



**GISELE FABRÍCIA MARTINS DOS REIS**

**CARACTERIZAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA  
DA ESPESSURA DA CAMADA MÉDIO-ÍNTIMA  
E DO FLUXO SANGUÍNEO DA ARTÉRIA  
FEMORAL EM FELINOS DOMÉSTICOS  
SAUDÁVEIS**

**LAVRAS - MG  
2012**

**GISELE FABRÍCIA MARTINS DOS REIS**

**CARACTERIZAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA DA ESPESSURA DA  
CAMADA MÉDIO-ÍNTIMA E DO FLUXO SANGUÍNEO DA ARTÉRIA  
FEMORAL EM FELINOS DOMÉSTICOS SAUDÁVEIS**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Clínica, Cirurgia e Patologia Veterinária, para a obtenção do título de mestre.

Orientador  
Prof. Dr. Rodrigo Bernardes Nogueira

**LAVRAS- MG  
2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Reis, Gisele Fabrícia Martins dos.

Caracterização ultrassonográfica da espessura da camada médio-  
íntima e do fluxo sanguíneo da artéria femoral em felinos  
domésticos saudáveis / Gisele Fabrícia Martins dos Reis. – Lavras :  
UFLA, 2012.

85 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Rodrigo Bernardes Nogueira.

Bibliografia.

1. Gatos. 2. Duplex Doppler. 3. Vascular. 4. Arterial. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.8089113

**GISELE FABRÍCIA MARTINS DOS REIS**

**CARACTERIZAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA DA ESPESSURA DA  
CAMADA MÉDIO-ÍNTIMA E DO FLUXO SANGUÍNEO DA ARTÉRIA  
FEMORAL EM FELINOS DOMÉSTICOS SAUDÁVEIS**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Clínica, Cirurgia e Patologia Veterinária, para a obtenção do título de mestre.

APROVADA em 30 de julho de 2012.

Profª. Dra. Ruthnéa Aparecida Lázaro Muzzi	UFLA
Prof. Dr. Antonio Carlos Cunha Lacreta Junior	UFLA
Prof. Dr. Guilherme Albuquerque de Oliveira Cavalcanti	UFMG/FEAD

Prof. Dr. Rodrigo Bernardes Nogueira  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2012**

*Aos meus pais, “seu”  
Reis e D. Cidinha, por  
me ensinarem a nunca  
desistir dos meus  
objetivos, dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e à espiritualidade, pelo equilíbrio e proteção, possibilitando meu discernimento e perseverança diante dos obstáculos.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de ensino e inserção profissional.

Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras; à professora Flávia Borges Saad e às suas alunas de pós-graduação, pela gentileza na utilização dos gatos mantidos pelo CENAC/DZO/UFLA.

A minha irmã, Giliane; meu cunhado, Sílvio e à nossa pequena Heloísa, que nos ensina a cada dia que é preciso renovar a esperança em dias melhores.

Ao meu orientador, professor Rodrigo, pelo conhecimento e amizade nestes anos de convívio, contribuindo para o aprimoramento de minha formação profissional e pessoal, despertando em mim o interesse pela pesquisa científica e a arte em docência.

À professora Ruthnéa, pela confiança, carinho e, principalmente, pelos ensinamentos e respeito durante o tempo em aqui estive.

Aos professores Antonio Lacrete, Gabriela e Guilherme Cavalcanti, pelo tempo disponível e colaboração ao aceitarem a participação da banca examinadora.

Ao professor Marcos (Caco), pelo reencontro após tantos anos, descobrindo que a amizade e o respeito ainda persistem. Obrigada pelos conselhos e dicas!

Ao professor Guilherme Oberlender, pela paciência e disponibilidade, sempre solícito aos meus apelos estatísticos.

A Luciane, Amanda e Ana Flávia, pelo apoio, pela amizade e, claro, pelos inúmeros pedidos de socorro.

As minhas “irmãs”, Camila e Virgínia Samora, pela amizade, pelo carinho e pelo respeito conquistado ao longo de vários anos de convívio.

Aos pós-graduandos do Setor de Cardiologia da UFLA, antigos e atuais, Rosane, Adriana, Matheus e Milena, pela oportunidade de trabalho, companheirismo e, claro, pelas gargalhadas, mesmo nas situações mais desesperadoras!

Aos residentes, atuais e antigos, dos Setores de Clínica e Cirurgia de Pequenos Animais, pela confiança em mim, mas, principalmente, por me deixarem acompanhá-los na rotina hospitalar, possibilitando meu aprendizado.

A todos os funcionários do HV e da secretaria da pós-graduação, pelo apoio e competência com que executam seu serviço, sempre me auxiliando nas questões burocráticas ou, simplesmente, me acompanhando em um simples cafezinho!

A todos os proprietários que autorizaram a inclusão de seus animais neste experimento, possibilitando a realização deste trabalho.

## RESUMO

Para determinar a morfologia e os valores das ondas do fluxo da artéria femoral em felinos domésticos (*Felis catus*), assim como as medidas da espessura da camada médio-íntima (QIMT) do referido vaso, foram selecionados aleatoriamente 30 gatos, sendo 15 machos e 15 fêmeas, de diferentes raças, saudáveis e não sedados, provenientes do atendimento clínico do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A avaliação do fluxo da artéria femoral foi realizada por meio da ultrassonografia duplex Doppler (UDD) e a QIMT, pela técnica automática de leitura por radiofrequência. Na análise morfológica, o fluxo sanguíneo apresentou característica bifásica, ou seja, ausência do fluxo diastólico inicial em 16 (53,34%) dos animais avaliados. Nos 14 (46,66%) animais restantes, o aspecto do fluxo da artéria femoral foi trifásico, sendo quatro machos e oito fêmeas. Os valores da pressão arterial sistólica e da frequência cardíaca dos grupos analisados estavam dentro da normalidade para a espécie e, assim como o peso e as idades, não apresentaram diferença significativa entre gêneros. Os parâmetros de fluxo sanguíneo avaliados foram: pico sistólico (PS), pico diastólico inicial (PDI), pico diastólico final (PDF), velocidade média (VM), integral de velocidade no tempo (ITV), diâmetro arterial (DA), volume de fluxo femoral (VFF), área femoral (AF), índice de pulsatilidade (IP), índice de resistividade (IR) e tempo de aceleração (TA) e de desaceleração (TD) do pico sistólico, tendo sido obtidos, para os 30 animais, os respectivos valores médios:  $34,54 \pm 8,03$  cm/s;  $4,78 \pm 0,90$  cm/s;  $10,19 \pm 2,77$  cm/s;  $20,0 \pm 6,16$  cm/s;  $3,47 \pm 1,1,3$  cm;  $0,17 \pm 0,03$  cm;  $0,095 \pm 0,06$  cm<sup>3</sup>;  $0,027 \pm 0,17$  cm<sup>2</sup>;  $1,27 \pm 0,48$ ;  $0,78 \pm 0,28$ ;  $39,95 \pm 7,38$  ms e  $114,49 \pm 21,14$  ms, respectivamente. O valor médio obtido da QIMT da artéria femoral foi de  $456,56 \pm 117,73$  μm. Estatisticamente, não foram observadas diferenças dentre as variáveis estudadas entre os machos e fêmeas. Além de determinar os valores médios fisiológicos de fluxo da artéria femoral e da QIMT para a espécie felina,



neste trabalho, aUUD mostrou ser um método de avaliação vascular periférica com eficiente reprodutibilidade e repetibilidade para felinos saudáveis não sedados.

Palavras-chave: Fluxo sanguíneo. Duplex Doppler. Vascular. Arterial. Gatos.

## ABSTRACT

The aimed of this study was establish the specific morphology and the values of the wave flow of femoral artery domestic cats (*Felis catus*) as well as their measurements of the intima-media thickness (QIMT). We randomly selected 30 cats, fifteen males and fifteen females with no specific breeds, healthy and no-sedated, from the Veterinary Teaching Hospital of the Federal University of Lavras (UFLA). The evaluation of the flow of femoral artery was performed by ultrasound Doppler and QIMT were measure with the automatic device by radiofrequency. In the morphological analysis, the blood flow showed biphasic characteristic in sixteen (53,34%) animals evaluated. In fourteen animals (46,66%) the flow femoral artery was triphasic, including four males and eight females. The blood flow parameters were: systolic peak velocity (SPV), early diastolic peak velocity (EDVP); late diastolic peak velocity (LDVP), media velocity (MV); integral time velocity (ITV), arterial diameter (AD); femoral flow velocity (FFV); femoral area (FA); pulsatility index (IP); resistivity index (IR); PS acceleration (AC) and deceleration (DT) times, and their average values were:  $34,54 \pm 8,03$  cm/s;  $4,78 \pm 0,90$  cm/s;  $10,19 \pm 2,77$  cm/s;  $20,09 \pm 6,16$  cm/s;  $3,47 \pm 1,13$  cm;  $0,17 \pm 0,03$  cm;  $0,095 \pm 0,06$  cm<sup>3</sup>;  $0,027 \pm 0,17$  cm<sup>2</sup>;  $1,27 \pm 0,48$ ;  $0,78 \pm 0,28$ ;  $39,95 \pm 7,38$  ms and  $114,49 \pm 21,14$ , respectively. The measurements of QIMT of femoral artery was  $456,56 \pm 107,73$   $\mu$ m. No differences statistically were observed among the studied variables between males and females. Besides determining the average physiological flow of the femoral artery and QIMT to felines, for this work, UDD proved to be a method of evaluating peripheral vascular with efficient reproducibility and repeatability for healthy no-sedated cats.

Keywords: Blood flow. Duplex Doppler. Vascular. Arterial. Cats.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Esquema representativo de uma artéria muscular canina evidenciando as diferentes partes que compõe a parede arterial, corada pela técnica tricoma de Masson. (1) lúmen; (2) camada íntima; (3) camada média; (4) camada adventícia..... 22
- Figura 2 Conceito de Windkessel. A combinação dos efeitos de complacência arterial, presente nas artérias elásticas, associado à resistência vascular periférica, permitem a obtenção de um fluxo periférico constante..... 24
- Figura 3 Representação esquemática do sangue em fluxo laminar no interior de um vaso arterial, quando submetido a uma variação de pressão (P)..... 26
- Figura 4 Elementos presentes na ultrassonografia duplex Doppler. O transdutor ultrassônico é composto por dois elementos, um transmissor do som, e outro receptor do eco sonoro, obtido pelo encontro do mesmo com os corpos refletoras, aqui descritos como os elementos celulares do fluxo sanguíneo..... 28
- Figura 5 Demonstração da mudança de frequência no sinal Doppler. À medida que há mudança no ângulo de insonação, em relação ao vaso estudado, há mudança na formação do espectro do fluxo sanguíneo. A seta vermelha indica a ausência de sinal Doppler quando o feixe forma um ângulo de 90°..... 29

Figura 6	Ultrassonografia Duplex Doppler. <b>A</b> , ultrassonografia bidimensional, com volume de amostra, representado por uma linha vertical esverdeada, colocado no centro da artéria femoral, para obtenção das maiores velocidades. <b>B</b> , representação espectral do fluxo sanguíneo da artéria femoral.....	31
Figura 7	Características morfológicas do fluxo arterial, mostrando os aspectos trifásico, bifásico e monofásico. O número 1 indica o pico sistólico, o número 2 corresponde ao pico diastólico inicial e o número 3 determina o pico diastólico tardio.....	35
Figura 8	Imagem ultrassonográfica demonstrando a mensuração automática da espessura da camada médio-íntima da artéria carótida comum direita humana. Notar que, na imagem bidimensional do vaso observa-se a linha verde paralela à parede arterial, identificando a leitura da QIMT pela de técnica de radiofrequência. No lado esquerdo da tela, aparecem três colunas, mostrando os resultados da leitura automática da QIMT em $\mu\text{m}$ e do diâmetro arterial em mm.	38
Figura 9	Posicionamento do transdutor linear para a realização da ultrassonografia duplex Doppler da artéria femoral direita de um felino doméstico.....	48

Figura 10	Imagem ultrassonográfica demonstrando a avaliação da espessura da camada íntima da artéria femoral de um felino doméstico pela técnica de radiofrequência.....	49
Figura 11	Imagem ecocardiográfica em plano transversal direito eixo curto de um felino doméstico saudável, mostrando o septo interventricular (SIV) e a parede livre do ventrículo esquerdo (VE).....	54
Figura 12	Imagem ultrassonográfica demonstrando espectro Doppler em padrão trifásico do fluxo da artéria femoral em um felino doméstico saudável não sedado, com a formação dos três principais picos de velocidades: (1) pico sistólico; (2) pico diastólico inicial; (3) pico diastólico final. Destaque do fluxo diastólico inicial (seta).....	55
Figura 13	Imagem ultrassonográfica em modo duplex Doppler demonstrando espectro bifásico no fluxo da artéria femoral de um felino doméstico não sedado. Observar a formação de dois picos de velocidades positivos, (1) pico sistólico e (3) pico diastólico final. Acima em destaque, o valor do ângulo de insonação, mantido a 25° durante realização do exame UDD, em todos os animais.....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores (média $\pm$ desvio-padrão) de idade, peso e variáveis obtidos por meio da ultrassonografia duplex Doppler da artéria femoral de gatos saudáveis.....	52
Tabela 2	Principais valores obtidos pelo exame ecocardiográfico convencional de felinos domésticos não sedados (n=30)...	53
Tabela 3	Valores de idade, peso e as variáveis obtidas por meio da ultrassonografia duplex Doppler da artéria femoral de gatos saudáveis (n=30).....	57
Tabela 4	Análise de correlações (valores de p e r) para a variável QIMT (n= 30) obtidos por meio da ultrassonografia duplex Doppler da artéria femoral de gatos saudáveis.....	58
Tabela 5	Análise de correlações (valores de p e r) para a variável idade com os índices hemodinâmicos e com a QIMT obtidos por meio da ultrassonografia da artéria femoral de gatos saudáveis (n=30).....	58
Tabela 6	Variabilidade das medidas intraobservador, obtidas por meio da UDD da artéria femoral em felinos domésticos não sedados, com intervalo de 15 dias (n= 10).....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS

AE	Diâmetro interno do átrio esquerdo
AF	Área femoral
Ao	Diâmetro da raiz aórtica
BD	Bidimensional
CHF	Cardiomiopatia hipertrófica felina
DA	Diâmetro arterial
FD	Frequência de deslocamento Doppler
FE	Fração de ejeção
FS	Fração de encurtamento
FT	Frequência do feixe ultrassônico transmitido
L	Comprimento do vaso
n	Viscosidade do fluido
IP	Índice de pulsatilidade
IR	Índice de resistividade
ITV	Velocidade de tempo integral
PAS	Pressão arterial sistólica
PDI	Pico diastólico inicial
PDF	Pico diastólico final
PLVE	Parede livre do ventrículo esquerdo
PS	Pico sistólico
$P_1$	Pressão na porção proximal do vaso
$P_2$	Pressão na porção distal do vaso
Q	Volume de fluxo
QIMT	Quantificação da espessura da camada médio-intima
r	Raio do vaso
SAM	Movimentação sistólica do folheto septal da valva mitral
SIV	Septo interventricular
TA	Tempo de aceleração
TD	Tempo de desaceleração
TRIV	Tempo de relaxamento isovolumétrico
UDD	Ultrassonografia duplex Doppler
V	Velocidade dos eritrócitos
VA	Valva aórtica
VE	Ventrículo esquerdo
VFF	Volume de fluxo femoral
VIOD	Variabilidade intraobservador ente dias
VM	Velocidade média
VP	Valva pulmonar

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\emptyset$	ângulo Doppler
$\text{Cos } \emptyset$	coseno do ângulo Doppler
$c$	velocidade média do ultrassom nos tecidos
$\text{cos}$	coseno
$\text{Hz}$	Hertz
$\text{m/s}$	metros por segundos
$\alpha$	alfa
$\text{MHz}$	Megahertz
$\Pi$	pi (3,14)
$\mu\text{m}$	Micrômetro
$\text{kg}$	Quilograma
$\text{mmHg}$	milímetros de mercúrio
$\text{mm}$	Milímetro
$\%$	Porcentagem
$\text{cm}$	Centímetro
$\text{cm}^3$	centímetro cúbico
$\text{cm/s}$	centímetro/segundo
$\text{ml/min}$	mililitros por minuto
$^\circ$	Ângulo
$\Theta$	Theta
$\text{®}$	marca registrada



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Sistema circulatório e fluxo arterial.....</b>	<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>Ultrassonografia abdominal.....</b>	<b>26</b>
<b>4.3</b>	<b>Ultrassonografia modo M.....</b>	<b>26</b>
<b>4.4</b>	<b>Efeito Doppler.....</b>	<b>27</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Doppler de onda pulsada.....</b>	<b>30</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Doppler de onda contínua.....</b>	<b>32</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Imagem duplex Doppler e imagem Doppler em cores.....</b>	<b>32</b>
<b>4.5</b>	<b>Ultrassonografia duplex Doppler.....</b>	<b>33</b>
<b>4.6</b>	<b>Doppler espectral da artéria femoral.....</b>	<b>33</b>
<b>4.7</b>	<b>Índices hemodinâmicos obtidos com a UDD.....</b>	<b>35</b>
<b>4.8</b>	<b>Mensuração da espessura da camada médio-íntima femoral....</b>	<b>36</b>
<b>4.9</b>	<b>Estudos clínicos utilizando a UDD vascular periférica em medicina veterinária.....</b>	<b>38</b>
<b>4.10</b>	<b>Aplicabilidade da UDD vascular periférica e da QIMT na clínica de felinos.....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>44</b>
<b>5.1</b>	<b>Local de estudo e população experimental.....</b>	<b>44</b>
<b>5.2</b>	<b>Avaliação do escore corporal.....</b>	<b>45</b>
<b>5.3</b>	<b>Eletrocardiografia.....</b>	<b>45</b>
<b>5.4</b>	<b>Mensurações da pressão arterial sistêmica.....</b>	<b>45</b>
<b>5.5</b>	<b>Ecocardiografia convencional.....</b>	<b>46</b>
<b>5.6</b>	<b>Avaliações do fluxo da artéria femoral.....</b>	<b>47</b>
<b>5.7</b>	<b>Mensurações da espessura da camada médio-íntima femoral....</b>	<b>47</b>
<b>5.8</b>	<b>Análise intraobservados entre dias.....</b>	<b>48</b>
<b>5.9</b>	<b>Análises estatísticas.....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADO.....</b>	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>59</b>
<b>7.1</b>	<b>Importância da UDD como ferramenta diagnóstica ou experimental na clínica de felinos domésticos.....</b>	<b>59</b>
<b>7.2</b>	<b>Avaliação qualitativa do fluxo sanguíneo da artéria femoral em felinos saudáveis.....</b>	<b>62</b>

<b>7.3</b>	<b>Avaliação quantitativa do fluxo sanguíneo da artéria femoral em felinos saudáveis.....</b>	<b>64</b>
<b>7.4</b>	<b>Avaliação qualitativa da QIMT da artéria femoral em felinos domésticos.....</b>	<b>67</b>
<b>7.5</b>	<b>Limitações do estudo.....</b>	<b>68</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>69</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>71</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>81</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>82</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A aceitação dos felinos domésticos como animais de estimação vem ganhando cada vez mais espaço nas famílias brasileiras. Em virtude da mudança do estilo de vida, especialmente nos espaços urbanos, aumenta o número de pessoas que buscam maior conforto e segurança em apartamentos e condomínios e os felinos têm boa adaptação em espaços menores. Esse interesse reflete diretamente no desenvolvimento de cursos de especializações nesta área, dentro das escolas veterinárias e de empresas privadas, com um número maior de médicos veterinários buscando melhor compreensão das doenças felinas. Entre os diferentes sistemas, o cardiovascular ganha destaque, em consequência de possíveis complicações decorrentes da longevidade alcançada por estes pacientes.

