

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA MODO-B, MODO-M E
DOPPLERFLUXOMÉTRICA EM *CHELONOIDIS CARBONARIA* (SPIX, 1824)

SHAYRA PERUCH BONATELLI

Botucatu – SP

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA MODO-B, MODO-M E
DOPPLERFLUXOMÉTRICA EM *CHELONOIDIS CARBONARIA* (SPIX, 1824)

SHAYRA PERUCH BONATELLI

Dissertação apresentada junto ao Programa
de Pós-Graduação em Biotecnologia Animal
para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof^a. Adj^a. Maria Jaqueline
Mamprim

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÊC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Bonatelli, Shayra Peruch.

Avaliação ecocardiográfica modo-B, modo-M e
Dopplerfluxométrica em *Chelonoidis carbonaria* (SPIX, 1824) /
Shayra Peruch Bonatelli. - Botucatu, 2017

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária
e Zootecnia

Orientador: Maria Jaqueline Mamprim

Capes: 50501038

1. Quelônio - Doenças. 2. Coração - Doenças. 3. Doppler,
Ultrassonografia. 4. Ecocardiografia.

Palavras-chave: Coração; Dopplerfluxometria;
Ecocardiografia; Jabuti-piranga.

Autor: Shayra Peruch Bonatelli

Título: AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA MODO-B, MODO-M E DOPPLERFLUXOMÉTRICA EM *CHELONOIDIS CARBONARIA* (SPIX,1824)

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Jaqueline Mamprim

Presidente e Orientadora

Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária

FMVZ - UNESP - Botucatu

Prof. Dra. Sheila Canevese Rahal

Membro

Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária

FMVZ – UNESP - Botucatu

Profa. Dra. Raquel Sartor Marcelino

Membro

Faculdade de Tecnologia (FATEC) em Radiologia

Data da defesa: 16 de fevereiro de 2017.

*“A verdadeira viagem do descobrimento não
consiste em procurar novas paisagens,
mas em ter novos olhos”.*
(Marcel Proust)

AGRADECIMENTOS

A minha família por todo apoio, incentivo, cumplicidade e amor incondicional. Tenho absoluta certeza que, sem vocês, eu não chegaria nem à metade de onde cheguei;

A minha orientadora, Prof.^a Dr^a Maria Jaqueline Mamprim, que me acolheu desde a residência, sempre contribuindo enormemente para meu crescimento profissional.

A Prof.^a Dr^a Sheila Canevese Rahal, ao Prof. Dr. Carlos Roberto Teixeira, ao Professor Dr. Bruno César Schimming, a Prof.^a Dr^a Noeme Rocha e a Prof.^a Dr^a Valéria Brandão pela contribuição e sugestões no presente trabalho.

Aos residentes do CEMPAS que tão pacientemente ajudaram no manejo dos animais para a realização do estudo.

A colega Carmel Rezende Dadalto pela cumplicidade durante a realização do trabalho e a colega Letícia Rocha Inamassu pela confiança em ceder seu aparelho de ultrassom para a realização do trabalho.

Aos amigos colegas e funcionários do Setor de Diagnóstico por Imagem do Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária pelo companheirismo e momentos de convivência.

Aos amigos Alexandra Frey Belotta, Carolina Lechinski, Marcela Liebana, Hugo Salvador Oliveira, Talita Eising, Raquel Marcelino, Carmel Dadalto e Letícia Inamassu por todos momentos de convivência, amizade, trocas de experiências e apoio.

Aos amigos da dança, especialmente Marília Caxito, Renata Batista, Paula Belixior, Roseli Castelo, Adrian Luiz, Martha Favan e Angélica Agapito pelo companheirismo e amizade. Aos amigos Nicole Langaro, Bernardo Cassimiro, Leonardo Sousa e Gabriela Michetti que, mesmo distantes fisicamente, sempre estiveram presentes em minha vida.

Ao CNPq pelo apoio financeiro por meio da bolsa e materiais concedidos.

Ao National Institute of Science and Technology of Science of Wildlife Animal (SWA) (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência dos Animais Selvagens / INCT-CAS), no qual faz parte o Centro de Estudo em Medicina e Pesquisa de Animais Selvagens (CEMPAS), Unesp – Campus Botucatu.

Muito obrigada.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Média e desvio padrão dos valores encontrados para a quantidade de líquido lateralmente aos átrios, medida da saída do ventrículo e medida da parede do ventrículo na região do ápice cardíaco.....	23
Tabela 2	Média e desvio padrão das dimensões ventriculares, diastólica e sistólica, nos eixos longitudinal e transversal de <i>Chelonoidis carbonaria</i>	24
Tabela 3	Média e desvio padrão das medidas do tamanho da câmara (átrios direito e esquerdo) pelo modo-M no corte longitudinal em <i>Chelonoidis carbonaria</i>	25
Tabela 4	Média e desvio padrão dos valores da fração de encurtamento obtidos pelos métodos propostos por Wilkinson (2004) e Poser et al. (2011) em <i>Chelonoidis carbonaria</i>	25
Tabela 5	Média e desvio padrão das velocidades do pico diastólico inicial (E), tardio (A) e razão E/A através da análise ao Doppler espectral de <i>Chelonoidis carbonaria</i>	26
Tabela 6	Distribuição das medidas da quantidade de líquido livre adjacente ao coração de <i>Chelonoidis carbonaria</i>	27
Tabela 7	Distribuição das medidas da via de saída do ventrículo de <i>Chelonoidis carbonaria</i> no eixo longitudinal.....	27
Tabela 8	Medida da espessura da parede do ventrículo no eixo longitudinal na região do ápice cardíaco em <i>Chelonoidis carbonaria</i>	47
Tabela 9	Distribuição da frequência cardíaca em <i>Chelonoidis carbonaria</i>	47
Tabela 10	Distribuição da velocidade do pico sistólico cardíaco pela análise ao Doppler espectral de <i>Chelonoidis carbonaria</i>	48
Tabela 11	Medida de associação linear das variáveis com o peso dos animais.....	48
Tabela 12	Coeficiente de correlação cruzando as variáveis com tendência à correlação.....	49

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1	Imagem ultrassonográfica do ventrículo de <i>Chelonoidis carbonaria</i> no eixo longitudinal durante a sístole e da via de saída do ventrículo (seta).....	23
Figura 2	Imagem ultrassonográfica modo-B do átrio (A) de <i>Chelonoidis carbonaria</i> no eixo longitudinal. É possível evidenciar o pericárdio (seta) com líquido em seu interior.....	23
Figura 3	Imagem ultrassonográfica do ventrículo de <i>Chelonoidis carbonaria</i> no eixo longitudinal durante a sístole (A) e a diástole (B).....	23
Figura 4	Imagem ultrassonográfica ao modo-M dos átrios direito (A) e esquerdo (B) de <i>Chelonoidis carbonaria</i>	24
Figura 5	Imagem ultrassonográfica do espectro da onda da via de saída do ventrículo (A) e do fluxo diastólico atrioventricular (B).....	26
Figura 6	Imagem ultrassonográfica do coração de <i>Chelonoidis carbonaria</i> através da janela cérvico-braquial direita utilizando o Doppler colorido para evidenciar o fluxo sanguíneo.....	26

LISTA DE ABREVIACOES

BPM	Batimentos por minuto
cm	Centímetros
kg	Quilogramas
m/s	Metros por segundo
PRF	Pulse repetition frequency
VOT	Ventricular outflow

SUMÁRIO

RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO 1	
1. INTRODUÇÃO.....	02
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	04
2.1. Características fenotípicas do <i>C. carbonaria</i>	04
2.2. Anatomia cardíaca.....	04
2.3. Ecocardiografia.....	05
2.3.1. Imagens em modo-B.....	06
2.3.2. Imagens em modo-M.....	07
2.3.3. A ferramenta Doppler.....	08
2.4. O exame ultrassonográfico em quelônios.....	12
CAPÍTULO 2	
TRABALHO CIENTÍFICO: AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA MODO-B, MODO-M E DOPPLERFLUXOMÉTRICA EM <i>CHELONOIDIS CARBONARIA</i> (SPIX,1824)	16
Resumo.....	17
Introdução.....	18
Material e métodos.....	19
Resultados.....	22
Discussão.....	27
Conclusão.....	32
Referências.....	32

CAPÍTULO 3

DISCUSSÃO GERAL.....	36
CONCLUSÕES GERAIS.....	39
REFERÊNCIAS.....	40
Anexos.....	45

BONATELLI, S.P. **Avaliação ecocardiográfica modo-B, modo-M e Dopplerfluxométrica em *Chelonoidis carbonaria* (Spix,1824)**. Botucatu, 2016. 63p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – UNESP “Júlio de Mesquita Filho”.

