CÃES DE  
PASTOREIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Cardiologia  
Veterinária

Dissertação defendida e aprovada em: 21/03/2017

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. João Paulo da Exaltação Pascon  
Orientador

---

Prof. Dr. Evandro Zacché Pereira

---

Prof. Dr. Gabriel Gustavo Bergmann

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente a Deus, por ter me proporcionado sabedoria e perseverança para realizar este trabalho. Obrigado por ter permitido chegar até aqui, por toda direção e amparo na minha vida. Obrigado

A minha família pelo apoio incondicional, torcida e compreensão por estar tão longe, vocês são o motivo de toda esta caminhada até aqui. Obrigado pai e mãe por me passar valores como honestidade e humildade, com certeza fizeram a diferença. Amo vocês!

A minha madrinha Vanda, que infelizmente não está mais entre nós. Amante dos animais que sonhava em ser veterinária, obrigado por estar sempre torcendo por mim. Saudades!

Ao meu orientador, professor João Paulo, por ter confiado e acreditado em mim, por abrir as portas da cardiologia veterinária, pela prontidão e disposição em ajudar, e pela paciência nos meus momentos mais difíceis. Será sempre um exemplo de profissional e de pessoa para mim. Meus agradecimentos a minha co-orientadora Maria Lígia, por me aproximar da ultrassonografia articular, por estar sempre pronta a me ajudar, pelo carinho e apoio neste trabalho. Muito obrigado

A minha namorada e companheira Carine Rampelotto. Meu amparo, minha fortaleza, obrigado por me escutar, me manter sempre de pé e cabeça erguida nos momentos mais difíceis. Sem você tudo isso seria diferente. Obrigado pelo amor, carinho e dedicação ao longo destes anos. Te amo!

Aos colegas de mestrado, Marília Valandro e Karen Gúsman. Marília, obrigado por me receber de braços abertos, por me ajudar enquanto eu ainda 'engatinhava' na cardiologia. Karen, obrigado pela ajuda, pelas palavras de positividade, solidariedade e carinho, com certeza ajudaram. Obrigado pela amizade meninas!

Aos estagiários do SCV que fizeram parte deste trabalho, em especial ao Matheus Montano, meu braço direito nesta jornada.

Aos proprietários dos cães, por me receberem de braços abertos sem ao menos me conhecer. Obrigado pela confiança, lembrarei de vocês com carinho.

E por último, mas não menos importante, meu agradecimento a Santa, Bruxa, Pepper, Cortio, Cacau, Guasha, Guri, Caiboaté, Moacir, Araguana, Frederico, Bagé, Belinha, Negão, Lessie, Larissa, Índia, Shamarita, Guapo, Bolotinha, Bolachinha, Piassa, Bojo (o terrível), Fofinho, Solito, Max, Negrinha, Guri e aos três Campeiros. Amigos ovelheiros e border's, obrigado pela paciência! Sem vocês nada disso seria possível...lembrarei de vocês com carinho por toda minha vida.

*“É preciso que eu suporte duas ou três larvas se quiser conhecer as borboletas”  
Antoine de Saint-Exupéry*

## RESUMO

O “coração atleta” é o termo designado para caracterizar as adaptações cardíacas funcionais e anatômicas secundárias ao treinamento físico intenso e prolongado em humanos e animais. O ecocardiograma desempenha papel fundamental em distinguir as adaptações fisiológicas secundárias ao exercício, outrossim, as recentes técnicas introduzidas como Speckle Tracking (Ste) têm permitido obter informações relevantes a respeito da função cardíaca em humanos atletas. Desta forma, objetivou-se avaliar por meio do ecocardiograma, a estrutura e função sistólica do ventrículo esquerdo de cães praticantes de pastoreio há no mínimo quatro meses, cinco a seis vezes por semana, de quatro a oito horas por dia. Para tanto, 31 cães foram divididos em dois grupos: grupo pastoreio (GP, n=15) e grupo sedentário (GS, n=16), avaliados em um único momento, em repouso, e posteriormente submetidas a análise de variância, multivariada (ANOVA), dois por dois, em nível de significância à 95% ( $p < 0,05$ ) e tendência à 90% ( $p < 0,1$ ). Os cães do GP apresentaram maiores valores de diâmetro interno do ventrículo esquerdo ao final da sístole (GP:  $2,72 \pm 0,09$ ; GS:  $2,43 \pm 0,09$ ;  $P < 0,034$ ) indicando predomínio isotônico desta atividade. O volume sistólico apresentou-se maior no GP (GP:  $28,51 \pm 2,20$ ; GS:  $22,13 \pm 2,17$ ;  $P < 0,049$ ), enquanto o índice de performance miocárdica do ventrículo esquerdo (GP:  $0,37 \pm 0,03$ ; GS:  $0,46 \pm 0,03$ ;  $P < 0,028$ ) e o movimento sistólico septal (GP:  $0,13 \pm 0,01$ ; GS:  $0,15 \pm 0,01$ ;  $P < 0,044$ ) foram menores em relação ao GS, indicando melhor função cardíaca sisto-diastólica nos cães de pastoreio. Por meio da técnica Ste foi possível observar diminuição dos valores de strain e ou strain rate de alguns segmentos nos cães do GP, nos sentidos radial, circunferencial, longitudinal e transversal em relação ao GS, indicando menor necessidade de deformação miocárdica para a manutenção da função sistólica. Os resultados encontrados indicam que as variáveis ecocardiográficas convencionais (estruturais e funcionais), teciduais e provenientes da técnica STe, foram complementares e fundamentais para a compreensão das adaptações cardiovasculares em cães de pastoreio.

Palavras-chave: Speckle tracking; coração atleta; strain; strain rate; ecocardiografia



## ABSTRACT

The "athlete's heart" is the term designed to characterize functional and anatomic cardiac adaptations secondary to intense and prolonged physical training in humans and animals. The echocardiogram plays a fundamental role in distinguishing the physiological adaptations secondary to exercise, also, the recent techniques introduced as Speckle Tracking Echocardiography have allowed us to obtain relevant information regarding cardiac function in human athletes. The aim of this study was to evaluate the structure and systolic function of the left ventricle of dogs practicing herding for at least four months, five to six times a week, from four to eight hours a day using echocardiography. For this, 31 dogs were divided into two groups: herding group (GP, n=15) and sedentary group (GS, n=16), evaluated in a single moment, at rest, and then submitted the multivariate analysis of variance (ANOVA), two by two, at the level of significance at 95% ( $p < 0,05$ ) and tendency to 90% ( $p < 0,1$ ). The GP dogs showed higher values of internal diameter of the ventricle at the end of systole (GP:  $2,72 \pm 0,09$ ; GS:  $2,43 \pm 0,09$ ;  $P < 0,034$ ), indicating isotonic predominance of this activity. At respect functional adaptations variables, systolic volume was higher in GP (GP:  $28,51 \pm 2,20$ ; GS:  $22,13 \pm 2,17$ ;  $P < 0,049$ ), differently from myocardial performance index of the left ventricle (GP:  $0,37 \pm 0,03$ ; GS:  $0,46 \pm 0,03$ ;  $P < 0,028$ ) and septal systolic movement to GS (GP:  $0,13 \pm 0,01$ ; GS:  $0,15 \pm 0,01$ ;  $P < 0,044$ ). By means of the Ste technique, it was possible to observe a decrease in the strain and or strain rate values in GP dogs, in the radial, circumferential, longitudinal and transverse directions in relation to GS, indicating a lower need for myocardial deformation to maintain systolic function. The results indicate that the conventional echocardiographic variables (structural and functional) and tissue, obtained by the STe technique, were complementary and essential for the understanding of cardiovascular adaptations in herding dogs.

Palavras-chave: Speckle tracking; Athlete's Heart; strain; strain rate; echocardiography

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Caracterização dos grupos experimentais quando à raça, gênero, em número (n) e porcentagem (%), peso e idade média e $\pm$ desvios-padrão.....	31
Tabela 2:	Indicadores sistólicos representados por strain (ST) e strain rate (STR), obtidos pela técnica speckle tracking (STe) ventrículo esquerdo.....	38
Tabela 3:	Valores médios $\pm$ desvios-padrão, referentes às variáveis ecocardiográficas estruturais em cães de pastoreio (GP) e cães sedentários (GS).....	40
Tabela 4:	Valores médios $\pm$ desvios-padrão, referentes às variáveis ecocardiográficas indicadoras de função sistólica em cães de pastoreio (GP) e cães sedentários (GS).....	41
Tabela 5:	Valores médios $\pm$ desvios-padrão, referentes ao strain (ST) e strain rate (STR) radial obtidos pela técnica speckle tracking bidimensional (STe) em cães de pastoreio (GP) e cães sedentários(GS).....	44
Tabela 6:	Valores médios $\pm$ desvios-padrão, referentes ao strain (ST) e strain rate (STR) circunferencial endocárdio e epicárdio obtidos pela técnica speckle tracking (STe) em cães de pastoreio (GP) e cães sedentários (GS).....	46
Tabela 7:	Valores médios $\pm$ desvios-padrão, referentes ao strain (STt) e strain rate (STR) longitudinal epicárdio e endocárdio obtidos pela técnica speckle tracking bidimensional (STe) em cães de pastoreio (GP) e cães sedentários (GS).....	48
Tabela 8:	Valores médios $\pm$ desvios-padrão, referentes ao strain (ST) e strain rate (STR) transversal obtidos pela técnica speckle tracking (STe) em cães de pastoreio G(GP) e cães sedentários (GS).....	50

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Padrão de speckles em escala de cinza em imagem bidimensional. dY: deslocamento dos pontos; dX: tempo de deslocamento (Adaptado de Suffoletto et al., 2006).....	23
Figura 2:	Imagem ilustrativa dos sentidos de deformação miocárdica e índices sistólicos obtidos pela técnica speckle tracking. A - Sentido de deformação longitudinal (seta verde) do ventrículo esquerdo (VE), obtido na janela paraesternal esquerda plano apical 4 câmaras; B- Onda S negativa do strain longitudinal (seta branca); C - Sentido de deformação radial (seta azul) do ventrículo esquerdo (VE), obtido na janela paraesternal esquerda eixo curto, plano papilar; D – Onda S positiva do strain radial (seta amarela); E - Sentido de deformação circunferencial (seta vermelha) do ventrículo esquerdo (VE), obtido na janela paraesternal esquerda eixo curto, plano papilar; F– Onda S negativado strain circunferencial (seta rosa).....	25
Figura 3:	Cão da raça Ovelheiro Gaúcho durante a atividade de pastoreio.....	32
Figura 4:	Estudo do modo M do ventrículo esquerdo (VE), obtido por meio da janela paraesternal direita, eixo transversal, plano das cordoalhas tendíneas. Septo interventricular (seta amarela); parede livre do ventrículo esquerdo (seta azul).....	34
Figura 5:	Representação do movimento sistólico (Sm), da região de inserção do anel mitral na porção septal do ventrículo esquerdo (VE), obtido por meio da janela paraesternal esquerda, plano apical quatro câmaras.....	35
Figura 6:	Aplicação da técnica speckle tracking na janela paraesternal direita, eixo transversal, plano papilar. A - Rastreamento da musculatura endocárdica de forma manual no final da sístole. B - Marcação automática da borda epicárdica de forma automática realizada pelo software. C - Geração e translocação dos vetores durante o ciclo cardíaco. D - Representação gráfica e quantitativa do ST. Ventrículo esquerdo (VE); Onda S positiva (seta vermelha).....	37
Figura 7:	A e B: Identificação dos segmentos miocárdicos do ventrículo esquerdo (VE) no eixo transversal. 1 - Anterior septal; 2 – Anterior; 3 - Lateral; 4 - Posterior; 5 - Inferior; 6 - Septal.....	37
Figura 8:	A e B: Identificação dos segmentos miocárdicos do ventrículo esquerdo (VE) no plano apical quatro câmaras. 1 - Basal septal; 2 – Médio septal; 3 – Apical septal; 4 – Apical lateral; 5 – Inferior lateral; 6 - Septal lateral.....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS

2D - Modo bidimensional

% - Percentual

® - Marca registrada

AE - Átrio esquerdo

Ant Sep - Anterior septal

AO - Artéria aorta

CD - Doppler colorido

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais

CI - Índice cardíaco

cm - Centímetros

d - Diástole

DC - Débito cardíaco

DE - Doppler espectral

DIVEs - Diâmetro interno do ventrículo esquerdo ao final da sístole

DIVEd - Diâmetro interno do ventrículo esquerdo ao final da diástole

ECG - Eletrocardiograma

ECO - Ecocardiograma

et al. - E outros

FC - Frequência cardíaca

FEj% - Fração de ejeção

FS% - Fração de encurtamento

GP - Grupo pastoreio

GS - Grupo sedentário

iMVE - Índice de massa ventricular esquerda

Inf - Inferior

iTEI - Índice de desempenho miocárdico global

IVT - Imagem de velocidade tecidual

IVVEFd - Índice do volume ventricular esquerdo ao final da diástole

IVVEFs - Índice do volume ventricular esquerdo ao final da sístole

Lat - Lateral

min - Minuto

ml - Mililitro

m/s - Metros por segundo

MVE - Massa ventricular esquerda

Par - Parietal

PLVE - Parede livre do ventrículo esquerdo

Post - Posterior

s - Sístole

Sep - Septal

SIVE - Septo interventricular

Sm - Movimento sistólico

ST - Strain

STe - Speckle tracking echocardiography

STR - Strain rate

Vaor - Velocidade do fluxo aórtico

VE - Ventrículo esquerdo

Vpul - Velocidade do fluxo pulmonar

VS - Volume sistólico

VVEd - Volume ventricular esquerdo ao final da diástole

VVEs - Volume ventricular esquerdo ao final da sístole

# SUMÁRIO

–	
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	15
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	17
2.1 Adaptação cardiovascular ao exercício	17
2.2 Ecocardiografia	21
2.2.1 Speckle Tracking	23
2.3 Alterações ecocardiográficas secundárias ao exercício físico	26
<b>3 OBJETIVOS</b>	29
3.1 Gerais	29
3.2 Específicos	29
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	30
4.1 Local	30
4.2 Animais e grupos experimentais	30
4.3 EcoDopplercardiografia	33
4.3.1 Avaliação das variáveis estruturais do coração	33
4.3.2 Avaliação das variáveis indicadoras de função sistólica	34
4.4 Análise Estatística	38
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	39
<b>6 CONCLUSÃO</b>	52
<b>7 REFERÊNCIAS</b>	53
<b>APÊNDICE 1 – Fórmulas matemáticas utilizadas para determinação de algumas variáveis utilizadas no estudo:</b>	66

## 1 INTRODUÇÃO

A síndrome do coração atleta é definida pelo remodelamento cardíaco em resposta a exercícios prolongados e de alta intensidade. O aumento da massa, espessura parietal e/ou diâmetro interno do ventrículo esquerdo são as principais adaptações que definem esta síndrome, no entanto, tais adaptações diferem de acordo com o tipo de exercício realizado.

Nesse contexto, exercícios isotônicos (dinâmicos) resultam em aumento da massa miocárdica e aumento proporcional do diâmetro e espessura da parede ventricular esquerda decorrente da sobrecarga volumétrica imposta. Enquanto exercícios isométricos (estáticos) promovem aumento da massa miocárdica, com aumento da espessura da parede ventricular, sem aumento do diâmetro interno do ventrículo esquerdo, em consequência do aumento da pressão arterial. No entanto, é sabido que a grande parte das atividades físicas possuem características mistas (isotônicas e isométricas), podendo resultar em adaptações cardíacas variadas.

Neste cenário, o exame ecocardiográfico permitiu fundamentar as principais adaptações cardiovasculares de acordo com cada tipo de exercício. Porém, algumas variáveis rotineiramente utilizadas como indicadores de função sistólica, como fração de ejeção e de encurtamento, sofrem influência da volemia, dificultando a avaliação precisa da função miocárdica intrínseca. A obtenção da taxa (Strain) e velocidade (Strain rate) de deformação miocárdica segmentar durante a sístole e diástole, por meio da nova técnica bidimensional speckle tracking (STe), permite avaliação detalhada da função miocárdica global e regional, abrindo novos horizontes no entendimento das adaptações cardíacas ao exercício.

Há muito tempo os cães acompanham o homem em diversas funções como puxadores de carga ou trenó, jogos de caça, guarda, busca, salvamento e pastoreio. No entanto, as divergências metabólicas, tipo e intensidade de atividade, entre essas duas espécies, podem resultar em adaptações miocárdicas distintas. Nesse sentido, torna-se importante conhecer essa resposta para a espécie canina em suas diversas atividades.

Cães de pastoreio são fundamentais para o auxílio em sistemas de pastejo de larga escala de rebanhos bovinos e/ou ovinos. A atuação destes cães aumenta a eficiência do trabalho de manejo desses rebanhos, além de diminuir significativamente o custo de produção. No entanto, compreender as adaptações cardiovasculares ao pastoreio torna-se fundamental para o adequado acompanhamento desses cães, permitindo a distinção entre cardiopatias e remodelamento cardíaco secundário à atividade de pastoreio, bem como da relação entre o desempenho na atividade e a função cardíaca.

Por fim, a exemplo de seres humanos atletas, a compreensão adequada da adaptação cardiovascular em cães de pastoreio visa também subsidiar o médico veterinário na manutenção da saúde desses cães, bem como avaliar e monitorar a adaptação cardiovascular à atividade de pastoreio.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Adaptação cardiovascular ao exercício

O exercício físico define-se por uma variedade de situações que retiram o organismo do seu estado basal. Tal eventualidade decorre do aumento instantâneo da demanda energética da musculatura exigida, assim como, do organismo como um todo, gerando diferentes tipos de adaptações (BRUM et al., 2004).