A ultrassonografia duplex Doppler (UDD) fornece, em tempo real, por meio da imagem bidimensional, informações sobre a anatomia e a hemodinâmica dos vasos, além de permitir visualizar a presença, a direção e o tipo do fluxo sanguíneo. Por se tratar de uma técnica não invasiva, segura e indolor ao paciente, é um método aceito na rotina de investigações de diferentes alterações hemodinâmicas vasculares, periféricas ou não, em humanos e animais. Em seres humanos, estudos clínicos recomendam a UDD como método averiguatório das condições de perfusão periférica, tanto em artérias femorais como em carótidas, devido à alta predisposição nessa espécie de ateroscleroses obliterantes. Em felinos, sabe-se que as doenças obstrutivas periféricas mais comuns são aquelas decorrentes da formação de trombos e êmbolos. No entanto, a UDD não tem sido amplamente aplicada com o mesmo objetivo nesta espécie.

Do ponto de vista experimental, a UDD também tem sido aplicada especialmente em seres humanos, demonstrando alterações na perfusão periférica, que não correspondem clinicamente às alterações cardíacas centrais obtidas pela ecocardiografia. Em cães, já é reconhecido o envolvimento de

grandes artérias periféricas em pacientes com diferentes cardiopatias. Em equinos, estudos enfatizam a utilização da UDD vascular, em distúrbios associados a processos inflamatórios do casco (laminite), que modificam os parâmetros normais de fluxo sanguíneo.

Cada vaso ou segmento vascular apresenta um perfil específico e característico, portanto, o reconhecimento do aspecto normal é de suma importância quando as alterações hemodinâmicas e vasculares são abordadas. Além disso, a ultrassonografia também permite, por meio do recurso de radiofrequência, a mensuração do espessamento da camada médio-íntima arterial (QIMT). Sabe-se que este é o método de escolha para detectar de maneira precoce as arterioscleroses em humanos e, conseqüentemente, prever os riscos de prováveis complicações cardiovasculares associados a esta afecção. Em seres humanos, condições de arterioscleroses são associadas a distúrbios endócrinos, como o hipertireoidismo.

Considerando os aspectos anteriormente citados, a UDD vascular periférica poderia ser utilizada rotineiramente como ferramenta experimental na clínica de felinos. No entanto, não há estudos, relacionados à referida espécie, que caracterizem de modo completo o fluxo sanguíneo e a espessura da camada médio-íntima da artéria femoral por meio da ultrassonografia.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Caracterizar os diferentes parâmetros hemodinâmicos de fluxo e de impedância na artéria femoral em felinos domésticos sadios e não sedados obtidos por meio da ultrassonografia duplex Doppler e quantificar a QIMT por meio da técnica de radiofrequência.

### **3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

O estudo ultrassonográfico da artéria femoral visa:

- a) definir os valores do pico da velocidade sistólica e das velocidades diastólicas;
- b) obter os valores da velocidade média;
- c) avaliar os valores de diâmetro e da área vascular;
- d) determinar os valores dos índices de pulsatilidade e resistividade;
- e) definir os valores normais do volume de fluxo sanguíneo;
- f) estabelecer os tempos de aceleração e desaceleração do pico sistólico;
- g) quantificar a medida da QIMT vascular;
- h) correlacionar a QIMT com os seguintes parâmetros vasculares: pico sistólico, picos diastólicos, tempos de aceleração e desaceleração do pico sistólico, diâmetro arterial, peso corporal, idade e pressão arterial sistólica;
- i) correlacionar o pico sistólico com a velocidade média e o volume de fluxo femoral;
- j) correlacionar a idade com os seguintes parâmetros vasculares: pico sistólico, picos diastólicos, tempos de aceleração e desaceleração, diâmetro arterial, área femoral, volume de fluxo femoral, índices de resistividade e pulsatilidade e QIMT.

### **4 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **4.1 Sistema circulatório e fluxo arterial**

O sistema circulatório tem um aparato complexo, tanto funcional como estrutural. O fluxo sanguíneo está sob a influência de diferentes fatores fisiológicos, como o bombeamento cardíaco, a elasticidade presente nas paredes

dos vasos (complacência vascular), o tônus da musculatura lisa vascular e o variado padrão anatômico existente, no qual diferentes dimensões anatomomorfológicas fazem com que cada segmento vascular apresente características fisiológicas diferentes entre si (CARTER, 2005).

O sistema circulatório tem três tipos de circulação: a circulação coronariana, a circulação pulmonar e a circulação sistêmica (KHAKPOUR; VAFAI, 2008). Ele é responsável pelo transporte de nutrientes, do oxigênio e pela remoção de resíduos metabólicos. O coração atua bombeando o sangue para os vasos sanguíneos, que formam uma rede sofisticada de ramificações tubulares, capazes de conduzir o sangue aos diferentes sistemas orgânicos (SECOMB; PRIES, 2011). A aorta se ramifica em diferentes artérias, alcançando de modo particular cada órgão. As artérias continuam se dividindo até formarem estruturas vasculares menores, alcançando o sistema de difusão, conhecido por leito capilar (KHAKPOUR; VAFAI, 2008).

Sabe-se que os vasos sanguíneos diferem uns dos outros pelas suas características estruturais. As principais artérias apresentam três camadas, nomeadas de camadas íntima, média e adventícia, como representado na Figura 1 (KHAKPOUR; VAFAI, 2008). As artérias são consideradas estruturas adaptáveis, capazes de suportar as diferentes variações de pressão e de fluxo sanguíneo, por meio de contração ou distensão de suas paredes (KU, 1997; SECOMB; PRIES, 2011). Desse modo, elas reagem de maneira dinâmica aos mais diferentes tipos de estresses mecânicos, gerando diferentes respostas fisiológicas, consideradas essenciais para a manutenção do funcionamento normal do sistema circulatório. As adaptações do fluxo sanguíneo podem ocorrer por diferentes mecanismos, entre os quais o controle da frequência e da contratilidade cardíaca pelos barorreceptores, pela autorregulação arteriolar local e pelos rins. A contração vascular rápida acontece em respostas aos estímulos neurogênicos e hormonais, principalmente pela necessidade do controle da

resistência vascular sistêmica e do volume sanguíneo vascular (KU; 1997; LONDON; PANNIER, 2010).

O sangue é uma mistura complexa de células, proteínas, lipoproteínas e íons, na qual os nutrientes são transportados. Do ponto de vista reológico, ou seja, pelos conhecimentos da mecânica dos fluidos em geral, o sangue é classificado como uma suspensão sólido-líquida, com os elementos celulares constituindo a fase sólida em questão e o plasma, a fase líquida. A característica de fluidez do sangue é definida pela concentração do hematócrito, que é a fração volumétrica de eritrócitos em suspensão no sangue (KHAKPOUR; VAFAI, 2008; SECOMB; PRIES, 2011), apresentando viscosidade quatro vezes maior do que a água (KU; 1997).



Figura 1 Esquema representativo de uma artéria muscular canina, evidenciando as diferentes partes que compõem a parede arterial, corada pela técnica tricoma de Masson. (1) lúmen; (2) camada íntima; (3) camada média; (4) camada adventícia

Fonte: Aughey e Frye (2001)

A compreensão dos aspectos mecânicos que cada fluido exerce tem importante papel no desenvolvimento, na detecção e no tratamento das doenças arteriais. O primeiro modelo proposto para a compreensão do sistema

cardiovascular utilizava o modelo de Windkessel, proposto por Hales (1735), definindo a aceleração rápida e o declínio gradual das ondas de pressão formadas e do próprio fluxo sanguíneo em si. Esse modelo propõe que o sistema cardiovascular seja estudado como sendo uma sequência em série de estruturas complacentes e resistentes, sendo a complacência existente na aorta, somada à resistência vascular presente nas artérias periféricas, responsável pela manutenção do fluxo sanguíneo, como demonstrado na Figura 2 (KU; 1997; WESTERHOF; LANKHAAR; WESTERHOF, 2009).

Durante a sístole, a complacência presente na aorta atua como um capacitor de estocagem sanguínea; durante a diástole, a elasticidade presente em tal artéria é liberada em forma de energia cinética e o sangue estocado é deslocado para os ramos das pequenas artérias dos diversos órgãos. Essa abordagem permite a compreensão da fisiologia das formações das ondas, do trabalho cardíaco durante a ejeção do sangue e, ainda, permite determinar a variação da distribuição do fluxo sanguíneo local em diferentes pontos da árvore arterial e da propagação do pulso de onda formado (KU, 1997).

Para que o fluxo sanguíneo aconteça entre dois pontos diferentes dentro do sistema circulatório é necessário que haja diferença de energia entre estes dois pontos. Geralmente, essa diferença entre níveis de energia é definida como diferença de pressão que, para este sistema, consiste em um reservatório de alta pressão (arterial) e outro de baixa pressão (venoso). Estes reservatórios são conectados entre si pelos vasos distribuidores (pequenas artérias) e pelos vasos de resistência da microcirculação, compreendendo arteríolas, capilares e vênulas (CARTER, 2005).

O fluxo sanguíneo arterial, portanto, necessita da energia disponível para impulsionar o sangue e da resistência ao fluxo presente no sistema vascular (TRUSH; HARTSHORNE, 2005). A definição proposta por Daniel Bernoulli (1700-1782) sobre a energia total aplicada aos fluidos define que, para a



ocorrência do deslocamento do fluxo sanguíneo dentro do sistema cardiovascular, é necessária a ação conjunta das forças de pressão, força cinética e gravitacional. A pressão é a força imposta às lâminas de sangue devido à contração cardíaca e à distensão da aorta; a força cinética ocorre devido à suspensão celular presente no sangue, fazendo com que estas massas se movimentem na dependência da densidade e da velocidade do sangue, e, por último, a força gravitacional, que é capacidade de fluxo circular dentro de um sistema de tubos, sob ação gravitacional imposta pela Terra em uma determinada densidade (KHAKPOUR; VAFAI, 2008; KU, 1997; TRUSH; HARTSHORNE, 2005).

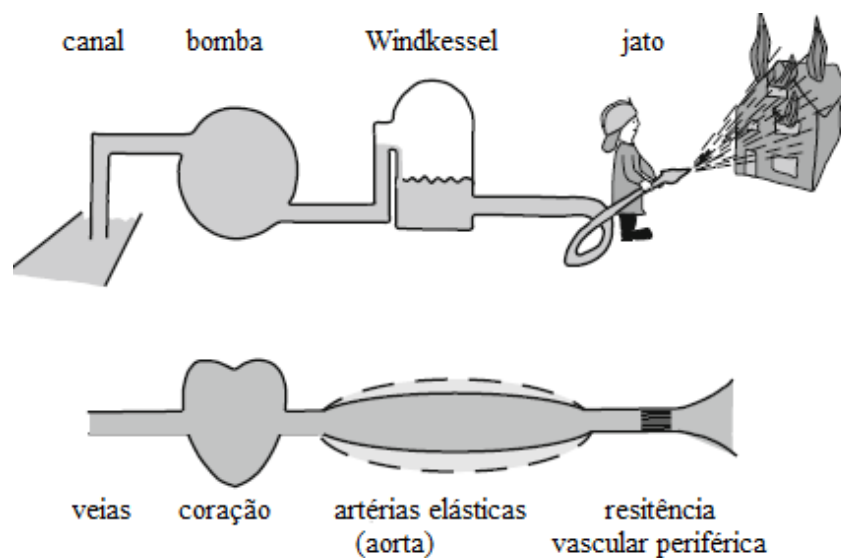


Figura 2 Conceito de Windkessel. A combinação dos efeitos de complacência arterial, presente nas artérias elásticas, associados à resistência vascular periférica, permite a obtenção de um fluxo periférico constante  
Fonte: adaptado de Westerhor, Lankhaar e Westerhof (2009)

A ação do bombeamento cardíaco é fundamental na manutenção da grande quantidade de volume circulante no sistema arterial, permitindo, assim, a

ocorrência dos níveis diferentes de pressões entre os componentes arteriais e venosos, garantindo a permanência do fluxo sanguíneo (CARTER, 2005).

O fluxo sanguíneo pode ser do tipo turbulento ou em lâminas. Na maioria das artérias, o fluxo é do tipo laminar, no qual o sangue se movimentará como finas camadas concêntricas (lâminas), deslizando uma sobre as outras (Figura 3). Dessa forma, as camadas centrais apresentam um fluxo mais rápido, enquanto as forças de atrito entre as lâminas sanguíneas promoverão perda de energia, gerando velocidades mais baixas perto das paredes dos vasos (CARVALHO; CHAMMAS; CERRI, 2008; SZATMÁRI; SÓTONYI; VÖRÖS, 2001)

Em um modelo de tubos cilíndricos, a velocidade média do fluxo laminar é diretamente proporcional à diferença de energia ente o final do tubo e ao raio do vaso elevado à quarta potência, sendo inversamente proporcional ao comprimento do tubo e à viscosidade do fluido. Entretanto, para o sistema circulatório, o volume de fluxo circulante é mais importante do que a velocidade. Assim, o volume de fluxo sanguíneo é proporcional ao raio do vaso elevado a quarta potência. Pequenas mudanças no raio do vaso podem gerar grandes mudanças no fluxo, conforme expresso na lei de Pouseulle:

$$Q = \frac{\Pi (P_1 - P_2) \times r^4}{8 L n}$$

No qual, Q corresponde ao volume de fluxo;  $P_1$  e  $P_2$  são as pressões nas porções proximais e distais do tubo;  $r$  é o raio do tubo;  $L$  é o comprimento do tubo e  $n$  é a viscosidade do fluido analisado (CARTER, 2005).

Analisar o fluxo sanguíneo dentro de modelos unidimensionais não fornece informações assertivas sobre a realidade dentro do sistema circulatório, uma vez que a oscilação fisiológica presente não é considerada e não se

consegue detalhar toda a hemodinâmica dentro dos diferentes segmentos vasculares.

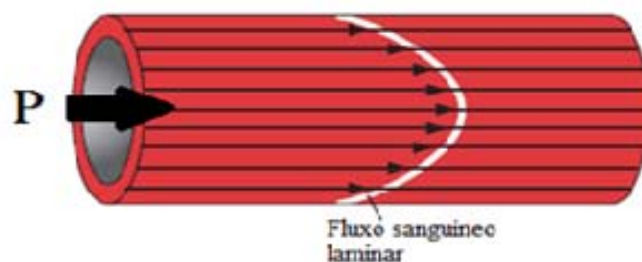


Figura 3 Representação esquemática do sangue em fluxo laminar no interior de um vaso arterial, quando submetido a uma variação de pressão (P)  
Fonte: adaptada de Trush e Hartshorne (2005)

#### 4.2 Ultrassonografia bidimensional

A ultrassonografia bidimensional, ou modo B, utiliza a apresentação da imagem no monitor, em diferentes pontos luminosos, conforme a intensidade do eco. Assim, quanto maior a reflexão da onda sonora, mais intenso o brilho do ponto luminoso no qual as diferentes intensidades do brilho determinaram, em uma escala de cinza, diversas ecogenicidades (NYLAND; MATTON; WISNER, 2002).

#### 4.3 Ultrassonografia modo M

O modo M, ou modo em movimento, é utilizado durante o exame ecocardiográfico, em associação ao modo B, para avaliação das estruturas cardíacas. Nesse tipo de avaliação, a profundidade das estruturas é visualizada no eixo vertical, enquanto o tempo é visto no eixo horizontal. Portanto, um

ponto luminoso em virtude de um eco (retorno acústico) sofre um deslocamento em relação ao tempo, criando uma reta, originando diversas linhas paralelas na tela, em função do tempo. Assim, este tipo de recurso permite a obtenção de medidas quantitativas das câmaras cardíacas e das valvas cardíacas e da movimentação das paredes em função do tempo (NYLAND; MATTON; WISNER, 2002).

#### **4.4 Efeito Doppler**

Uma onda sonora acústica é uma onda longitudinal composta por uma série de compressões e rarefações. As compressões representam áreas de elevada pressão, enquanto as rarefações representam as áreas de baixa pressão, em um mesmo tecido. As características acústicas importantes para a compreensão do efeito Doppler são a velocidade de propagação, a frequência, a reflexão e a dispersão do feixe sonoro (NELSON; PRETORIUS, 1988).

Durante o exame duplex Doppler dos vasos sanguíneos, os eritrócitos agem como corpos refletivos que se movimentam em relação à fonte, definida pelo feixe de ultrassom emitido pelo transdutor. As ondas de ultrassom transmitidas pelo transdutor, a uma frequência conhecida, colidem com os eritrócitos, retornando à fonte sonora com uma frequência mais alta (comprimento de onda menor). No entanto, quando o feixe ultrassônico entra em contato com os eritrócitos, se afastando ou se aproximando do transdutor, ele retorna ao transdutor com uma frequência mais baixa (comprimento de onda maior) (KIENLE, THOMAS, 2002). A diferença entre a frequência transmitida e a refletida é conhecida como deslocamento Doppler (Figura 4) (SZATMÁRI; SÓTONYI; VÖRÖS, 2001). Dessa forma, o fluxo sanguíneo que se desloca em direção à fonte (transdutor) terá uma frequência de deslocamento Doppler positiva (frequência mais alta). Do contrário, o fluxo sanguíneo em sentido

oposto ao da fonte, o deslocamento Doppler será negativo, formando um eco com frequência mais baixa em relação ao som emitido (CARVALHO; CHAMMAS; CERRI, 2008).

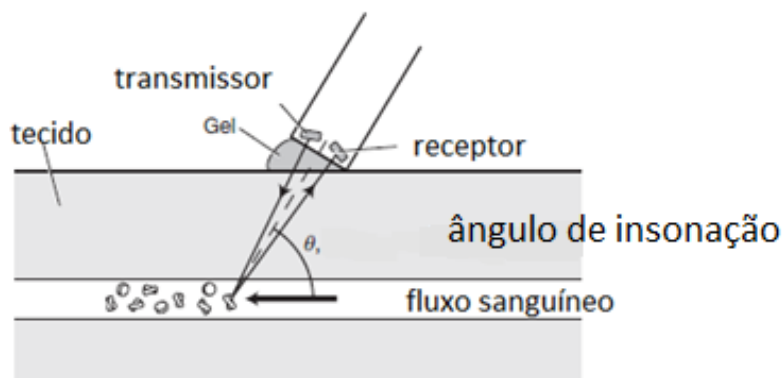


Figura 4 Elementos presentes na ultrassonografia duplex Doppler. O transdutor ultrassônico é composto por dois elementos, um transmissor do som e outro receptor do eco sonoro, obtido pelo encontro do mesmo com os corpos refletoras, aqui descritos como os elementos celulares do fluxo sanguíneo  
Fonte: adaptado de Thrush e Hartshorne (2005)

A equação a seguir agrupa informações que influenciam a magnitude da frequência de deslocamento Doppler,

$$FD = \frac{2FT \times V \times \cos\theta}{c}$$

sendo FD a frequência deslocamento Doppler; FT, a frequência do feixe ultrassônico transmitido; V, a velocidade dos eritrócitos, alvo móvel;  $\theta$  é o ângulo Doppler, formado pela intersecção do feixe sonoro e o fluxo sanguíneo dentro do vaso;  $\cos \theta$  é o cosseno do ângulo formado entre o transdutor e os eritrócitos e c é a velocidade média do ultrassom nos tecidos, com um valor já pré-estabelecido de 1.540 m/s (CARVALHO; CHAMMAS; CERRI, 2008). O número 2 existente em tal fórmula corresponde à quantidade de vezes que o efeito Doppler acontece, sendo uma quando o transdutor funciona como fonte

estacionária em relação aos eritrócitos em movimento e a outra, quando o sinal ultrassônico alcança os eritrócitos e ocorre o fenômeno de dispersão, fazendo com que cada eritrócito envie um eco em relação ao transdutor, que agora funciona como um receptor estacionário (THRUSH; HARTSHORNE, 2005).