RESUMO

Os animais da espécie *Chelonoidis carbonaria* (Spix,1824) tem grande importância na questão conservacionista e vêm se tornando cada vez mais comuns como animais de estimação. O diagnóstico das diversas doenças em quelônios é um desafio para o clínico, pois a presença de casco e plastrão impede um exame físico detalhado com ausculta e palpação. A ecocardiografia tem se tornado valiosa no diagnóstico de diferentes afecções cardíacas. Este estudo teve como objetivo realizar a avaliação ecodopplercardiográfica em indivíduos *Chelonoidis carbonaria* (Spix,1824) a fim de estabelecer referências de normalidade que poderão auxiliar futuros diagnósticos de cardiopatias nestes animais. Ao modo-B observou-se um coração composto por três câmaras e duas válvulas atrioventriculares e em todos os animais observou-se fluido pericárdico. A Dopplerfluxometria revelou um padrão de onda de baixo fluxo na via de saída no ventrículo com velocidade média de pico sistólico de 34,10cm/s. O fluxo de preenchimento ventricular se mostrou bifásico, sendo que a razão entre o pico diastólico inicial e final mostrou-se menor que 1, tendo média de 0,66. A fração de encurtamento foi calculada por dois métodos, um atrial e outro ventricular, apresentando médias de 34,47% para o átrio direito, 46,90% para o esquerdo e 29,46% para o ventrículo, mantendo-se próximo à faixa de normalidade da fração de encurtamento ventricular conhecida para cães. Esta técnica ultrassonográfica se mostra de alta eficácia para avaliação cardíaca em animais da espécie *Chelonoidis carbonaria*, submetidos à anestesia geral.

Palavras-chave: jabuti-piranga; ecocardiografia; Dopplerfluxometria; coração

BONATELLI, S.P. **B-mode, M-mode and Dopplerfluxometry echocardiography evaluation in *Chelonoidis carbonaria* (Spix,1824).** Botucatu, 2016. 63p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – UNESP “Júlio de Mesquita Filho”.

ABSTRACT

The animals of the *Chelonoidis carbonaria* (Spix, 1824) specie have great importance in the conservacionist issue and are becoming increasingly common as pet. Diagnosis of various diseases in chelonian is a challenge for the clinician. The presence of shell and plastron avoid a detailed physical examination with auscultation and palpation. Echocardiography is very useful for diagnosis of different cardiac diseases. This study aimed to perform an echodopplercardiographic evaluation in *Chelonoidis carbonaria* (Spix, 1824) individuals to establish reference value, providing information for the future diagnosis of heart disease in these animals. At B-mode evaluation, we observed a heart consisted of three cameras and two atrioventricular valves and all the animals presented pericardial fluid. The Doppler ultrasound revealed a low flow wave pattern in the ventricular outflow with mean velocity of systolic peak of 34,10cm/s. The atrioventricular filling flow revealed a biphasic wave pattern, being the ratio between the diastolic and sistolic peak lower than one with mean value of 0,66. Shortening fraction was calculated by two methods, one atrial and another ventricular, with mean value of 34,47% for the right atrium, 46,90% for the left and 29,46% for the ventricle, remaining near the range of the ventricular shortening fraction already known for dogs. This sonographic technique shows high efficiency for the cardiac evaluation in animals of the *Chelonoidis carbonaria* (Spix, 1824) specie submitted to general anesthesia.

Palavras-chave: red footed tortoise; echocardiography; Dopplerfluxometry;

heart.

CAPÍTULO 1

Introdução e Revisão da Literatura

1.INTRODUÇÃO

Os animais da espécie *Chelonoidis carbonaria* (Spix,1824), comumente conhecidos como jabuti-piranga, jabuti-vermelho e red-footed-tortoise, são amplamente distribuídos nas Américas do Sul e Central (VOGHT et al., 2015). Pertencem à Classe *Reptilia*, Subclasse *Anapsida*, Ordem *Chelonia* e Família Testudinidae (SHMIDT-NIELSEN, 1999). No Brasil, a espécie ocorre nos biomas do Cerrado, Amazônia, Pantanal, Caatinga e Mata Atlântica (VOGHT et al., 2015).

O *C. carbonaria* apresenta o corpo coberto por carapaça ou casco superior e plastrão na parte inferior e é considerado de porte médio (VINKE et al.,2008; BARROS et al., 2012). A cabeça e as patas possuem manchas vermelhas ou alaranjadas, razão do nome popular jabuti-vermelho (WANG et al., 2011). A espécie tem grande importância na questão conservacionista por ser um excelente dispersor de sementes, em razão de seu hábito de não mastigar os alimentos, a porcentagem de sementes viáveis nas suas fezes é bastante elevada, mesmo com seu trânsito gastrointestinal normalmente lento, cerca de 4 dias (STRONG e FRAGOSO, 2006).

Por sua beleza, mansidão, adaptabilidade e fácil reprodução em cativeiro, o *C. carbonaria* vem se tornando cada vez mais comum como animal de estimação, embora seja, para isso, alvo de comércio ilegal e contrabando (NUNES et al., 2010; VOGHT et al., 2015). Entretanto, a falta de conhecimento sobre sua criação tem levado a erros de manejo, comprometendo a saúde e o seu bem-estar (NUNES et al., 2010). Tal fato corrobora com o dado de que o *C. carbonaria* é o quelônio mais criado em cativeiro no país e representa uma expressiva casuística de atendimento na clínica de animais silvestres (MATIAS et al., 2006).

Estudos sobre mortalidade indicam que fígado, rins, pulmões e coração são os principais órgãos no desenvolvimento de doenças (PENNINCK et al., 1991). Dentre as afecções cardíacas, há descrição da ocorrência em quelônios de depósito de urato (gota úrica), miocardite não supurativa, endocardite bacteriana e miocardite amebiana (WILKINSON, 2004).

Todos os répteis, exceto os crocodilianos, possuem um coração composto por três câmaras, sendo dois átrios e um ventrículo (WILKINSON, 2004; POSER et al., 2011). Uma pequena quantidade de efusão pericárdica

pode ser encontrada em quelônios saudáveis (WILKINSON, 2004; POSER et al., 2011). Este achado não deve ser considerado patológico sem o auxílio de um diagnóstico citológico ou histopatológico (WILKINSON, 2004).

Wilkinson (2004) e Poser et al. (2011) propuseram técnicas para a avaliação ecocardiográfica de quelônios e com o uso das modalidades modo-B, modo-M e Doppler, descreveram valores de referência para este exame em *Trachemys scripta elegans* e *Xerobatis agassizi*. Contudo, são necessários mais estudos para se determinar valores de referência para outras espécies.

O diagnóstico das diversas doenças em quelônios é um desafio para o clínico (PENNINCK et al., 1991), pois a presença de casco e plastrão impede um exame físico detalhado com ausculta e palpação, enquanto que a anorexia pode ser fisiológica, já que estes animais apresentam períodos de inatividade (POSER et al., 2011; WILKINSON, 2004).