Dentre elas, as adaptações funcionais e estruturais do coração, decorrentes do treinamento físico sistemático, definem a síndrome do “coração atleta” (BAGGISH et al., 2008). Morganroth e colaboradores (1975), foram os primeiros a definir duas formas de “coração atleta” em humanos. A primeira refere-se às modificações do coração frente ao treinamento dinâmico ou isotônico, enquanto a segunda está relacionada ao treinamento de força ou isométrico.

Exercício dinâmico ou isotônico consiste naquele em que há contração muscular de baixa intensidade prosseguido de alteração do seu comprimento e movimento articular (MITCHELL et al., 2005). A capacidade de captação de oxigênio pelo indivíduo atleta representa importância fundamental, de modo que quanto maior o consumo máximo, maior a intensidade do exercício a ser realizado (MARON et al., 2005).

Durante o exercício isotônico prolongado, a maior demanda muscular por oxigênio resulta em expansão do volume plasmático pela ação do sistema renina-angiotensina-aldosterona, aliada ao aumento da frequência cardíaca pela ativação do sistema nervoso autônomo simpático (FORJAZ & TINUCCI, 2000; HELTON, 2009). Essa combinação de volume plasmático e frequência cardíaca promove aumento do volume ejetado pelo ventrículo esquerdo (volume sistólico) e, conseqüentemente, do débito cardíaco (FORJAZ et al., 1998). Assim sendo, o desvio de sangue visceral e muscular para a musculatura mais ativa promove aumento da pressão arterial sistólica, manutenção ou leve diminuição da pressão arterial diastólica e diminuição da resistência vascular periférica permitindo maior perfusão sanguínea e oxigenação muscular (FAGARD, 2003; BENINI et al., 2011).

O aumento do volume ventricular esquerdo ao final da diástole, secundário à expansão plasmática, promove secundariamente maior força de contração do miocárdio pelo mecanismo de Frank-Starling (STARLING & VISSCHER, 1926). Em função disso, há diminuição do volume ventricular ao final da sístole, refletindo a maior eficiência contrátil cardíaca pela adaptação ao exercício isotônico. Cronicamente, a sobrecarga de volume a que o coração é sujeito durante tal prática é responsável pelo aumento do diâmetro interno da cavidade e consequentemente da espessura ventricular esquerda pelo mecanismo de Frank-Starling. Ainda, na sobrecarga de volume ocorre aumento de sarcômeros em série, que associado ao deslizamento de feixes de miócitos, caracterizam a hipertrofia excêntrica do coração (BARBIER et al., 2006; MARON et al., 2006; MIHL et al., 2008).

O exercício estático ou isométrico implica grande força intramuscular, contudo, diferentemente dos exercícios isotônicos, estes não promovem alteração do comprimento muscular e movimento articular (MITCHELL et al., 2005). Exercícios desta categoria promovem obstrução mecânica do fluxo sanguíneo muscular em decorrência da contração muscular isométrica mantida, acarretando na elevação compensatória da pressão arterial (BRUM et al., 2004). No entanto, essa sobrecarga de pressão é acompanhada de aumento mínimo do consumo de oxigênio, débito cardíaco e frequência cardíaca, sem influenciar no volume sistólico (PLUIM et al., 2000).

O aumento da pressão arterial, durante a prática de exercício isométrico, culmina em elevação da pós-carga ou trabalho cardíaco, promovendo estímulo para síntese de sarcômeros em paralelo com aumento da espessura da parede ventricular, resultando assim em hipertrofia concêntrica do ventrículo esquerdo (MILL & VASSALO, 2001; MATSUBARA et al., 2005; FERREIRA, 2010). Sendo assim, exercícios isométricos caracterizam-se por desenvolverem aumento da massa miocárdica e da espessura parietal sem haver alteração do tamanho da cavidade ventricular esquerda (FAGARD, 2003; BAGGISH et al., 2008).

Em relação às alterações hormonais, sabe-se que o sistema renina angiotensina aldosterona desempenha papel fundamental na modulação da sobrecarga hemodinâmica imposta ao coração. A angiotensina II, peptídeo constituinte deste sistema, também é responsável pela hipertrofia miocárdica. Sua interação com receptores e células resulta em alterações no metabolismo celular, aumento do cronotropismo, e da resposta hiperplásica e hipertrofia celular (OIGMAN

& NEVES, 2000). No entanto, outras alterações biológicas devem ser consideradas como o aumento da expressão de protooncogenes e outros genes que regulam o crescimento e a diferenciação celular (WEBER & BRILLA, 1991).

Inicialmente, considerava-se que as diferentes práticas esportivas (isotônicas e isométricas), assim como suas referidas adaptações cardiovasculares, eram completamente dicotômicas. No entanto, sabe-se atualmente que treinos isotônicos também promovem aumento da pressão arterial, bem como em treinos isométricos existe aumento tênue da frequência cardíaca, do volume sistólico e débito cardíaco. Com base nessas observações, espera-se que seres humanos atletas apresentem características morfofuncionais típicas da modalidade isotônica e isométrica, visto que a maioria dos exercícios envolve os dois tipos de prática esportiva (MARON et al., 2006; BAGGISH et al., 2008; PAVLIK et al., 2012).

A crescente participação de cães em atividades esportivas e de trabalho, tem gerado grande número de pesquisas científicas a respeito das mudanças sistêmicas que ocorrem durante e após a atividade física. Além de melhor compreensão a respeito da fisiologia animal, estas mudanças permitem adequar o protocolo de treinamento, verificar a influência do tipo de dieta e suplemento alimentar e diminuir o risco de doenças ligadas ao exercício (ROVIRA et al., 2008).

Dentre os estudos já existentes a respeito da função cardiovascular de cães atletas, encontra-se a avaliação ecocardiográfica de cães puxadores de trenó (STEPHEN et al., 1998) e galgos de corrida (LONSDALE et al., 1998), eletrocardiografia em cães durante atividades de agility (ROVIRA et al., 2010), assim como a monitoração da frequência cardíaca de cães durante a prática de pastoreio (HANPSON & MCGOWAN, 2007).

Na década de noventa, Stephen e colaboradores (1998) verificaram aumento no diâmetro interno do ventrículo esquerdo ao final da diástole e da espessura da parede livre do ventrículo esquerdo e septo interventricular ao final da sístole, em cães puxadores de trenó submetidos ao treinamento físico em condições extremas, de caráter isométrico e isotônico.

No entanto, o treinamento isotônico de cães galgos resultou em adaptações na espessura do septo interventricular e parede livre do ventrículo esquerdo ao final da sístole e diástole, além de maior fração de encurtamento, sugerindo melhor função sistólica (LONSDALE et al., 1998). Ainda assim, diversas atividades e

treinamento realizados em cães tem adaptações desconhecidas, a exemplo do pastoreio.

Nesse contexto, o ecocardiograma se destaca por permitir a detecção das alterações referentes ao remodelamento cardíaco secundário ao treinamento físico, em humanos atletas (PAVLIK et al., 2013), bem como relacionar as adaptações ao tipo de exercício realizado, seja este de caráter isométrico ou isotônico (LONSDALE et al, 1998; STEPIEN et al., 1998).

## 2.2 Ecocardiografia

O ecocardiograma (ECO) consiste em importante técnica ultrassográfica, não invasiva, capaz de acessar a anatomia e função cardíaca (YU et al., 2007). Sua evolução permitiu analisar a morfologia cardíaca normal, alterada e adaptada, no caso de atletas (FARIA et al, 2012; D'ASCENZI et al., 2014; CASELLI et al., 2015) e ainda comparar a adaptação miocárdica de acordo com os diferentes tipos de exercício (D'ANDREA et al., 2010; MONTE, 2014; MIREA et al., 2015). Contudo, estas adaptações mimetizam hipertrofias de origem patológica, assim grande número de estudos tem sido focado no entendimento das diferenças entre essas condições (RICHAND et al., 2007; LAUSCHKE, 2009; WASFY & WEINER, 2015).

As modalidades ultrassonográficas mais recentes como a imagem de velocidade tecidual (IVT) e speckle tracking (STe), tem fornecido novos parâmetros para a avaliação da performance miocárdica: como velocidade e deformação miocárdicas, torção ventricular e sincronia mecânica (CHETBOUL et al., 2010).

O modo bidimensional (2D) e unidimensional (modo-M) consistem em técnicas ultrassonográficas que permitem estabelecer medidas da dimensão atrial e ventricular, espessura miocárdica, além de indicadores de função sistólica, como fração de ejeção (FEj%), fração de encurtamento (FS%), débito cardíaco e stress parietal sistólico (CHETBOUL et al., 2006; DEL CASTILLO et al., 2010; CHETBOUL et al., 2015).

Com a evolução do exame ecocardiográfico, pelo advento do Doppler espectral (DE) e Doppler colorido (CD), foi possível avaliar a função hemodinâmica do coração, por meio da análise da direção e velocidade do fluxo sanguíneo (BOON, 2011). Segundo Chetboul et al. (2004), quando associadas às outras técnicas de 2D e modo-M, essas modalidades permitem melhor avaliação da função cardiovascular. Contudo, as influências da pré-carga (volemia) e pós-carga (trabalho cardíaco) em suas variáveis representam a principal limitação dessas técnicas para avaliação da contratilidade miocárdica (SEBAG et al., 2005; MARWICK et al., 2007; TESKE et al., 2007; PAVLOPOULOS et al., 2008)

Nesse contexto, novas técnicas ecocardiográficas vêm sendo implantadas com o intuito de aprimorar a avaliação da deformação do músculo cardíaco (DEL CASTILLO & HERSZKOWICZ, 2008). Dentre elas, a IVT possibilita a quantificação

da função miocárdica global e regional por meio de medidas de velocidades intramiocárdicas durante o ciclo cardíaco, com menos influência das alterações de pré-carga e pós-carga (HUNG et al., 2004; CHETBOUL et al., 2010; CHETBOUL, 2016).

Em seres humanos submetidos a treino aeróbico de 60 minutos, três vezes por semana, durante 6 meses, o IVT detectou maiores valores de função sistólica após treinamento, ao contrário das variáveis convencionais (RODRIGUES et al., 2010). Por sua vez, sua aplicabilidade em cães (KIM & PARK, 2015) e gatos (CHETBOUL et al., 2006; SIMPSON et al., 2007) só foi verificada na detecção precoce de disfunção miocárdica secundária à cardiopatias.

Da mesma forma, as variáveis strain (ST) e strain rate (STR), derivadas da técnica tecidual, podem ser utilizadas para avaliar quantitativamente a deformação miocárdica e a velocidade com que esta deformação ocorre (CHETBOUL et al., 2007). Tecnicamente, o ST pode ser definido pela porcentagem de deformação de um segmento miocárdico (contração ou alongamento), enquanto o STR representa a velocidade com que esta deformação ocorre (1/s) (PELLERIN et al., 2003; DANDEL et al., 2009; WESS et al., 2011).

O STR pode ser calculado por meio da fórmula matemática  $(V_2 - V_1)/d$ , sendo “V” o gradiente de velocidade miocárdica entre dois pontos e “d” a distância entre eles (SILVA et al., 2007; GREENBERG et al., 2002). Os valores de STR de um mesmo seguimento, obtidos ao longo do ciclo cardíaco (sístole e diástole), originam curvas graficamente representadas, cujas integrais representam o valor de ST (CHETBOUL et al., 2010).

No entanto, a técnica apresenta limitações quanto a influência dos segmentos miocárdicos adjacentes, dependência da correta angulação do sinal Doppler, bem como o deslocamento do coração em relação à região miocárdica interrogada durante os movimentos de sístole e diástole (LIM et al, 2009; TIDHOLM et al, 2009; CHETBOUL et al., 2010). Tal limitação pode gerar artefatos que resultam em baixa resolução lateral, dificultando a correta avaliação das regiões apicais do ventrículo esquerdo (D’HOOGE et al., 2000). Contudo, a mais recente técnica introduzida, speckle tracking (STe), possui capacidade de superar esta limitação (CHETBOUL et al., 2007).

## 2.2.1 Speckle Tracking

Speckle tracking (STe) é reconhecida como uma das ferramentas ecocardiográficas mais recentes, capazes de acessar e quantificar a função miocárdica regional e global em seres humanos (MONDILLO et al., 2011) e animais (CHETBOUL et al., 2010; CARNABUCI et al., 2013; SUZUKI et al., 2013). A técnica baseia-se no rastreamento (tracking) de marcas digitais em escalas de cinza (speckles), criadas pela interação entre o feixe ultrassonográfico e as fibras miocárdicas durante o exame bidimensional (MONDILLO et al., 2011; WESS et al., 2011).

Estes speckles são distribuídos de forma homogênea dentro do miocárdio em imagens ultrassonográficas 2D como elementos pequenos e brilhantes que representam marcadores acústicos teciduais naturais, podendo estes serem capturados e monitorados quadro a quadro durante todo o ciclo cardíaco (Figura 1) (PAVLOPOULOS et al., 2008; CHETBOUL et al., 2010; BLESSBERGER et al., 2010).

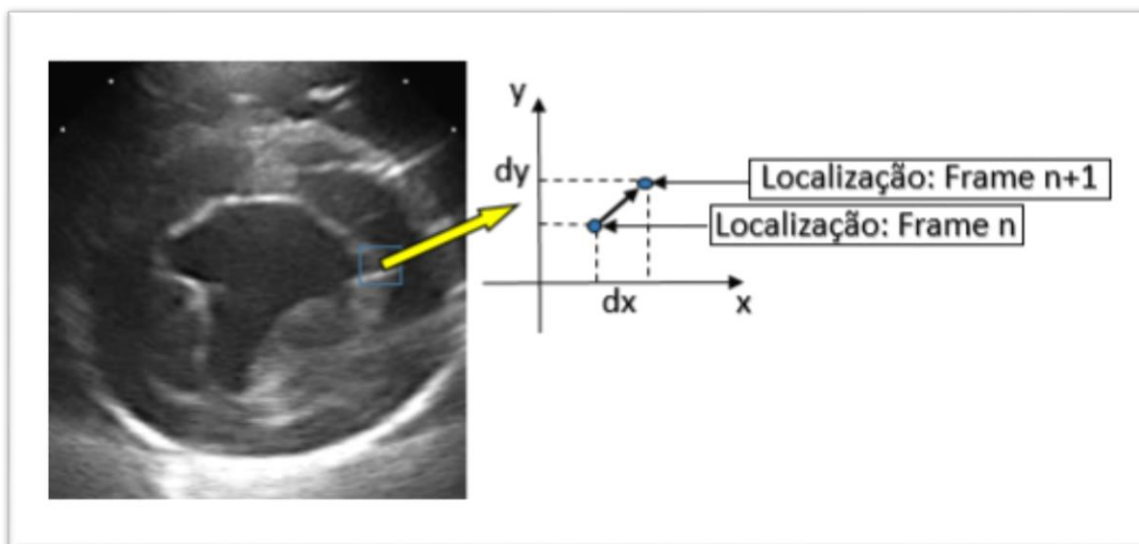


FIGURA 1 – Padrão de speckles em escala de cinza em imagem bidimensional.  $dy$ : deslocamento dos pontos;  $dx$ : tempo de deslocamento (Adaptado de Suffoletto et al., 2006)

O deslocamento dos speckles apresentam mudanças instantâneas de direção e velocidade durante o ciclo cardíaco. Estas mudanças originam vetores, que indicam a deformação (ST) e a velocidade da taxa de deformação (STR) de cada segmento miocárdico específico (DELL CASTILLO & HERSZKOWICZ, 2008).

A técnica STe permite analisar a deformação miocárdica do ventrículo esquerdo em planos ortogonais nos sentidos radial, longitudinal e circunferencial e planos tangenciais referentes ao deslizamento entre o epicárdio e endocárdio (DEL CASTILLO et al., 2009). Blesberger e colaboradores (2010) afirmam que todas as medidas de deformação miocárdica são regionais, visto que a análise em conjunto de todos estes segmentos, representam a contratilidade miocárdica global.

A porcentagem (ST) e velocidade (STR) de deformação miocárdica no sentido base-ápice cardíaco (longitudinal) (Figura 2A) é obtida pela janela ecocardiográfica paraesternal esquerda, plano apical quatro e duas câmaras. A sobreposição dos filamentos de actina e miosina, ocorrida durante a sístole miocárdica, promove a aproximação entre os speckles rastreados, resultando em curva gráfica negativa (onda S) (Figura 2B), ao contrário do observado durante a diástole, onde o afastamento desses speckles geram as ondas positivas de movimento diastólico precoce do ventrículo esquerdo (onda E') e movimento diastólico tardio do ventrículo esquerdo (onda A') (MONDILLO et al., 2011; BANSAL et al., 2013).

Por sua vez, a deformação no sentido radial é obtida em plano transversal do ventrículo esquerdo (Figura 2C), visando avaliar o deslocamento dos speckles miocárdicos em direção ao centro da cavidade ventricular. A onda sistólica positiva (onda S) (Figura 2D) decorre do afastamento dos speckles miocárdicos, ocorridos durante a contração ventricular, ao passo que as ondas de relaxamento (diastólicas) são negativas (SAITO et al., 2009; MONDILLO et al., 2011).

Ainda pelo plano transversal do ventrículo esquerdo, mensura-se a deformação circunferencial do miocárdio, detectada ao longo do perímetro circular da cavidade ventricular (Figura 2E). Neste plano a porcentagem de deformação sistólica é representada (onda S) por curvas negativas (Figura 2F), a semelhança do descrito para o sentido longitudinal (DEL CASTILLO et al., 2009; MONDILLO et al., 2011).