Assim, a magnitude da frequência de deslocamento Doppler é maior quando o ângulo formado entre o feixe de ultrassom e a parede do vaso examinado for paralelo ( $\theta=0^\circ$ ,  $\cos \theta=1$ ). Quando o eixo for perpendicular ( $\theta=90^\circ$ ,  $\cos\theta=0$ ), não ocorre sinal Doppler (Figura 5). Os valores de velocidade do fluxo sanguíneo em vasos periféricos podem ser obtidos com precisão somente se o ângulo Doppler não exceder  $60^\circ$  (CARVALHO; CHAMMAS; CERRI, 2008; LEE et. al.; 2004; SZATMÁRI; SÓTONYI; VÖRÖS, 2001).

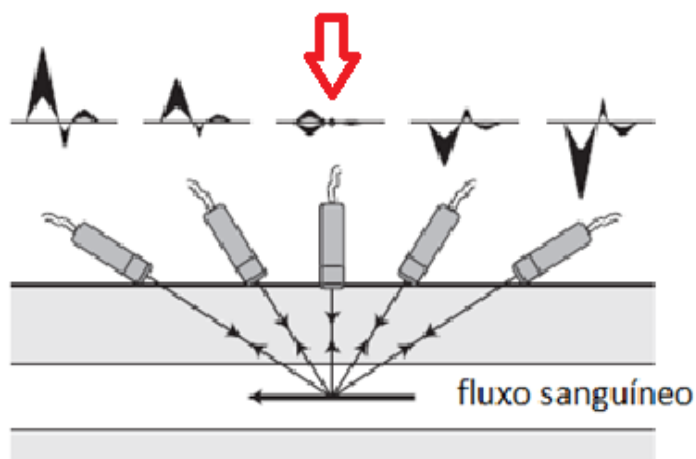


Figura 5 Demonstração da mudança de frequência no sinal Doppler. À medida que há mudança no ângulo de insonação, em relação ao vaso estudado, há mudança na formação do espectro do fluxo sanguíneo. A seta vermelha indica a ausência de sinal Doppler quando o feixe forma um ângulo de  $90^\circ$

Fonte: adaptado de Thrush e Hartshorne (2005)

Desse modo, a ultrassonografia Doppler utiliza diferentes modos operacionais: o Doppler espectral de onda pulsada, o Doppler espectral de onda

contínua, o fluxo em cores (KIENLE; THOMAS, 2002) e o modo duplex (NELSON; PRETORIUS, 1988).

A magnitude da variação de frequência Doppler encontra-se dentro de uma faixa audível aos ouvidos humanos (20 a 20.000 Hz), sendo, portanto, possível a produção de sinais audíveis, que podem ser amplificados e enviados a um alto falante do equipamento utilizado. Em cada formação gráfica do espectro, há um som correspondente (KIENLE; THOMAS, 2002). A intensidade do som é diretamente proporcional à quantidade de células sanguíneas em movimento. Os sons arteriais assemelham-se a assovios enquanto os venosos são parecidos com o vento soprando continuamente (CARVALHO; CHAMMAS; CERRI, 2008).

#### **4.4.1 Doppler de onda pulsada**

A principal diferença entre o Doppler pulsado e o Doppler contínuo é o intervalo de tempo que o feixe sonoro necessita para retornar a fonte geradora (transdutor). A distribuição das frequências presentes no feixe sonoro varia conforme o comprimento do pulso sonoro. Assim, a distribuição de frequência será maior quando os pulsos ocorrerem em intervalos menores de tempo. Outro fator importante, que depende do comprimento do feixe sonoro, é a resolução axial do sistema de imagens. Quanto menor o comprimento de onda, melhor a resolução axial da imagem. Assim, o Doppler de onda pulsada terá pulsos sonoros de amplitude pequena, mas com excelente resolução axial de imagens (NELSON; PETRORIUS, 1988).

O ultrassom Doppler de onda pulsada utiliza um transdutor com capacidade de emitir ondas curtas (pulsos) em intervalos regulares de tempo e de receber os ecos formados, utilizando um mesmo transdutor (SZATMÁRI; SÓTONYI; VÖRÖS, 2001). A onda pulsada permite medir uma região

específica dentro de um campo de imagem conhecido por volume da amostra e determinar a velocidade do fluxo neste local (Figura 6). Após a aquisição dos ecos sonoros, o sistema de processamento distribui as frequências de deslocamento em um gráfico, levando em conta o número de ondas apresentadas em uma mesma frequência (CARVALHO; CHAMMAS; CERRI, 2008). Estes registros são exibidos com o tempo representado no eixo X e a velocidade no eixo Y. A velocidade do fluxo é representada como pixels de luz que se movem em relação à linha de base. O fluxo que vai em direção ao transdutor ficará acima da linha de base, enquanto o fluxo que se direciona em sentido contrário ao transdutor ficará abaixo da linha de base. A intensidade do brilho do pixel é proporcional ao número de eritrócitos do paciente, em uma velocidade determinada, dentro de um segmento vascular (KIENLE; THOMAS, 2002; SZATMÁRI; SÓTONYI; VÖRÖS, 2001).

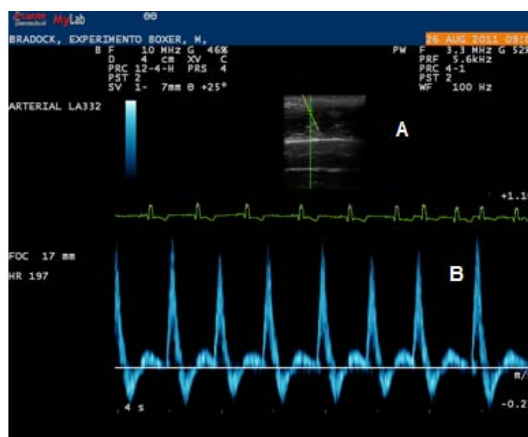


Figura 6 Ultrassonografia Duplex Doppler. **A** ultrassonografia bidimensional, com volume de amostra, representado por uma linha vertical esverdeada, colocado no centro da artéria femoral, para a obtenção das maiores velocidades. **B**, representação espectral do fluxo sanguíneo da artéria femoral

#### 4.4.2 Doppler de onda contínua



O Doppler de onda contínua emite feixes sonoros únicos e contínuos, em que seus elementos receptores são capazes de captar qualquer eco emitido ao longo da área de varredura. Assim, o sinal formado é a variação na frequência de todos os elementos móveis sensibilizados pelo feixe sonoro, não sendo possível a localização precisa da fonte geradora do sinal Doppler porque qualquer objeto em movimento será capaz de produzir um sinal (CARVALHO; CHAMMAS; CERRI, 2008; NELSON; PRETORIUS, 1988).

Ele permite a captação de fluxos de alta velocidade, sem a formação de ambiguidade na imagem. A frequência máxima amostrável sem ambiguidades é chamada de frequência Nyquist e o fenômeno de ambiguidade é conhecido por *aliasing*, ou seja, toda vez que a frequência de deslocamento Doppler for maior que duas vezes a frequência máxima amostrável, haverá ambiguidade no sinal detectado, que se expressará no espectro de frequências, como a apresentação das maiores frequências reversas ou com sinal contrário, abaixo da linha de base. Dessa forma, o uso do Doppler contínuo é recomendado após a localização de fluxos anormais, de altas velocidades, pelo Doppler de onda pulsada ou pelo modo em cores (CARVALHO; CHAMMAS; CERRI, 2008; KIENLE; THOMAS, 2002; THRUSH; HARTSHORNE, 2005).

#### **4.4.3 Imagem duplex Doppler e imagem Doppler em cores**

O sistema de ultrassom duplex combina a imagem do Doppler pulsado com uma imagem bidimensional, permitindo a avaliação, em tempo real, da morfologia do vaso e da velocidade do fluxo sanguíneo, expressos em um gráfico. No eixo horizontal do gráfico resultante está o tempo (linha de base) e no eixo vertical fica o deslocamento Doppler, avaliado em metros/segundos

(m/s) (NELSON, PRETORIUS, 1988; SZATMÁRI; SÓTONYI; VÖRÖS, 2001).

A tecnologia de Doppler pulsado também permite a codificação em cores da velocidade do fluxo sanguíneo, sobrepostas às imagens anatômicas bidimensionais (duplex), permitindo a combinação dos dados anatômicos e das velocidades em segmento vascular (NELSON; PRETORIUS, 1988; KIENLE; THOMAS, 2002). Por convenção, todo fluxo que vai em direção ao transdutor ficará em escalas de vermelho, enquanto todo o fluxo em sentido oposto ao transdutor receberá tonalidades em azul (BOON, 2011a).

#### **4.5 Ultrassonografia duplex Doppler**

A ultrassonografia duplex Doppler (UDD) fornece, em tempo real, informações sobre a anatomia e a hemodinâmica dos vasos, permitindo visualizar a presença, a direção e o tipo do fluxo sanguíneo durante o exame duplex, ou seja, em associação com a imagem bidimensional (SZATMÁRI; SÓTONYI; VÖRÖS, 2001). Por se tratar de uma técnica não invasiva, segura e indolor ao paciente, é um método aceito na rotina de investigações das alterações hemodinâmicas das doenças vasculares, periféricas ou não, em humanos e animais (MASOUDIFARD et al., 2006). A UDD permite o reconhecimento de anormalidades estruturais do vaso avaliado e no seu fluxo sanguíneo, detectando mudanças na direção, na velocidade ou na característica (laminar ou turbulento) (KIENLE, THOMAS, 2002).

#### **4.6 Doppler espectral da artéria femoral**

O estudo qualitativo do espectro formado pela UDD é fundamental na avaliação diagnóstica de distúrbios de fluxo sanguíneo periférico. Diversos fatores podem alterar diretamente o aspecto do espectro formado, como, por exemplo, a resistência arterial, a vasodilatação, a complacência da parede arterial, a frequência cardíaca e a pressão arterial sistêmica (SCISSONS, 2008; SCISSONS; COMEROTA, 2009).

As ondas formadas no gráfico obtido durante a UDD representam as mudanças ocorridas na velocidade do fluxo sanguíneo durante cada ciclo cardíaco (PAWSON et al., 2002).

Dentro de um padrão normal, na artéria femoral, o aspecto é trifásico, em que a primeira parte positiva corresponde à sístole, gerada a partir da contração ventricular; a segunda é conhecida como fluxo diastólico inicial, que corresponde à fase negativa do gráfico, quando há retorno do fluxo ao encontrar uma área de alta resistência no leito arteriolar, estando associada ao início da diástole e a terceira fase, também positiva, corresponde ao final da diástole, e se deve à liberação da energia cinética armazenada na parede das artérias de grande calibre, como a aorta (CHAVHAN et al., 2008; SCISSONS, 2008).

Em outras algumas situações, o fluxo pode apresentar um aspecto bifásico, que corresponde à formação de um fluxo positivo (acima da linha do gráfico), associado ao componente diastólico final, com ausência do fluxo diastólico inicial. O aspecto monofásico refere-se a uma única fase positiva do fluxo arterial (Figura 7) (SCISSONS, 2008). Shaalan et al. (2003), em seres humanos, associaram a diminuição de velocidade do pico sistólico (PS) da artéria femoral comum e a formação de um espectro monofásico com a doença obstrutiva, nas ilíacas. De forma semelhante, Willians, Harding e Price (2009) descreveram a presença de fluxo bifásico ou monofásico em pacientes com diabetes do tipo 2, portadores de neuropatia periférica, complicação comum

ligada a essa doença, sugestivo de alterações hemodinâmicas complexas, predispondo as doenças vasculares periféricas.

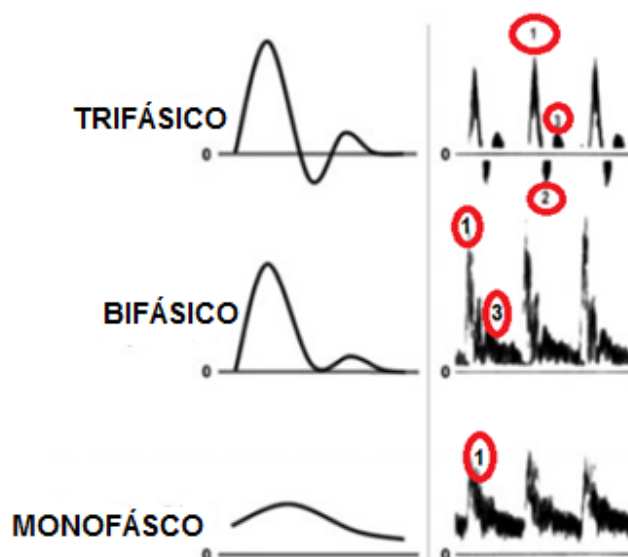


Figura 7 Características morfológicas do fluxo arterial, mostrando os aspectos trifásico, bifásico e monofásico. O número 1 indica o pico sistólico, o número 2 corresponde ao pico diastólico inicial e o número 3 determina o pico diastólico tardio

Fonte: Scissons e Comerota (2009)

#### 4.7 Índices hemodinâmicos obtidos com a UDD

Informações sobre a complacência e a resistência vascular, ambas utilizadas para definir a impedância arterial (DOWING et al., 1993), não podem ser obtidas a partir de velocidades sanguíneas absolutas. Assim, índices periféricos Doppler foram desenvolvidos para a obtenção de tal informação. Tais índices são calculados a partir das relações entre as velocidades sanguíneas em um determinado vaso (NOVELLAS; ESPADA; DE GOPEGUI, et al. 2007). Entre eles, os mais utilizados são o índice de resistividade, o índice de

pulsatilidade e o índice de alta resistência (NOGUEIRA; MUZZI, 2010; BUDE; RUBIN, 1999a).

O índice de resistividade (IR), índice de resistência ou índice de Pourcelot, é diretamente proporcional à viscosidade sanguínea, ou seja, quanto mais viscoso o sangue, maior o IR e menor será o fluxo sanguíneo. Quanto maior o diâmetro do vaso, menor será o IR. Portanto, em doenças que causam estenose arteriolar, o lúmen do vaso diminui, aumentando o IR e diminuindo o fluxo arteriolar (BUDE; RUBIN, 1999b; THRUSH; HARTSHORNE, 2005). Assim, o IR é um índice hemodinâmico que permite determinar o grau de complacência arterial, altamente correlacionado com a resistência vascular periférica. É um dos primeiros índices descritos na literatura, obtidos por meio da UDD (OHTA et al., 2006; RIVERS et al., 1997).

O índice de pulsatilidade (IP), ou índice de complacência, estima o padrão do fluxo constante, porém, descontínuo, no qual sua direção e velocidade são governadas pelo gradiente de pressão ao longo de todo o vaso. O gradiente de pressão é a diferença entre o pulso originado pelo coração que segue em direção à árvore arterial, encontra a onda de fluxo diastólico inicial arteriolar e retorna ao seu local de origem (BUDE; RUBIN, 1999a; THRUSH; HARTSHORNE, 2005). O IP está relacionado *in vivo* com o IR, portanto, também relacionado com a resistência vascular periférica (BUDE; RUBIN, 1999a).

#### **4.8 Mensuração da espessura da camada médio-íntima femoral**

Em um contexto global, as doenças cardiovasculares estão entre as principais causas de óbito em humanos (MITCHELL, 2009) e cães (SAUNDERS, 2012). Em humanos, a base etiológica para o desenvolvimento de lesões arteriais são as arterioscleroses. Arteriosclerose é um termo amplo

utilizado para a descrição do espessamento e do enrijecimento das principais artérias, grandes e ou médias, sendo observados em diferentes condições, incluindo, principalmente, as camadas médias e íntimas arterial. A aterosclerose é uma forma de arteriosclerose, responsável por lesões focais características, envolvendo, principalmente, a camada íntima das artérias de grande e médio porte. Assim, define-se arteriosclerose como sendo o enrijecimento difuso da parede arterial, enquanto a aterosclerose se deve à deposição do ateroma, uma placa composta especialmente por lipídeos e tecido fibroso que promove o estreitamento difuso e irregular do lúmen arterial (LITWIN; NIEMIRSKA, 2009).

Existem duas teorias sobre a etiologia dessas enfermidades, uma de origem hemodinâmica e outra, metabólica. A teoria hemodinâmica defende que a lesão na parede arterial é o primeiro e mais importante evento para o desenvolvimento das arterioscleroses. De acordo, com a teoria metabólica, a lesão na parede arterial ocorre secundária a ação dos lipídeos, radicais livres e mediadores inflamatórios. No entanto, fortes indícios sugerem que ambas as teorias aconteçam juntas (LITWIN; NIEMIRSKA, 2009).

A mensuração da espessura da interface médio-íntima (QIMT) das artérias carótidas e femorais, por meio da UDD, é o método de escolha para detectar de maneira precoce as doenças vasculares periféricas, as doenças coronarianas e o infarto miocárdio, em seres humanos (CHENG et al., 2002; HURST et al., 2007; O'LEARY, POLAK, 2002).

Com o avanço da tecnologia da ultrassonografia bidimensional, associada ao desenvolvimento de softwares computacionais específicos, a QIMT das artérias carótidas e femorais pode ser obtida de forma precisa, com grande reprodutibilidade e confiança nos resultados obtidos (CHENG et al. 2002).

A técnica de mensuração automática é realizada a partir de uma imagem bidimensional, em que possam ser observados um corte ou secção

longitudinal do vaso a ser analisado, tendo o próprio equipamento uma ferramenta automática, operada por radiofrequência, para a realização da leitura do diâmetro arterial e da espessura da interface médio-intima do mesmo (Figura 8). (BIANCHINNI et al., 2010; DOGAN et al., 2009).