A ecocardiografia é bastante útil para o diagnóstico de diferentes afecções cardíacas, e com o emprego deste método pelas modalidades modo-B e modo-M é possível avaliar lesões valvares, tamanho de câmaras, função miocárdica, presença de efusões e diferenciar doenças cardíacas congênitas ou adquiridas (BOON, 2005). Com a utilização da ferramenta Doppler é possível ter detalhes em tempo real de arquitetura vascular, parâmetros hemodinâmicos e perfis de fluxo cardíaco, aumentando assim, a acurácia do exame (IKEE et al., 2005; MELO et al., 2006; CARVALHO et al., 2009; BOON, 2011).

O objetivo do presente estudo é realizar a avaliação ecocardiográfica modo-B, modo-M e dúplex Doppler em indivíduos *Chelonoidis carbonaria* (Spix, 1824) a fim de estabelecer referência de normalidade que subsidiem futuros diagnósticos de cardiopatias nestes animais.

2.REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Características Fenotípicas do *C. Carbonaria*

Os animais da espécie *C. carbonaria* são considerados de porte médio, com o comprimento da carapaça raramente excedendo 50cm, sendo mais comum entre 30 e 40cm (BARROS et al., 2012). Estes animais apresentam o corpo coberto por carapaça ou casco superior e plastrão na parte inferior. Membros, cabeça e cauda emergem da carapaça, que é alongada, formada por placas ósseas poligonais escuras, fundidas, com o centro possuindo manchas amarelas, cobertas por uma camada córnea e de bordas arredondadas (MOLINA et al., 2001; VINKE et al., 2008; WANG et al., 2011). A cabeça e as patas possuem manchas vermelhas ou alaranjadas, razão do nome popular jabuti-vermelho (WANG et al., 2011). Os machos geralmente são maiores que as fêmeas, possuem plastrão côncavo e cauda mais espessa (MOLINA et al., 2001; VINKE et al., 2008; WANG et al., 2011).

2.2 Anatomia cardíaca

Os animais da espécie *C. carbonaria* possuem o coração típico dos répteis, composto por três câmaras, sendo dois átrios e um ventrículo, com aspecto de “valentine shaped”, localizado no terço cranial da cavidade celomática, na linha média, cranialmente ao fígado, no interior do saco pericárdico (SORIANO, 2004; MCARTHUR, 2004; POSER et al., 2011). O átrio direito possui parede muscular evidente e recebe o sangue desoxigenado através do seio venoso (MCARTHUR, 2004). A confluência das veias pré-cavais direita e esquerda, pós-caval e hepática esquerda forma o seio venoso, que é uma câmara com parede muscular espessa, localizada dorsalmente ao átrio direito (MCARTHUR, 2004; SORIANO, 2004). O átrio esquerdo recebe sangue oxigenado das veias pulmonares direita e esquerda (MCARTHUR, 2004).

O único ventrículo presente possui uma parede muscular espessa e com pregas na face interior (POSER et al., 2011; MCARTHUR, 2004). A presença dessas pregas permite o controle do fluxo sanguíneo oxigenado e desoxigenado para os diferentes circuitos corpóreos (MCARTHUR, 2004). A

existência de um único ventrículo pode levar a pensar que o sangue que vai para a circulação corpórea é pouco oxigenado, porém, em razão da configuração muscular, a mistura de sangue oxigenado e desoxigenado é mínima (SORIANO, 2004). O sangue que sai do coração é conduzido através da via de saída do ventrículo para três grandes artérias: pulmonar, aorta direita e aorta esquerda (POSER et al., 2011). O coração destes animais possui ainda as válvulas atrioventriculares, pulmonar e aórtica (POSER et al., 2011).

2.3 Ecocardiografia

A ecocardiografia se tornou a ferramenta diagnóstica mais importante para a investigação de doenças cardíacas congênicas e adquiridas na Medicina Veterinária. Desde sua introdução, na década de 70, esforços consideráveis têm sido direcionados nesta modalidade diagnóstica para se obter valores de referência para um exame padrão (DELLA TORRE et al., 2000). A ecocardiografia é uma técnica amplamente utilizada para a avaliação cardiovascular não-invasiva nos mamíferos e é considerada o padrão-ouro para o diagnóstico e estadiamento das doenças cardíacas (BONAGURA e FUENTES, 2015).

Nos répteis essa técnica ainda não é amplamente utilizada, pois a anatomia ultrassonográfica é pouco conhecida (POSER, et al., 2011). Recentemente, Poser et al. (2011) e Wilkinson (2004) propuseram técnicas para a avaliação ecocardiográfica de quelônios *Trachemys scripta elegans* e *Xerobatis agassizi* utilizando a ultrassonografia modo-B, modo-M e Doppler. Com emprego deste método e suas modalidades é possível avaliar lesões valvares, tamanho de câmaras, função miocárdica, presença de efusões, diferenciar doenças cardíacas congênicas ou adquiridas, ter detalhes em tempo real de arquitetura vascular, parâmetros hemodinâmicos e perfis de fluxo cardíaco (IKEE et al., 2005; BOON, 2005; MELO et al., 2006; CARVALHO et al., 2009; BOON, 2011).

O exame ecocardiográfico permite a visualização não invasiva e não ionizante do interior do coração (BOON, 2011), revelando informações detalhadas sobre morfologia e enfermidades, contratilidade e tamanho, função

ventricular diastólica e sistólica, função atrial, fluxo sanguíneo, função valvular e hemodinâmica (BONAGURA e FUENTES, 2015). Imagens dinâmicas das contrações cardíacas são criadas com o modo-B e o modo-M, ao passo que o fluxo sanguíneo através do coração pode ser observado e mensurado pelo emprego da ferramenta Doppler (BOON, 2011).

2.3.1 Imagens em modo-B

Modo-B é a modalidade de imagem ultrassonográfica que transforma os ecos de retorno em pontos de uma escala de cinza (MATTOON e NYLAND, 2015). As imagens em modo-B são ideais para avaliação anatômica e, a presença de alterações ou doenças, é representada nesta modalidade pela mudança estrutural do órgão avaliado e/ou alteração no comportamento do retorno dos ecos (MARTIN, 2010).

As imagens em modo-B são as mais registradas e também de compreensão mais fácil no exame cardíaco. Frequentemente são utilizadas como ponto de partida para todas as outras modalidades ecocardiográficas (BONAGURA e FUENTES, 2015). Com o uso desta modalidade são realizados cortes do coração, tanto do eixo longitudinal como no transversal, pelos quais é possível analisar a anatomia cardíaca e detectar possíveis anomalias estruturais (BOON, 2011). Essas imagens são adquiridas em uma grande velocidade e atualizadas frequentemente, permitindo observar os movimentos de contratilidade do coração (BONAGURA e FUENTES, 2015).

Em mamíferos há algumas opções de acesso para obtenção de imagens em modo-B, sendo paraesternal direito longitudinal e transversal e paraesternal esquerdo cranial e caudal as regiões mais utilizadas (BONAGURA e FUENTES, 2015).

Nos quelônios a presença de casco e plastrão limita o acesso ultrassonográfico, não permitindo que se consiga tantas janelas acústicas para a obtenção de imagens. Ainda assim, é possível obter imagens em modo-B que evidenciam o coração com seu único ventrículo separado dos dois átrios por válvulas móveis e ecogênicas (WILKINSON, 2004). A imagem no eixo longitudinal é útil para mensuração de dimensões ventriculares e de espessura de parede e para observação da contração cardíaca. Ainda neste mesmo corte,

é possível observar a saída de grandes vasos e o pericárdio hiperecogênico (POSER et al., 2011). O miocárdio é homogeneamente ecogênico e a parede ventricular pode ser facilmente identificada pela presença de pregas. (PENNINCK et al., 1991).

Ainda pelo modo-B, em quelônios é possível observar ecos finamente ecogênicos intravasculares e no interior das câmaras cardíacas fluindo lentamente de acordo com o vagaroso ritmo cardíaco, mais evidente durante o longo intervalo diastólico (PENNINCK et al., 1991; POSER et al., 2011).