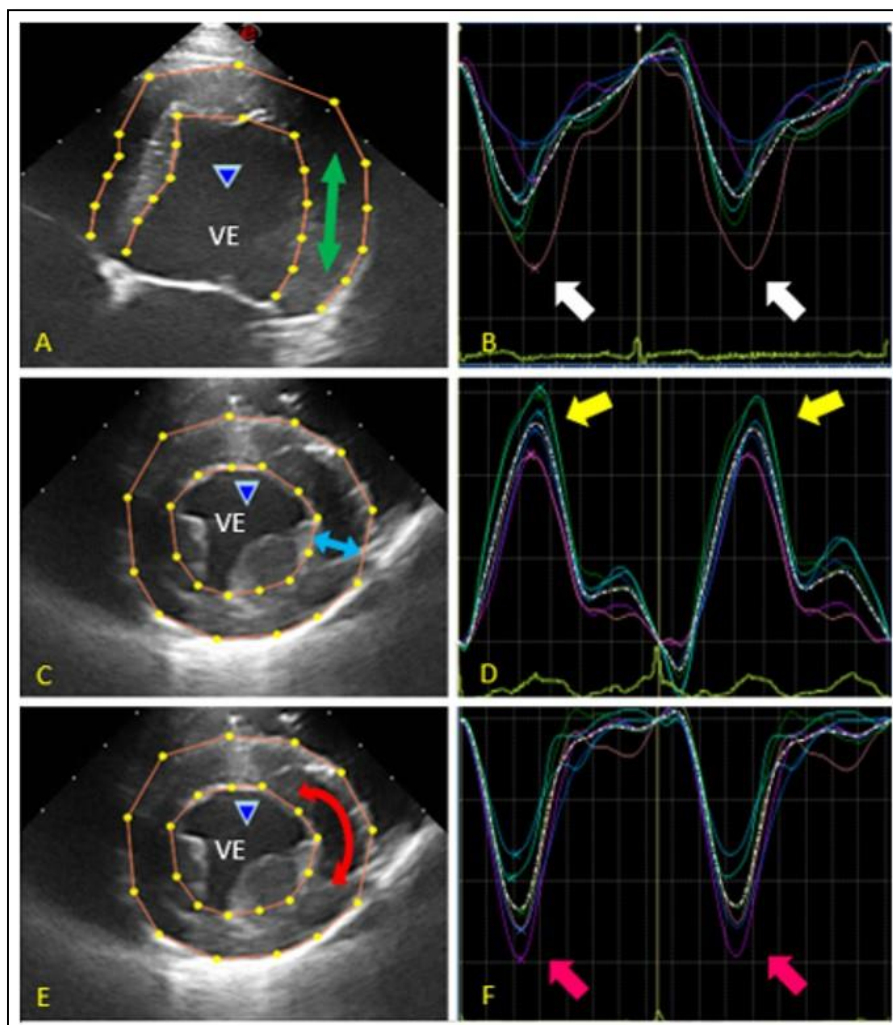


FIGURA 2- Imagem ilustrativa dos sentidos de deformação miocárdica e índices sistólicos obtidos pela técnica speckle tracking. A - Sentido de deformação longitudinal (seta verde) do ventrículo esquerdo, obtido na janela paraesternal esquerda plano apical 4 câmaras; B- Onda S negativa do strain longitudinal (seta branca); C - Sentido de deformação radial (seta azul) do ventrículo esquerdo, obtido na janela paraesternal esquerda eixo curto, plano papilar; D – Onda S positiva do strain radial (seta amarela); E - Sentido de deformação circunferencial (seta vermelha) do ventrículo esquerdo, obtido na janela paraesternal esquerda eixo curto, plano papilar; F – Onda S negativa do strain circunferencial (seta rosa). VE – Ventrículo esquerdo

Em seres humanos atletas a técnica tem concedido melhores esclarecimentos referentes à adaptação cardíaca secundária ao exercício, tais como a contração e hipertrofia miocárdica, geometria ventricular e atrial, e direção da deformação miocárdica (D'ASCENZI et al., 2016). Ainda assim, em cães sua aplicabilidade tem se limitado apenas em estabelecer valores de referência, padronização da técnica (CHETBOUL et al., 2008; WESS et al., 2011; CARNABUCI et al., 2013) e principalmente na melhor compreensão de cardiopatias (TAKANO et al., 2011; CHETBOUL & TISSIER, 2012; SMITH et al., 2012).

Em geral, a técnica ecocardiográfica STe permite avaliar profundamente a função miocárdica sistólica e diastólica, em diversas condições fisiológicas e patológicas, diferentemente da ecocardiografia convencional (MONDILLO et al., 2011). Sua capacidade em detectar mudanças sutis na função miocárdica, concedem medidas quantitativas da função sistólica do ventrículo esquerdo de alta importância, resultando em ampla aceitação da comunidade científica como exame complementar (BANSAL & KASLIWAL, 2013). No entanto, a técnica apresenta requisitos para adequada execução, como: dependência de imagens de alta qualidade, correta marcação da região miocárdica de interesse, movimentação do coração durante o ciclo cardíaco e incapacidade de se obter imagens completas do miocárdio em ventrículos de maior tamanho (BLESSBERGER et al., 2010)

### **2.3 Alterações ecocardiográficas secundárias ao exercício físico**

O desenvolvimento e rápida disseminação da ecoDopplercardiografia nas últimas décadas, gerou importantes avanços quanto ao entendimento da adaptação cardiovascular secundária ao exercício em seres humanos (D'ASCENZI et al., 2016) e cães atletas (LONSDALE et al., 1998; STEPIEN et al., 1998).

Seu frequente uso tem possibilitado a caracterização morfológica nos diferentes tipos de exercício realizado. Estudos comparando atletas profissionais praticantes de handebol (BUTZ et al., 2011), hockey (FAZEL et al., 2009) e tênis (OSBORN et al., 2007), exercícios estes predominantemente isotônicos, averiguaram maior diâmetro interno da cavidade ventricular esquerda no final da diástole quando comparados ao grupo sedentário. Diferentemente, em exercícios de caráter isométrico como westler (DEMIRELLI et al., 2015) e fisiculturismo (SZAUDER et al., 2015), predominou-se o espessamento da parede e septo interventricular na sístole e diástole, além de aumento da massa ventricular esquerda, respectivamente.

De acordo com Wang e colaboradores (2010), o mesmo processo de adaptação cardiovascular secundária a diferentes tipos exercício ocorre em animais. Ao estudar cães galgos de corrida submetidos a treinamento diário em esteira há no mínimo três anos, Lonsdale e colaboradores (1998) evidenciaram aumento na espessura do septo interventricular e parede livre do ventrículo esquerdo, ao final da

sístole e diástole, bem como na FS%, predizendo adaptação cardiovascular secundária ao exercício isométrico como em seres humanos. Ainda, cães puxadores de trenó, submetidos a treinamento de 20km/dia, durante cinco meses, apresentaram aumento no diâmetro interno da cavidade ventricular esquerda ao final da diástole, na espessura do septo interventricular ao final da sístole e diástole, e da massa ventricular esquerda, indicando envolvimento de exercício tanto isotônico como isométrico (STEPIEN et al., 1998).

Contudo, estas modalidades ecocardiográficas apresentam algumas limitações, como a dependência da pré-carga e capacidade de fornecer informações apenas sobre a função global e não regional, sugerindo, muitas vezes, índices normais de função sistólica de atletas em repouso (RAWLINS et al., 2009; DEMIRELLI et al., 2014).

A técnica STe tem proporcionado informações importantes quanto a adaptação da função miocárdica regional e global sisto-diafistólica frente aos diferentes tipos de treinamento físico, ao contrário das técnicas convencionais (MONTE et al., 2014; D'ASCENZI et al., 2016).

Ao estudarem exercícios predominantemente isotônicos, Simsek e colaboradores (2013) averiguaram que os valores de ST e STR longitudinal de atletas praticantes de basquete, voleibol e handebol são maiores quando comparados aos sedentários. Seguindo o mesmo critério, Richand e colaboradores (2007), ao compararem os valores de ST entre atletas futebolistas e sedentários, concluíram que os valores de ST radial e transversal foram significativamente maiores em atletas, ao contrário do ST longitudinal. Diferentemente, em estudo realizado por Nottin e colaboradores (2008), verificou-se semelhança dos valores de ST e STR longitudinal entre atletas praticantes de ciclismo e sedentários.

Em referência aos exercícios de caráter isométrico, atletas praticantes de halterofilismo, judô e jiu-jitsu apresentaram valores inferiores de ST circunferencial, radial e longitudinal quando comparados ao grupo controle (MONTE et al., 2014). Não obstante, em estudo comparando fisiculturistas e sedentários, Szauder et al. (2015) verificaram valores semelhantes de ST radial e longitudinal entre os dois grupos, e valores inferiores de ST circunferencial referente aos fisiculturistas.

Apesar do grande número de estudos nas mais diferentes modalidades esportivas em humanos atletas, permanece ainda a variabilidade de resultados referentes à técnica STe (D'ASCENZI et al., 2016).

Dentre as atividades esportivas e de trabalho realizadas pelos cães, destacam-se as atividades de trenó (STEPIEN et al., 1998), competições de corrida realizada por galgos (LONSDALE et al., 1998), atividades de agility (ROVIRA et al., 2010), busca e resgate (LIT, 2009) e pastoreio (HELTON, 2009).

Cães de pastoreio são conhecidos mundialmente pelo importante auxílio prestado no manejo de animais de produção. Sua participação é vista como ferramenta de trabalho pelos funcionários, de modo a aumentar a eficiência do trabalho realizado e diminuir o custo de produção nas propriedades pastoris (HORN et al., 2015). O instinto de pastoreio e inteligência associados à grande interação com seu condutor, permitem que estes animais realizem atividades de agrupamento, posicionamento, condução e separação dos animais de modo a substituir o trabalho do homem no campo (WILIANS, 2007; BARRETO, 2015).

No Rio Grande do Sul, a raça Ovelheiro Gaúcho Brasileiro tem se destacado pela ampla participação nas atividades de pastoreio. Os cães desta raça, de origem ainda incerta, apresentam grande interesse nas atividades humanas realizadas no campo e seu aprendizado ocorre ainda quando jovens, naturalmente, sem necessidade de interferência humana (BARRETO, 2015).

Barreto (2015) afirma que à atuação de homens e mulheres, sozinhos ou com pouco auxílio, na condução do rebanho bovino ou ovino é prática comum em muitas propriedades do estado, contudo, a presença adjunta do cão de pastoreio torna esta atividade muito menos exaustiva e duradoura.

Desta forma, em vista da importância da atividade de pastoreio realizada pelos cães, objetiva-se estabelecer valores ecocardiográficos de referência e interrogar as possíveis alterações ecocardiográficas estruturais e de função sistólica do ventrículo esquerdo relacionadas com esta atividade, principalmente no que se refere a técnica STe.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Gerais**

Avaliar as adaptações cardiovasculares estruturais e de função sistólica do ventrículo esquerdo de cães de pastoreio.

#### **3.2 Específicos**

- Avaliar e comparar as variáveis ecocardiográficas estruturais e de função sistólica do ventrículo esquerdo entre cães sedentários (GS) e cães praticantes de pastoreio (GP).

- Avaliar a função sistólica do ventrículo esquerdo, por meio das variáveis obtidas por meio do Doppler tecidual das porções septal e parietal (IVT), bem como segmentar (Speckle Tracking), e compará-los entre os grupos GS e GP.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Local**

Esse experimento foi realizado no Hospital Universitário Veterinário da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), campus Uruguaiana-RS, mediante aprovação do comitê de ética no uso de Animais (CEUA), da referida instituição, protocolado sob o nº 038/2015

### **4.2 Animais e grupos experimentais**

Participaram deste estudo 35 animais da espécie canina, das raças Border Collie (19) e Ovelheiro Gaúcho Brasileiro (12), com idade média de  $3,68 \pm 2,20$  anos e peso médio de  $19,67 \pm 3,76$  kg, machos (14) e fêmeas (17). De acordo com o nível de atividade física foram divididos em grupo sedentário (GS) e pastoreio (GP). Ao final da seleção, quatro cães foram excluídos (1 GP e 3 GS) por apresentarem: diagnóstico de leishmaniose visceral canina (1), endocardiose de valva mitral (2) e alto teor de estresse durante o exame ecocardiográfico (1).

Foram considerados sedentários os cães sem histórico de atividade física esportiva ou de trabalho, há no mínimo 12 meses. Dessa forma, o grupo GS foi composto por 16 cães, sendo cinco machos e 11 fêmeas, nove da raça Border Collie e sete da raça Ovelheiro Gaúcho Brasileiro.

Os cães do GP desenvolviam a atividade de pastoreio de cinco a seis vezes por semana, há no mínimo quatro meses ( $29,46 \pm 25,44$  meses) sendo composto por 16 cães, sendo cinco fêmeas e 10 machos, 10 da raça Border Collie e cinco da raça Ovelheiro Gaúcho Brasileiro.

A descrição detalhada dos grupos experimentais quanto a raça, gênero, idade e peso, em número e porcentagem estão elucidadas na tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização dos grupos experimentais quanto à raça, gênero, em número (n) e porcentagem (%), peso e idade médias  $\pm$  desvios-padrão

Características		Grupo sedentário (GS)	Grupo pastoreio (GP)
Raça	Ovelheiro Gaúcho - n(%)	7 (58,33)	5 (41,66)
	Border Collie - n(%)	9 (47,36)	10 (52,63)
Gênero	Macho - n(%)	5 (33,33)	10 (67,67)
	Fêmea- n(%)	11 (66,67)	5 (33,33)
Peso	Média (kg) $\pm$ desvio padrão	18,9 $\pm$ 0,86	20,22 $\pm$ 1,06
Idade	Média (anos) $\pm$ desvio padrão	3,94 $\pm$ 0,60	4,38 $\pm$ 0,57
<b>Total</b>	<b>Animais n(%)</b>	<b>16 (51,61)</b>	<b>15 (48,38)</b>

A prática do pastoreio realizada pelos cães do GP era separada em dois momentos. No primeiro momento, os cães acompanhavam os peões a cavalo por distâncias variadas ao encontro de rebanhos bovinos ou ovinos, localizados em espaços de campo aberto. Ao encontrar o rebanho os cães auxiliavam na condução, agrupamento, posicionamento e manutenção dos animais no local desejado, além de separar e conduzir animais de diferentes grupos. Essa etapa tinha duração média de  $3,44 \pm 0,88$  horas, geralmente durante o período matutino.

No segundo momento, com o rebanho já agrupado, a mesma atividade era realizada em área restrita, com o intuito de auxiliar o manejo dos animais (Figura 3). Da mesma forma, a segunda etapa realizada no período vespertino tinha duração de  $3,88 \pm 0,92$  horas, totalizando em média  $5,2 \pm 2,33$  horas de atividade de pastoreio. Todas as atividades eram realizadas em propriedades privadas dos respectivos proprietários.

Todos os cães previamente foram submetidos à avaliação clínica completa, exame eletrocardiográfico (ECG), determinação da pressão arterial e ecoDopplercardiografia em repouso, em um único momento, com intuito de selecionar apenas animais saudáveis. Não foram incluídos cães que apresentaram alterações indicativas de doença nos exames supracitados, assim como quando a participação não tenha sido autorizada pelos proprietários.



FIGURA 3 – Cão da raça Ovelheiro Gaúcho Brasileiro durante a atividade de pastoreio.



### 4.3 EcoDopplercardiografia

Os cães foram posicionados em decúbito lateral direito e esquerdo, por meio de contenção física, sem nenhum tipo de sedação ou anestesia. Todos os cães foram submetidos à tricotomia da região torácica, entre o bordo esternal e articulação costochondral e à aplicação de fina camada de gel entre o transdutor e a parede torácica do animal, com propósito de diminuir a interferência do ar e de obter-se imagem de maior qualidade.

O exame ecocardiográfico no modo bidimensional (2D), modo unidimensional (modo-M), Doppler espectral (DE), Doppler color (CD), imagem de velocidade tecidual (IVT), e speckle tracking (STe), foi realizado conforme as recomendações do Colégio Americano de Medicina Interna Veterinária (THOMAS et al., 1993), Sociedade Americana de Ecocardiografia (Boon, 1998) e adaptações segundo Boon et al. (2016) e Chetboul (2016).

Os exames foram realizados por meio do equipamento capacitado<sup>1</sup>, utilizando transdutores multi-frequencia (3-5 Mhz) e (4-11 Mhz), acompanhado por monitoramento eletrocardiográfico simultâneo. As imagens foram armazenadas em formato digital para posterior análise por meio do software específico<sup>2</sup>. Cada variável resulta da média de três mensurações realizadas pelo mesmo avaliador, cego ao grupo.

#### 4.3.1 Avaliação das variáveis estruturais do coração

Para a análise estrutural do coração foram avaliadas em modo M as seguintes variáveis obtidas em janela parasternal direita, eixo transversal e plano cordal: septo interventricular (SIVE), diâmetro interno do ventrículo esquerdo (DIVE) e parede livre do ventrículo esquerdo (PLVE), em sístole (s) e diástole (d). As variáveis supracitadas foram obtidas por meio do modo unidimensional (modo M), conforme descrito por Boon et al. (2016) (Figura 4).