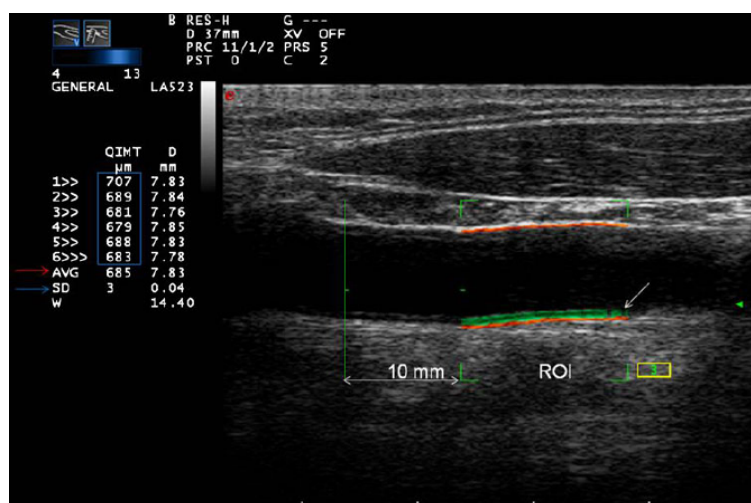


Figura 8 Imagem ultrassonográfica demonstrando a mensuração automática da espessura da camada médio-intima da artéria carótida comum direita humana. Na imagem bidimensional do vaso observa-se a linha verde paralela à parede arterial, identificando a leitura da QIMT pela de técnica de radiofrequência. No lado esquerdo da tela, aparecem três colunas, mostrando os resultados da leitura automática da QIMT, em  $\mu\text{m}$  e do diâmetro arterial, em mm  
Fonte: Di Geso et al. (2012)

#### 4.9 Estudos clínicos utilizando a UDD vascular periférica em medicina veterinária

Em medicina veterinária, alguns estudos ressaltam a aplicabilidade clínica e experimental da UDD em algumas espécies. Rasis et al. (2000) determinaram as diferenças nos componentes da velocidade, nos tempos de aceleração e desaceleração do pico sistólico, do volume de fluxo femoral e do

IP, em seis cavalos, não sedados e sob ação anestésica (romifidina, quetamina e halotano), com repetição da avaliação em um intervalo de seis meses, no intuito de avaliar a influência desses anestésicos no fluxo sanguíneo muscular dos membros pélvicos e na tentativa de compreender a miopatia pós-anestésica descrita em equinos.

Considerando a obtenção de dados fisiológicos sobre o sistema cardiovascular, Cipone et al. (2006) avaliaram a artéria carótida direita em 63 equinos não sedados e em repouso, pela UDD, determinando seus parâmetros quantitativos e qualitativos, garantindo, assim, valores que possam ser aplicados na medicina esportiva, principalmente nos treinos de alto impacto e no potencial da performance individual.

Sabendo-se que equinos estão predispostos às laminites e às pododermatites sépticas, Wougaumnuaykul et al. (2006) avaliaram a artéria médio digital em quatro equinos com laminite em ambos os membros torácicos e seis cavalos com pododermatite séptica, pela UDD antes e três, seis e nove dias após o tratamento. Os autores puderam constatar que os valores das velocidades do fluxo sanguíneo, o volume sanguíneo circulante e o diâmetro arterial aumentaram após o tratamento, enquanto o IP ficou significativamente mais baixo. Assim, concluíram que a UDD pode ser uma técnica clínica importante na monitorização da dinâmica do fluxo vascular periférico, enquanto as velocidades e o IP podem ser utilizados para a monitorização da evolução destas afecções.

No ano seguinte, Menzies-Gow e Marr (2007), utilizando seis equinos não sedados, avaliaram a artéria digital palmar direita e esquerda pela UDD, comprovando haver excelente repetibilidade técnica e alta sensibilidade desta ferramenta, para detectar mudanças do fluxo durante diferentes condições fisiológicas ou farmacológicas ou após intervenção terapêutica. Em ovinos (PAWSON et al. 2002) e em suínos (FERNÁNDEZ DEL PALACIO et al., 2003), a UDD da artéria femoral foi utilizada com intuito experimental, para



verificar as modificações em seu fluxo sanguíneo, decorrentes da ação de fármacos vasoativos.

Em medicina de pequenos animais, em alguns estudos utilizando cães, definiu-se o padrão de normalidade de algumas artérias nesta espécie. Lee et al. (2004) estudaram dez cães da raça Beagle, pela UDD, padronizando os valores normais das velocidades do fluxo sanguíneo das artérias basilar, carótida, aorta abdominal, íliaca externa e artéria femoral, além do espectro morfológico característico de cada vaso. Masoudifard et al. (2006) comprovaram o padrão morfológico e as velocidades obtidas, em um estudo com cães saudáveis e não sedados, das artérias femorais e axilares.

Em medicina, diversos estudos demonstram que os sintomas relacionados à insuficiência cardíaca congestiva são decorrentes das anormalidades vasculares periféricas, localizadas, principalmente, na musculatura esquelética e não somente dos parâmetros hemodinâmicos centrais obtidos pelo exame ecocardiográfico (FRANCIOSA; PARK; LEVINE, 1981; FRANCIOSA et al., 1985; MANCINI et al., 1986; WILSON; MANCINI; DUNKMAN, 1993; WILSON et al., 1995). Em seres humanos, alterações do fluxo sanguíneo periférico também têm sido associadas ao avanço da idade (NOMURA et al., 1986). No intuito de verificar os efeitos da idade, Nogueira e Muzzi (2010) avaliaram a artéria femoral pela UDD, em grupos de cães jovens e adultos saudáveis e constataram redução em 50% no volume de fluxo sanguíneo femoral nos pacientes geriátricos.

Para avaliar a ação de alguns anestésicos no fluxo sanguíneo da artéria femoral, Biricik et al. (2010) utilizaram cães saudáveis, sedados com um  $\alpha_2$  agonista adrenérgico (xilazina), e demonstraram haver variação no padrão do fluxo diastólico inicial pela diminuição dos valores de sua velocidade durante avaliação pela UDD. Estudo semelhante foi conduzido por Nogueira et al. (2011a) em que, após a administração de uma combinação de acepromazina e

buprenorfina, protocolo recomendado para realização do exame ecocardiográfico convencional em cães, se observou, com a UDD da artéria femoral, diminuição do pico de velocidade sistólico, sem modificação no volume de fluxo sanguíneo.

#### **4.10 Aplicabilidade da UDD vascular periférica e da QIMT na clínica de felinos**

As doenças vasculares periféricas em humanos, como as arterioscleroses, são comumente relacionadas ao desenvolvimento de eventos cardiovasculares, predisponentes de complicações clínicas importantes, como a formação de trombos arteriais, o acidente vascular encefálico e o infarto no miocárdio (CHENG et al., 2002; LITWIN; NOEMIRSKA, 2009; LORENZ et al. 2007; STRANDNESS; EIDT, 2000). Os principais vasos mais utilizados na avaliação vascular periférica, em medicina, são a artéria carótida, o bulbo carotídeo e a artéria carótida interna, em crianças e adultos (LITWIN; NOEMIRSKA, 2009). A artéria femoral também é um local alternativo para avaliação clínica vascular periférica (LITWIN; NOEMIRSKA, 2009; SOSNOWSKY et al., 2007).

As técnicas de diagnóstico por imagem, de caráter não invasivo para avaliação da QIMT, permitiram o diagnóstico precoce, indolor e de baixo custo, possibilitando prever o prognóstico clínico após intervenção terapêutica, fazendo com que a utilização da UDD, associada à ferramenta de leitura pela radio frequência, ganhasse destaque nesses pacientes (HURST, 2007; O'LEARY; POLAK, 2002; PIGNOLI, 1986).

Em medicina, as principais etiologias envolvidas no desenvolvimento das arterioscleroses envolvem diferentes comorbidades. Gianini et al. (2009), estudando crianças obesas abaixo de nove anos de idade, constataram que o

estresse oxidativo imposto pelas alterações relacionadas ao aumento nos níveis de triglicérides e colesterol foi suficiente para o desenvolvimento de sinais iniciais de arteriosclerose nas carótidas interna, externa e comum, determinados pelo espessamento da QIMT, pela UDD. García-Ortiz et al. (2008) demonstraram existir correlação positiva do espessamento da QIMT com a hipertensão arterial sistêmica ( $r = 0,27$ ). No ano seguinte, Lim et al. (2009) confirmaram esta informação, estudando adolescentes, na faixa etária de 15 anos, que apresentavam hipertensão arterial não sintomática e já tinham o espessamento da QIMT, constatado pelo estudo UDD da carótida externa dos mesmos.

Outro fator bem relacionado ao espessamento da camada íntima, em seres humanos, relaciona-se às alterações envolvendo os hormônios produzidos pela tireoide (CINI et al., 2009; ICHIKI, 2009). O hipertireoidismo está relacionado a um estado de hiperdinâmico cardiovascular, incluindo taquicardia, hipertensão arterial sistêmica, aumento na contração e relaxamento do ventrículo esquerdo, além da fibrilação atrial, modificando, dessa forma, o perfil do fluxo sanguíneo local, aumentando a força de atrito entre as lâminas do sangue e a parede arterial, favorecendo o cisalhamento endotelial e, conseqüentemente, as arterioscleroses (BENETOS et al., 1993; HASHIMOTO; ITO, 2010; ICHIKI, 2009; SCHOLZ; SCHAPER, 2005; VÓLZKEA et al., 2004). De acordo com Norworthy e Crystal (2011), o hipertireoidismo é a principal endocrinopatia presente em felinos, em que 20% a 85% dos animais desenvolvem hipertensão arterial. Entretanto, não há estudos utilizando a UDD para verificar a influência de tal distúrbio endócrino sobre a rede arterial para esta espécie. Desse modo, o reconhecimento dos valores morfofisiológicos das grandes e médias artérias periféricas seria de grande valia para a maior compreensão do hipertireoidismo nessa espécie.

A cardiomiopatia hipertrófica felina (CHF) pode ser uma condição primária ou secundária no músculo cardíaco (BATY, 2004; FERASIN, 2009). Uma das sequelas comumente encontradas em felinos com CHF é a formação de trombos em uma das câmaras cardíacas, com subsequente desenvolvimento de embolismo arterial (FERASIN, 2009). Os trombos se formam, principalmente, do lado esquerdo do coração, se desprendem, saem da aorta e migram para o sistema circulatório periférico, e, conforme o tamanho do trombo formado e o diâmetro do vaso, podem induzir as obstruções parciais ou totais no fluxo sanguíneo (SMITH; TOBIAS, 2004). Tipicamente, o local de maior localização dos trombos é na bifurcação da aorta, impedindo o aporte sanguíneo para os membros pélvicos. Outros locais descritos na literatura incluem o mesentério, os rins, o cérebro e os pulmões (STOKOL et al., 2008).

De acordo com Smith et al. (2003), o tromboembolismo arterial felino foi descrito em 13% a 17% dos animais portadores clínicos da CHF e em 41% dos casos analisados *pos-mortem*. Em outro estudo mais recente, realizado por Welch et al. (2010), o tromboembolismo arterial foi diagnosticado em 13% a 48% dos gatos domésticos portadores da CHF. Aproximadamente 50% dos gatos que desenvolvem tromboembolismo arterial morrem entre 6 e 36 horas depois do início dos sinais clínicos (TILLEY, 2011). Em muitos casos de tromboembolismo arterial, a paresia de membro pélvico é a principal manifestação clínica em felinos, decorrente da baixa perfusão tecidual muscular. Na prática, a utilização da UDD da artéria femoral e o conhecimento das suas características de fluxo em felinos poderiam auxiliar em tal diagnóstico e favorecer uma rápida intervenção terapêutica.

As arterioscleroses são manifestações clínicas pouco diagnosticadas em cães e gatos (TSUJINO et al., 2005). No entanto, Morh e Carpenter (1987) relataram, em um felino doméstico, um processo arteriosclerótico envolvendo as artérias renais e oculares, que acompanharam de hiperplasia da camada íntima e

necrose fibrinoide. A hiperplasia da camada íntima se deu em decorrência de mudanças na pressão arterial e de necrose fibrinoide, por processos infiltrativos inflamatórios, relacionados a alterações no sistema imunológico, como a obesidade e a hipertensão arterial sistêmica.

No entanto, nenhum estudo clínico ainda foi realizado para elucidar a influência dessas afecções sistêmicas na circulação vascular periférica, principalmente da artéria femoral, para os felinos domésticos, bem como a existência ou não das alterações parietais secundárias, envolvendo a interface médio íntima arterial com estas doenças do referido vaso.

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Local de estudo e população experimental**

O estudo foi conduzido no serviço de Cardiologia, Setor de Clínica de Pequenos Animais, no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A partir do exame físico, foram selecionados, aleatoriamente, 30 gatos, sendo 15 machos e 15 fêmeas, de diferentes raças, saudáveis, castrados e não sedados. No total, foram utilizados 10 animais, provenientes do gatil experimental Núcleo de Estudos em Animais de Companhia (NENAC)/ Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), sendo o restante obtido a partir da rotina ambulatorial. Os proprietários que aceitaram incluir seus animais neste experimento deram sua autorização por escrito (Anexo A). Os animais foram avaliados e identificados em fichas clínicas próprias, individualizadas, com anexos para o exame ecocardiográfico (Anexo B) e para a UDD da artéria femoral (Anexo C). Desse modo, todos os animais foram submetidos ao exame físico prévio, ao exame eletrocardiográfico e ecocardiográfico, e à mensuração da pressão arterial sistêmica de forma não

invasiva pelo método Doppler. Somente após a confirmação da inexistência de qualquer doença cardiovascular, os animais foram submetidos ao exame ecocardiográfico convencional e à UDD da artéria femoral. O presente projeto foi devidamente registrado e aprovado sob o protocolo número de 010/2012, na Comissão de Bioética na Utilização de Animais (NINTEC-PRP/UFLA) (ANEXO D).

## **5.2 Avaliação do escore corporal**

Todos os animais incluídos neste estudo foram avaliados conforme escore corporal recomendado por Freeman et al (2011). Os animais eram avaliados de acordo com a linha corporal dorsal e pelo aspecto lateral em estação, sendo considerados aceitos para estudo aqueles que estivessem entre os valores 4-5. Neste intervalo é possível observar e palpar as costelas, com o mínimo de cobertura adiposa e ausência de depósito de gordura abdominal.

## **5.3 Eletrocardiografia**

O exame eletrocardiográfico<sup>1</sup> foi realizado conforme descrito por Camacho et al. (2010). Nenhum animal incluído neste experimento apresentou algum tipo de arritmia que pudesse limitar a participação no estudo.

## **5.4 Mensurações da pressão arterial sistêmica**

A pressão arterial sistólica foi obtida, no membro torácico esquerdo de cada animal, pelo método indireto Doppler, conforme preconizado por Brow et

---

<sup>1</sup> Eletrocardiógrafo ECGPC (TEB – Tecnologia Eletrônica Brasileira), São Paulo, São Paulo.

al. (2007), utilizando o aparelho Doppler<sup>2</sup>. Todos os animais passaram por uma ambientação de 30 minutos na sala de exame, antes da obtenção das medidas pressóricas. Foram realizadas cinco repetições, considerando as médias.

### **5.5 Ecocardiografia convencional**

Para o exame ecocardiográfico convencional, os animais foram contidos manualmente em decúbito lateral, direito e esquerdo. Foi utilizado um aparelho de ecocardiografia<sup>3</sup>, provido de transdutor setorial eletrônico com frequência entre 4-10 MHz, acompanhado de eletrocardiografia sincrônica. Foram coletadas imagens no modo bidimensional, modo M, Doppler pulsado, Doppler tecidual, conforme recomendado por Boon (2011b). Todos os exames foram registrados digitalmente para análises futuras e aqueles animais que apresentaram parâmetros fora de normalidade de referência para a espécie não foram excluídos do estudo.

Por meio do modo bidimensional (BD) foram obtidos os valores do diâmetro da raiz aórtica (Ao), o diâmetro interno do átrio esquerdo (AE), para a obtenção da relação Ao/AE. No modo M foram obtidas a espessura do septo interventricular (SIV), da parede posterior do ventrículo esquerdo (PLVE) e a fração de encurtamento (FS). A fração de ejeção (FE) foi considerada pelo método Simpson. No Doppler espectral foram avaliados os fluxos das valvas pulmonares (VP), aórtica (VA), atrioventricular esquerda (E, A) e atrioventricular direita (E, A) e o tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV). Todas as medidas foram feitas em três repetições e as respectivas médias consideradas.

---

<sup>2</sup>Medpej<sup>®</sup> DV2000 (Equipamentos médicos Ltda.), Ribeirão Preto, São Paulo.

<sup>3</sup>MyLab 40, Esaote<sup>®</sup> (Healthcare do Brasil), São Paulo, São Paulo.

## 5.6 Avaliações do fluxo da artéria femoral

Para o exame do fluxo da artéria femoral foi utilizado aparelho de ultrassonografia MyLab 40 Esaote®, com um transdutor linear de 5-10 MHz. Os animais foram posicionados em decúbito lateral direito e tricotomizados na região medial da coxa direita. O espectro Doppler foi obtido a 1-2 cm da inserção da artéria femoral direita (Figura 9). O diâmetro do vaso foi medido na imagem bidimensional e, para confirmar a localização exata e a presença de fluxo local, foi utilizado o modo Doppler em cores. O volume de amostra foi posicionado no centro do vaso, sendo regulado na menor abertura permitida de 2,0 mm, na imagem longitudinal bidimensional e um ângulo de 25° foi obtido entre eles para a obtenção do espectro duplex Doppler.

A partir de imagens coletadas, os seguintes parâmetros foram obtidos: as velocidades médias (VM), o pico sistólico (PS), o pico diastólico inicial (PDI), o pico diastólico final (PDF), os tempos de aceleração (TA) e desaceleração (TD) do pico sistólico, a velocidade de tempo integral (ITV), o diâmetro arterial (DA) e o volume de fluxo femoral (VFF). A área femoral (AF) foi obtida pela fórmula:  $AF = \pi (DA/2)^2$ . O VFF foi obtido pela seguinte fórmula:  $VFF = AF \times ITV$ . Os tempos de aceleração e desaceleração do PS foram obtidos de forma direta nos espectros gerados. Os índices de pulsatilidade (IP) e resistividade (IR) foram obtidos pelas fórmulas:  $IP = PS - PDF / VM$  e  $IR = PS - PDF / PS$  (NOVELLAS; ESPADA; DE GOPEGUI, 2007). Foram realizadas três medidas em cada espectro de fluxo formado e o valor médio de cada parâmetro foi considerado.

## 5.7 Mensurações da espessura da camada médio-íntima femoral

A medida da espessura da camada médio-íntima (QIMT) da artéria femoral foi realizada por uma ferramenta de leitura automática obtida por



radiofrequência, existente no aparelho ultrassonográfico<sup>4</sup>, acionada pelo operador, durante o exame (Figura 10).

### 5.8 Análise intraobservador entre dias

A repetibilidade intraobservador das medidas quantitativas obtidas pela UDD do fluxo da artéria femoral foi realizada pela análise da diferença do coeficiente de variação entre os valores calculados. Assim, nas imagens armazenadas “off line”, as medidas foram repetidas e recalculadas, por um mesmo observador, com 3 dias de intervalo, sendo os 30 animais avaliados em diferentes ciclos cardíacos.



Figura 9 Posicionamento do transdutor linear para a realização da ultrassonografia duplex Doppler da artéria femoral direita de um felino doméstico

---

<sup>4</sup>MyLab 40, Esaote®<sup>2</sup> (Healthcare do Brasil), São Paulo, São Paulo.

Foram obtidas imagens bidimensionais longitudinais do vaso para a determinação do seu diâmetro e da sua espessura. Em seguida, com auxílio do modo Doppler em cores, foram detectados a presença e o sentido do fluxo arterial. Somente após esta localização foi acionada a ferramenta para a leitura do QIMT. Na imagem bidimensional, linhas vermelhas delimitaram as paredes externas da artéria femoral e uma onda de pulsos de radiofrequência de coloração esverdeada percorre, de modo automático, toda a extensão interna do vaso, realizando a leitura da QIMT, em  $\mu\text{m}$ . Após a obtenção de cinco leituras da QIMT, o valor médio para cada animal foi calculado.