2.3.2 Imagens em modo-M

Modo-M se refere a modo movimento e seu uso foi proposto em 1954 por Edler e Hertz para avaliação das paredes e válvulas cardíacas (KING, 2006; BOON, 2011). É predominantemente utilizado para avaliar de forma quantitativa as dimensões cardíacas (BROWN, et al., 2003). Este tipo de imagem mostra as estruturas cardíacas em um plano unidimensional (BOON, 2011). O modo-M é gerado a partir de uma única linha do modo-B, transformando a imagem em um gráfico linear em escala de cinza, onde o eixo horizontal representa o tempo decorrido e o vertical representa a profundidade dos tecidos (BONAGURA e FUENTES, 2015). Isto resulta em uma imagem que evidencia as mudanças de espessura de paredes e tamanho de câmara durante a contração e preenchimento cardíaco (BOON, 2011). Em mamíferos, esta modalidade é utilizada principalmente para aferições de tamanho da câmara e espessura de paredes do ventrículo esquerdo e para estudo do movimento da válvula mitral (BONAGURA e FUENTES, 2015).

Em razão dos restritos pontos de acesso é difícil se obter uma imagem modo-M significativa da atividade ventricular dos quelônios, que possa fornecer meios de medir a contratilidade e mudanças cíclicas na espessura da parede (WILKINSON, 2004). Um recente estudo ecocardiográfico em *Trachemys scripta elegans* afirmam que a modalidade modo-M não foi realizada em razão da impossibilidade de obter-se imagens ventriculares na correta angulação, o que tornaria as medidas imprecisas (POSER et al., 2011). Entretanto, Wilkinson (2004) explicou que a angulação anatômica dos átrios

permite a coleta de imagens em modo-M de forma satisfatória a partir do plano frontal de imagem. Para tanto, posiciona-se a linha de escaneamento sobre o maior diâmetro do átrio direito ou esquerdo, perpendicular à divisão entre o átrio e o ventrículo. As medidas são feitas de forma semelhante à do ventrículo dos mamíferos pelo modo-M e, a partir desses dados, é possível calcular a fração de encurtamento. Em tartarugas mediterrâneas (*Testudo* sp.) a fração de encurtamento calculada por esta metodologia variou de 33-47% no átrio esquerdo e de 31-57% no átrio direito, o que é amplamente comparável à contratilidade ventricular em cães e gatos (WILKINSON, 2004).

2.3.3 A ferramenta Doppler

Apesar de todas as informações que fornecem, as modalidades modo-B e modo-M não são capazes de acessar o fluxo sanguíneo. Para tanto, é necessário utilizar a ferramenta Doppler (KING, 2006). A ultrassonografia Doppler é a interação física do ultrassom com o fluxo sanguíneo que provê informações anatômicas e dinâmicas em tempo real, podendo determinar a presença, direção e o tipo de fluxo (SZATMÁRI et al., 2001).

O efeito Doppler pode ser observado em todos os tipos de onda, como sonoras e luminosas, e se trata da mudança do comprimento da onda quando há alteração de posição entre a fonte e o receptor desta mesma onda. Quando o feixe ultrassonográfico encontra um objeto que se move, como uma hemácia dentro de um vaso sanguíneo, a frequência de retorno do eco é alterada (KING, 2006.) Se a direção do fluxo sanguíneo está em direção ao transdutor, a variação Doppler será positiva e o eco de retorno terá uma frequência mais alta, ao passo que se a direção do fluxo se afasta do transdutor, a variação Doppler será negativa e a frequência da onda ultrassonográfica refletida será menor do que a transmitida (SZATMÁRI et al., 2001). A variação Doppler é a diferença na frequência da onda recebida e da transmitida, e quanto maior for essa diferença, maior a velocidade da onda. A variação Doppler só será máxima, ou seja, ideal, se o feixe sonoro transmitido for paralelo ao fluxo sanguíneo (MATTOON e NYLAND, 2015).

Quanto mais paralela for a incidência da onda ultrassonográfica em direção ao fluxo sanguíneo, ou seja, quanto menor for o ângulo incidente,

maior será a variação na frequência produzida e o ângulo terá efeito mínimo no cálculo da velocidade (SARTOR e MAMPRIM, 2009).

O objetivo da avaliação Doppler é orientar a onda incidente o mais paralelo possível em relação ao fluxo sanguíneo a fim de evitar erros no cálculo da velocidade. Quanto mais próximo de 90° for onda incidente em relação ao fluxo sanguíneo, menos fidedigno será o valor da velocidade pelo efeito Doppler, enquanto que ângulos de incidência menores que 60° fornecem valores verdadeiros de velocidade (MATTOON e NYLAND, 2015; SZATMÁRI et al., 2001). A variação Doppler não pode ser medida se o ângulo de incidência for de 90° pois o cosseno de 90° é 0 e não há divisão possível por 0. O ângulo de incidência deve ser menor que 60° para que a velocidade seja considerada acurada (DROST, 2013).

A variação Doppler pode ser mostrada de várias formas dependendo da técnica empregada. Quando se utiliza o Doppler pulsado, vê-se um traçado e simultaneamente ouve-se um som; ao passo que no Color Doppler mostra-se um mapa de cores que indicam a direção do fluxo (SZATMÁRI et al., 2001). O som audível na utilização do Doppler pulsado pode inclusive servir de complemento qualitativo na análise do traçado espectral (GINTHER e UTT, 2004).

Há diferentes tipos de ultrassonografia Doppler baseados nos princípios físicos de formação da imagem: pulsado, contínuo, colorido, power color e tecidual. Na modalidade color vê-se um mapa de cores que é formado pela direção e velocidade do fluxo sanguíneo (D'ANJOU e PENNINCK, 2015). Na medicina veterinária, a modalidade color é a mais amplamente utilizada, pois o mapa de cores é de interpretação mais fácil quando comparado à análise do espectro das ondas (MATTOON e NYLAND, 2015).

Utilizando a tecnologia do Doppler pulsado, os sinais das hemácias em movimento são mostrados em cores em razão da direção de deslocamento das hemácias em relação ao transdutor. A saturação das cores está relacionada com a velocidade destas células (SARTOR e MAMPRIM, 2009).

A imagem é mostrada como um fluxo bidimensional colorido sobreposto às estruturas em modo-B em escala de cinza da região de interesse (SZATMÁRI et al., 2001; DROST, 2013; D'ANJOU e PENNINCK,

2015). Vermelho e azul são as tonalidades mais comumente utilizadas para o color Doppler, porém, outras cores podem ser empregadas dependendo do fabricante da máquina. Uma cor indicará o fluxo que se aproxima do transdutor e a outra o fluxo que se afasta. A velocidade será indicada pela intensidade ou tonalidade da cor. Por convenção, o fluxo que se aproxima é vermelho e o que se afasta é azul e as velocidades mais altas são indicadas pelas tonalidades mais claras destas mesmas cores (SZATMÁRI et al., 2001; DROST, 2013).

O color Doppler também apresenta limitações. Somente a velocidade média é mostrada e a velocidade máxima que pode ser revelada é limitada. Esta técnica também é ângulo dependente e não mostrará fluxo caso a incidência seja em 90°. Neste caso não haverá evidência de cores nesta região, portanto, deve-se ser cauteloso para não interpretar este dado como ausência de fluxo. O color Doppler é útil para determinar a presença ou ausência, direção, velocidade e características do fluxo sanguíneo (DROST, 2013).