---

<sup>1</sup> MyLab Twice Vet - ©Esaote do Brasil Ltda, São Paulo-BR

<sup>2</sup> MyLab Desk-Esaote

Ainda por meio do modo M foi obtido a massa ventricular esquerda (MVE), de acordo com Sociedade Americana de Ecocardiografia (Boon, 1998)

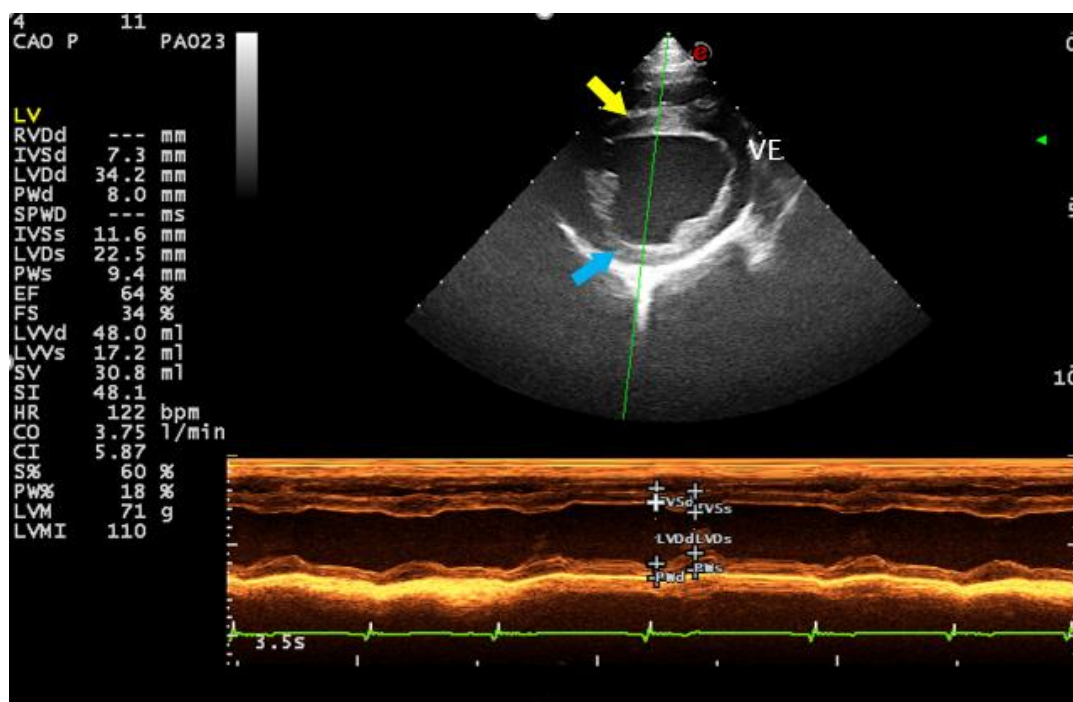


FIGURA 4 - Estudo em modo M do ventrículo esquerdo (VE), em janela paraesternal direita, eixo transversal, plano das cordoalhas tendíneas. Septo interventricular (seta amarela); parede livre do ventrículo esquerdo (seta azul).

Por fim, em modo 2D, janela paraesternal direita, eixo transversal, plano do átrio esquerdo/aorta, foi mensurado o diâmetro da artéria aorta (AO) e átrio esquerdo (AE), para posterior obtenção da relação AE/AO, conforme prescrito por Hansson et al, 2002.

#### 4.3.2 Avaliação das variáveis indicadoras de função sistólica

Com base nas medidas obtidas pelo modo-M, foram calculados os índices funcionais fração de encurtamento (FS%) e fração de ejeção (FEj%) de acordo com Lombard (1984) e Teicholz (1976) respectivamente.

Outros índices funcionais, como índice do volume ventricular esquerdo ao final da sístole (IVVEFs) e diástole (IVVEFd), volume ventricular esquerdo ao final da sístole (VVEs) e diástole (VVEd), índice de estresse da parede ao final da sístole e diástole, índice de ejeção, índice cardíaco (IC), débito cardíaco (DC), volume sistólico

(VS) e índice Tei de performance miocárdica do ventrículo esquerdo foram obtidos por meio das fórmulas descritas no Apêndice 1.

Por meio do IVT foi avaliada a velocidade miocárdica longitudinal do movimento sistólico (Sm) na porção parietal e septal do ventrículo esquerdo, conforme Chetboul et al. (2004) (Figura 5).

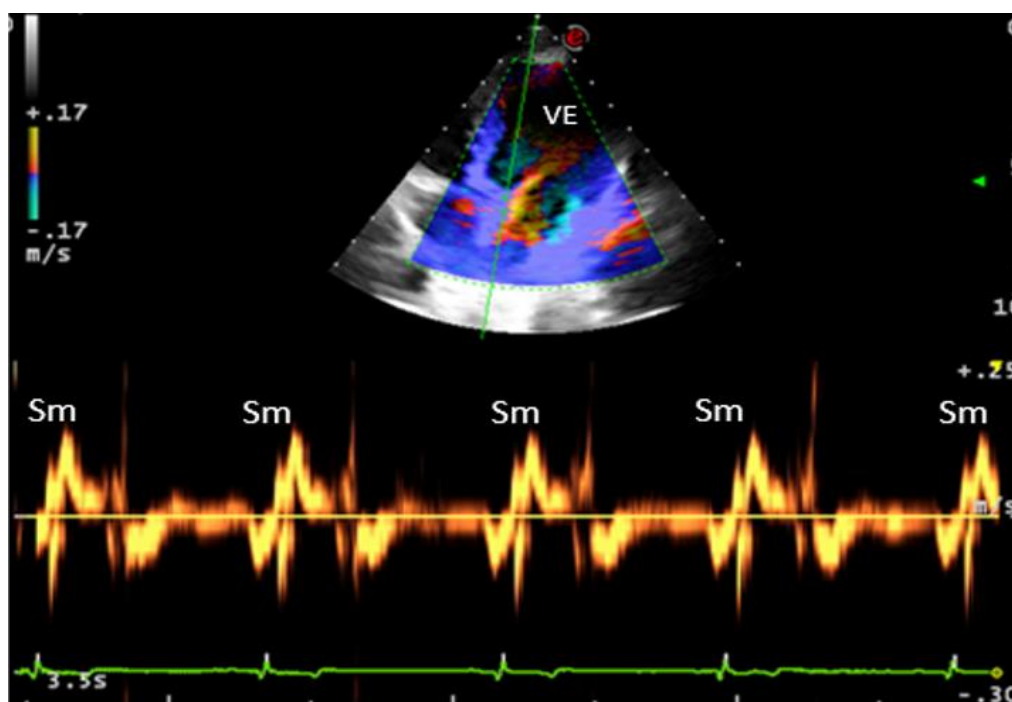


FIGURA 5 - Representação do movimento sistólico (Sm), da região de inserção do anel mitral na porção septal do ventrículo esquerdo (VE), obtido por meio de probe setorial de frequência de 3 a 5 Mhz, em janela paraesternal esquerda, plano apical quatro câmaras.

Utilizando a técnica STe foram obtidos os indicadores de deformidade (ST) e velocidade de deformação (STR) miocárdica, conforme descrito por Chetboul e colaboradores (2007). Para este fim, foram adquiridas imagens bidimensionais em janela paraesternal direita, eixo transversal, plano papilar; e em janela paraesternal esquerda, eixo longitudinal, plano apical quatro câmaras. As imagens foram armazenadas para análise off-line com o auxílio de software especializado<sup>3</sup>. Foram coletados, no mínimo, três ciclos cardíacos consecutivos, associados a monitorização contínua do ECG.

O rastreamento da musculatura miocárdica, procedeu-se com a demarcação automática da borda endocárdica e epicárdica realizada pelo sistema AHS (Aided

<sup>3</sup> XStrain-MyLab Desk (ESAOTE)

Heart Segmentation) (Figura 6A), sendo posteriormente ajustada manualmente pelo avaliador, quando necessário (Figura 6B), afim de otimizar o rastreamento das marcas acústicas. Subsequentemente, o deslocamento das marcações após o processamento das imagens, geraram vetores que apresentavam mudanças instantâneas de direção e sentido (Figura 6C). Por fim, os valores de ST e STR dos seis segmentos miocárdicos, eram representados graficamente e quantitativamente, de forma automática pelo software (Figura 6D).

Os indicadores sistólicos representados por ST e STR foram automaticamente obtidos pelo software nos sentidos radial e circunferencial, dos segmentos anterior septal, anterior, lateral, posterior, inferior e septal (eixo transversal) (Figura 7); e longitudinal e transversal dos segmentos basal septal, basal lateral, medial septal, medial lateral, apical septal e apical lateral (plano apical quatro câmaras) (Figura 8). Ainda neste contexto, os seis segmentos nos sentidos circunferencial e longitudinal foram avaliados quanto aos índices sistólicos da porção endocárdica e epicárdica (Tabela 2).

Os cães que apresentaram imagens de má qualidade e os segmentos que não apresentaram rastreamento satisfatório, foram automaticamente excluídos e não contabilizados no experimento.

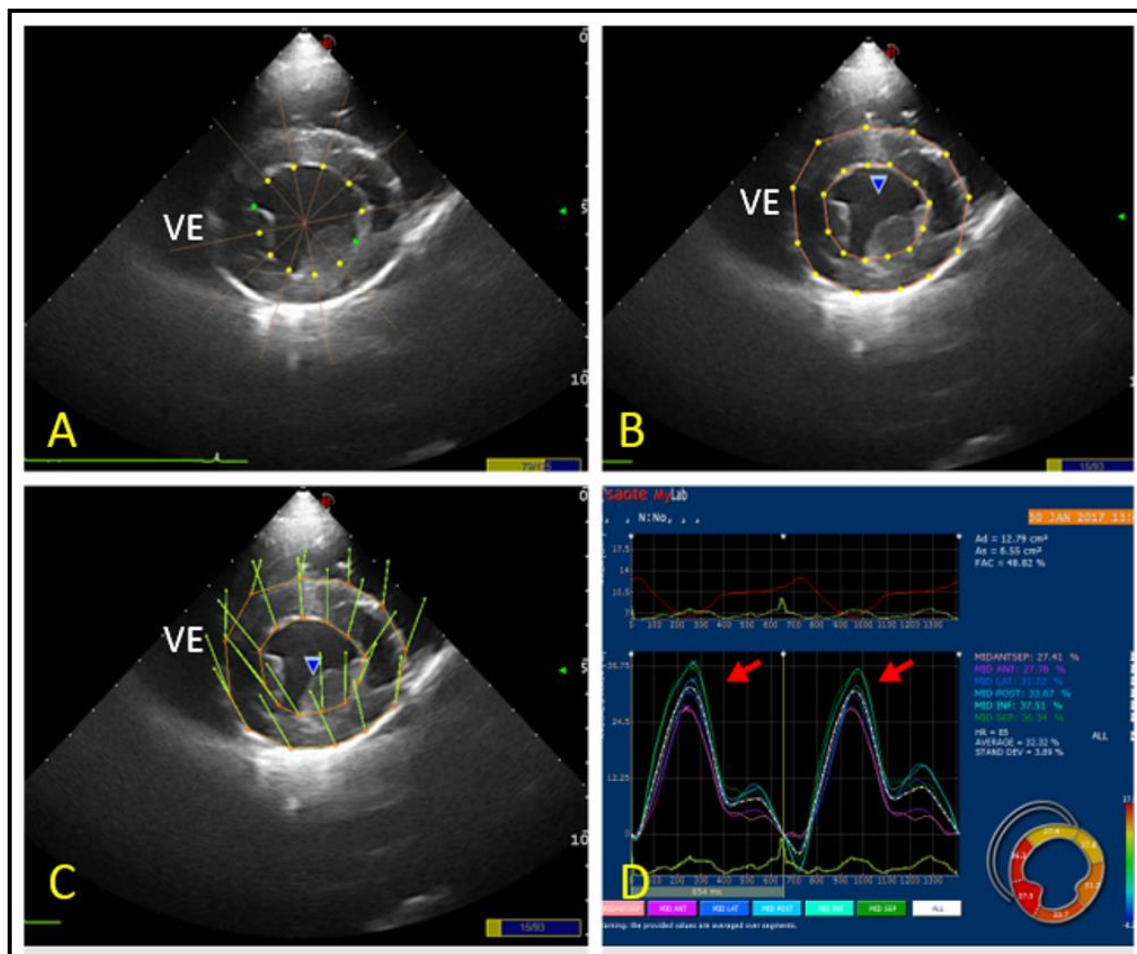


FIGURA 6 – Aplicação da técnica speckle tracking (STe), obtido por meio de probe setorial na frequência de 7 a 11 Mhz, em janela paraesternal direita, eixo transversal, plano papilar. A - Rastreamento da musculatura endocárdica de forma manual no final da sístole. B - Marcação automática da borda epicárdica realizada pelo software. C - Geração e translocação dos vetores durante o ciclo cardíaco. D - Representação gráfica e quantitativa do ST. Ventrículo esquerdo (VE); Onda S positiva (seta vermelha).

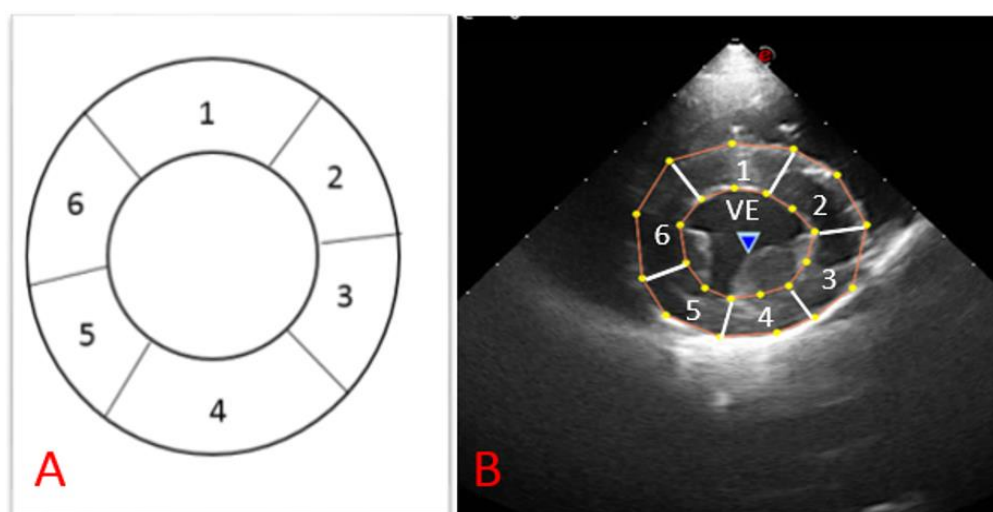


FIGURA 7 – A e B: Identificação dos segmentos miocárdicos do ventrículo esquerdo (VE) no eixo transversal. 1 - Anterior septal; 2 – Anterior; 3 – Lateral; 4 – Posterior; 5 – Inferior; 6 – Septal

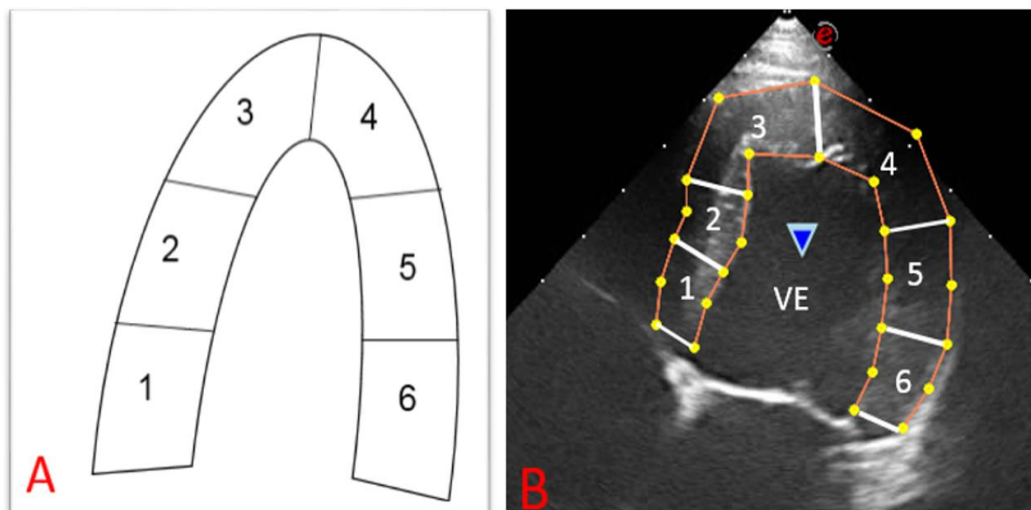


FIGURA 8 – A e B: Identificação dos segmentos miocárdicos do ventrículo esquerdo (VE) no plano apical quatro câmaras. 1 - Basal septal; 2 – Médio septal; 3 – Apical septal; 4 – Apical lateral; 5 – Inferior lateral; 6 – Septal lateral

TABELA 2 - Indicadores sistólicos representados por strain (ST) e strain rate (STR), obtidos pela técnica speckle tracking (Ste) ventrículo esquerdo

Circunferencial		Longitudinal		Transversal	Radial
Borda		Borda			
Endocárdio	Epicárdio	Endocárdio	Epicárdio		
Anterior septal	Anterior septal	Basal septal	Basal septal	Basal septal	Anterior septal
Anterior Lateral	Anterior Lateral	Basal lateral	Basal lateral	Basal lateral	Anterior Lateral
Posterior	Posterior	Medial septal	Medial septal	Medial septal	Posterior
Inferior	Inferior	Medial lateral	Medial lateral	Medial lateral	Inferior
Septal	Septal	Apical septal	Apical septal	Apical septal	Septal
		Apical lateral	Apical lateral	Apical lateral	

#### 4.4 Análise Estatística

Todas as variáveis ecocardiográficas foram submetidas à análise de variância multivariada (ANOVA), dois por dois, em nível de significância à 95% ( $p < 0,05$ ) e tendência à 90% ( $p < 0,1$ )<sup>4</sup>.

<sup>44</sup> IBM SPSS STATISTICS 20.0

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final do período experimental foram avaliados 31 cães divididos entre os grupos GS (n=16) e GP (n=15). A análise de variância multivariada permitiu confirmar a semelhança do peso corporal, raça e idade ( $p>0,05$ ) entre os grupos GP (18,99±0,86kg; 3,94±0,60anos) e GS (20,22 ±1,06kg; 4,38 ± 0,57anos). Da mesma forma, o gênero não influenciou as variáveis ecocardiográficas entre os grupos ( $p>0,05$ ), ainda que a porcentagem superior de machos no GP seja evidente (tabela 1). Esses achados conferem maior confiabilidade aos resultados que serão demonstrados na sequência, visto que muitas variáveis ecocardiográficas podem sofrer influência do peso, raça, gênero e idade (BOON et al., 2011).