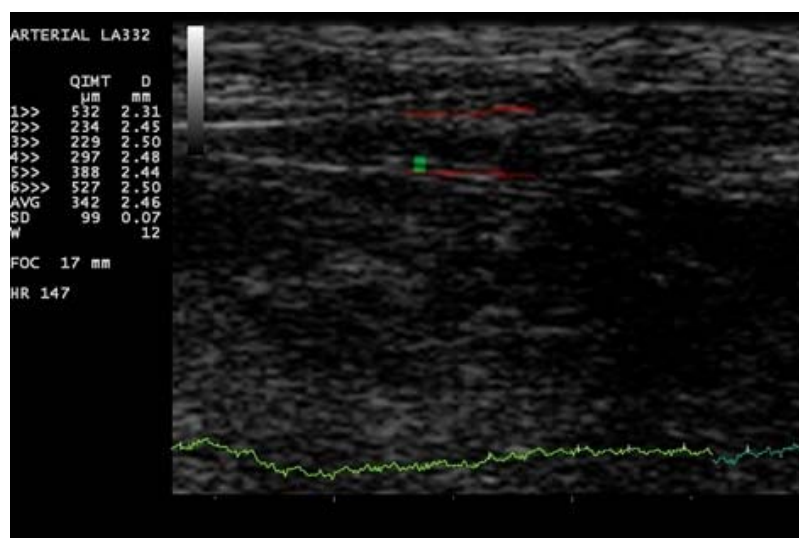


Figura 10 Imagem ultrassonográfica demonstrando a avaliação da espessura da camada íntima da artéria femoral de um felino doméstico pela técnica de radiofrequência

### 5.9 Análises estatísticas

Para as variáveis sexo, raça e idade, os dados obtidos foram submetidos à análise de frequência. Para as demais variáveis, foi realizada estatística

descritiva, por meio do qual foram determinados os valores das médias, desvio padrão mínimo e máximo. Todos os dados foram divididos em duas categorias, com base no sexo dos animais. Todas as variáveis foram submetidas ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). Quando normais (frequência cardíaca, diâmetro arterial, QIMT, PS, PDF, velocidade média, ITV, IR, tempo de aceleração e desaceleração do PS e pressão arterial sistêmica), as variáveis foram comparadas pelo teste t não pareado ( $p > 0,05$ ). Para as variáveis que não atingiram a normalidade (idade, peso, PDI, área, VFF e IP), os dados foram comparados pelo teste Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ).

Foi realizado teste de correlação ( $p < 0,05$ ) de Pearson ou Spearman, conforme o estudo de normalidade. A repetibilidade intraobservador foi realizada com intervalo de três dias, de todos os parâmetros, nos mesmos espectros Doppler da artéria femoral, por meio de análise do coeficiente de variação entre medidas repetidas. O grau de variabilidade foi definido com base no coeficiente de variabilidade intraobservador entre dias (VIOD), sendo:  $VIOD < 15\%$ , baixa variabilidade;  $VIOD$  entre  $15\%$ - $25\%$ , variabilidade moderada e  $VIOD > 25\%$ , alta variabilidade (DECLOEDT et al., 2011). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico SPSS for Windows versão 17.0<sup>5</sup>.

## 6 RESULTADOS

Os animais incluídos no estudo apresentaram-se normais aos exames clínico e eletrocardiográfico. Todos os animais eram imunizados para as principais viroses felinas e vermifugados com princípios ativos rotineiros na prática hospitalar. Todos os gatos haviam sido castrados há, no mínimo, 12 meses anteriormente à execução da avaliação da UDD. Nenhum animal incluído

---

<sup>5</sup>SPSS Statistics 17.0, Rel. 17.0.1. 2008, SPSS Inc, Chicago, IL.

neste estudo tinha acesso a ambientes externos à casa de seus proprietários e, em sua totalidade, estes gatos conviviam com outros contactantes da mesma espécie, com controle de sanidade semelhante.

Dos animais estudados, cinco eram da raça Persa (n=5) e o restante (n = 25) eram gatos sem padrão racial definido. A idade média encontrada foi de  $36 \pm 32,90$  meses, o peso médio era de  $3,9 \pm 0,97$  kg e a frequência cardíaca média de  $153 \pm 32,99$  batimentos por minuto. A pressão arterial sistólica média e o desvio padrão foram de  $125,47 \pm 16,39$  mmHg, não existindo diferença significativa entre machos e fêmeas ( $p = 0,94$ ). Pela análise comparativa entre machos e fêmeas das variáveis quantitativas (diâmetro arterial, velocidades sistólica, diastólicas e médias, tempos de aceleração e desaceleração, volume de fluxo femoral, índices de pulsatilidade e resistividade), não houve diferença significativa entre os grupos (Tabela 1).

Em relação ao exame ecocardiográfico transtorácico, todos os indivíduos incluídos neste estudo apresentaram ausência de líquido livre em cavidades torácicas, pleural ou pericárdica. Entre os animais estudados, a média e o desvio padrão do diâmetro aórtico, da relação Ao/AE, a espessura do septo interventricular, obtida a partir da média de cinco medidas na imagem bidimensional durante a diástole, assim como os valores para fração de ejeção, obtida pelo método Simpson e a fração de encurtamento, obtida no modo M, estão descritos na Tabela 2.

Tabela 1 Valores (média±desvio padrão) de idade, peso e das variáveis obtidas por meio da ultrassonografia da artéria femoral de gatos saudáveis

Variável <sup>1</sup>	Sexo*		Média geral	Valor de P
	Macho	Fêmea		
<b>Idade (meses)</b>	34,46±34,06	38,40±32,76	36,43±32,94	0,75
<b>Peso (kg)</b>	4,28±1,14	3,67±0,67	3,97±0,97	0,08
<b>DA (cm)</b>	0,16±0,03	0,18±0,04	0,17±0,04	0,38
<b>QIMT (µm)</b>	453,07±122,25	460,64±117,50	456,56±117,73	0,87
<b>PS (cm/s)</b>	37,80±6,48	31,80± 8,69	36,41±7,33	0,06
<b>PDI (cm/s)</b>	5,10±0,92	4,39±0,31	4,69±0,90	0,11
<b>PDF (cm/s)</b>	11,18±2,15	9,20±3,03	10,74±2,74	0,36
<b>VM (cm/s)</b>	23,31±5,75	17,87±5,90	23,06±4,86	0,73
<b>ITV (cm)</b>	3,88±0,99	3,07±1,15	3,91±1,05	0,1
<b>ÁREA (cm)</b>	0,03±0,02	0,02±0,01	0,02±0,01	0,88
<b>VFF (ml)</b>	0,11±0,08	0,07±0,04	0,11±0,08	0,18
<b>IP</b>	3,4±0,62	4,12±0,72	3,85±0,19	0,09
<b>IR</b>	1,41±0,81	1,40±0,78	1,40±0,20	0,12
<b>TA (ms)</b>	42,50±6,95	37,39±7,11	39,8±7,38	0,05
<b>TD (ms)</b>	116,20±23,45	112,79±19,23	114,0±22,15	0,66
<b>PAS (mmHg)</b>	125,20±20,85	125,72±12,08	125±16,39	0,94

<sup>1</sup>DA (diâmetro arterial); QIMT (mensuração da espessura da camada íntima); PS (pico sistólico); PDI (pico diastólico inicial); PDF (pico diastólico final); VM (velocidade média); ITV (velocidade de tempo integral); VFF (volume de fluxo femoral); IP (índice de pulsatilidade); R (índice de resistividade) TA (tempo de aceleração do PS); TD (tempo de desaceleração do PS); PAS (pressão arterial sistólica sistêmica).

\* Machos (n=15); fêmeas (n=15).

As principais valvas cardíacas, valva atrioventricular esquerda (mitral), valva atrioventricular direita (tricúspide), valva pulmonar e valva aórtica, foram investigadas pelo modo bidimensional para a visualização de seus aspectos anatômicos, não tendo sido encontrado espessamento em nenhum de seus folhetos, com ausência de movimentação sistólica do folheto cranial da valva

mitral (SAM) na valva mitral. Ao modo Doppler em cores, o fluxo sanguíneo nestas valvas foi de aspecto normal, com ausência de regurgitação, sem sinais de turbilhonamento, compatível com a auscultação cardíaca prévia, sem nenhum sopro detectado. No Doppler pulsado, o fluxo sanguíneo destas valvas foi avaliado, sendo observada a presença de fluxos laminares, com ausência de fluxos regurgitantes. Os valores de média e desvio padrão, para as variáveis velocidades e gradiente de pressão, estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 Valores médios obtidos pelo exame ecocardiográfico convencional de felinos domésticos não sedados (n= 30)

Variável	Média±desvio padrão	Mínimo	Máximo	<sup>1</sup> CV (%)
<b>Ao (mm)</b>	6,5±0,61	5,63	7,6	9,38
<b>AE (mm)</b>	7,68±0,84	6,25	9,6	10,93
<b>Raiz aórtica (mm)</b>	6,5±0,61	5,3	7,6	9,38
<b>Ao/AE</b>	0,99±0,09	0,84	1,18	9,09
<b>SIV (mm)</b>	4,5±0,45	3,8	5,3	9,80
<b>PLVE (mm)</b>	3,5±0,25	3,10	4,10	7,14
<b>VP (m/s)</b>	0,87±0,19	0,58	1,35	21,83
<b>VA (m/s)</b>	0,8±0,14	0,52	1,04	17,50
<b>E mitral (m/s)</b>	0,81±0,19	0,48	1,27	23,45
<b>A mitral (m/s)</b>	0,49±0,08	0,31	0,65	16,32
<b>E/A (m/s)</b>	1,51±0,34	1,10	2,22	22,51
<b>E tricusp. (m/s)</b>	0,61±0,13	0,32	0,88	21,31
<b>A tricusp. (m/s)</b>	0,49±0,15	0,28	0,84	30,61
<b>TRIV (ms)</b>	47,29±10,74	29,60	69	22,71
<b>FE (%)</b>	86,97±6,91	71,8	97,2	7,94
<b>FS (%)</b>	54,77±7,07	43	65	12,90

<sup>1</sup>CV (coeficiente de variação); Ao (diâmetro aórtico); AE (átrio esquerdo); AE/Ao (relação átrio esquerdo e diâmetro aórtico); SIV (septo interventricular na diástole); PLVE (parede livre do VE na diástole); VP (velocidade do fluxo da valva pulmonar); VA (velocidade do fluxo da valva aórtica); E mitral (pico de velocidade de enchimento ventricular inicial); A mitral (pico de velocidade de enchimento ventricular tardio); E tricusp. (velocidade da onda E valva tricúspide) A tricúsp. (velocidade da onda A da valva tricúspide); TRIV (tempo de relaxamento isovolumétrico); FE (fração de ejeção); FS (fração de encurtamento).

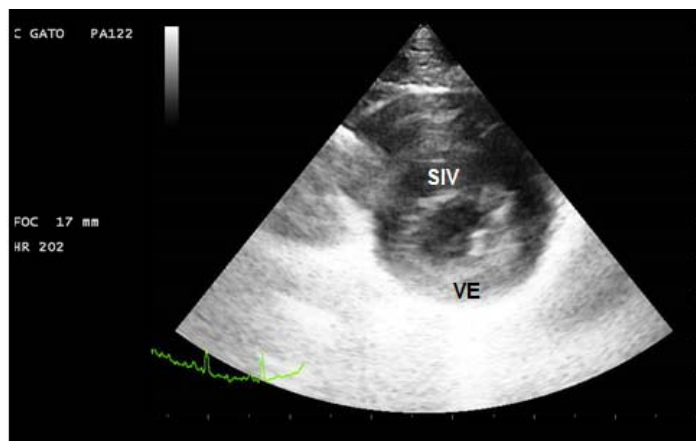


Figura 11 Imagem ecocardiográfica em plano transversal direito eixo curto de um felino doméstico saudável, mostrando o septo interventricular (SIV) e a parede livre do ventrículo esquerdo (VE)

A artéria femoral em felinos domésticos, pelo exame ultrassom BD, aparece como uma estrutura anecoica, possuindo finas paredes hiperecogênicas, diferenciada da veia femoral pelo aspecto pulsada da mesma. Pela UDD, o aspecto trifásico presente em artérias de alta resistência, como a femoral, foi visualizado em 14 animais (Figura 12), tendo os demais (n= 16) apresentado aspecto bifásico, com ausência do fluxo diastólico inicial, como visto na Figura 13. Em nenhum animal foram encontradas estruturas que se assemelhassem a trombos ou placas de ateroma.

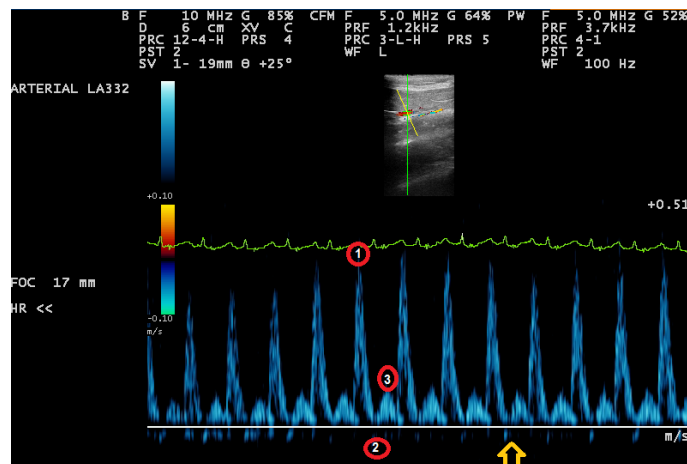


Figura 12 Imagem ultrassonográfica demonstrando espectro Doppler em padrão trifásico do fluxo da artéria femoral em um felino doméstico saudável não sedado, com a formação dos três principais picos de velocidades: (1) pico sistólico; (2) pico diastólico inicial; (3) pico diastólico final. Destaque do fluxo diastólico inicial (seta)

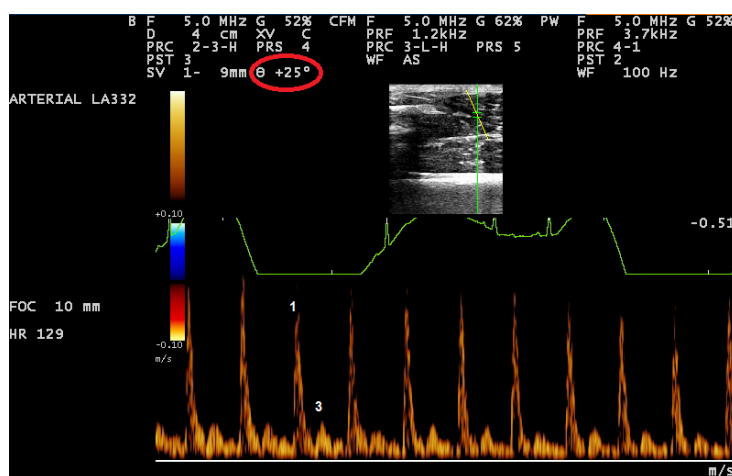


Figura 13 Imagem ultrassonográfica em modo duplex Doppler, demonstrando espectro bifásico no fluxo da artéria femoral de um felino doméstico não sedado. Observar a formação de dois picos de velocidades positivos, (1) pico sistólico e (3) pico diastólico final. Acima em destaque, o valor do ângulo de insonação, mantido a 25° durante realização do exame UDD, em todos os animais.



Utilizando o pico sistólico como uma covariável, foi observada correlação positiva entre pico sistólico e velocidade média ( $r = 0,773$ ;  $p = 0,03$ ) e pico sistólico e volume de fluxo femoral ( $r = 0,517$ ;  $p < 0,01$ ).

Na análise de correlação de Pearson para a QIMT com os diferentes parâmetros vasculares analisados, PS, PDI, PDF, diâmetro arterial, tempo de aceleração, peso, idade e PAS, foram observadas correlações fracas, como demonstrado na Tabela 4. Uma correlação significativa ( $p < 0,05$ ) foi observada entre a QIMT e o tempo de desaceleração do pico sistólico, com valores de  $p = 0,02$  e  $r = 0,45$ .

Foram observadas correlações fracas na análise de correlação de Spearman para a idade com os diferentes parâmetros vasculares analisados, PS, PDI, PDF, diâmetro arterial, tempos de aceleração e desaceleração, área femoral, volume de fluxo femoral, índices de pulsatilidade e resistividade e a QIMT (Tabela 5).

A variabilidade intraobservador foi realizada por meio de análise do coeficiente de variação, entre medidas repetidas. Como demonstrado na Tabela 6, DA PS, PDI, AF, IP, TA, TD e VFF apresentaram baixa variabilidade, enquanto PDF e VM tiveram uma variabilidade moderada. Nenhuma das variáveis apresentou variabilidade elevada.

Tabela 3 Valores de idade, peso e as variáveis obtidas por meio da ultrassonografia da artéria femoral de gatos saudáveis (n=30).

Variável	Média±desvio padrão	Mínimo	Máximo	CV (%) <sup>1</sup>
<b>Idade (meses)</b>	36,43±32,90	07	144	90,31
<b>Peso (kg)</b>	3,97±0,97	2	6,8	24,43
<b>TC (°C)</b>	38,51±0,50	37,4	39,4	
<b>DA (cm)</b>	0,17±0,03	0,11	0,26	17,64
<b>AF (cm)</b>				
	0,027±0,17	0,01	0,09	62,96
<b>FC (bpm)</b>	153,93±32,99	80	197	21,43
<b>QIMT (µm)</b>	456,56±117,73	218	668,23	25,78
<b>PS (cm/s)</b>	34,54±8,03	21,13	51,96	23,24
<b>PDI (cm/s)</b>	4,78±0,90	3,30	6,16	18,82
<b>PDF (cm/s)</b>	10,19±2,77	5,93	16,2	27,18
<b>VM (cm/s)</b>	20,09±6,16	11,23	32,89	30,66
<b>ITV (cm)</b>	3,47±1,13	1,18	6,20	32,56
<b>VFF (ml)</b>	0,095±0,06	0,03	0,36	63,15
<b>IP</b>	1,27±0,48	0,92	2,96	37,79
<b>IR</b>	0,78±0,28	0,63	2,21	35,89
<b>TA (ms)</b>	39,95±7,38	27,33	55,00	18,47
<b>TD (ms)</b>	114,49±21,14	68	161,33	18,46
<b>PAS (mmHg)</b>	125,47±16,39	100,00	164,00	13,06

<sup>1</sup>CV = Coeficiente de variação.

DA (diâmetro arterial); AF (área femoral); FC (frequência cardíaca); QIMT (mensuração da espessura da camada íntima); PS (pico sistólico); PDI (pico diastólico); PDF (pico diastólico final) VM (velocidade média); ITV (velocidade de tempo integral); VFF (volume de fluxo femoral); IP (índice de pulsatilidade); R (índice de resistividade) TA (tempo de aceleração); TD (tempo de desaceleração); PAS (pressão arterial sistêmica).

Tabela 4 Análise de correlações (valores de p e r) para a variável QIMT, obtidas por meio da ultrassonografia da artéria femoral de gatos saudáveis (n=30).