O power Doppler trata-se de um método de processamento de sinal que analisa a força total do sinal Doppler, porém ignora a direção do fluxo (DROST, 2013). O “power” refere-se ao número de objetos refletivos, no caso hemácias, a uma dada velocidade (GINTHER e UTT, 2004). É uma modalidade semelhante ao color Doppler, entretanto, somente uma cor é vista na imagem, geralmente o laranja (SZATMÁRI et al., 2001). Não há “aliasing” na ultrassonografia power Doppler porque a variação na frequência não é mostrada e esta técnica é essencialmente independente do ângulo de insonação. Isto faz com que o power Doppler seja uma ferramenta bastante sensível para fluxos lentos e detecção de vasos pequenos e profundos (MATTOON e NYLAND, 2015). As desvantagens desta técnica incluem não fornecer a velocidade e direção do fluxo, não mostrar presença de turbulências e, algumas vezes, pode deixar a formação de imagem mais lenta. Entretanto, atualmente há alguns fabricantes fornecendo máquinas com power Doppler direcional combinando as tecnologias power e pulsado (GINTHER e UTT, 2004).

As modalidades de Doppler pulsado e o contínuo, também conhecidos como espectral, fornecem informações quantitativas em forma de uma onda relacionada com tempo (MATTOON e NYLAND, 2015).

A frequência com que os pulsos são emitidos é chamada de frequência de repetição de pulso (PRF), que pode ser controlada pelo operador e está ligada com a escala de velocidade. O alto PRF é utilizado quando os vasos de interesse estão perto do transdutor ou quando o fluxo é alto, e um PRF baixo é utilizado para vasos distantes ou com pouco fluxo (GINTHER e UTT, 2004). A configuração errada do PRF pode levar à formação de artefatos como o “aliasing”, que é um artefato comum resultante da discrepância entre a frequência de emissão dos pulsos pelo cristal e a verdadeira frequência de sinal da região de amostra (GINTHER e UTT, 2004). A discrepância entre essas frequências faz com que porções do espectro da onda representadas pelas frequências mais altas produzam falsos sinais no lado oposto da linha de base, indo ao extremo ao outro (positivo ou negativo) dependendo da direção do fluxo analisado (D’ANJOU e PENNINCK, 2015). Para que este artefato não ocorra, o ajuste do PRF deve ser o dobro da frequência do sinal Doppler e para corrigi-lo deve-se aumentar a velocidade da escala (o que aumenta o PRF), mudar a posição da linha de base ou utilizar uma onda ultrassonográfica de menor frequência (GINTHER e UTT, 2004; D’ANJOU e PENNINCK, 2015).

O transdutor utilizado para as imagens de Doppler pulsado é o mesmo das modalidades modo-B e modo-M. Os aparelhos modernos mostram as imagens em modo-B em tempo real durante o uso do Doppler pulsado, permitindo o posicionamento adequado do cursor (SZATMÁRI et al., 2001). O Doppler pulsado é o tipo mais utilizado de Doppler espectral pois está presente na maioria dos aparelhos, mesmo os não tão modernos. Sua maior limitação é a baixa acurácia no acesso a vasos com alto fluxo sanguíneo, tornando-se sobrecarregado, promovendo a formação de artefato de aliasing (MATTOON e NYLAND, 2015).

Para estudo do fluxo de altas velocidades, a modalidade mais indicada é o Doppler contínuo. Nesta modalidade o transdutor possui dois cristais piezoelétricos que transmitem e recebem as ondas separadamente de forma contínua (MATTOON e NYLAND, 2015). Em comparação com o Doppler pulsado, velocidades muito mais altas podem ser medidas com acurácia pelo

Doppler contínuo, pois os cristais não precisam aguardar o tempo de retorno do eco para emitir um novo pulso (DROST, 2013). Por sua propriedade de mensurar altas velocidades com precisão, o Doppler contínuo é uma ferramenta amplamente utilizada na ecocardiografia, porém, não é frequentemente utilizada na ultrassonografia abdominal (MATTOON e NYLAND, 2015).

O Doppler contínuo não é capaz de diferenciar profundidade e, portanto, deve-se posicionar a linha de interesse de forma que não haja sobreposição do traçado de dois vasos, tornando impossível a diferenciação dos mesmos (DROST, 2013; MATTOON e NYLAND, 2015). Nos transdutores mais modernos é possível utilizar o Doppler contínuo juntamente com o modo-B, permitindo o adequado posicionamento do feixe na área de interesse (MATTOON e NYLAND, 2015).

As modalidades Doppler e ultrassonografia modo-B podem ser utilizadas de forma combinada. Com a utilização do Doppler espectral pulsado ou contínuo associado ao modo-B, denomina-se Duplex Doppler. Associando-se o Duplex Doppler à utilização do color, denomina-se Triplex Doppler (DROST, 2013; MATTOON e NYLAND, 2015).

2.4 O exame ultrassonográfico em quelônios

O exame ultrassonográfico em quelônios é uma ferramenta inestimável na rotina clínica. A presença de casco e plastrão promove severo limite de acesso aos órgãos internos, impossibilitando a palpação (PENNINCK et al., 1991; WILKINSON, 2004). A avaliação radiográfica geralmente é restrita ao sistema respiratório e esquelético e dificilmente evidencia os demais órgãos celomáticos. Estudos radiográficos com contraste positivo podem delinear o trato gastrointestinal, porém, o tempo de esvaziamento gástrico pode levar cerca de 80 horas e o trânsito completo pode durar até 4 semanas. (PENNINCK et al., 1991). A ultrassonografia é a modalidade que permite uma boa visualização dos órgãos da cavidade celomática (PENNINCK et al., 1991; WILKINSON, 2004).

As aberturas naturais entre o casco e o plastrão dos quelônios, como as regiões axilar e inguinal, promovem as janelas acústicas para o

exame ultrassonográfico das vísceras celomáticas (PENNINCK et al., 1991). Os transdutores setoriais são os que permitem uma melhor visualização dos órgãos internos em razão das restritas e pequenas janelas acústicas (WILKINSON, 2004; KUCHLING, 2015). Algumas espécies possuem janelas acústicas mais amplas como *Testudo* spp. e *Trionyx* spp., porém outras, como o *C. carbonaria* a janela acústica é de tamanho reduzido, o que dificulta a realização do exame ultrassonográfico. Algumas espécies possuem ossificação incompleta, o que permite a realização do exame ultrassonográfico através do plastrão (WILKINSON, 2004).

As janelas acústicas disponíveis são: cérvico-braquial ou mediastinal, cervical ventral, cervical dorsal, axilar e pré e pós-femoral, todas em ambos os lados, direito e esquerdo (PENNINCK et al., 1991; WILKINSON, 2004; VALENTE et al., 2008). As janelas mais utilizadas são a cérvico-braquial, pré-femoral e axilar. Através da janela cérvico-braquial é possível adquirir imagens do coração, grandes vasos, tireoide, fígado e vesícula biliar. Pela janela pré-femoral podemos acessar bexiga, rins, gônadas e trato gastrointestinal. Através da janela axilar, pode-se conseguir imagens complementares do fígado e do coração (PENNINCK et al., 1991; WILKINSON, 2004).

Para o adequado acesso às janelas acústicas, o quelônio deve ser posicionado em decúbito plastral, com um aparato de apoio em sua região ventral que seja alto o suficiente para evitar contato dos membros com a mesa, facilitando a mobilidade destes no momento da acoplagem do transdutor (WILKINSON, 2004; MEIRELES et al., 2016). A maioria dos quelônios pode ser examinado sem a necessidade de sedação, entretanto, pacientes sedados sofrem menos estresse e com um bom relaxamento muscular permitem a total extensão dos membros, o que melhora a qualidade de imagem (WILKINSON, 2004; MEIRELES et al., 2016).

A fim de eliminar possíveis artefatos formados pela presença de gases, deve-se promover uma boa superfície de contato entre o transdutor e o animal. Para tanto, pode-se utilizar o gel condutor. Outra possibilidade é realizar o exame com o paciente submerso em água. Este último método exige a utilização de transdutores à prova d'água ou que o transdutor seja envolto em material impermeável como, por exemplo, em uma luva de procedimento (WILKINSON, 2004). Apesar das limitações relacionadas à carapaça, o exame

ultrassonográfico é uma ferramenta simples, rápida, não invasiva e de fácil repetibilidade (PENNINCK et al., 1991; MEIRELES et al., 2016).