Ao avaliar os valores de pressão arterial não foram observadas diferenças na pressão sistólica (GP: 135,5±4,95; GS: 141,9±4,87;  $p=0,36$ ) e diastólica (GP: 91,55±5,98; GS: 96,64±5,89;  $p=0,55$ ) entre os grupos. No entanto, a diminuição da pressão arterial já foi observada em cães atletas, quando em repouso (BODEY & MICHELL, 1998; STEPIEN et al., 1998), assim como em seres humanos (D'ANDREA et al., 2010; SIMSEK et al., 2011). Dessa forma, podemos inferir que a atividade do pastoreio não influenciou na pressão arterial de repouso, nos cães do GP.

Em relação às variáveis ecocardiográficas estruturais, os valores médios e desvios-padrão dos cães do grupo GP e GS encontram-se na tabela 3. A variável diâmetro interno do ventrículo esquerdo ao final da sístole (DIVEs) foi maior no grupo GP em relação ao grupo GS ( $p<0,05$ ). Esse aumento da câmara ventricular esquerda não foi acompanhado por modificações na espessura do septo ou parede livre ventricular, sugerindo adaptação cardiovascular ao pastoreio do tipo isotônica (MIHL et al., 2008).



TABELA 3 - Valores médios  $\pm$  desvios-padrão, referentes as variáveis ecocardiográficas estruturais em cães de pastoreio (GP) e cães sedentários (GS).

Variáveis	(GP)	(GS)	Valor de P
DVEd (cm)	3,98 $\pm$ 0,12	3,73 $\pm$ 0,12	0,147
DVEs (cm)	2,72 $\pm$ 0,09	2,43 $\pm$ 0,06	0,031*
SIVd (cm)	0,87 $\pm$ 0,04	0,85 $\pm$ 0,04	0,762
SIVs (cm)	1,17 $\pm$ 0,05	1,09 $\pm$ 0,05	0,325
PLVEd (cm)	0,77 $\pm$ 0,04	0,85 $\pm$ 0,04	0,168
PLVEs (cm)	0,99 $\pm$ 0,06	1,04 $\pm$ 0,06	0,532
AE/AO	1,41 $\pm$ 0,05	1,42 $\pm$ 0,05	0,862
MVE (g)	114,65 $\pm$ 10,65	100,94 $\pm$ 10,48	0,672
iMVE (g/m <sup>2</sup> )	158,65 $\pm$ 12,08	131,56 $\pm$ 11,90	0,122

DVEd = diâmetro do ventrículo esquerdo na diástole; DVEs = diâmetro do ventrículo esquerdo na sístole; SIVd = espessura do septo interventricular na diástole; SIVs = espessura do septo interventricular na sístole; PVEd = espessura da parede do ventrículo esquerdo na diástole; PVEs = espessura da parede do ventrículo esquerdo na sístole; AE/AO = relação do diâmetro atrial esquerdo com diâmetro aórtico; MVE = massa ventricular esquerda; iMVE = índice de massa ventricular esquerda; \* = significância estatística ( $p < 0,05$ ).

Assim como observado nos cães de pastoreio desse estudo, adaptações cardiovasculares predominantemente isotônicas também foram observadas em cães puxadores de trenó (STEPIEN et al., 1998), bem como em ratos submetidos a programas de natação (DERUMEUX et al., 2008) e seres humanos maratonistas (GHORAYEB et al., 2005; MORO et al., 2013). Durante essas atividades há aumento da pré-carga (volemia) com o intuito de atender a maior demanda de oxigênio exigida pela musculatura. Cronicamente, essa sobrecarga volumétrica induz a hipertrofia excêntrica do ventrículo esquerdo visando manter o estresse parietal constante e o volume sistólico adequado, possibilitando melhor desempenho físico durante o exercício (GHORAYEB et al., 2005; UTOMI et al., 2014; MONTE et al., 2014; GHORAYEB et al., 2005).

No entanto, não foram observadas diferenças de espessura de parede livre do ventrículo esquerdo (PLVE) ou septo interventricular (SIV), em sístole e diástole, bem como da massa ventricular esquerda (MVE) e índice de massa ventricular esquerda (iMVE), as quais seriam esperadas em adaptações isométricas (FAGARD, 2003; BAGGISH et al., 2008). O aumento da MVE e iMVE em indivíduos atletas está diretamente relacionada aos maiores valores de PLVE, SIV e DIVE (MORO, 2009). Contudo, no presente trabalho, apenas o DIVEs dos cães do grupo GP apresentou-se significativamente maior quando comparados ao grupo GS, podendo assim



justificar a indiferença entre os grupos. Maiores valores de MVE e iMVE podem ser encontrados em atividades tanto isotônicas (MIHL et al., 2008) como isométricas (BAGGISH et al., 2008) no entanto, inferimos que a atividade de pastoreio realizada pelo grupo GP não influenciou estas variáveis.

De forma geral, as características estruturais do coração se modificam secundariamente às maiores demandas funcionais exigidas repetidamente pela atividade física desenvolvida. Dessa forma, pode-se dizer que as adaptações cardiovasculares ocorrem tanto em sua função quanto em sua estrutura (BAGGISH et al., 2008; PAVLIK et al., 2013). Na tabela 4 encontram-se os valores médios e desvios-padrão das variáveis ecocardiográficas indicadoras de função sistólica, obtidas pelo modo bidimensional (2D), modo unidimensional (modo-M), Doppler espectral (DE) e imagem de velocidade tecidual (IVT), dos cães de pastoreio (GP) e sedentários (GS).

TABELA 4 - Valores médios  $\pm$  desvios-padrão, referentes as variáveis ecocardiográficas indicadoras de função sistólica em cães de pastoreio (GP) e cães sedentários (GS).

Variáveis	(GP)	(GS)	Valor de P
FEj (%)	60,60 $\pm$ 1,397	62,69 $\pm$ 2,037	0,161
FS (%)	31,70 $\pm$ 1,42	34,45 $\pm$ 1,40	0,179
DC (L/min)	3,81 $\pm$ 0,395	3,76 $\pm$ 0,456	0,626
Vpul (m/s)	0,95 $\pm$ 0,046	0,90 $\pm$ 0,395	0,574
Vaor (m/s)	1,24 $\pm$ 0,059	1,28 $\pm$ 0,048	0,630
Sm par (m/s)	0,17 $\pm$ 0,01	0,18 $\pm$ 0,01	0,479
Sm sep (m/s)	0,13 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,01	0,044*
iTEI VE	0,37 $\pm$ 0,03	0,46 $\pm$ 0,03	0,030*
CI (L/min/m <sup>2</sup> )	5,42 $\pm$ 0,557	5,1 $\pm$ 0,537	0,949
VS (ml)	28,89 $\pm$ 2,394	22,11 $\pm$ 1,528	0,049*
FC (bpm)	92,20 $\pm$ 5,33	107,15 $\pm$ 5,25	0,056 <sup>‡</sup>

FEj = fração de ejeção; FE = fração de encurtamento; DC = débito cardíaco (L/min); Vpul = velocidade do fluxo pulmonar; Vaor = velocidade do fluxo aórtico; Sm par = índice de velocidade sistólico parietal; Sm sep = índice de velocidade sistólico; iTEI VE = índice de performance miocárdica global do ventrículo esquerdo; CI = índice cardíaco; VS = volume sistólico; \* = significância estatística ( $p < 0,05$ ); <sup>‡</sup> = tendência ( $p < 0,1$ ).

Dentre as variáveis de função sistólica avaliadas (tabela 4), o volume sistólico (VS) e o índice de desempenho miocárdico global (iTEI) foram diferentes entre os grupos GP e GS ( $p < 0,05$ ). O volume de sangue ejetado do ventrículo esquerdo por sístole, ou VS, foi maior nos cães do GP em relação aos do GS. Observações

semelhantes foram feitas por D'Andrea et al. (2010) em estudo com seres humanos atletas praticantes de atividades isotônicas como: natação, corrida, futebol e basketball, de 15 a 20 horas semanais, a mais de quatro anos, quando comparados ao grupo controle (sedentário).

Possivelmente, a diferença entre os grupos se deve a sobrecarga de volume imposta pela atividade de pastoreio, a qual induziu o aumento do diâmetro interno do ventrículo esquerdo ao final da diástole (tabela 3). O alongamento precoce e maior das fibras miocárdicas ventriculares, ao final da diástole, é capaz de aumentar a força de contração (inotropismo) e, conseqüentemente, o VS, explicado pelo mecanismo de Frank Starling (WARBURTON et al., 2002; BOUTCHER et al., 2003).

No entanto, outras variáveis ecocardiográficas volumétricas (mL) de ejeção, como o débito cardíaco (DC) e índice cardíaco (CI), foram semelhantes entre os grupos GP e GS (Tabela 4). Diferentemente do VS, essas variáveis de ejeção inferem o volume de sangue ejetado do ventrículo esquerdo por minuto (DC) e por área de superfície corporal (IC). Dessa forma, tornam-se dependente da frequência cardíaca obtida durante a avaliação ecocardiográfica.

Como demonstrado na tabela 4, a FC apresentou tendência de superioridade no grupo sedentário (GS) em repouso, compensando o menor VS no período de um minuto. Acreditamos que a menor FC em repouso no GP seja secundária a maior participação parassimpática imposta pela adaptação crônica ao pastoreio, assim como já observado em cães treinados em esteira rolante (PASCON, 2009) e seres humanos submetidos a treinamento de enduro (COOTE & WHITE, 2015), em comparação ao controle (sedentários).

Do ponto de vista fisiológico, acredita-se que durante esforço físico as diferenças do DC e IC também poderiam ser evidenciadas entre os grupos, pela maior frequência cardíaca e volume sistólico dos cães do GP, esperada pela melhor adaptação cardíaca (SILVA, 2011). Essas mudanças observadas durante o exercício tem o intuito de elevar a oferta de oxigênio e remover os produtos finais do metabolismo (BOFFI, 2007), sendo a frequência cardíaca o principal determinante do aumento do DC em cães (ROVIRA et al., 2007). No entanto, os exames ecocardiográficos do presente estudo foram realizados apenas em repouso visando reconhecer as adaptações e remodelamento cardíaco ao pastoreio, e não o efeito durante a realização do exercício. Para essa finalidade, novas pesquisas deverão ser realizadas com uso da ecocardiografia de estresse.

Por sua vez, o índice de performance miocárdica (iTEI) correlaciona a função sistólica e diastólica do ventrículo esquerdo de cães e, com isso, avalia a função global do miocárdico (BOON, 2011). O aumento nos valores desta variável são indicativos de disfunção sistó-diastólica (TESHIMA et al., 2007), enquanto a diminuição relaciona-se a melhor função miocárdica global (KASIKCIOGL et al., 2004).

No presente estudo, o iTEI do VE foi menor no GP em relação ao GS ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4). Da mesma forma, Tuzun et al. (2015) concluíram que a diminuição desse índice, também observada em seres humanos velocistas e maratonistas, foi decorrente da redução do tempo de relaxamento isovolumétrico e do tempo de contração isovolumétrico, bem como do aumento do tempo de ejeção do VE. Nos cães de pastoreio desse estudo, acreditamos que a influência nas variáveis que compõem esse índice resulta da melhor eficiência global do sistema cardiovascular (sistólica e diastólica), a qual acreditamos estar relacionada ao condicionamento físico pela prática do pastoreio.

Os valores de FEj% e FS% não apresentaram diferenças estatísticas entre os grupos (Tabela 4), semelhante ao observado por Stepien et al. (1998), em cães puxadores de trenós, treinados durante cinco meses. Já Lonsdale et al. (1998) detectaram maiores valores de FS% em galgos de corrida, treinados durante três meses, em relação aos sedentários. Essa divergência entre os resultados possivelmente decorre das diferentes condições de sobrecarga ventricular imposta por cada tipo de exercício estudado (LANG et al., 2006). Ainda assim é possível afirmar que a atividade de pastoreio não promoveu influência nessas variáveis.

A respeito do Doppler tecidual (DT), a variável de movimento sistólico da porção septal do ventrículo esquerdo (Sm) foi menor no grupo GP em relação ao GS (Tabela 4). Zoncu e colaboradores (2002), ao avaliarem corredores e canoístas submetidos a treinos de 1 hora por dia, 5 dias semanais, a no mínimo 3 anos, verificou maiores valores do movimento sistólico da porção septal em relação aos sedentários. Diferentemente, em estudo com seres humanos atletas maratonistas, levantadores de peso, praticantes de natação, futebol, basketball, artes marciais e windsurfing, submetidos a treino mínimo de 20 horas semanais há no mínimo quatro anos, não foram encontradas diferenças entre os grupos de atletas e sedentários (D'ANDREA et al., 2010).

Na opinião dos autores do presente estudo, a maior eficiência sistólica associada a menor demanda energética durante o repouso, são os principais fatores responsáveis por essa diferença. Dessa forma, a diminuição dessa variável no GP representa menor consumo energético cardiovascular, e melhor desempenho quando associado à melhor função sistólica, verificada pelo VS e iTEI. Ainda assim, embora não tenha sido notada dificuldade na angulação da técnica, erros devem ser considerados como uma fonte de variação (CHETBOUL, 2002).

Em referência à análise tecidual segmentar do VE durante a sístole, pela técnica ultrassonográfica de Speckle Tracking (STe), as variáveis de deformação (STR) dos segmentos anterior septal (Ant Sep) e septal (Sep), no sentido radial, apresentaram-se maiores nos cães do GS em relação ao GP (Tabela 5).

TABELA 5 - Valores médios  $\pm$  desvios-padrão, referentes ao strain (ST) e strain rate (STR) radial obtidos pela técnica speckle tracking (STe) em cães de pastoreio (GP) e cães sedentários (GS).

Segmentos	Variáveis	GP	GS	Valor de P
Anterior Septal	ST (%)	23,294 $\pm$ 3,832	34,24 $\pm$ 3,774	0.750
	STR (s <sup>-1</sup> )	2,202 $\pm$ 0,250	2,958 $\pm$ 0,246	0.041*
Anterior	ST (%)	29,722 $\pm$ 3,900	32,887 $\pm$ 3,840	0.568
	STR (s <sup>-1</sup> )	2,531 $\pm$ 0,256	2,718 $\pm$ 0,252	0.607
Lateral	ST (%)	30,439 $\pm$ 3,812	31,319 $\pm$ 3,754	0.871
	STR (s <sup>-1</sup> )	2,535 $\pm$ 0,229	2,381 $\pm$ 0,226	0.637
Posterior	ST (%)	26,610 $\pm$ 3,633	30,539 $\pm$ 3,578	0.448
	STR (s <sup>-1</sup> )	2,231 $\pm$ 0,194	2,178 $\pm$ 0,191	0.848
Inferior	ST (%)	21,157 $\pm$ 3,748	29,771 $\pm$ 3,691	0.113
	STR (s <sup>-1</sup> )	2,056 $\pm$ 0,162	2,382 $\pm$ 0,160	0.163
Septal	ST (%)	20,416 $\pm$ 3,905	31,574 $\pm$ 3,846	0.720
	STR (s <sup>-1</sup> )	2,111 $\pm$ 0,169	2,670 $\pm$ 0,184	0.043*
Média Global	ST (%)	25,439 $\pm$ 3,458	31,574 $\pm$ 3,406	0,217
	STR (s <sup>-1</sup> )	2,277 $\pm$ 0,179	2,548 $\pm$ 0,176	0.293

\*= significância estatística (p<0,05);

Isso significa que durante a sístole, em um corte transversal do ventrículo esquerdo, os seguimentos referidos se deformaram mais rápido (STR s<sup>-1</sup>), no sentido centrípeto, nos cães GS em relação ao GP. Da mesma forma, porém, no sentido circunferencial de deslocamento do endocárdio (tabela 6), o strain rate sistólico (STR) dos seguimentos lateral (Lat), inferior (Inf), posterior (Post), septal (Sep) e Global (média de todos os seguimentos), apresentam valores maiores no GS em

relação ao GP ( $p < 0,05$ ). Ainda assim, no que diz respeito a borda epicárdica e endocárdica, o strain rate sistólico dos seguimentos anterior septal (Ant Sep), anterior (Ant) e Global, e o strain rate sistólico do seguimento Ant e o strain do seguimento Inf e Global, apresentaram tendência a superioridade nos cães do grupo GS em relação ao GP respectivamente ( $p < 0,1$ ).

No entanto, ao contrário do esperado, a deformação miocárdica mais rápida (STR) e em maior escala (ST), nos sentidos radial e circunferencial, não refletiu maior eficiência de bombeamento, visto que o volume de sangue ejetado pelo ventrículo esquerdo (VS) foi maior no GP, ressaltando a maior eficiência sistólica dos cães de pastoreio. Embora essa modalidade ecocardiográfica ainda não tenha sido empregada na avaliação do coração atleta em cães, a redução dos valores de ST circunferencial dos segmentos Sep e Ant Sep já foram observados em seres humanos submetidos ao treinamento isotônico e isométrico, de uma a três horas semanais, durante 90 dias (BAGGSIH et al., 2008).

Da mesma forma, Monte e colaboradores (2014) verificaram menor ST circunferencial global em praticantes de halterofilismo, judô e jiu-jitsu por no mínimo três anos e por 10 horas semanais, em relação aos sedentários. Dessa forma, o comportamento dessas variáveis parece se assemelhar tanto em atividades isotônicas quanto isométricas, ainda que em segmentos distintos.