<b>QIMT</b>	<b>Valor de p</b>	<b>Valor de r</b>
<b>PS</b>	0,58	- 0,11
<b>PDI</b>	0,39	- 0,30
<b>PDF</b>	0,80	- 0,05
<b>VM</b>	0,21	- 0,25
<b>DA</b>	0,78	- 0, 05
<b>TAC</b>	0,80	- 0,05
<b>TDC</b>	0,02	0,45
<b>PAS</b>	0,19	0,29
<b>FC</b>	0,40	0,16
<b>Peso</b>	0,49	0,14
<b>Idade</b>	0,86	- 0,03

QIMT (mensuração da espessura da camada íntima); PS (pico sistólico); PDI (pico diastólico inicial); PDF (Pico diastólico final); VM (velocidade média) DA (diâmetro arterial); TAC (tempo de aceleração); TDC (tempo de desaceleração); PAS (pressão arterial sistólica); FC (frequência cardíaca).

Tabela 5 Análise de correlações (valores de p e r) para a variável idade, obtidas por meio da ultrassonografia da artéria femoral de gatos saudáveis (n=30).

<b>IDADE</b>	<b>Valor de p</b>	<b>Valor de r</b>
<b>PS</b>	0,86	0,17
<b>PDI</b>	0,58	0,17
<b>PDF</b>	0,09	0,31
<b>DA</b>	0,25	- 0, 05
<b>TAC</b>	0,92	- 0,01
<b>TDC</b>	0,45	0,14
<b>AF</b>	0,63	0,09
<b>VFF</b>	0,67	0,07
<b>IP</b>	0,2	0,41
<b>IR</b>	0,96	-0,08
<b>QIMT</b>	0,86	- 0,03

PS (pico sistólico); PDI (pico diastólico inicial); PDF (pico diastólico final); DA (diâmetro arterial); TAC (tempo de aceleração); TDC (tempo de desaceleração); AF (área femoral); VFF (volume de fluxo femoral); IP (índice de pulsatilidade); IR (índice de resistividade); QIMT (mensuração da espessura da camada íntima).

Tabela 6 Variabilidade das medidas intraobservador, obtidas por meio da ultrassonografia duplex Doppler da artéria femoral em felinos domésticos não sedados, com intervalo de 15 dias (n= 10).

Variável	média±desvio padrão	<sup>1</sup> CV (%)	<sup>2</sup> VIOD (%)
PS	34,54±8,03	23,24	0,14
PDI	4,78±0,90	18,82	1,80
PDF	10,19±2,77	27,18	15,15
DA	0,17±0,03	17,64	10,11
TA	39,95±7,38	18,47	7,54
TD	114,49±21,14	18,46	1,97
AF	0,027±0,17	62,96	14,83
VFF	0,095±0,06	63,15	6,21
IP	1,27±0,48	37,79	8,76
IR	0,78±0,28	35,89	9,34
VM	20,09±6,16	30,66	24,67

<sup>1</sup>CV (coeficiente de variação); <sup>2</sup>VIOD (variabilidade intraobservador entre dias)

PS (pico sistólico); PDI (pico diastólico inicial); PDF (pico diastólico final); DA (diâmetro arterial); TA (tempo de aceleração); TD (tempo de desaceleração); AF (área femoral); VFF (volume de fluxo femoral); IP (índice de pulsatilidade); IR (índice de resistividade); VM (velocidade média).

## 7 DISCUSSÃO

Na avaliação ecocardiográfica transtorácica foi possível excluir alterações que pudessem ter influenciado os parâmetros do fluxo da artéria femoral obtidos pela UDD.

### 7.1 Importância da UDD como ferramenta diagnóstica ou experimental na clínica de felinos domésticos

A ultrassonografia duplex Doppler é uma técnica diagnóstica aplicada para o reconhecimento precoce de eventos vasculares periféricos, por se tratar de um procedimento dinâmico, não invasivo, indolor e de baixo custo. Em medicina veterinária, diferentes estudos conduzidos em cães (LEE et al., 2004, NOGUEIRA; MUZZI, 2010; NOGUEIRA et al., 2011b), ovinos (PAWSON et al., 2002), equinos (MENZIES-GOW; MARR, 2007; WONGAUMNUAYKUL et al., 2006), ressaltaram a importância da utilização da UDD como ferramenta

clínica e evidenciaram sua colaboração diagnóstica e experimental nestas diferentes espécies.

A utilização de felinos domésticos no presente estudo buscou ampliar o conhecimento envolvendo os eventos hemodinâmicos para artéria femoral nesta espécie, sendo este um estudo pioneiro na identificação do padrão morfofisiológico completo do fluxo sanguíneo da artéria femoral em felinos domésticos, saudáveis, não sedados, por meio da UDD.

Portanto, do ponto de vista prático e experimental, o reconhecimento do padrão fisiológico, tanto quantitativo como qualitativo, das ondas formadas, principalmente da artéria femoral, poderá servir como referência em prováveis alterações periféricas em felinos.

Muitas doenças vasculares periféricas diagnosticadas em humanos podem também acontecer em cães e gatos, embora sua identificação clínica seja frequentemente subestimada. As principais etiologias sistêmicas associadas às doenças vasculares periféricas em humanos envolvem hipertensão arterial, obesidade e diabetes do tipo 2 (HURST et al. 2007; LIM et al. 2009; WILLIAMS; HARGING; PRICE., 2005).

Estas doenças, em medicina felina, têm se tornado cada vez mais comuns na prática clínica, devido à reclusão dos gatos como animais em ambientes restritos, gerando mudanças nos hábitos de manejo, principalmente os alimentares e os reprodutivos. Outro fator bastante comum, diretamente relacionado à predisposição das doenças vasculares, em medicina, são as alterações lipídicas, como o aumento na dosagem dos triglicerídeos e a obesidade. Em estudo conduzido por Jaso-Friedmann et al. (2008) foi observada estreita interação entre o sistema imune e as alterações metabólicas, principalmente a obesidade, em felinos domésticos, sendo considerados obesos os gatos acima de 5,5 kg. No presente estudo, os gatos não se encontravam acima do peso, estando, de acordo com o escore corporal definido por Freeman

et al. (2011), dentro da faixa de peso aceitável para a espécie, portanto, livres dos riscos associados à obesidade.

Vale ressaltar que, para este estudo, os animais utilizados foram avaliados e considerados clinicamente hígidos, previamente à inclusão no experimento. Sabe-se que a resistência vascular periférica depende tanto da pressão arterial como do débito cardíaco. Os valores de frequência cardíaca e da pressão arterial foram considerados dentro da normalidade para a espécie (BROWN et al., 2007; TILLEY; SMITH, 2011). Além disso, a média da temperatura corporal obtida foi de  $38,5 \pm 0,5$  °C, dentro dos valores aceitos em gatos não sedados (NIEDFELDT; ROBERTSON, 2006). Estes aspectos devem ser enfatizados, uma vez que as medidas de fluxo da artéria femoral obtidas no presente estudo foram em condições hemodinâmicas fisiológicas para a espécie.

Em humanos, está comprovado que, com a progressão dos anos, a musculatura vascular desenvolve uma maior rigidez, em decorrência do envelhecimento individual, favorecendo o desenvolvimento das afecções vasculares periféricas (JUONALA et al. 2008). A idade dos gatos incluídos neste estudo,  $36,43 \pm 32,90$  meses, não oscilou demasiadamente, sendo todos considerados gatos adultos jovens, conforme Vogt et al. (2010). Observou-se também não existir correlação da idade com as demais variáveis analisadas.

O presente estudo também poderá colaborar na avaliação de animais que apresentem, ao exame clínico, fatores primários ou secundários que subsidiem a suspeita de CHF, os quais poderão ter o fluxo arterial periférico monitorado por meio da UDD e aqueles que apresentarem sinais de tromboembolismo, com obstrução periférica parcial ou total, poderão receber diagnósticos e medidas terapêuticas precoces, tendo em vista que a avaliação pela UDD e os parâmetros quantitativos aqui descritos são muito menos subjetivos que a simples palpação com dígitos da artéria femoral, adotada atualmente na rotina clínica.

## **7.2 Avaliação qualitativa do fluxo sanguíneo da artéria femoral em felinos saudáveis**

O aspecto morfológico normal do fluxo da artéria femoral, uma artéria de alta resistência, é trifásico, ou seja, deve possuir os três principais picos de velocidade: sistólico, diastólico inicial e diastólico final. Este aspecto trifásico já foi obtido e descrito em algumas espécies, como em cães (LEE et al, 2004, NOGUEIRA et al., 2011b; SZATMÁRI et al. 2001; NOGUEIRA; MUZZI, 2010), suínos (FERNÁNDEZ DEL PALACIO et al., 2003), equinos (CIPONE et al., 2006; WONGAUMNUAYKUL et al. (2006) e humanos (SHAALAN et al. 2003; SPRONK et al., 2005). No presente estudo, 46,66% dos animais avaliados apresentaram o pico diastólico inicial, sendo o mesmo ausente nos demais (53,34%).

Em pacientes humanos, na avaliação UDD da artéria femoral, a ausência do pico diastólico inicial relaciona-se à progressão das doenças arteriais, sejam elas pelo espessamento da parede arterial ou pela obstrução mecânica do lúmen arterial (SCISSONS, 2008; SCISSONS, COMEROTA, 2009). No entanto, tais alterações arteriais não estavam presentes nos animais neste estudo.

Jung et al. (2010), que conduziram um estudo com minipigs, descreveram que, no espectro Doppler obtido pela UDD da artéria femoral, havia ausência do fluxo diastólico inicial em todos os animais, sendo caracterizado como um fluxo femoral bifásico. Os animais utilizados tinham quatro meses de vida, sendo considerados adultos jovens para esta espécie, não estavam sedados e apresentavam condições de sanidade ideal. Entretanto, no presente estudo, 53,34% dos animais avaliados não apresentaram o fluxo diastólico inicial e uma das possibilidades consideradas durante a captação das imagens era se o volume de amostra, ocupando quase que por completo o lúmen do vaso, poderia interferir na formação do fluxo diastólico inicial. Este aspecto

foi considerado, tendo em vista que a menor medida possível para regular o tamanho do volume de amostra, no modelo de aparelho utilizado, foi de 2,0 mm, ou seja, 0,20 cm e a média de diâmetro arterial obtido nos felinos domésticos foi de  $0,17 \pm 0,039$  cm.

Segundo Finn-Bodner e Hudson (1998), o volume de amostra deve ser regulado de maneira que ocupe a metade do diâmetro arterial, a fim de se obterem as maiores velocidades do fluxo avaliado. No entanto, a média de diâmetro arterial obtido neste estudo foi semelhante à obtida por Jarreta, Dada e Williams (2010), cujos valores para o diâmetro das artérias femorais direitas e esquerdas foram de  $0,19 \pm 0,02$  e  $0,17 \pm 0,02$  cm, respectivamente.

Nos minipigs, a média do diâmetro arterial obtida foi de  $0,32 \pm 0,04$  cm, ou seja, praticamente o dobro do valor obtido nos felinos, permitindo uma boa avaliação UDD da artéria femoral, ainda assim sem a formação do fluxo diastólico inicial.

Para todos os exames aqui realizados, o ângulo de insonação foi mantido a  $25^\circ$ , um valor aceito para a formação de um excelente sinal Doppler, pois, na literatura, recomenda-se que quanto mais paralelo for o feixe sonoro em relação ao vaso, melhor será a formação do sinal Doppler. Desse modo, é possível concluir que, apesar de todas as especulações técnicas para explicar a ausência do PDI, a captação do fluxo diastólico inicial em todos os animais aqui estudados foi de difícil execução. Assim sendo, maiores estudos na espécie felina deveriam ser realizados para verificar se outros pesquisadores também encontrarão tal dificuldade.



### **7.3 Avaliação quantitativa do fluxo sanguíneo da artéria femoral em felinos saudáveis**

Como previsto nos objetivos do presente estudo, os principais parâmetros fisiológicos relacionados ao fluxo sanguíneo da artéria femoral e obtidos por meio da UDD foram obtidos por este estudo.

Todos os índices quantitativos importantes para avaliação da artéria femoral não demonstraram diferença significativa entre os machos e as fêmeas, nem em relação à PAS. Em medicina, está comprovado que as mulheres apresentam expressiva diferença no que concerne à resistência vascular periférica, quando comparadas aos homens (STEFANICK, 2010; STEWART et al. 2006; WHITE, 2002). Fortes indícios indicam que as diferenças se devem à atuação dos hormônios sexuais, principalmente o estradiol, como sendo um fator cardioprotetor (CHEN et al., 2011; HERRMANN et al., 2011; MORKUNIENE et al. 2010). No presente estudo, tal diferença entre gêneros não foi observada, já que não houve variação significativa entre os gêneros. Vale salientar que, no presente trabalho, foram utilizados somente animais castrados há pelo menos 12 meses antes do início do experimento, o que pode ter influenciado os resultados.

No estudo conduzido por Jarreta, Dada e Williams (2010), na avaliação do fluxo femoral em felinos, somente a velocidade do pico sistólico da artéria femoral foi considerada, tendo sido obtidos os valores de  $65,93 \pm 30,42$  e  $59,86 \pm 18,67$  cm/s, para as artérias direitas e esquerdas, respectivamente. No presente estudo, foi avaliada somente a artéria direita dos animais, para a qual o valor médio de velocidade do pico sistólico encontrado foi de  $34,54 \pm 8,03$  cm/s, portanto, abaixo do relatado por aqueles autores.

Como descrito anteriormente, os valores de diâmetro arterial obtidos neste estudo e no de Jarreta, Dada e Williams (2010) foram relativamente semelhantes, no entanto, as velocidades sistólicas diferem entre si. Pode-se

sugerir que, mesmo que em ambos os estudos tenha sido mantido um ângulo de insonação abaixo de 60° e uma taxa de repetição de frequência de pulsos adequada para a não formação de *aliasing*, uma das explicações para a diminuição deste valor pode estar relacionada à regulação do volume de amostra dos equipamentos utilizados, já que eram de fabricantes diferentes.

No atual estudo, a regulação do volume de amostra limita-se a 0,20 cm. Assim, a interferência dos fluxos das extremidades dos vasos, durante a captação das imagens, pode ter ocorrido e, daí, as velocidades centrais, maiores e laminares, terem sido subestimadas. No entanto, Jarreta, Dada e Williams (2010) não especificaram o tamanho do volume de amostra.

Não se pode deixar de considerar que, no presente estudo, a amostragem experimental apresentou uma repetição cerca de seis vezes à do estudo de Jarreta, Dada e Williams (2010), já que aqui foram utilizados trinta animais e nos outros autores, apenas cinco. Além disso, os animais utilizados neste estudo não foram sedados e todos contidos de forma manual, dados não explicitados por Jarreta, Dada e Williams (2010). Também se deve lembrar que, apesar de os valores médios do PS no presente estudo serem de 34,54±8,03 cm/s, o valor máximo registrado foi de 51,96 cm/s, com um coeficiente de variação de 23,24%, que pode ser considerado adequado para amostras biológicas (SAMPAIO, 2007).

Entre os parâmetros hemodinâmicos obtidos pela UDD da artéria femoral, o IR e o IP são utilizados como marcadores indiretos de alterações hemodinâmicas, principalmente a resistência vascular periférica e a impedância arterial (BUDE; RUBIN, 1999; DOWNING et al. 1983; EVANS et al., 1980). Como descrito por Saunders (2012), as principais complicações associadas à CHF são a insuficiência cardíaca congestiva e o tromboembolismo arterial, ambos capazes de alterar tais índices hemodinâmicos, pelas mudanças de resistência vascular periférica que acarretam. Dessa forma, como caráter

experimental, os valores de IP e IR do fluxo da artéria femoral obtidos por este estudo poderão servir como base de consulta para prováveis comparações entre animais saudáveis e sabidamente cardiopatas, no intuito de definir e descrever a participação dos mesmos nas alterações vasculares periféricas, bem como caracterizar a influência terapêutica sob a impedância vascular.

No presente estudo, avaliou-se a variação intraobservador da UDD da artéria femoral em felinos domésticos não sedados. Esta técnica demonstrou ser bem tolerada pelos pacientes, fornecendo medidas quantitativas do fluxo femoral, com excelente reprodutibilidade e variabilidade mínima. Assim, esta técnica demonstrou ser altamente sensível na identificação dos parâmetros hemodinâmicos avaliados, em condições fisiológicas. Dessa forma, com os valores aqui descritos, recomenda-se a realização de novos estudos em diferentes condições fisiológicas, como o estresse ou a prenhez, bem como em situações patológicas e/ou sob influência farmacológica, para caracterização experimental das prováveis modificações hemodinâmicas que podem ocorrer na artéria femoral.

Por este estudo, a velocidade do pico sistólico da artéria femoral apresentou correlação positiva com a velocidade média e com o volume de fluxo femoral. Isso pode acontecer pelo fato de a origem do pico sistólico periférico depender diretamente do volume de sangue ejetado pelo VE. De acordo com Boon (2011b), a fração de encurtamento e a fração de ejeção são duas variáveis importantes que podem ser utilizadas para a avaliação da função sistólica. Gatos com suspeita de CHF, entre outros achados, apresentam a FS abaixo de 28% pelo exame ecocardiográfico convencional (FERASIN, 2009). Assim, como todos os animais utilizados neste experimento estavam com suas funções contráteis miocárdicas preservadas, estes resultados poderão ser considerados valores normais de referência para o fluxo periférico nesta espécie. Este aspecto é importante, pois em estudos com seres humanos foram constatadas fortes

correlações entre os parâmetros de fluxo sanguíneo arterial periférico com aqueles de desempenho cardíaco obtidos pela ecocardiografia (HAMBRECHT, 2000; NOTTIN et al., 2002). Desse modo, as variações de velocidade de fluxo que venham a ser obtidas pela UDD da artéria femoral de felinos domésticos, em relação aos aqui obtidos em animais saudáveis, poderão levar o clínico a especular se a atividade cardiovascular central do paciente avaliado está normal.

#### **7.4 Avaliação quantitativa do QIMT da artéria femoral em felinos saudáveis**

Em humanos, já estão bem definidas a importância e as metodologias necessárias para correlacionar a QIMT dos vasos periféricos com as doenças cardiovasculares centrais (CHENG et al., 2002; LORENZ et al. 2007; LITWIN; NOEMIRSKA, 2009; STRANDNESS; EIDT, 2000). As artérias carótida interna e externa são amplamente estudadas, em seus diferentes segmentos anatômicos, no intuito de prever problemas cardíacos. A artéria femoral, pela facilidade de acesso em animais, também é capaz de reproduzir tal feito, sendo considerada uma alternativa diagnóstica em indivíduos com limitações na captação das imagens cervicais, como os obesos, os muito inquietos e os ferozes.

Pelo consenso realizado pela Sociedade de Radiologistas (GRANT et al., 2003) para a artéria carótida, recomendou-se a realização da UDD associada ao modo Doppler em cores, para a padronização do estreitamento do lúmen arterial. Na avaliação do espectro formado pela UDD, a mesma sociedade definiu, como principal parâmetro para avaliação de uma estenose vascular, a velocidade do pico sistólico. Por esta razão, no presente estudo, o tempo de aceleração e desaceleração foi considerado somente para PS, que demonstrou ter correlação positiva somente entre o tempo de desaceleração do PS com a QIMT. Dessa forma, é possível inferir que o tempo de desaceleração da onda formada

sofrerá influência da espessura da camada íntima arterial, ou seja, quanto mais espessa estiver esta interface, seja ela por um processo reativo inflamatório ou obstrutivo mecânico, maior será o tempo de desaceleração da onda e maior será a sua velocidade, que depende diretamente do raio do vaso elevado à sua quarta potência.