CAPÍTULO 2

Trabalho Científico

Trabalho a ser enviado para a revista:
Anatomia, Histologia, Embryologia

Artigo Original

Avaliação ecodopplercardiográfica em jabuti-piranga (*Chelonoidis carbonaria*)

S. P., Bonatelli ^{a,*}; C. R., Teixeira^b ; B. C., Schimming^c; L. Matsubara^d; C. R. Dadalto^a; M. J. Mamprim ^a

^a *Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Botucatu, Distrito de Rubião Jr. s/n, Botucatu/SP Brasil*

^b *Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Botucatu, Distrito de Rubião Jr. s/n, Botucatu/SP Brasil*

^c *Departamento de Anatomia, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Botucatu, Distrito de Rubião Jr. s/n, Botucatu/SP Brasil*

^d *Professora, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Campus Araçatuba*

* Autora para correspondência. Tel.: 3880-2135

E-mail: shayrabonatelli@gmail.com

Instruções para os autores:

[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1439-](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1439-)

[0264/homepage/ForAuthors.html](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1439-0264/homepage/ForAuthors.html)

Resumo

O presente estudo teve como objetivo realizar a avaliação ecodopplercardiográfica em animais da espécie *Chelonoidis carbonaria*. Realizou-se o exame ecocardiográfico em 10 animais adultos e à ultrassonografia modo-B constatou um coração composto por três câmaras, duas válvulas atrioventriculares móveis e presença de líquido pericárdico. A análise deste líquido revelou características de transudato modificado. A fração de encurtamento foi determinada pelas mensurações do ventrículo, apresentando média de 29,46% e pela ultrassonografia modo-M dos átrios conferindo médias de 35,47% para o átrio direito e 46,90% para o esquerdo. Com o uso da ferramenta Doppler obteve-se o traçado espectral da via de saída do ventrículo, que evidenciou uma onda com características de fluxo de baixa resistência com velocidade média de pico sistólico de 34,10cm/s. A onda espectral do preenchimento ventricular, mostrou um padrão bifásico com razão média de 0,66. O Doppler colorido não evidenciou regurgitações ou estenoses nos animais do presente estudo. Foram propostos valores de referência para o exame ecodopplercardiográfico de *Chelonoidis carbonaria*, sendo considerada dessa forma uma técnica de grande valia na avaliação cardíaca de animais dessa espécie.

Palavras-chave: jabuti-piranga; ecocardiografia; Dopplerfluxometria; coração.

Introdução

Os animais da espécie *Chelonoidis carbonaria* (Spix,1824), comumente conhecidos como jabuti-piranga, jabuti-vermelho e red-footed-tortoise, são amplamente distribuídos nas Américas do Sul e Central (VOGHT et al., 2015). Esta espécie é, provavelmente, o quelônio mais numeroso mantido em cativeiro como animais de estimação e representa uma grande proporção dos atendimentos na clínica de animais silvestres (MEIRELES et al., 2016). Como animais de companhia são mantidos por décadas e, conseqüentemente, necessitam de cuidados médicos veterinários (PENNINCK et al., 1991).

Os *Chelonoidis carbonaria* geralmente vivem muitos anos, podendo atingir 50 a 80 anos, demoram para atingir a maturidade, não se expõem facilmente, tem hábito de esconder a cabeça e os membros dentro da carapaça, além da capacidade de manter-se imóveis por longos períodos quando se sentem ameaçados (VOGHT, 2008; KUCHLING, 2014). Estas características fazem com que muitos aspectos da biologia dos quelônios sejam de difícil investigação (KUCHLING, 2014).

A mortalidade nestes animais está ligada principalmente a doenças que acometem os rins, fígado, coração e pulmões (PENNINCK et al., 1991). A esteatose hepática, o depósito de urato nos rins e no coração e a presença de corpos estranhos no trato gastrintestinal estão entre as alterações mais frequentes (PENNINCK et al., 1991; MEIRELES et al., 2016). Dentre as afecções cardíacas há a descrição da ocorrência em quelônios de depósito de urato (gota úrica), miocardite não supurativa, endocardite bacteriana e miocardite amebiana (WILKINSON, 2004).

A ultrassonografia pode ser uma ferramenta muito útil no diagnóstico das doenças que afetam o *C. carbonaria* (MEIRELES et al., 2016). Dentre as modalidades ultrassonográficas mais utilizadas, há a ecocardiografia, amplamente utilizada para a avaliação cardiovascular não-invasiva nos mamíferos, e esta técnica é considerada o padrão-ouro para o diagnóstico e estadiamento das doenças cardíacas (BONAGURA e FUENTES, 2015). Por esta modalidade podem-se obter imagens dinâmicas das contrações cardíacas que são adquiridas com o modo-B e o modo-M, ao passo que o fluxo

sanguíneo através do coração pode ser visto e medido com o emprego da ferramenta Doppler (BOON, 2011).

Nos répteis a ecocardiografia ainda não é amplamente utilizada, pois a anatomia ultrassonográfica é pouco conhecida (POSER, et al., 2011). Na espécie *Chelonoidis carbonaria*, até o presente momento, há somente uma descrição da anatomia cardíaca ultrassonográfica ao modo-B, realizada recentemente por Meireles et al. (2016), não havendo dados sobre a utilização do modo-M e da ferramenta Doppler.

Este estudo teve como objetivo realizar a avaliação modo-B, modo-M e dúplex Doppler em indivíduos da espécie *Chelonoidis carbonaria* (Spix,1824) clinicamente saudáveis, a fim de estabelecer valores de referência para futuros diagnósticos de cardiopatias nestes animais.

Material e métodos

Animais

Foram examinados 11 animais da espécie *C. carbonaria*, adultos, 5 machos e 6 fêmeas, sem sinais de alterações ao exame clínico, que possuíam hemograma e perfil bioquímico normais, provenientes do Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens (CEMPAS) da FMVZ – UNESP – Botucatu. Todos os animais incluídos possuíam características fenotípicas de *C. carbonaria*. A massa corpórea dos animais variou de 4kg a 6,6kg (peso médio de 5,27kg), a medida craniocaudal do casco variou de 35cm a 44cm (média de 39,8cm) e a medida látero-lateral variou de 31cm a 42cm (média de 35,2cm). No período de realização do estudo a temperatura ambiente média foi de 20°C.

O estudo foi realizado de acordo com os Princípios Éticos adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) e pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da FMVZ – UNESP, Botucatu/SP (protocolo nº97/2016) e autorizado pelo SISBIO sob o número 54430-1.

Exame ecocardiográfico

Previamente ao exame ecocardiográfico, os animais foram submetidos a jejum alimentar e hídrico de 12 horas. Foi realizada a sedação com Propofol¹ na dose de 10mg/kg através do seio subcarapaçal para obtenção de relaxamento muscular. Em seguida, foi possível realizar a tração cervical para punção da veia jugular e indução anestésica também com Propofol¹. Os animais foram mantidos em plano anestésico com o uso de anestesia inalatória com Isoflurano². A temperatura da sala de exame foi mantida em 21°C durante todo o estudo.

Os animais foram posicionados em decúbito plastral sobre um anteparo de madeira, de modo que ficassem com os membros livres para tracionamento e adequado posicionamento do transdutor ultrassonográfico. Para a realização do exame foi utilizado um aparelho Logic e³, equipado com transdutor microconvexo multifrequencial de 4 - 10 MHz. Foi utilizado gel condutor⁴ para promoção de superfície de contato. O exame foi realizado através da janela acústica cervico-braquial direita e esquerda e a técnica utilizada foi baseada nas descrições de Wilkinson (2004) e Poser et al. (2011).