Para Baggsih e colaboradores (2008), o maior envolvimento dos segmentos septais, no sentido circunferencial, pode ter influência dos miócitos circunferenciais do ventrículo direito que também compreendem a região septal. No presente estudo, os segmentos que envolvem o septo interventricular (antero septal, septal e inferior), nos sentidos radial e circunferencial, tiveram seus valores de Strain e ou Strain rate menores no GP, podendo também ter sido influenciado pelos miócitos do ventrículo direito.

É válido ressaltar que a janela parasternal direita, eixo transversal, plano papilar, utilizada para aquisição da imagem transversal do ventrículo esquerdo e cálculo do ST e STR dos segmentos, pode ter prejudicado o acompanhamento (tracking) dos espéculos (Speckles) da borda epicárdica dos seguimentos Antero Septal, Septal e Anterior, pela proximidade dessas regiões com a probe ecocardiográfica. Talvez essa limitação técnica possa ter influenciado nos resultados das variáveis epicárdicas circunferenciais.

TABELA 6 - Valores médios  $\pm$  desvios-padrão, referentes ao strain (ST) e strain rate (STR) circunferencial endocárdio e epicárdio obtidos pela técnica speckle tracking (STe) em cães de pastoreio (GP) e cães sedentários (GS).

Variáveis	Borda	Análise	GP	GS	Valor de P
Anterior Septal	Epicárdio	ST (%)	5,380 $\pm$ 0,823	5,831 $\pm$ 0,810	0.698
		STR (s <sup>-1</sup> )	0,560 $\pm$ 0,072	0,753 $\pm$ 0,071	0.065 <sup>‡</sup>
	Endocárdio	ST (%)	18,65 $\pm$ 2,154	23,70 $\pm$ 2,121	0.106
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,954 $\pm$ 0,231	2,413 $\pm$ 0,228	0.168
Anterior	Epicárdio	ST (%)	19,74 $\pm$ 2,329	24,51 $\pm$ 2,294	0.156
		STR (s <sup>-1</sup> )	0,546 $\pm$ 0,084	0,764 $\pm$ 0,082	0.073 <sup>‡</sup>
	Endocárdio	ST (%)	19,74 $\pm$ 2,329	24,51 $\pm$ 2,294	0.155
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,924 $\pm$ 0,260	2,649 $\pm$ 0,256	0.057 <sup>‡</sup>
Lateral	Epicárdio	ST (%)	6,259 $\pm$ 1,114	6,863 $\pm$ 1,097	0.702
		STR (s <sup>-1</sup> )	0,646 $\pm$ 0,084	0,840 $\pm$ 0,083	0.112
	Endocárdio	ST (%)	18,79 $\pm$ 2,65	23,78 $\pm$ 2,613	0.192
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,904 $\pm$ 0,277	2,703 $\pm$ 0,273	0.049 <sup>*</sup>
Posterior	Epicárdio	ST (%)	7,164 $\pm$ 1,082	7,07 $\pm$ 1,066	0.951
		STR (s <sup>-1</sup> )	0,721 $\pm$ 0,096	0,844 $\pm$ 0,095	0.369
	Endocárdio	ST (%)	17,07 $\pm$ 2,307	22,48 $\pm$ 2,27	0.105
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,847 $\pm$ 0,235	2,566 $\pm$ 0,232	0.038 <sup>*</sup>
Inferior	Epicárdio	ST (%)	6,297 $\pm$ 1,035	6,005 $\pm$ 1,019	0.842
		STR (s <sup>-1</sup> )	0,676 $\pm$ 0,101	0,816 $\pm$ 0,100	0.333
	Endocárdio	ST (%)	16,04 $\pm$ 2,049	21,16 $\pm$ 2,018	0.08 <sup>‡</sup>
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,688 $\pm$ 0,206	2,506 $\pm$ 0,203	0.008 <sup>*</sup>
Septal	Epicárdio	ST (%)	5,862 $\pm$ 0,884	6,006 $\pm$ 0,870	0.907
		STR (s <sup>-1</sup> )	0,681 $\pm$ 0,090	0,854 $\pm$ 0,089	0.182
	Endocárdio	ST (%)	17,53 $\pm$ 2,06	21,72 $\pm$ 2,029	0.158
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,806 $\pm$ 0,222	2,527 $\pm$ 0,219	0.028 <sup>*</sup>
Média Global	Epicárdio	ST (%)	5,972 $\pm$ 0,762	6,343 $\pm$ 0,750	0.731
		STR (s <sup>-1</sup> )	0,638 $\pm$ 0,065	0,812 $\pm$ 0,06	0.065 <sup>‡</sup>
	Endocárdio	ST (%)	17,97 $\pm$ 2,011	22,89 $\pm$ 1,980	0.092 <sup>‡</sup>
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,854 $\pm$ 0,211	2,561 $\pm$ 0,208	0.024 <sup>*</sup>

\*= significância estatística (p<0,05); ‡= tendência (p<0,1).

Por sua vez, no sentido longitudinal, os valores de ST das regiões epicárdicas Basal Septal e Medio Septal, apresentaram-se maiores no GS em relação ao GP ( $p < 0,05$ ), assim como tendência à superioridade da Média Global no grupo GS em relação ao GP ( $p < 0,1$ ) (Tabela 7). Isso significa que, em um corte longitudinal do ventrículo esquerdo (Figura 6), a contração miocárdica promoveu um encurtamento em maior taxa (ST) nos cães do GS. Da mesma forma que nos sentidos radial e circunferencial, a superioridade na deformação longitudinal no GS não é capaz de compensar o maior diâmetro interno do ventrículo esquerdo do GP, resultando em menor volume ejetado (VS) nos cães sedentários.

Em seres humanos atletas, essas variáveis longitudinais apresentaram comportamento controverso quando comparado ao controle (sedentários), sendo superiores em algumas atividades isométricas (wrestles) e isotônicas (maratonistas) praticadas durante 2 anos e 15 horas semanais (SIMSEK et al., 2013). Porém, em praticantes de halterofilismo, judô e jiu-jitsu (isométricas), há no mínimo três anos, por 10 horas semanais, verificaram-se valores inferiores de ST longitudinal global em relação ao grupo sedentário (MONTE et al., 2014). O inverso foi observado em ratos após serem submetidos a 200 minutos de natação, cinco dias semanais e durante três meses (KOVACKS et al., 2015).

Nos cães do GP, o envolvimento das regiões septais epicárdicas também pode sugerir o envolvimento da adaptação do ventrículo direito na deformação longitudinal dos miócitos, assim como sugerido por Baggsih e colaboradores (2008). De acordo com Silva (2011), a diminuição destes valores pode estar relacionada à menor e maior atividade simpática e parassimpática, respectivamente, decorrente do treinamento físico. No entanto, não é possível confirmar essas hipóteses somente com os resultados apresentados, sendo necessárias novas pesquisas com esse objetivo.

TABELA 7 - Valores médios  $\pm$  desvios-padrão, referentes ao strain (ST) e strain rate (STR) longitudinal epicárdio e endocárdio obtidos pela técnica speckle tracking (STe) em cães de pastoreio (GP) e cães sedentários (GS).

Variáveis	Borda	Análise	GP	GS	Valor de P
Basal septal	Epicárdio	ST (%)	15,033 $\pm$ 2,010	21,558 $\pm$ 1,972	0,031*
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,670 $\pm$ 0,307	2,364 $\pm$ 0,272	0.107
	Endocárdio	ST (%)	14,483 $\pm$ 2,415	19,718 $\pm$ 2,370	0.137
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,926 $\pm$ 0,285	2,314 $\pm$ 0,253	0.322
Medial Septal	Epicárdio	ST (%)	11,227 $\pm$ 1,527	15,900 $\pm$ 1,498	0.040*
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,185 $\pm$ 0,187	1,803 $\pm$ 0,166	0,230
	Endocárdio	ST (%)	15,411 $\pm$ 2,293	19,732 $\pm$ 2,250	0.193
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,716 $\pm$ 0,226	2,153 $\pm$ 0,200	0.163
Apical Septal	Epicárdio	ST (%)	5,849 $\pm$ 0,802	6,134 $\pm$ 0,788	0.802
		STR (s <sup>-1</sup> )	0,706 $\pm$ 0,142	0,873 $\pm$ 0,126	0.390
	Endocárdio	ST (%)	15,685 $\pm$ 2,395	15,383 $\pm$ 2,350	0.929
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,596 $\pm$ 0,275	1,568 $\pm$ 0,244	0.940
Basal lateral	Epicárdio	ST (%)	16,669 $\pm$ 1,987	20,464 $\pm$ 1,950	0.187
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,958 $\pm$ 0,386	2,273 $\pm$ 0,342	0.549
	Endocárdio	ST (%)	14,859 $\pm$ 2,422	16,453 $\pm$ 2,377	0.796
		STR (s <sup>-1</sup> )	2,648 $\pm$ 0,320	2,092 $\pm$ 0,284	0.210
Medial Lateral	Epicárdio	ST (%)	11,764 $\pm$ 1,687	14,520 $\pm$ 1,656	0.257
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,958 $\pm$ 0,386	2,273 $\pm$ 0,342	0.332
	Endocárdio	ST (%)	13,237 $\pm$ 2,037	14,020 $\pm$ 1,999	0.643
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,800 $\pm$ 0,220	1,657 $\pm$ 0,195	0.631
Apical Lateral	Epicárdio	ST (%)	6,374 $\pm$ 1,019	7,444 $\pm$ 1,000	0.462
		STR (s <sup>-1</sup> )	0,641 $\pm$ 0,137	0,877 $\pm$ 0,121	0.214
	Endocárdio	ST (%)	13,957 $\pm$ 2,298	13,113 $\pm$ 2,255	0.796
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,590 $\pm$ 0,254	1,375 $\pm$ 0,226	0.534
Média Global	Epicárdio	ST (%)	11,153 $\pm$ 1,186	14,337 $\pm$ 1,164	0.069*
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,244 $\pm$ 0,200	1,645 $\pm$ 0,186	0.169
	Endocárdio	ST (%)	14,605 $\pm$ 1,408	16,403 $\pm$ 1,452	0.396
		STR (s <sup>-1</sup> )	1,879 $\pm$ 0,166	1,860 $\pm$ 0,147	0.931

\*= significância estatística (p<0,05); \*= tendência (p<0,1).



Ainda considerando o corte longitudinal do ventrículo esquerdo (figura 8), o sentido transversal de deslocamento (centrípeto) dos segmentos Basal Septal e Medial Septal foram maiores também no GS. Da mesma maneira, pode ser observada tendência à superioridade do strain da Média Global nos cães do grupo GS em relação ao GP ( $P < 0.1$ ) (Tabela 8). Não houve diferença na taxa de deformação (STR) durante a sístole, em nenhum segmento. Não foram encontradas referências desse comportamento em cães atletas, porém, em praticantes de handball, submetidos a treinamento isotônico e isométrico, de duas a quatro horas semanais, por quase quatro anos, verificou-se valores inferiores de ST transversal de todos os segmentos em relação ao grupo sedentário (BUTZ et al., 2010).

Outrossim, futebolistas sob treinamento de 15 horas semanais, apresentaram valores maiores de ST transversal global em relação ao grupo controle (Richard et al., 2008). Segundo esses autores, o aumento do volume e largura das células miocárdicas, observado em estudo com ratos treinados, compreende uma hipótese para essa diferença. No entanto, embora nenhuma avaliação histológica tenha sido feita nos cães de pastoreio desse estudo, não foi verificada diferença entre os grupos na espessura do septo interventricular ou parede livre do ventrículo esquerdo, por meio da ecocardiografia, o que diminui a chance do envolvimento desse mecanismo nos cães avaliados.

Ainda assim, a janela paraexternal esquerda, plano apical quatro câmaras, utilizada para aquisição da imagem longitudinal do ventrículo esquerdo e cálculo de ST e STR dos segmentos apresentou algumas limitações técnicas. A movimentação longitudinal do miocárdio resultou no deslocamento de pontos para fora do plano de imagem, impossibilitando o adequado rastreamento miocárdico e diminuindo assim a confiabilidade dos dados para alguns segmentos.

TABELA 8 - Valores médios  $\pm$  desvios-padrão, referentes ao strain (ST) e strain rate (STR) transversal pela técnica speckle tracking (STe) em cães de pastoreio (GP) e cães sedentários (GS).

Variáveis	Análise	GP	GS	Valor de P
Basal Septal	ST (%)	11,338 $\pm$ 6,358	34,101 $\pm$ 6,239	0.018*
	STR (s <sup>-1</sup> )	2,764 $\pm$ 0,570	3,526 $\pm$ 0,559	0.351
Medial Septal	ST (%)	17,842 $\pm$ 5,636	36,621 $\pm$ 5,531	0.027*
	STR (s <sup>-1</sup> )	2,213 $\pm$ 0,403	3,063 $\pm$ 0,395	0.147
Apical Septal	ST (%)	27,840 $\pm$ 4,887	30,325 $\pm$ 4,796	0.720
	STR (s <sup>-1</sup> )	9,971 $\pm$ 3,616	2,297 $\pm$ 3,549	0.145
Basal Lateral	ST (%)	12,573 $\pm$ 13,86	36,833 $\pm$ 13,599	0.225
	STR (s <sup>-1</sup> )	2,386 $\pm$ 0,857	4,301 $\pm$ 0,841	0.126
Medial Lateral	ST (%)	16,901 $\pm$ 12,45	34,098 $\pm$ 12,220	0.336
	STR (s <sup>-1</sup> )	2,059 $\pm$ 0,771	3,505 $\pm$ 0,757	0.195
Apical Lateral	ST (%)	24,691 $\pm$ 7,764	29,872 $\pm$ 7,619	0.639
	STR (s <sup>-1</sup> )	2,165 $\pm$ 0,491	2,658 $\pm$ 0,482	0.482
Medial Global	ST (%)	18,531 $\pm$ 5,762	33,64 $\pm$ 5,654	0.075 <sup>‡</sup>
	STR (s <sup>-1</sup> )	3,593 $\pm$ 0,732	3,225 $\pm$ 0,718	0.723

\*= significância estatística ( $p < 0,05$ ); <sup>‡</sup>= tendência ( $p < 0,1$ ).

De forma geral, as adaptações cardiovasculares em cães de pastoreio estão de acordo com o princípio de Frank Starling, que afirma a melhor função sistólica em resposta a maior pressão ou volume diastólico final, decorrente do aumento da pré-carga (STARLING & VISSCHER, 1926). A diminuição dos valores de ST e STR no GP sugere melhor condicionamento da musculatura miocárdica, decorrente da menor necessidade de encurtamento das fibras miocárdicas para a manutenção ou até mesmo melhora dos índices sistólicos funcionais.

Por sua vez, dentre os sentidos de deformação miocárdica, o sentido circunferencial e radial, apresentaram o maior número de segmentos significativamente menores. Segundo Carnabuci et al. (2013), esse resultado pode ser explicado pelo fato da contração miocárdica ocorrer mais em sentido circunferencial e radial, dado a orientação helicoidal das fibras miocárdicas.

A respeito da técnica STe, o presente estudo apresentou resultados semelhantes a humanos atletas praticantes de atividades isotônicas ou isométricas (RICHAND et al., 2007; MONTE et al., 2014; UTOMI et al., 2014; SZAUDER et al., 2015), tanto no que se refere ao ST e STR segmentar como global, contudo, a

diferença entre as espécies e o tipo de treinamento realizado, são fatores a serem considerados.

Dentre as limitações do presente estudo podemos destacar a dificuldade de padronização da atividade de pastoreio entre as diversas propriedades, dificultando a quantificação precisa do volume e intensidade da atividade, em cada animal. O maior número de machos no GP reflete a realidade das propriedades rurais da região sul do país onde o estudo foi realizado, influenciando na homogeneidade entre os grupos. No entanto, a análise de variância multivariada não demonstrou influência do gênero nas variáveis estudadas.

Por fim, a dificuldade de obtenção das bordas apicais epicárdicas em alguns animais, durante a avaliação ecocardiográfica da janela apical quatro câmaras, prejudicou a confiabilidade das mensurações e até mesmo impossibilitou o adequado rastreamento desses segmentos, o que culminou em exclusão de alguns seguimentos. Dificuldade semelhante já fora relatada anteriormente por Carnabuci et al. (2013) e Mantovani et al. (2015), onde a aquisição de imagens de baixa qualidade impossibilitou a adequada identificação das bordas miocárdicas principalmente no que se refere ao ápice cardíaco.

## 6 CONCLUSÃO

A atividade física realizada pelos cães de pastoreio (GP), de quatro a oito horas por dia, cinco a seis dias por semana, há no mínimo quatro meses, resultou em adaptações cardiovasculares estruturais representadas pelo maior diâmetro interno do ventrículo esquerdo (ao final da sístole); bem como funcionais, representadas pelo maior volume sistólico, menor índice de performance miocárdica e menor índice de velocidade sistólica septal, caracterizando o predomínio isotônico dessa atividade.

Com relação a técnica Speckle Tracking, esta foi capaz de detectar a diminuição dos valores de strain e ou strain rate nos cães do GP, nos sentidos radial, circunferencial, longitudinal e transversal de alguns segmentos, especialmente da região septal, sugerindo menor necessidade de deformação miocárdica para a manutenção da função sistólica dos cães de pastoreio, em repouso, quando comparados ao GS.

Desta forma, os achados ecocardiográficos convencionais (estruturais e funcionais) e teciduais, obtidos pelo IVT e pela técnica STe, foram complementares e fundamentais para a compreensão das adaptações cardiovasculares em cães de pastoreio, sendo indicadas para o acompanhamento para esse propósito.

## 7 REFERÊNCIAS

BAGGISH, A.L.; WANG, F.; WEINER, R.B.; ELINOFF, J.M.; TOURNOUX, F.; BOLAND, A.; PICARD, M.H.; HUUTER, A.M.; WOOD, M.J. Training-specific changes in cardiac structure and function: a prospective and longitudinal assessment of competitive athletes. **Journal of Applied Physiology**. v. 104, n. 4, p. 1121-1128, 2008.