Como descrito anteriormente, os felinos domésticos estão entre os grupos de pacientes cada vez mais susceptíveis ao desenvolvimento de alterações metabólicas importantes, como a obesidade e a hipertensão arterial (JASO-FRIEDMANN et al., 2008; NELSON et al., 2002). Como enfatizado em humanos, tais afecções geram sequelas sistêmicas, que acometem o endotélio vascular de forma direta (GARCÍA-ORTIZ et al., 2008; GIANNINI et al. 2009; LIM et al. 2009). Assim, por este estudo, foi possível estimar a QIMT femoral para os felinos domésticos saudáveis. Tais resultados poderão auxiliar, na prática clínica, a identificar indivíduos que possam ser considerados grupo de risco e classificar os possíveis diagnósticos diferenciados associados às alterações vasculares periféricas. No entanto, outros estudos devem ser realizados para definir quais são as modificações vasculares periféricas em doenças específicas, como é realizado em seres humanos.

### **7.5 Limitações do estudo**

Uma das limitações que se pode considerar no presente estudo foi a falta da monitorização do volume de eritrócitos circulantes. Tal volume influencia de maneira direta a formação do efeito Doppler, pois estes atuam como corpos refletivos, emitindo um bom retorno acústico. Assim, animais anêmicos ou com nível de proteínas séricas alterado podem apresentar um espectro vascular não laminar, dificultando a obtenção das maiores velocidades do fluxo avaliado (LUO et al., 2007; NELSON; PRETORIUS, 1988). Além disso, a monitorização do

índice glicêmico e dos perfis lipídico e endócrino deveria ser feita no intuito de excluir prováveis modificações séricas, que implicariam em alterações diretas na QIMT, como descrito em humanos. Entretanto, vale ressaltar que todos os animais se apresentavam normais ao exame clínico (histórico de sanidade, coloração de mucosas, tempo de reperfusão capilar) e, possivelmente, não se apresentavam anêmicos ou com distúrbios de coagulação.

Outro aspecto que também pode ser considerado como uma limitação é o fato de terem sido avaliados os parâmetros relacionados à artéria femoral direita, desconsiderando as medidas da artéria esquerda. Por outro lado, a avaliação somente de tal artéria preveniu uma intensa manipulação do animal e um longo tempo de exame, o que poderia causar estresse e modificações nos parâmetros vasculares fisiológicos dos mesmos.

Também se deve salientar que as medidas do QIMT aqui obtidas podem não ser as mais precisas, uma vez que ainda não há estudos que comprovem a validação da técnica de radiofrequência em pacientes veterinários. Desse modo, sugere-se que estudos nos quais se comparem as medidas da QIMT *in vivo* e *in vitro*, por microscopia, sejam efetuados.

## 8 CONCLUSÕES

- A UDD da artéria femoral mostrou ser uma técnica diagnóstica de possível execução em felinos domésticos sadios e não sedados.

- Os valores médios para os parâmetros de fluxo sanguíneo avaliados nos animais aqui estudados, independente de gênero, foram: diâmetro arterial ( $0,17 \pm 0,03$  cm), pico sistólico ( $34,54 \pm 8,03$  cm/s), pico diastólico inicial ( $4,78 \pm 0,90$  cm/s), pico diastólico final ( $10,19 \pm 2,77$  cm/s), velocidade média ( $20,09 \pm 6,16$  cm/s), integral de velocidade no tempo ( $3,47 \pm 1,13$  cm), área femoral ( $0,027 \pm 0,17$  cm<sup>3</sup>), volume de fluxo femoral ( $0,095 \pm 0,06$  cm), índice de

pulsatilidade ( $1,27\pm 0,48$ ), índice de resistividade ( $0,78\pm 0,28$ ), tempo de aceleração ( $39,95\pm 7,38$  ms) e de desaceleração ( $114,49\pm 21,14$  ms) do PS.

- O QIMT pela técnica de radiofrequência apresentou valor médio, no geral, para a artéria femoral dos felinos, de  $456,56\pm 117,73$  e tal medida não pareceu influenciar ou estar associada com os demais parâmetros vasculares, exceto com o tempo de desaceleração do PS.

- O pico sistólico mostrou estar diretamente associado com a velocidade média e com o volume de fluxo.

- A idade pareceu não influenciar os parâmetros avaliados.

**REFERÊNCIAS**

AUGHEY, E.; FRYE, F. L. Cardiovascular system. In: AUGHEY, E.; FRYE, F. L. (Ed.). **Comparative veterinary histology with clinical correlates**. London: Manson, 2001. p. 1-71.

BATY, C. J. Feline hypertrophic cardiomyopathy: an update. **The Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, Philadelphia, v. 34, n. 5, p. 1227-1234, Sept. 2004.

BENETOS, A. et al. Arterial alterations with aging and high blood pressure. **Arteriosclerosis and Thrombosis, and Vascular Biology**, Dallas, v. 13, n. 1, p. 90-97, Jan. 1993.

BIANCHINI, E. et al. Assessment of carotid stiffness and intima-media thickness from ultrasound data: comparison between two methods. **Journal of Ultrasound in Medicine**, Philadelphia, v. 29, n. 8, p. 1160-1175, Aug. 2010.

BIRICIK, H. S. et al. The effect of xylazine on femoral arterial flow determined by Doppler Sonography in dogs. **Journal of Animal and Veterinary Advanced**, Philadelphia, v. 9, n. 1, p. 47-48, Jan. 2010.

BOON, J. A. Evaluation of size, function, and hemodynamics. In: \_\_\_\_\_. **Veterinary echocardiography**. 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey: J. Willey, 2011a. p. 105-196.

\_\_\_\_\_. The physics of ultrasound. In: \_\_\_\_\_. **Veterinary echocardiography**. 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey: J. Willey, 2011b. p. 13-39.

BROWN, S. et al. Guidelines for the identification, evaluation, and management of systemic hypertension in dogs and cats. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, Ohio, v. 21, n. 3, p. 542-558, May 2007.

BUDE, R. O.; RUBIN, J. M. Effect of downstream cross-sectional area of an arterial bed on the resistive index and the early systolic acceleration. **Radiology**, Boston, v. 212, n. 3, p. 732-738, Sept. 1999b.

\_\_\_\_\_. Relationship between the resistive index and vascular compliance and resistance. **Radiology**, Boston, v. 211, n. 2, p. 411-417, May 1999a.



CAMACHO, A. A. et al. Comparison between conventional and computerized electrocardiography in cats. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 3, p. 765-769, jun. 2010.

CARTER, S. A. Hemodynamics considerations in peripheral vascular and cerebrovascular diseases. In: ZWIEBEL, W. J.; PELLERITO, J. S. (Ed.). **Introduction to vascular ultrasonography**. 5<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2005. p. 3-21.

CARVALHO, C. F.; CHAMMAS, M. C.; CERRI, G. G. Princípios físicos do Doppler em ultra-sonografia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 872-879, maio/jun. 2008.

CHAVHAN, G. B. et al. Normal Doppler Spectral waveforms of major pediatric vessels: specific patterns. **Radiographics**, Oak Brook, v. 28, n. 3, p. 691-706, 2008.

CHEN, Y. et al. Endogenous hormones and coronary heart disease in postmenopausal women. **Atherosclerosis**, Philadelphia, v. 216, n. 2, p. 414-419, June 2011.

CHENG, K. S. et al. A review of the carotid and femoral intima-media thickness as an indicator of the presence of peripheral vascular disease and cardiovascular risk factors. **Cardiovascular Research**, Philadelphia, v. 54, n. 3, p. 528-538, June 2002.

CINI, G. et al. Thyroid hormones and cardiovascular system: pathophysiology and interventions. **Biomedicine and Pharmacoteray**, New York, v. 63, n. 10, p. 742-753, Dec. 2009.

CIPONE, M. et al. Pulsed wave-Doppler ultrasonographic evaluation of the common carotid artery in the resting horse: physiologic data. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, Raleigh, v. 38, n. 3, p. 200-206, May 1997.

DECLOEDT, A. et al. Quantification of left ventricular longitudinal Strain, Strain rate, velocity, and displacement in healthy horses by 2-dimensional Speckle tracking. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, Ohio, v. 25, n. 2, p. 330-338, Mar./Apr. 2011.

DI GESO, L. et al. Comparison between conventional and automated software-guided ultrasound assessment of bilateral common carotids intima-thickness in patients with rheumatic diseases. **Clinical Rheumatology**, Montreal, v. 31, n. 5, p. 881-884, Jan. 2012.

DOGAN, S. et al. Manual B-mode versus automated radio-frequency carotid intima-media thickness measurements. **Journal American Society of Echocardiography**, Seattle, v. 22, n. 10, p. 1137-1144, Oct. 2009.

DOWING, G. J. et al. In vivo correlation of Doppler waveform analysis with arterial input impedance parameters. **Ultrasound in Medicine and Biology**, Oxford, v. 19, n. 7, p. 549-559, 1993.

EVANS, D. H. et al. The relationship between ultrasonic pulsatility index and proximal arterial stenosis in a canine model. **Circulation Research**, Dallas, v. 46, n. 4, p. 470-475, Apr. 1980.

FERASIN, L. Feline myocardial disease: 1., classification, pathophysiology and clinical presentation. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, Philadelphia, v. 11, n. 1, p. 3-13, Jan. 2009.

FERNÁNDEZ DEL PALACIO, M. J. et al. Evaluation of transcutaneous Doppler ultrasonography for the measurements of blood flow in the femoral artery of pigs. **American Journal of Veterinary Research**, Ohio, v. 64, n. 1, p. 43-50, Jan. 2003.

FINN-BODNER, S.; HUDSON, J. A. Abdominal vascular sonography. **The Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, Philadelphia, v. 28, n. 4, p. 887-942, July 1998.

FRANCIOSA, J. A. et al. Relation between hemodynamic and ventilatory response in determining exercise capacity in severe congestive heart failure. **American Journal of Cardiology**, Dallas, v. 53, n. 1, p. 127-134, Jan. 1984.

FRANCIOSA, J. A.; PARK, M.; LEVINE, B. Lack of correlation between exercise capacity and indices of left ventricular performance in heart failure. **American Journal of Cardiology**, Dallas, v. 47, n. 4, p. 33-39, Jan. 1981.

FREEMAN, L. et al. WSAVA nutritional assessment guidelines. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, Ohio, v. 52, n. 7, p. 385-396, July 2011.

GARCÍA-ORTIZ, L. et al. Presión arterial clínica y ambulatoria y su relación con el grosor íntima-media de carótida (LOD-RISK Study). **Clinica e Investigación en Arteriosclerosis**, Madrid, v. 21, n. 1, p. 1-10, Jan. 2009.

GIANNINI, C. et al. Increased carotid intima-media thickness in pre-pubertal children with constitutional leanness and severe obesity: the speculative role of insulin sensitivity, oxidant status, and chronic inflammation. **European Journal of Endocrinology**, London, v. 161, n. 1, p. 73-80, July 2009.

GRANT, E. G. et al. Carotid artery stenosis: gray-scale and Doppler US diagnosis. **Radiology**, Boston, v. 229, n. 2, p. 340-346, Nov. 2003.

HAMBRECHT, R. et al. Effects of exercise training on left ventricular function and peripheral resistance in patients with chronic heart failure. **The Journal of the American Medical Association**, Chicago, v. 283, n. 23, p. 3095-3101, June 2000.

HASHIMOTO, J.; ITO, S. Pulse pressure amplification, arterial stiffness, and peripheral wave reflection determine pulsatile flow of the femoral artery. **Hypertension**, Dallas, v. 56, n. 5, p. 926-933, Nov. 2010.

HERRMANN, J. L. et al. Gender dimorphism in progenitor and stem cell function in cardiovascular disease. **Schok**, Dallas, v. 26, n. 6, p. 571-574, Dec. 2006.

HURST, R. T. et al. Clinical use of carotid intima-media thickness: review of the literature. **Journal of American Society Echocardiography**, Seattle, v. 20, n. 7, p. 907-914, July 2007.

ICHIKI, T. Thyroid hormone and atherosclerosis. **Vascular Pharmacology**, Philadelphia, v. 52, n. 3/4, p. 151-156, Mar./Apr. 2010.

JARRETA, G. B. et al. Doppler ultrasonographic evaluation of the external iliac and femoral arteries in dogs and cats. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, Raleigh, v. 51, n. 2, p. 191-195, Mar. 2010.

JASO-FRIEDMANN, L. et al. The effects of obesity and fatty acids on the feline immune system. **Veterinary and Immunology and Immunopathology**, Philadelphia, v. 122, n. 1/2, p. 146-152, Nov. 2007.

JUNG, J. et al. Spectral Doppler ultrasound in the major arteries of normal conscious immature micropigs. **Journal of Veterinary Science**, Seoul, v. 11, n. 2, p. 155-159, June 2010.

JUONALA, M. et al. Effect of age and sex on carotid intima-media thickness, elasticity and brachial endothelial function in healthy adults: the cardiovascular risk in young finns study. **European Heart Journal**, London, v. 29, n. 9, p. 1198-1206, Dec. 2008.

KHAKPOUR, M. V. Critical assessment of arterial transport models. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, Chicago, v. 51, n. 3/4, p. 807-822, Feb. 2008.

KIENLE, R. D.; THOMAS, W. P. Ecocardiografia. In: NYLAND, T. G.; MATTON, J. S. (Ed.). **Ultra-som diagnóstico em pequenos animais**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2002. p. 365-438.

KU, D. N. Blood flow in arteries. **Annual Review of Fluid Mechanics**, Evanston, v. 29, p. 399-434, Jan. 1997.

LEE, K. et al. Spectral waveforms analysis of major arteries in conscious dogs by Doppler ultrasound ultrasonography. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, Raleigh, v. 45, n. 2, p. 166-171, Mar. 2004.

LIM, S. M. et al. Association between blood pressure and carotid intima-media thickness. **The Journal of Pediatrics**, Cincinnati, v. 154, n. 5, p. 667-671, May 2009.

LITWIN, M.; NIEMIRSKA, A. Intima-media thickness measurements in children with cardiovascular risk factors. **Pediatric Nephrology**, Heidelberg, v. 24, n. 4, p. 707-719, Apr. 2009.

LONDON, G. M.; PANNIER, B. Arterial functions: how to interpret the complex physiology. **Nephrology Dialysis Transplantation**, Oxford, v. 25, n. 12, p. 3815-3823, Oct. 2010.

LORENZ, M. W. et al. Prediction of clinical cardiovascular events with carotid intima: media thickness. **Circulation**, Boston, v. 115, n. 4, p. 459-467, Jan. 2007.

LUO, W. Color and pulsed doppler sonography for arterial bleeding detection. **Journal of Ultrasound in Medicine**, Philadelphia, v. 26, n. 8, p. 1019-1029, Aug. 2007.

MANCINI, D. M. et al. Central and peripheral components of cardiac failure. **American Journal of Cardiology**, New York, v. 80, n. 2B, p. 2-12, Feb. 1986.

MASOUDIFARD, M.; VAJHI, A.; KAVARI, A. Normal color and Pulsed-waved Doppler ultrasonography of femoral and axillary arteries in dogs. **Iranian Journal of Veterinary Surgery**, Tehran, v. 1, n. 1, p. 43-49, Jan. 2006.

MENZIES-GOW, N. J.; MARR, C. M. Repeatability of Doppler ultrasonographic measurement of equine digital blood flow. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, Raleigh, v. 48, n. 3, p. 281-285, May/June 2007.

MITCHELL, G. F. Arterial stiffness and wave reflection: biomarkers of cardiovascular risk. **Artery Research**, Cardiff, v. 3, n. 2, p. 56-64, June 2009.

MORH, F. C.; CARPENTER, J. L. Arteriosclerosis in a cat. **Veterinary Pathology**, Washington, v. 24, n. 6, p. 466-469, Nov. 1987.

MORKUNIENE, R. Estradiol-induced protection against ischemia-induced heart mitochondrial damage and caspase activation is mediated by protein kinase G. **Biochimica et Biophysica Acta**, Philadelphia, v. 1707, n. 6/7, p. 1012-1017, June/July 2010.

NELSON, O. L. et al. Echocardiographic and radiographic changes associated with systemic hypertension in cats. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, Ohio, v. 16, n. 4, p. 418-425, July/Aug. 2002.

NELSON, T. R.; PRETORIUS, D. H. The Doppler signal: where does it come from and what does it mean? **The American Journal of Roentgenology**, Philadelphia, v. 151, n. 3, p. 439-447, Sept. 1988.

NIEDFELDT, R. L.; ROBERTSON, S. A. Postanesthetic hyperthermia in cats: a retrospective comparison between hydromorphone and buprenorphine. **Veterinary Anesthesia and Analgesia**, Hoboken, v. 33, n. 6, p. 381-389, Nov. 2006.

NOGUEIRA, R. B. et al. Alterations in the large peripheral circulation in dogs with heart failure. **The Veterinary Journal**, London, v. 188, n. 1, p. 101-104, May 2011a.

NOGUEIRA, R. B. et al. Effects of sedation with acepromazine maleate and buprenorphine hydrochloride on femoral artery blood flow in healthy dogs. **Research in Veterinary Science**, Rome, v. 93, n. 2, p. 989-992, 2012.

NOGUEIRA, R. B.; MUZZI, R. A. L. Evaluation of aging on muscle blood flow in conscious healthy dogs duplex Doppler ultrasonography. **Veterinary Research Communications**, Heidelberg, v. 34, n. 4, p. 307-314, Mar. 2010.

NOMURA, K. et al. Doppler spectral analysis of blood flow velocities in common femoral artery: age-related changes in healthy subjects and characteristics of abnormal hemodynamics in obstructive arterial disease. **Radiation Medicine**, Sapporo, v. 14, n. 1, p. 13-17, Jan./Feb. 1986.

NORSWORTHY, G. D.; CRYSTAL, M. A. Hyperthyroidism. In: NORSWORTHY, G. D. (Ed.). **The feline patient**. 4<sup>th</sup> ed. New Jersey: J. Willey, 2011. p. 256-260.

NOTTIN, S. et al. Central and peripheral cardiovascular adaptations to exercise in endurance-trained children. **Acta Physiologica Scandinavica**, Philadelphia, v. 175, n. 2, p. 85-92, June 2002.

NOVELLAS, R. E.; SPADA, Y.; GOPEGUI, R. R. Doppler ultrasonographic estimation of renal and ocular resistive and pulsatility indices in normal dogs and cats. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, Raleigh, v. 48, n. 1, p. 69-73, Feb. 2007.

NYLAND, T. G.; MATOON, J. S.; WISNER, E. R. Physical principles, instrumentation, and safety of diagnostic ultrasound. In: NYLAND, T. G.; MATTON, J. S. (Ed.). **Small animal diagnostic**. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Saunders, 2002. p. 3-17.

OHTA, Y. et al. Renal and carotid vascular resistance assessed with Doppler Sonography. **Journal of Clinical Ultrasound**, New York, v. 36, n. 2, p. 85-90, Feb. 2007.