O transdutor foi posicionado no plano horizontal, direcionado medialmente para obtenção de uma imagem cardíaca no eixo longitudinal. De acordo com a técnica proposta por Poser et al. (2011), ao modo-B, foram adquiridas imagens neste corte durante a sístole e a diástole. A partir destas imagens, realizaram-se as medidas no eixo longitudinal e transversal do ventrículo e da espessura da parede. Pela imagem cardíaca no eixo longitudinal, também se mediu a quantidade de líquido livre adjacente aos átrios por ser o local de maior concentração. Em um animal foi possível realizar pericardiocentese para coleta deste líquido que foi analisado através da coloração com panótipo. As dimensões longitudinais compreenderam a área desde a válvula átrio ventricular até o ápice cardíaco e as dimensões transversais foram realizadas entre a superfície endocárdica direita e esquerda,

¹ Propovine 1% - Claris Injectable Limited – Ahmedabad - Índia

² Isoforine 100% - Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos LTDA – Itapira - SP

³ Marca: GE Healthcare do Brasil

⁴ Gel Condutor Ultra-gel – MultiGel Ind. E Com. Importação e Exportação de Produtos para a Saúde LTDA – Silvanópolis - MG

na máxima largura da câmara. A partir destas medidas, pode-se calcular a fração de encurtamento utilizando a fórmula proposta por POSER et al (2011):

$$FS\% = 100 \times \left[\frac{(\text{Dimensão diastólica transversal} - \text{Dimensão sistólica transversal})}{\text{Dimensão diastólica transversal}} \right]$$

Realizou-se a medida da via de saída do ventrículo logo abaixo das válvulas aórtica/pulmonar no momento da sístole. Em seguida, mediu-se o fluxo atrioventricular diastólico com a ferramenta Doppler espectral. A janela de interesse foi posicionada no nível da válvula atrioventricular, no lado ventricular. Obteve-se então, o traçado espectral do pico diastólico inicial (E) e do tardio (A) e a razão E/A pode ser calculada. Em seguida, posicionou-se a janela de interesse do Doppler espectral na via de saída do ventrículo para obtenção do fluxo da via de saída. Conforme proposto por Wilkinson (2004), foi realizado o modo-M dos átrios, posicionando-se a linha de interesse sobre a maior dimensão de cada átrio, perpendicular à válvula atrioventricular. A partir destas imagens, pode-se delimitar as paredes dos átrios, mensurar a câmara atrial na sístole e na diástole e aferir a frequência cardíaca. Por meio desta mensuração, realizou-se o cálculo da fração de encurtamento proposta por Wilkinson (2004) com o uso da seguinte fórmula:

$$FS \% = \frac{\text{Dimensão diastólica da câmara} - \text{Dimensão sistólica da câmara}}{\text{Dimensão diastólica da câmara}} \times 100$$

Por fim, o Doppler colorido foi ativado para observação do fluxo sanguíneo no interior do coração.

Análise estatística

Os dados de mensurações obtidos foram tabulados em planilha Excel⁵ e realizou-se a análise estatística de medidas descritivas de posição e variabilidade dos dados para cada uma das variáveis. Foi calculada a medida

⁵ Microsoft Office 2013

de associação linear de Pearson entre cada variável e o peso de cada animal (ZAR, 2009).

Resultados

Avaliação ecocardiográfica modo-B

Em todos os animais pode-se observar facilmente as três câmaras cardíacas repletas por conteúdo líquido finamente ecogênico, tendo o ventrículo uma espessa parede com projeções evidentes. Os átrios, com vigorosas contrações, foram separados por um fino septo ecogênico e, em todos os animais, a parede atrial apresentou-se mais delgada quando comparada à ventricular, embora tenham apresentado projeções também, essas foram mais discretas quando comparadas às ventriculares.

Ainda se observou a presença de duas válvulas atrioventriculares monocúspides e móveis e a via de saída do ventrículo foi caracterizada como um grande vaso de paredes ecogênicas emergindo desta câmara (Figura 1). Não foi possível diferenciar a válvula aórtica e a pulmonar. Em sete animais foi possível diferenciar regiões do pericárdio como uma fina linha hiperecogênica lateralmente à região atrioventricular ou aos átrios. Em todos havia líquido livre adjacente ao coração (Figura 2), variando de 0,38cm a 0,78cm de espessura de faixa líquida, mais evidente lateralmente aos átrios. O valor médio da quantidade de líquido livre é demonstrado na Tabela 1. Através de pericardiocentese em um animal, foi possível coletar 5ml de líquido límpido de coloração palha. A análise citológica do líquido revelou uma expressiva quantidade de neutrófilos, macrófagos, linfócitos e hemácias, íntegros e degenerados, com alguns macrófagos exibindo fragmentos acidófilos que lembram núcleos, caracterizando um processo inflamatório asséptico.

Um animal foi excluído do presente estudo por apresentar pontos hiperecogênicos no interior do átrio direito, caracterizando a possível presença de cristais de urato de amônio.

A dimensão ventricular diastólica no eixo longitudinal variou de 2,53 cm a 3,57 cm e a transversal variou de 1,53 cm a 3,49 cm, ao passo que a sistólica longitudinal variou de 2,33 cm a 4,18 cm e a transversal manteve-se

entre 1,22 cm a 3,00 cm (Tabela 2) (Figura 3). Com estes dados, foi calculada a fração de encurtamento conforme proposto por Poser et al. (2011), e esses resultados foram comparados aos obtidos segundo a metodologia proposta por Wilkinson (2004), e demonstrados na Tabela 4. As medidas da via de saída do ventrículo variaram de 0,46cm a 0,89cm (Tabela 1). Obteve-se ainda, a medida da espessura da parede do ventrículo na região do ápice cardíaco (Tabela 1).



Figura 1: Imagem ultrassonográfica do ventrículo de *Chelonoidis carbonaria* no eixo longitudinal durante a sístole e da via de saída do ventrículo (seta).



Figura 2: Imagem ultrassonográfica modo-B do átrio (A) de *Chelonoidis carbonaria* no eixo longitudinal. É possível evidenciar o pericárdio (seta) com líquido em seu interior.

Tabela 1: Média e desvio padrão dos valores encontrados para a quantidade de líquido lateralmente aos átrios, medida da saída do ventrículo e medida da parede do ventrículo na região do ápice cardíaco.

	Quantidade de líquido (ml)	Via de saída do ventrículo (cm)	Espessura da parede do ventrículo (cm)
Média (\pm DP)	0,55 (\pm 0,12)	0,64 (\pm 0,12)	0,46 (\pm 0,04)

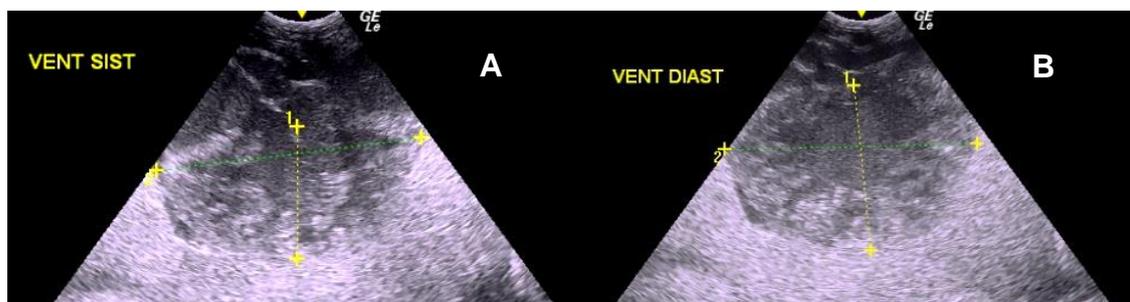


Figura 3: Imagem ultrassonográfica do ventrículo de *Chelonoidis carbonaria* no eixo longitudinal durante a sístole (A) e a diástole (B).

Tabela 2: Média e desvio padrão das dimensões ventriculares, diastólica e sistólica, nos eixos longitudinal e transversal de *Chelonoidis carbonaria*.