BANSAL, M.; KASLIWAL, R.R. How do I do it? Speckle-tracking echocardiography. **Indian heart journal**. v. 65, n. 1, p. 117, 2013.

BARBIER, J.; VILLE, N.; KERVIO, G.; WALTHER, G.; CARRÉ, F. Sports-specific features of athlete's heart and their relation to echocardiographic parameters. **Herz Kardiovaskuläre Erkrankungen**. v. 31, n. 6, p. 531-543, 2006.

BARRETO, E.S.B. 'Por dez vacas com cria eu não troco meu cachorro': as relações entre humanos e cães nas atividades pastoris do pampa brasileiro. 131p. **Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas**, Pelotas, RS, 2015

BARRETO, A.C.P. **Cardiologia do Exercício: do atleta ao cardiopata**. 3.ed. Manole: Barueri. p.73-91, 2010.

BLESSBERGER, H.; BINDER, T. Two dimensional speckle tracking echocardiography: basic principles. **Heart**. v. 96, n. 9, p. 716-722, 2010.

BODEY, A.R.; MICHELL, A.R. Epidemiological study of blood pressure in domestic dogs. **Journal of Small Animal Practice**. v. 37, n. 3, p. 116-125, 1996.

BOFFI, F. M. **Fisiologia do Ejercicio en Equinos**. Buenos Aires: Inter Medica. 302p

BOON, J. A. Evaluation of Size, function, and hemodynamics. In: \_\_\_\_\_. **Veterinary Echocardiography**. 2.ed. New Jersey. J. Willey, 2011, p. 151-260

BOUTCHER, S.H.; MCLAREN, P.F.; COTTON, Y.; BOUTCHER, Y. Stroke volume response to incremental submaximal exercise in aerobically trained, active, and sedentary men. **Canadian Journal of Applied Physiology**. v. 28, n. 1, p. 12-26, 2003.

BRUM, P.C.; FORJAZ, C.L.M.; TINUCCI, T.; NEGRÃO, C.E. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Revista Paulista de Educação Física**. v. 18, n. 1, p. 21-31, 2004.

BURGI, K.; CAVALLERI, M.T.; MICHELINI, L.C. Controle neural da circulação no exercício físico: efeitos da hipertensão e do treinamento aeróbio. In. NEGRÃO, C.E.;

BUTZ, T.; VAN BUUREN, F.; MELLWIG, K.P.; LANGER, C.; PLEHN, G.; MEISSNER, A.; TRAPPE, H.J.; FABER, L. Two-dimensional strain analysis of the global and regional myocardial function for the differentiation of pathologic and physiologic left ventricular hypertrophy: a study in athletes and in patients with hypertrophic cardiomyopathy. **The international journal of cardiovascular imaging**. v. 27, n. 1, p. 91-100, 2011.

CARNABUCI, C.; HANÁS, S.; LJUNGVALL, I.; TIDHOLM, A.; BUSSADORI, C.; HÄGGSTRÖM, J.; HÖGLUND, K. Assessment of cardiac function using global and regional left ventricular endomyocardial and epimyocardial peak systolic strain and strain rate in healthy Labrador retriever dogs. **Research in veterinary science**. v. 95, n. 1, p. 241-248, 2013.

CASELLI, S.; MONTESANTI, D.; AUTORE, C.; DI PAOLO, F.M.; PISICCHIO, C.; SQUEO, M.R.; PELLICCIA, A. Patterns of left ventricular longitudinal strain and strain rate in Olympic athletes. **Journal of the American Society of Echocardiography**. v. 28, n. 2, p. 245-253, 2015.

CHETBOUL, V. Tissue Doppler imaging: a promising technique for quantifying regional myocardial function. **Journal of Veterinary Cardiology**, v. 4, n. 2, p. 7-12, 2002.

\_\_\_\_\_. Advanced techniques in echocardiography in small animals. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**. v. 40, n. 4, p. 529-543, 2010.

CHETBOUL, V.; BLOT, S.; SAMPEDRANO, C.C.; THIBAUD, J.L.; GRANGER, N., TISSIER, R.; BRUNÉVAL, P.; GASCHEN, F.; GOUNI, V.; NICOLLE, A.P.; POUCHELON, J.L. Tissue Doppler Imaging for Detection of Radial and Longitudinal Myocardial Dysfunction in a Family of Cats Affected by Dystrophin-Deficient Hypertrophic Muscular Dystrophy. **Journal of veterinary internal medicine**. v. 20, n. 3, p. 640-647, 2006.

CHETBOUL, V.; BUSSADORI, C.; MADRON, E. Myocardial Tissue Doppler, Derived Techniques, and Speckle Tracking Imaging. In: CHETBOUL V. **Clinical Echocardiography of the dog and the cat**. St. Louis: Elsevier, p.47-84. 2016.

\_\_\_\_\_. Normal Echocardiographic Values: TM, 2D, and Doppler Spectral Modes In: CHETBOUL V. **Clinical Echocardiography of the dog and the cat**. St. Louis: Elsevier, p.31-37, 2015.

CHETBOUL, V.; ESCRIOU, C.; TESSIER, D.; RICHARD, V.; POUCHELON, J.L.; THIBAUT, H.; LALLEMAND, F.; THUILEZ, C.; BLOT, S.; DERUMEAUX, G. Tissue Doppler imaging detects early asymptomatic myocardial abnormalities in a dog model of Duchenne's cardiomyopathy. **European heart journal**. v. 25, n. 21, p. 1934-1939, 2004

CHETBOUL, V.; SAMPEDRANO, C.C.; GOUNI, V.; NICOLLE, A.P.; POUCHELON, J. L.; TISSIER, R. Ultrasonographic assessment of regional radial and longitudinal systolic function in healthy awake dogs. **Journal of veterinary internal medicine**. v. 20, n. 4, p. 885-893, 2006.

CHETBOUL, V.; SERRES, F.; GOUNI, V.; TISSIER, R.; POUCHELON, J.L. Radial strain and strain rate by two-dimensional speckle tracking echocardiography and the tissue velocity based technique in the dog. **Journal of Veterinary Cardiology**. v. 9, n. 2, p. 69-81, 2007.

\_\_\_\_\_. Noninvasive Assessment of Systolic Left Ventricular Torsion by 2-Dimensional Speckle Tracking Imaging in the Awake Dog: Repeatability, Reproducibility, and Comparison with Tissue Doppler Imaging Variables. **Journal of veterinary internal medicine**. v. 22, n. 2, p. 342-350, 2008.

CHETBOUL, V.; TISSIER, R. Echocardiographic assessment of canine degenerative mitral valve disease. **Journal of Veterinary Cardiology**. v. 14, n. 1, p. 127-148, 2012.

COOTE, J.H.; WHITE, M.J. CrossTalk proposal: Bradycardia in the trained athlete is attributable to high vagal tone. **The Journal of physiology**. v. 593, n. 8, p. 1745-1747, 2015.

D'ASCENZI, F.; CASELLI, S.; SOLARI, M.; PELLICCIA, A.; CAMELI, M.; FOCARDI, M.; MONDILLO, S. Novel echocardiographic techniques for the evaluation of athletes' heart: A focus on speckle-tracking echocardiography. **European Journal of Preventive Cardiology**. v. 23, n. 4, p. 437-446, 2016

DANDEL, M.; LEHMKUHL, H.; KNOSALLA, C.; SURAMELASHVILI, N.; HETZER, R. Strain and strain rate imaging by echocardiography-basic concepts and clinical applicability. **Current cardiology reviews**. v. 5, n. 2, p. 133-148, 2009.

D'ANDREA, A.; COCCHIA, R.; RIEGLER, L.; SCARAFILE, R.; SALERNO, G.; PACILEO, G.; GRAVINO, R.; GOLIA, E.; PEZZULO, E.; CITRO, R.; LIMONGELLI, G.; PACILEO, G.; CUOMO, S.; CASO, P.; RUSSO, M.G.; BOSSONE, E.; CALABRÓ, R. Left ventricular myocardial velocities and deformation indexes in top-level athletes. **Journal of the American Society of Echocardiography**. v. 23, n. 12, p. 1281-1288, 2010.

D'ASCENZI, F.; PELLICCIA, A.; NATALI, B.M.; ZACÀ, V.; CAMELI, M.; ALVINO, F.; MALANDRINO, A.; PALMITESTA, P.; ZORSI, A.; CORRADO, D.; BONIFAZI, M.; MONDILLO, S. Morphological and functional adaptation of left and right atria induced by training in highly trained female athletes. **Circulation: Cardiovascular Imaging**. v.7, p. 222-229, 2014

DEL CASTILLO, J. M.; HERSZKOWICZ, N. Strain Bidimensional (X-Strain): utilização do método para avaliação de cardiopatias. **Revista Brasileira de Ecocardiografia**. v. 21, n.3, p. 29-35, 2008

DEL CASTILLO, J. M.; HERSZKOWICZ, N.; BOSCHILIA, T.; CAPUANO, R. L.; CORTESE, M.D.S. Deformação miocárdica tangencial (shear strain) em indivíduos normais: o seu significado. **Revista Brasileira de Ecocardiografia e Imagem Cardiovascular**. v. 22, n. 1, p. 20-26, 2009

DEMIRELLI, S.; SAM, C. T.; ERMIS, E.; DEGIRMENCI, H.; SEN, I.; ARISOY, A.; SIMSEK, Z. Long-Term Cardiac Remodeling in Elite Athletes: Assessment by Tissue Doppler and Speckle Tracking Echocardiography. **Echocardiography**. v. 32, n. 9, p. 1367-1373, 2015.

DERUMEAUX, G.; ICHINOSE, F.; RAHER, M. J.; MORGAN, J. G.; COMAN, T.; LEE, C.; CUESTA, J. M.; THIBAUT, HELENE.; BLOCH, K. D.; PICARD, M. H.; SCHERRER-CROSBIE, M. Myocardial Alterations in Senescent Mice and Effect of Exercise Training CLINICAL PERSPECTIVE. **Circulation: Cardiovascular Imaging**. v. 1, n. 3, p. 227-234, 2008.

D'HOOGHE, J.; HEIMDAL, A.; JAMAL, F.; KUKULSKI, T.; BIJNENS, B.; RADEMAKERS, F.; HALTLE, L.; SUETENS, P.; SUTHERLAND, G. R. Regional strain and strain rate measurements by cardiac ultrasound: principles, implementation and limitations. **European Heart Journal-Cardiovascular Imaging**. v. 1, n. 3, p. 154-170, 2000.

FAGARD, R. Athlete's heart. **Heart**. v. 89, n. 12, p. 1455-1461, 2003.



FARIA, V.C.; SILVA, D.E.F.; GUIMARÃES, F.C.; RODRIGUEZ, D.; LIMA, L. M. Coração de atleta: Efeito do treinamento na morfologia do coração da mulher/Athlete's heart: Effect of training on the morphology of the woman's heart. **Motricidade**. v. 8, n. S2, p. 479, 2012.

FAZEL, P.; ROBERTS, B.J.; BROOKS, J.; GRAYBUM, P.A. Echocardiographic findings in professional hockey players. **Proceedings (Baylor University Medical Center)**. v. 22, n. 3, p. 218, 2009.

FERREIRA, E.F.E. Coração de atleta. 59p. Dissertação de Mestrado – **Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra**, Coimbra, 2010

FORJAZ, C.L.M.; MATSUDAIRA, Y.; RODRIGUÊS, F.B.; NUNES, N.; NEGRÃO, C.E. Post-exercise changes in blood pressure, heart rate and rate pressure product at different exercise intensities in normotensive humans. **Brazilian Journal Medicine Biological Research**. v.31, n.10, p.1247-55, 1998.

FORJAZ, C.L.M.; TINUCCI, T.A. Medida da pressão arterial no exercício. **Revista Brasileira de Hipertensão, Ribeirão Preto**. v.7, n.1, p.79-87, 2000.

GHORAYEB, N.; BATLOUNI, M.; PINTO, I.M.F.; DIOGUARDI, G.S. Hipertrofia ventricular esquerda do atleta. Resposta adaptativa fisiológica do coração. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**. v. 85, n. 3, p. 191-197, 2005.

GREENBERG, N.L.; FIRSTENBERG, M.S.; CASTRO, P.L.; MAIN, M.; TRAVAGLINI, A.; ODABASHIAN, J. A.; DRINKO, J.K.; RODRIGUEZ, L.L.; THOMAZ, J.D.; GARCIA, M.J. Doppler-derived myocardial systolic strain rate is a strong index of left ventricular contractility. **Circulation**. v. 105, n. 1, p. 99-105, 2002.

HAMPSON, B. A.; MCGOWAN, C.M. Physiological responses of the Australian cattle dog to mustering exercise. **Equine and Comparative exercise physiology**, v. 4, n. 01, p. 37-41, 2007.

HANSSON, K.; HAGGSTROM, J.; KVART, C.; LORD, L. Left atrial to aortic root indices using two-dimensional and M-mode echocardiography in Cavalier King Charles Spaniels with and without left atrial enlargement. **Veterinary Radiology & Ultrasound**. v. 43, n. 6, p. 568-575, 2002

HELTON, W. Physiological Demands and Adaptations of Working Dogs. In. DAVIS, M. S. **Canine ergonomics: the science of working dogs**. CRC Press. p. 245-262, 2009.

HORN, S.S.; STEINHEIM, G., FJERDINGBY, O.H.; GJERJORDET, H.F.; KLEMETSDAL. Genetic analyses of herding traits in the Border Collie using sheepdog trial data. **Journal of Animal Breeding and Genetics**. p. 1-8, 2016.

HUNG, K. C.; HUANG, H. L.; CHU, C. M.; CHEN, C. C.; HSIEH, I. C.; CHANG, S. T.; WEN, M. S. Evaluating preload dependence of a novel Doppler application in assessment of left ventricular diastolic function during hemodialysis. **American journal of kidney diseases**, n. 43 v. 6, p. 1040-1046, 2004.

KASIKCIOGLU, E.; OFLAZ, H.; AKHAN, H.; MERCANOGLU, F.; KAYSERILIOGLU, A. Tei index and aerobic capacity in endurance athletes. **European Heart Journal-Cardiovascular Imaging**. v. 4, n. 1, p. 56-56, 2003.

KIM, J.H.; PARK, H.M. Usefulness of conventional and tissue Doppler echocardiography to predict congestive heart failure in dogs with myxomatous mitral valve disease. **Journal of Veterinary Internal Medicine**. v. 29, n. 1, p. 132-140, 2015.

KOVÁCS, A.; OLÁH, A.; LUX, Á.; MÁTYÁS, C.; NÉMETH, B.T.; KELLERMAYER, D.; RUPERT, M.; TÖRÖK, M.; SZABÓ, L.; MELTZER, A.; ASSABINY, A.; BIRTALAN, E.; MERKELY, B.; RADOVITS, T. Strain and strain rate by speckle-tracking echocardiography correlate with pressure-volume loop-derived contractility indices in a rat model of athlete's heart. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**. v. 308, n. 7, p. 43-48, 2015.

LANG, R.M.; BIERIG, M.; DEVEREUX, R.B.; FLACHSKAMPF, F.A.; FOSTER, E.; PELLIKKA, P. A.; PICARD, M.H.; ROMAN, M.J.; SEWARD, J.; SHANEWISE, J.; SOLOMON, SCOTT.; SPENCER, K. T.; SUTTON, M. J.; STEWART, W. Recommendations for chamber quantification. **European Heart Journal-Cardiovascular Imaging**, v. 7, n. 2, p. 79-108, 2006.

LAUSCHKE, J.; MAISCH, B. Athlete's heart or hypertrophic cardiomyopathy?. **Clinical research in cardiology**. v. 98, n. 2, p. 80-88, 2009.

LIM, P.; MITCHELL-HEGGS, L.; BUAKHAMSRI, A.; THOMAS, J.D.; GRIMM, R. A. Impact of left ventricular size on tissue Doppler and longitudinal strain by speckle tracking for assessing wall motion and mechanical dyssynchrony in candidates for cardiac resynchronization therapy. **Journal of the American Society of Echocardiography**. v. 22, n. 6, p. 695-701, 2009.

LIT, L. Evaluating Learning Tasks Commonly Applied in Detection Dog Training. In. DAVIS, M.S. **Canine ergonomics: the science of working dogs**. CRC Press. p. 245-262

LOMBARD, CW. Normal values of canine M mode echocardiogram. **Am. J. Vet. Res.** v. 45, p. 2015-2018, 1984

LONSDALE, R.A.; LABUC, R.H.; ROBERTSON, I.D. Echocardiographic parameters in training compared with non-training Greyhounds. **Veterinary Radiology & Ultrasound**. v. 39, n. 4, p. 325-330, 1998.

MANTOVANI, M.M.; MUZZI, R.A.L.; PEREIRA, G.G.; YAMATO, R.J.; SILVA, A.C.; REIS, G.F.; MUZZI, L.A.L.; GUIMARÃES, E.C. Systolic cardiac function assessment by feature tracking echocardiography in dogs with myxomatous mitral valve disease. **Journal of Small Animal Practice**. v. 56, n. 6, p. 383-392, 2015.

MARON, B, J.; PELLICCIA, A. The heart of trained athletes cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death circulation. **NEJM**. v. 114, p. 1633-1644, 2006.

MARON, BARRY J.; ZIPES, DOUGLAS P. Introduction: eligibility recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormality-general considerations. **Journal of the American College of Cardiology**. v. 45, n. 8, p. 1318-1321, 2005.

MARWICK, T.H. Measurement of strain and strain rate by echocardiography: ready for prime time? **Journal of the American College of Cardiology**. San Diego, v. 47, n. 4, p. 1313-1327, Apr. 2006.