O'LEARY, D. H.; POLAK, J. F. Intima-media thickness: a tool for atherosclerosis imaging and event prediction. **The American Journal of Cardiology**, Dallas, v. 10, n. 3, p. L18-L21, Nov. 2002.

PAWSON, P. et al. Changes in the Doppler waveforms of the ovine femoral artery following infusion of vasoactive agents: a preliminary study. **Research in Veterinary Science**, Rome, v. 73, n. 3, p. 215-221, Dec. 2002.

PIGNOLI, P. et al. Intimal plus medial thickness of the arterial wall: a direct measurement with ultrasound imaging. **Circulation**, Boston, v. 74, n. 6, p. 1399-1406, Dec. 1986.

RAISIS, A. L. et al. Variability of Doppler ultrasound measurements of hindlimb blood flow in conscious horses. **Equine Veterinary Journal**, London, v. 32, n. 2, p. 125-132, Mar. 2000.

RIVERS, B. J. et al. Duplex Doppler estimation of intrarenal Pourcelot resistive index in dogs and cats with renal disease. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, Lawrence, v. 11, n. 4, p. 250-260, July 1997.

SAMPAIO, I. B. M. Estatísticas descritivas básicas. In: \_\_\_\_\_. **Estatística aplicada á experimentação animal**. 3. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2007.p.15-32.

SAUNDERS, A. The diagnosis and management of age-related veterinary cardiovascular disease. **The Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, Philadelphia, v. 42, n. 4, p. 655-668, July 2012.

SCHOLZ, D.; SCHAPER, W. Preconditioning of arteriogenesis. **Cardiovascular Research**, Boston, v. 65, n. 2, p. 513-523, Feb. 2005.

SCISSONS, R. Characterizing triphasic, biphasic, and monophasic Doppler waveforms: should a simple task be so difficult? **Journal of Diagnostic Medical Sonography**, Saint Louis, v. 24, n. 5, p. 269-276, Sept. 2008.

SCISSONS, R.; COMEROTA, A. Confusion of peripheral arterial Doppler waveforms terminology. **Journal of Diagnostic Medical Sonography**, Saint Louis, v. 25, n. 4, p. 185-194, July/Aug. 2009.

SECOMB, T. W.; PRIES, A. R. The microcirculation: physiology at the mesoscale. **The Journal of Physiology**, Oxford, v. 589, n. 5, p. 1047-1052, Jan. 2011.

SHAALAN, W. E. et al. Reliability of common femoral artery hemodynamics in assessing the severity of aortoiliac inflow disease. **Journal of Vascular Surgery**, Chicago, v. 37, n. 35, p. 960-969, May 2003.

SMITH, S. A. et al. Arterial thromboembolism in cats: acute crisis in 127 cases (1992- 2001) and long-term management with low-dose aspirin in 25 cases. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, Ohio, v. 17, n. 1, p. 73-83, Jan./Feb. 2003.

SMITH, S. A.; TOBIAS, A. H. Feline arterial thromboembolism: an update. **The Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, Philadelphia, v. 34, n. 5, p. 1245-1271, Sept. 2004.

SOSNOWSKY, C. et al. Femoral rather than carotid artery ultrasound imaging predicts extent and severity of coronary artery disease. **Kardiologia Polska**, Moscow, v. 65, n. 7, p. 760-766, July 2007.

SPRONK, S. et al. Value of the duplex waveforms at the common femoral artery for diagnostic obstructive aortoiliac disease. **Journal of Vascular Surgery**, Boston, v. 42, n. 2, p. 236-242, Aug. 2005.

STEFANICK, M. L. Postmenopausal hormone therapy and cardiovascular disease in women. **Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Disease**, Philadelphia, v. 20, n. 6, p. 451-458, July 2010.

STEWART, J. A. et al. 17  $\beta$  estradiol modulation of angiotensin II: stimulated response in cardiac fibroblasts. **Journal of Molecular and Cellular Cardiology**, Philadelphia, v. 41, n. 1, p. 97-107, July 2006.

STOKOL, T. et al. Hypercoagulability in cats with cardiomyopathy. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, Ohio, v. 22, n. 3, p. 546-552, May/June 2008.

STRANDNESS, D. D.; EIDT, J. F. Peripheral vascular disease. **Circulation**, Boston, v. 102, n. 4, p. 46-51, Nov. 2000.

SZATMÁRI, V.; SÓTONYI, P.; VÖRÖS, K. Normal duplex Doppler waveforms of major abdominal blood vessels in dogs: a review. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Raleigh, v. 42, n. 2, p. 93-107, Mar. 2001.

THRUSH, A.; HARTSHORNE, T. Doppler ultrasound. In: \_\_\_\_\_. **Peripheral vascular ultrasound: how, why and when**. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Elsevier, 2005. p. 23-34.

TILLEY, L. P. Thromboembolism disease. In: NORSWORTHY, G. D. (Ed.). **The feline patient**. 4<sup>th</sup> ed. New Jersey: J. Willey, 2011. p. 506-508.



TILLEY, L. P.; SMITH JUNIOR, F. W. K. Eletrocardiographic tables. In: NORSWORTHY, G. D. (Ed.). **The feline patient**. 4<sup>th</sup> ed. New Jersey: J. Willey, 2011. p. 947.

TSUJINO, K. et al. Chronic myocardial infarction due to arteriosclerosis of coronary arteries followed by acute thromboembolism of caudal abdominal aorta in a cat. **The Journal of Veterinary Medical Science**, Sapporo, v. 67, n. 6, p. 631-634, June 2005.

VOGT, A. H. et al. AAFP-AAHA feline life stage guidelines. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, Boston, v. 12, n. 1, p. 43-54, Jan. 2010.

VÓLZKEA, H. et al. Thyroid function and carotid wall thickness. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, Stanford, v. 89, n. 5, p. 2145-2149, May 2004.

WELCH, K. M. et al. Prospective evaluation of tissue plasminogen activator in 11 cats with arterial thromboembolism. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, Ohio, v. 12, n. 2, p. 122-128, Sept. 2010.

WESTERHOF, N.; LANKHAAR, J. W.; WESTERHOF, B. The arterial Windkessel. **Medical and Biological Engineering and Computing**, Heidelberg, v. 47, n. 2, p. 131-141, Feb. 2009.

WHITE, R. E. Estrogen and vascular function. **Vascular Pharmacology**, Philadelphia, v. 38, n. 1, p. 73-80, Jan. 2002.

WILLIAMS, D. T.; HARGING, K. G.; PRICE, P. An evaluation of the efficacy of methods used in screening for lower-limb arterial disease in diabetes. **Diabetes Care**, Alexandria, v. 28, n. 9, p. 2206-2210, Sept. 2005.

WILSON, J. R. et al. Dissociation between exertional symptoms and circulatory function in patients with heart failure. **Circulation**, Boston, v. 92, n. 1, p. 47-53, July 1995.

WILSON, J. R.; MANCINI, D. M.; DUNKMAN, W. B. Exertional fatigue due to skeletal muscle dysfunction in patients with heart failure. **Circulation**, Boston, v. 87, n. 2, p. 470-475, Feb. 1993.

WOUGAUMNUAYKUL, S. Doppler sonographic evaluation of the digital blood flow in horses with laminitis or septic pododermatitis. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, Raleigh, v. 47, n. 2, p. 199-205, Mar./Apr. 2006.

**APÊNDICE**  
**APÊNDICE A – FÓRMULAS**

Lei de Pouselle	$Q = \frac{\Pi (P_1 - P_2) \times r^4}{8Ln}$
Equação Doppler	$FD = \frac{2 FT \times V \times \cos\theta}{c}$
Fração de ejeção	$FE = \frac{LVVD - LVVS}{LVVD} \times 100$
Volume diastólico do ventrículo esquerdo (LVVD)	$LVVD = \frac{7 \times (LVd)^3}{(2,4 + LVd)}$
Volume sistólico do ventrículo esquerdo (LVVS)	$LVVS = \frac{7 \times (LVs)^3}{(2,4 + LVs)}$
Fração de encurtamento	$FS = \frac{LVd - LVs}{LVd} \times 100$
AE/Ao	$\frac{AE}{Ao}$
Área femoral (AF)	$AF = \pi (DA/2)^2$
Volume de fluxo femoral (VFF)	$VFF = AF \times ITV$
Índice de pulsatilidade (IP)	$IP = \frac{PS - PDF}{VM}$
Índice de resistividade (IR)	$IR = \frac{PS - PDF}{PS}$

Q (volume de fluxo); P<sub>1</sub> (porção proximal do tubo); P<sub>2</sub> (porção distal do tubo); r (raio do tubo); L (comprimento do tubo); n (viscosidade do fluido); FD (frequência deslocamento Doppler); FT (frequência do feixe ultrassônico transmitido); V (velocidade dos eritrócitos); cos θ (coseno do ângulo Doppler); c (velocidade média nos tecidos, 1.540 ms); FE (fração de ejeção); LVVD (volume diastólico do ventrículo esquerdo); LVVS (volume sistólico do ventrículo esquerdo); LVd (dimensão diastólico do ventrículo esquerdo); LVs (dimensão sistólica do ventrículo esquerdo); AE (átrio esquerdo); Ao (dimensão da aorta); AF (área femoral); DA (diâmetro arterial); VFF (volume de fluxo femoral); ITV (integral da velocidade de tempo); IP (índice de pulsatilidade); OS (pico sistólico); PDF (pico diastólico final); VM (velocidade média); IR (índice de resistividade).

## ANEXOS

## ANEXO A-Termo de autorização



## TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Projeto:

CARACTERIZAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA DA ESPESSURA DA CAMADA MÉDIO-ÍNTIMA E DO FLUXO SANGUÍNEO DA ARTÉRIA FEMORAL EM FELINOS DOMÉSTICOS SAUDÁVEIS

Eu, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

RG, \_\_\_\_\_ CPF \_\_\_\_\_, residente na

Rua/Avenida \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, número \_\_\_\_\_, complemento \_\_\_\_\_ bairro \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, município \_\_\_\_\_, UF \_\_\_\_\_, proprietário(a) do animal \_\_\_\_\_, da

raça \_\_\_\_\_, autorizo a participação do mesmo no projeto acima intitulado

e concordo com todos os procedimentos não invasivos a mim esclarecidos. Tal

projeto é coordenado pelo professor Rodrigo Bernardes Nogueira e será

realizado nas dependências do Hospital Veterinário, no Setor de Clínica de

Pequenos Animais, da Universidade Federal de Lavras. Declaro que todas as

minhas dúvidas foram devidamente esclarecidas.

\_\_\_\_\_  
Lavras, \_\_\_\_ / \_\_\_\_ /2012.

## ANEXO B – Ficha de Avaliação Cardiológica

**FICHA DE AVALIAÇÃO CARDIOLÓGICA**

NOME: \_\_\_\_\_ RAÇA \_\_\_\_\_ IDADE \_\_\_\_\_ SEXO \_\_\_\_\_ PESO \_\_\_\_\_ ASC \_\_\_\_\_  
 DATA \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**ANAMNESE CARDIOLÓGICA**  
 TOSSE (\_\_\_\_\_)  INTOLERÂNCIA EXERCÍCIO  SÍNCOPE  COLAPSO  EMAGRECIMENTO  
 EDEMA DE MEMBROS  ASCITE

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

TRATAMENTO:  SIM  NÃO

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**EXAME FÍSICO**

	PRESENTE	AUSENTE	OBSERVAÇÕES
Desidratação	( )	( )	_____
Crepitação pulmonar	( )	( )	_____
Sibilos pulmonares	( )	( )	_____
Outros sons pulmonares ou ruídos	( )	( )	_____
Sopro sistólico mitral	( )	( )	_____
Sopro sistólico tricúspide	( )	( )	_____
Sopro sistólico aórtico	( )	( )	_____
Sopro sistólico pulmonar	( )	( )	_____
Outros sopros ou ruídos	( )	( )	_____
Distensão venosa jugular	( )	( )	_____
Mucosas pálidas	( )	( )	_____
Pulso Femoral Fraco	( )	( )	_____
Pulso Femoral alternante	( )	( )	_____
Edema Membros	( )	( )	_____
Ascite	( )	( )	_____
Cianose	( )	( )	_____
Ritmo irregular	( )	( )	_____
Outros sinais relevantes	( )	( )	_____

Estágio da ICC:  A  B1  B2  C  D

ECG  SIM  NÃO ARRITMIA CARDÍACA  SIM  NÃO \_\_\_\_\_

ECO  SIM  NÃO SEDAÇÃO  SIM  NÃO \_\_\_\_\_

AVALIAÇÃO FLUXO PERIFÉRICO  SIM  NÃO

PRESSÃO VENOSA CENTRAL  SIM  NÃO \_\_\_\_\_

PRESSÃO ARTERIAL DOPPLER  SIM  NÃO \_\_\_\_\_

PRESSÃO ARTERIAL OSCILOMÉTRICA  SIM  NÃO

SISTÓLICA \_\_\_\_\_

DIASTÓLICA \_\_\_\_\_

MÉDIA \_\_\_\_\_

PULSO \_\_\_\_\_

SÓDIO SÉRICO  SIM  NÃO \_\_\_\_\_ POTÁSSIO SÉRICO  SIM  NÃO \_\_\_\_\_

HEMOGRAMA  SIM  NÃO HEMATÓCRITO: \_\_\_\_\_ PROTEÍNA TOTAL: \_\_\_\_\_

BIOQUÍMICA SÉRICA  SIM  NÃO

HORMÔNIOS (TSH, T4 LIVRE)  SIM  NÃO \_\_\_\_\_

Longitudinal Overview		Modo BD		Modo M		DOPPLER		
Transversal	Transversal	Apical izquierdo	Transversal	Apical izquierdo	Transversal	Transversal	Transversal	Transversal
Anel Aórtico = Anel Mitral = LV longit = LA longit =	LVd area = LVs area = %SF =	Simpson LVd4c = LVs4c = LVd2c = LVs2c = %EF = CO = ml/min	RVd = SVd = LVd = LVWd = SVs = LVs = LVWV = %EF = %SF = CO =	RVd = SVd = LVd = LVWd = SVs = LVs = LVWV = %EF = %SF = CO =	Aorta (apical) Vel = PG = ITV = PEP = ET = PEP/ET = HR =	Pulmonar Art (right) Vel = PG = ITV = PEP = ET = PEP/ET = HR =	Pulmonar Art (left) Vel = PG = ITV = PEP = ET = PEP/ET = HR =	Pulmonar Vein (left) S = D = R <sub>ducc</sub> = R <sub>ducc</sub> =
LVd area = LVs area = LVs area =	Ao = PA = LA1 = LA2 = LA/Ao =		LVd area = LVs area = LVs area =	Ao = PA = LA1 = LA2 = LA/Ao =	Mitral ITV = Peak E = PEP = ET = Peak A = PEP = ET = E/A = Regurg Veloc = Regurg ITV = HR =	Tricuspid ITV = Peak E = PEP = ET = Peak A = PEP = ET = E/A = Regurg Veloc = Regurg ITV = HR =	Tricuspid (Cranial Esq) ITV = Peak E = PEP = ET = Peak A = PEP = ET = E/A = HR =	
Vena Contracta -apical 4 C					Radial Sistolic = Peak E = Peak A = E/A = E/Em =	TISSUE DOPPLER Longit. Sistolic = Peak E = Peak A = E/A = E/Em =		

## ANEXO C- Ficha exame vascular periférico

**FICHA EXAME VASCULAR PERIFÉRICO**  
(PROF. RODRIGO)

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Ficha Clínica: \_\_\_\_\_ Número Controle Interno: \_\_\_\_\_

NOME: \_\_\_\_\_ RAÇA: \_\_\_\_\_ SEXO: \_\_\_\_\_  
 IDADE: \_\_\_\_\_ PESO: \_\_\_\_\_

**EXAME FÍSICO**  
 Auscultação cardíaca: \_\_\_\_\_  
 Auscultação pulmonar: \_\_\_\_\_  
 Mucosas: \_\_\_\_\_ Hidratação: \_\_\_\_\_  
 TRATAMENTO:  SIM  NÃO

---

ECG  SIM  NÃO **SEDACÃO**  SIM  NÃO \_\_\_\_\_  
 ECO  SIM  NÃO  
 AVALIAÇÃO ARTÉRIA FEMORAL  SIM  NÃO  
 PRESSÃO VENOSA CENTRAL  SIM  NÃO \_\_\_\_\_  
 PRESSÃO ARTERIAL DOPPLER  SIM  NÃO \_\_\_\_\_  
 PRESSÃO ARTERIAL OSCILOMÉTRICA  SIM  NÃO  
 SISTÓLICA \_\_\_\_\_  
 DIASTÓLICA \_\_\_\_\_  
 MÉDIA \_\_\_\_\_  
 PULSO \_\_\_\_\_  
 SÓDIO SÉRICO  SIM  NÃO \_\_\_\_\_  
 HEMOGRAMA  SIM  NÃO Hematócrito: \_\_\_\_\_ Proteína Total: \_\_\_\_\_  
 BIOQUÍMICA SÉRICA  SIM  NÃO  
 HORMÔNIOS (TSH, T4 LIVRE)  SIM  NÃO \_\_\_\_\_  
 ARRITMIA CARDÍACA  SIM  NÃO \_\_\_\_\_  
 DIÂMETRO ARTÉRIA FEMORAL: \_\_\_\_\_  
 MEDIDA DA INTIMA (QIMT)  SIM  NÃO \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_, DIÂMETRO \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_  
 FC = \_\_\_\_\_

Velocidades	Medida1	Medida2	Medida3
a (V <sub>1</sub> )			
b (V <sub>2</sub> )			
c (V <sub>3</sub> )			
d			
e			
f			
g			
h			
i			

d= tempo de início de aceleração (s), e=tempo de aceleração (s), f=tempo de desaceleração (s).

## ANEXO D- Aprovação pela Comissão de Bioética (UFLA)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS  
Cx. P.3037 - Lavras - MG - 37200-000 - (35) 3829-5182 cba@nintec.ufla.br


### CERTIFICADO

Certificamos que o **Protocolo nº 010/12**, relativo ao projeto intitulado "**Fluxo sanguíneo da artéria femoral comum em felinos domésticos (*Felis catus*): parâmetros de normalidade determinados por meio da ultrassonografia duplex doppler**", que tem como responsável **Rodrigo Bernardes Nogueira** está de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal, adotados pela **Comissão de Ética no Uso de Animais (Comissões Permanentes/PRP-Ufla)**, tendo sido aprovado na reunião de 03/05/2012.

### CERTIFICATE

We hereby certify that the **Protocol nº 010/12**, related to the project entitled "**Femoral blood flow in domestic cats (*Felis catus*): normal values by Duplex Doppler Ultrasonography.** ", under the supervision of **Rodrigo Bernardes Nogueira**, is in agreement with the Ethics Principles in Animal Experimentation, adopted by the **Bioethic Committee in Utilization of Animals (Comissões Permanentes/PRP-Ufla)**, and was approved in **May 03, 2012**.

Lavras, 03 de maio de 2012.

  
Prof.<sup>a</sup> Gabriela Rodrigues Sampaio  
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais CEUA

Universidade Federal de Lavras  
Pró-Reitoria de Pesquisa /Comissões Permanentes  
Campus Universitário -  
Caixa Postal 3037 / CEP 37200 000 - Lavras, MG - Brasil  
Tel.: +55 (35) 3829 5182  
cba@nintec.ufla.br - www.erp.ufla.br