MATSUBARA, L. S.; NARIKAWA, S.; FERREIRA, A. L.; PAIVA, S. A.; ZORNOFF, L. M.; MATSUBARA, B. B. Remodelação miocárdica na sobrecarga crônica de pressão ou de volume no coração de ratos. **Arq Bras Cardiol**, v. 86, n. 2, p. 126-30, 2006

MIHL, C.; DASSEN, W. R. M.; KUIPERS, H. Cardiac remodelling: concentric versus eccentric hypertrophy in strength and endurance athletes. **Netherlands Heart Journal**. v. 16, n. 4, p. 129-133, 2008.

MILL, J. G; VASSALLO, D. V. Hipertrofia cardíaca. **Rev Bras Hipertens**, v. 8, n. 1, p. 18-29, 2001.

MIREA, O.; ISTRATOAI, O.; SCHNELL, F.; DUCHENNE, J., MILITARU, C., MILITARU, C. Multidirectional left ventricle and longitudinal right ventricle deformation analysis by two dimensional speckle tracking echocardiography in young elite athletes. **Acta Cardiologica**. v. 71, n. 4, p. 395-402, 2016.

MITCHELL, J.H.; HASKELL, W.; SNELL, P.; VAN CAMP, S.P. Classification of sports. **Journal of the American College of Cardiology**. v. 45, n. 8, p. 1364-1367, 2005.

MONDILLO, S.; GALDERISI, M.; MELE, D.; CAMELI, M.; LOMORIELLO, V.S.; ZACÀ, V.; BALLO, P.; D'ANDREA, A.; MURARU, D.; LOSI, M.; AGRICOLA, E.; D'ERRICO, A.; BURALLI, S.; SCIOMER, S.; NISTRÌ, S.; BADANO, L.; Echocardiography Study Group Of The Italian Society Of Cardiology (Rome, Italy). Speckle-tracking echocardiography: a new technique for assessing myocardial function. **Journal of Ultrasound Medicine**. v. 30, n. 1, p. 71-83, 2011.

MONTE, I.P.; MANGIAFICO, S.; BUCCHERI, S.; BOTTARI, V.E.; LAVANCO, V.; ARCIDIACONO, A.A.; TAMBURINO, C. Myocardial deformational adaptations to different forms of training: a real-time three-dimensional speckle tracking echocardiographic study. **Heart and vessels**. v. 30, n. 3, p. 386-395, 2014.

MORGANROTH, J.; MARON, B.J.; HENRY, W. L.; EPSTEIN, S.E. Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. **Ann Intern Med**. v. 82, n. 4, p. 521-524, 1975.

MORO, A.S.; OKOSHI, M.P.; PADOVANI, C.R.; OKOSHI, K. Doppler echocardiography in athletes from different sports. **Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research**. v. 19, p. 187, 2013.

MORO, A.D.S. (2009). Estudo Doppler-ecocardiográfico em atletas de diferentes modalidades esportivas. 87p. **Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista**, Botucatu, SP, 2009

NOTTIN, S.; DOUCENDE, G.; SCHUSTER-BECK, I.; TANGUY, S.; DAUZAT, M.; OBERT, P. Alteration in left ventricular strains and torsional mechanics after ultra-long duration exercise in athletes. **Circulation: Cardiovascular Imaging**. v. 108, p. 1-27, 2009.

OIGMAN, W; NEVES, M. F. T.. Sistema renina-angiotensina e hipertrofia ventricular esquerda. **Revista Brasileira de Hipertensão**. v. 3, p. 261-7, 2000.

OSBORN, R.Q.; TAYLOR, W.C.; OKEN, K.; LUZANO, M.; HECKMAN, M.; FLETCHER, G. Echocardiographic characterisation of left ventricular geometry of

professional male tennis players. **British journal of sports medicine**. v. 41, p. 789-792, 2007.

PASCON, J.P.E. Estudo da Variabilidade da Frequência Cardíaca em Cães. 114p. **Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista**, Jaboticabal, SP, 2009.

PAVLIK, G.; MAJOR, Z.; CSAJÁGI, E.; JESERICH, M.; KNEFFEL, Z. The athlete's heart Part II Influencing factors on the athlete's heart: Types of sports and age (Review). **Acta Physiologica Hungarica**. v. 100, n. 1, p. 1-27, 2013.

PAVLOPOULOS, H; NIHOYANNOPOULOS, P. Strain and strain rate deformation parameters: from tissue Doppler to 2D speckle tracking. **The international journal of cardiovascular imaging**. v. 24, n. 5, p. 479-491, 2008.

PELLERIN, D.; SHARMA, R.; ELLIOTT, P.; VEYRAT, C. Tissue Doppler, strain, and strain rate echocardiography for the assessment of left and right systolic ventricular function. **Heart**. v. 89, n. 3, p. 9-17, 2003

PLUIM, B.M.; ZWINDERMAN, H.A.; LAARSE, A.; WALL, E.E. The athlete's heart. **Circulation**. v. 101, n. 3, p. 336-344, 2000.

RAWLINS, J.; BHAN, A.; SHARMA, S. Left ventricular hypertrophy in athletes. **European Heart Journal-Cardiovascular Imaging**, v. 10, n. 3, p. 350-356, 2009.

RICHAND, V.; LAFITTE, S.; REANT, P.; SERRI, K.; LAFITTE, M.; BRETTE, S.; KEROUANI, A.; CHALABI, H.; SANTOS, P.; DOUARD, H.; ROUDAUT, R.; An ultrasound speckle tracking (two-dimensional strain) analysis of myocardial deformation in professional soccer players compared with healthy subjects and hypertrophic cardiomyopathy. **The American journal of cardiology**. v. 100, n. 1, p. 128-132, 2007.

RODRIGUES, A.C.T.; DE MELO, C.J.; ALVES, G.B.; DA SILVA, D.F.; PICARD, M. H.; ANDRADE, J.L.; JUNIOR, W.M.; NEGRÃO, C.E. Left ventricular function after exercise training in young men. **The American journal of cardiology**. v. 97, n. 7, p. 1089-1092, 2006.

ROVIRA, S.; MUNOZ, A.; BENITO, M. Hematologic and biochemical changes during canine agility competitions. **Veterinary Clinical Pathology**. v. 36, n. 1, p. 30-35, 2007.

\_\_\_\_\_. Effect of exercise on physiological, blood and endocrine parameters in search and rescue-trained dogs. **Veterinarni Medicina-Praha**. v. 53, n. 6, p. 333-346, 2008.

\_\_\_\_\_. Heart rate, electrocardiographic parameters and arrhythmias during agility exercises in trained dogs. **Revue de Médecine Vétérinaire**. v. 161, p. 307-313, 2010.

SAITO, K.; OKURA, H.; WATANABE, N.; HAYASHIDA, A.; OBASE, K.; IMAI, K.; MAEHAMA, K.; KAWAMOTO, T.; NEISHI, Y.; YOSHIDA, K. Comprehensive evaluation of left ventricular strain using speckle tracking echocardiography in normal adults: comparison of three-dimensional and two-dimensional approaches. **Journal of the American Society of Echocardiography**. v. 22, n. 9, p. 1025-1030, 2009.

SCHATTKE, S.; XING, Y.; LOCK, J.; BRECHTEL, L.; SCHROECKH, S.; SPETHMANN, S.; BAUMANN, G.; BORGES, A. C.; KNEBEL, F. Increased longitudinal contractility and diastolic function at rest in well-trained amateur Marathon runners: a speckle tracking echocardiography study. **Cardiovascular ultrasound**. v. 12, n. 1, p. 11, 2014.

SEBAG, I.A.; HANDSCHUMACHER, M.D.; ICHINOSE, F.; MORGAN, J.G.; HATAISHI, R.; RODRIGUES, A.C.T.; LUIS, G.B.S.; STEUDEL, W.; RAHER, M. J.B.S.; HALPERN, E.F.; DERUMEAUX, G.; BLOCH, K.D.; PICARD, M.H.; CROSBIE, M.S. Quantitative assessment of regional myocardial function in mice by tissue Doppler imaging. **Circulation**. v. 111, n. 20, p. 2611-2616, 2005.

SILVA, A.P. Deformação miocárdica em atletas de diferentes modalidades—Um estudo por 2D Speckle Tracking: projecto de investigação. 114p. **Tese (Doutorado) - Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa**, Lisboa, 2011

SILVA, C.E.S. Novas técnicas ecocardiográficas: “tissue tracking, strain rate, strain, tissue synchronization” e “speckle tracking”. In: \_\_\_\_\_. **Ecocardiografia: princípios e aplicações clínicas**. Rio de Janeiro: Revinter, p. 155-166, 2007.

SIMPSON, K.E.; CRAIG, D.B.; GUNN-MOORE, D.A.; FRENCH, A.T.; DUKES-MCEWAN, J.; KOFFAS, H.; MORAN, C. M.; CORCORAN, B.M. Assessment of the repeatability of feline echocardiography using conventional echocardiography and spectral pulse wave Doppler tissue imaging techniques. **Veterinary Radiology & Ultrasound**. v. 48, n. 1, p. 58-68, 2007.

SIMSEK, Z.; HAKAN TAS, M.; DEGIRMENCI, H.; GOKHAN, Y.A.; IPEK, E.; DUMAN, H.; GONDOGDU, F.; KARAKELLEOGLU, S.; SENOCAK, H. Speckle tracking

echocardiographic analysis of left ventricular systolic and diastolic functions of young elite athletes with eccentric and concentric type of cardiac remodeling. **Echocardiography**. v. 30, n. 10, p. 1202-1208, 2013.

SMITH, D.N.; BONAGURA, J.D.; CULWELL, N.M.; SCHOBER, K.E.L. Left ventricular function quantified by myocardial strain imaging in small-breed dogs with chronic mitral regurgitation. **Journal of veterinary cardiology**, v. 14, n. 1, p. 231-242, 2012.

STARLING, E.H.; VISSCHER, M.B. The regulation of the energy output of the heart. **The Journal of physiology**. v. 62, n. 3, p. 243-261, 1927.

STEPIEN, R.L.; HINCHCLIFF, K.W.; CONSTABLE, P.D.; OLSON, J. Effect of endurance training on cardiac morphology in Alaskan sled dogs. **Journal of Applied Physiology**. v. 85, n. 4, p. 1368–1375, 1998.

SUFFOLETTO, M. S.; DOHI, K.; CANNESON, M.; SABA, S.; GORCSAN, J. Novel speckle-tracking radial strain from routine black-and-white echocardiographic images to quantify dyssynchrony and predict response to cardiac resynchronization therapy. **Circulation**, Dallas, v. 113, n. 7, p. 960-968, Feb. 2006.

SUZUKI, R.; MATSUMOTO, H.; TESHIMA, T.; KOYAMA, H. Effect of age on myocardial function assessed by two-dimensional speckle-tracking echocardiography in healthy beagle dogs. **Journal of Veterinary Cardiology**. v. 15, n. 4, p. 243-252, 2013.

SZAUDEK, I.; KOVÁCS, A.; & PAVLIK, G. Comparison of left ventricular mechanics in runners versus bodybuilders using speckle tracking echocardiography. **Cardiovascular ultrasound**. v. 13, n. 1, p. 7, 2015.

TAKANO, H.; FUJII, Y.; YUGETA, N.; TAKEDA, S.; WAKAO, Y. Assessment of left ventricular regional function in affected and carrier dogs with duchenne muscular dystrophy using speckle tracking echocardiography. **BMC Cardiovascular Disorders**. v. 11, n. 23, p. 1- 8, 2011.

TEICHOLZ, L.E; KREULEN, T; HERMAN, M.V.; GORLIN, R. Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic-angiographic correlations in presence or absence of asynergy. **The American Journal of Cardiology**. v. 37, p. 7-11, 1976.

TESHIMA, K.; ASANO, K.; IWANAGA, K.; HIROSHI, K.O.I.E.; UECHI, M.; YUKA, K.A.T.O.; KUTARA, KENGI.; KANNO, N.; SEKI, M.; EDAMURA, K.; HASEGAWA, A.; TANAKA, S. Evaluation of left ventricular Tei index (index of myocardial performance) in healthy dogs and dogs with mitral regurgitation. **Journal of Veterinary Medical Science**. v. 69, n. 2, p. 117-123, 2007.

TESKE, A.J.; DE BOECK, B.W.; MELMAN, P.G.; SIESWERDA, G.T.; DOEVENDANS, P.A.; CRAMER, M.J. Echocardiographic quantification of myocardial function using tissue deformation imaging, a guide to image acquisition and analysis using tissue Doppler and speckle tracking. **Cardiovascular ultrasound**. v. 5, n. 1, p. 27, 2007.

THOMAS, W.P.; GABERS, C.E.; JACOBS, G.J.; KAPLAN, P.M.; LOMBARD, C.W.; MOISE, N.S.; MOSES, B.L. Recommendations for standards in transthoracic two-dimensional echocardiography in the dog and cat. **Journal of Veterinary Internal Medicine**. v. 7, n. 4, p. 247-252, 1993.

TIDHOLM, A.; LJUNGVALL, I.; HÖGLUND, K.; WESTLING, A. B.; HÄGGSTRÖM, J. Tissue Doppler and strain imaging in dogs with myxomatous mitral valve disease in different stages of congestive heart failure. **Journal of veterinary internal medicine**. v. 23, n. 6, p. 1197-1207, 2009.

TROY, B.L.; PONBO, J.; RACKLEY, C.E.; Measurement of Left Ventricular Wall Thickness and Mass by Echocardiography. **Circulation**. v. 70, p. 602-611, 1972

TÜZÜN, N.; ERGÜN, M.; ALIOĞLU, E.; EDEM, E.; TENGİZ, I.; AYTEMİZ, F.; İŞLEĞEN, Ç. TEI Index in elite sprinters and endurance athletes. **The Journal of sports medicine and physical fitness**. v. 55, n. 9, p. 988-994, 2015.

UTOMI, V.; OXBOROUGH, D.; ASHLEY, E.; LORD, R.; FLETCHER, S.; STEMBRIDGE, M.; SHAVE, R.; HOFFMAN, M.D.; WHYTE, G.; SOMAUROO, J.; SHARMA, S.; GEORGE, K. Predominance of normal left ventricular geometry in the male 'athlete's heart. **Heart**. n. 100. p. 1264-1271, 2014.

WANG, Y.; WISLOFF, U.; KEMI, O.J. Animal models in the study of exercise-induced cardiac hypertrophy. **Physiological research**. v. 59, n. 5, p. 633, 2010.

WARBURTON, D.E.R.; HAYKOWSKY, M.J.; QUINNEY, H.A.; BLACKMORE, D.; TEO, K.K.; HUMEN, D.P. Myocardial Response to Incremental Exercise in Endurance-Trained Athletes: Influence of Heart Rate, Contractility and the Frank-Starling Effect. **Experimental Physiology**. v. 87, n. 5, p. 613-622, 2002.



WASFY, M.; WEINER, R.B. Differentiating the athlete's heart from hypertrophic cardiomyopathy. **Current opinion in cardiology**. v. 30, n. 5, p. 500-505, 2015.

WEBER, KARL T.; BRILLA, CHRISTIAN G. Pathological hypertrophy and cardiac interstitium. Fibrosis and renin-angiotensin-aldosterone system. **Circulation**. v. 83, n. 6, p. 1849-1865, 1991.

WEINER, R.B.; BAGGISH, A.L. Exercise-induced cardiac remodeling. **Progress in cardiovascular diseases**. v. 54, n. 5, p. 380-386, 2012.

WESS, G.; KELLER, L.J.; KLAUSNITZER, M.; KILLICH, M.; HARTMANN, K. Comparison of longitudinal myocardial tissue velocity, strain, and strain rate measured by two-dimensional speckle tracking and by color tissue Doppler imaging in healthy dogs. **Journal of Veterinary Cardiology**. v. 13, n. 1, p. 31-43, 2011.

WILLIAMS, T. Natural ability and selection. In:\_\_\_\_. **Working Sheep Dogs: A Practical Guide to Breeding, Training and Handling**. Landlinks Press, p. 7 – 63, 2007.

YU, C.M.; SANDERSON, J.E.; MARWICK, T.H.; OH, J. K. Tissue Doppler imaging: a new prognosticator for cardiovascular diseases. **Journal of the American College of Cardiology**. v. 49, n. 19, p. 1903-1914, 2007.

**APÊNDICE 1** – Fórmulas matemáticas utilizadas para determinação de algumas variáveis utilizadas no estudo:

- Fração de encurtamento:

$$FS (\%) = \frac{DIVEd - DIVEs}{DIVEd} \times 100$$

- Fração de ejeção:

$$FEj (\%) = \frac{IE}{IVVEFd} \times 100$$

- Índice do volume ventricular esquerdo ao final da sístole (s) e diástole (d):

$$IVVEFs (\text{ml/m}^2) = \frac{LVVs}{AC}$$

$$IVVEFd (\text{ml/m}^2) = \frac{LVVd}{AC}$$

- Volume ventricular esquerdo ao final da sístole (s) e diástole (d):

$$LVVs (\text{mL}) = \frac{(7 \times DIVEs^3)}{(2,4 + DIVEs)}$$

$$LVVd (\text{mL}) = \frac{(7 \times DIVEd^3)}{(2,4 + DIVEd)}$$

- Área corporal:

$$AC (\text{m}^2) = C \times \frac{\text{PESOgramas}^{0,67}}{10^4}$$

C= 10 para cães

- Índice cardíaco:

$$IC = \frac{DC}{MC}$$

- Débito cardíaco:

$$DC = FC \times VS$$

- Índice de performance miocárdica de Tei:

$$TEI = \frac{\text{intervalo A} - TEV}{TEV}$$

Intervalo A: tempo entre a onda A e E subsequente, dos fluxos mitral ou tricúspide.

TEV: tempo de ejeção ventricular.

- Volume sistólico:

$$VS = LVVd - LVV_s$$