	Diástole	Sístole	Diástole	Sístole
	Longitudinal	Longitudinal	Transversal	Transversal
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
Média (\pm DP)	2,43 (\pm 0,47)	2,16 (\pm 0,56)	2,95 (\pm 0,52)	3,14 (\pm 0,35)

Avaliação ecocardiográfica modo-M

Por meio da análise em modo-M foi possível diferenciar as paredes atriais cranial e caudal e mensurar o tamanho da câmara durante a sístole e a diástole (Tabela 3) (Figura 4). Com estes dados, foi calculada a fração de encurtamento conforme proposto Wilkinson (2004) (Tabela 4). Por esta modalidade também foi aferida a frequência cardíaca, que apresentou média de 34,9bpm (\pm 5,62).

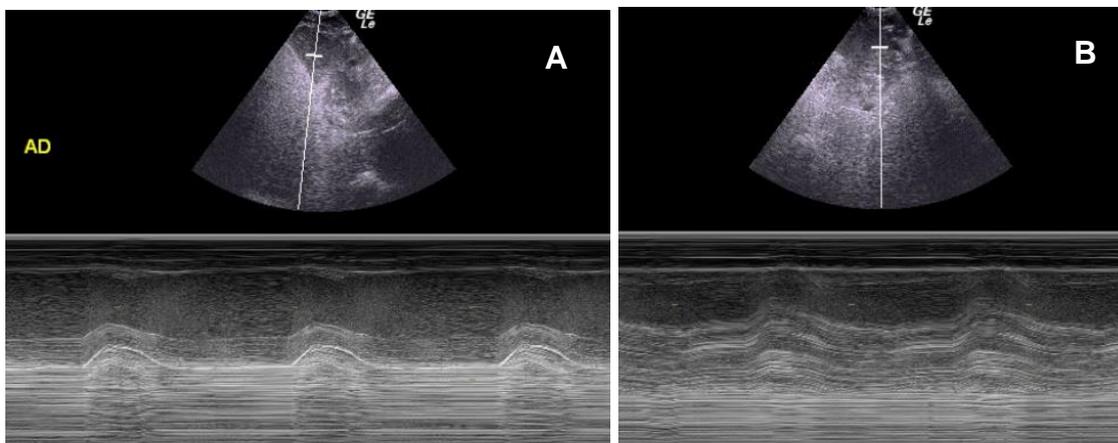


Figura 4: Imagem ultrassonográfica ao modo-M dos átrios direito (A) e esquerdo (B) de *Chelonoidis carbonaria*.

Tabela 3: Média e desvio padrão das medidas do tamanho da câmara (átrios direito e esquerdo) pelo modo-M no corte longitudinal em *Chelonoidis carbonaria*.

	Átrio direito na diástole (cm)	Átrio direito na sístole (cm)	Átrio esquerdo na diástole (cm)	Átrio esquerdo na sístole (cm)
Média (\pm DP)	1,68 (\pm 0,61)	1,09 (\pm 0,35)	1,58 (\pm 0,35)	0,86 (\pm 0,39)

Avaliação ao Doppler espectral e colorido

As médias de velocidade do pico sistólico, velocidades das ondas E e A, bem como suas razões são mostrados na Tabela 5. O espectro da onda do pico sistólico mostrou um padrão de baixa resistência e o espectro do fluxo diastólico atrioventricular se mostrou bifásico (Figura 5). Ao estudo com o Doppler colorido observou-se facilmente, em todos os animais, o fluxo sanguíneo fluindo dos átrios para o ventrículo e saindo do ventrículo, sem evidências de regurgitação (Figura 6).

Tabela 4: Média e desvio padrão dos valores da fração de encurtamento obtidos pelos métodos propostos por Wilkinson (2004) e Poser et al. (2011) em *Chelonoidis carbonaria*.

	Átrio direito por Wilkinson (2004) (%)	Átrio esquerdo por Wilkinson (2004) (%)	Poser, et al (2011) (%)
Média	35,47	46,90	29,468
(\pm DP)	(\pm 6,06)	(\pm 15,92)	(\pm 7,60)

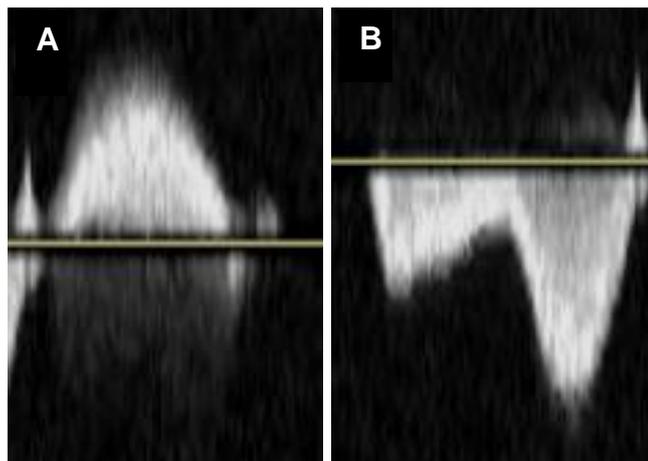


Figura 5: Imagem ultrassonográfica do espectro da onda da via de saída do ventrículo (A) e do fluxo diastólico atrioventricular (B).

Tabela 5: Média e desvio padrão das velocidades do pico diastólico inicial (E), tardio (A) e razão E/A pela da análise ao Doppler espectral de *Chelonoidis carbonaria*.

Velocidade do pico sistólico (cm/s)	Pico diastólico inicial (E) (cm/s)	Pico diastólico tardio (A) (cm/s)	Razão E/A
34,10 ($\pm 9,21$)	23,01 ($\pm 5,26$)	36,13 ($\pm 11,26$)	0,66 ($\pm 0,15$)

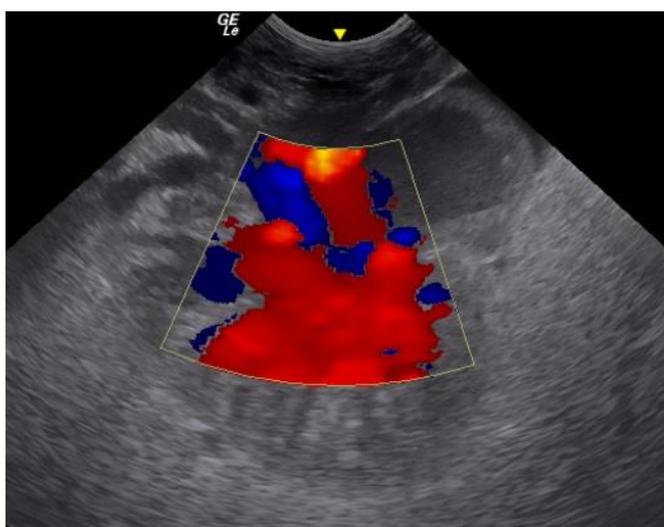


Figura 6: Imagem ultrassonográfica do coração de *Chelonoidis carbonaria* adquirida na janela cêrvico-braquial direita utilizando o Doppler colorido para evidenciar o fluxo sanguíneo.

Análise Estatística

A análise realizada pela correlação linear de Pearson não revelou associação entre as variáveis e o peso dos animais no presente número de amostras. Entretanto, quando as variáveis são cruzadas, vê-se uma tendência de correlação entre a quantidade de líquido no saco pericárdico e a medida longitudinal do ventrículo, entre o tamanho de ambos os átrios e entre a espessura do ápice cardíaco com o tamanho da via de saída do ventrículo.

Discussão

Com a associação de duas técnicas, foi possível adquirir dados anatômicos, de contratilidade e Dopplerfluxométricos. Ao modo-B o coração mostrou-se em localização medial na região cranial da cavidade celomática, com íntimo contato com os lobos hepáticos, possuindo três câmaras de fácil identificação e diferenciação. Tais dados são bastante similares aos observados em estudos com outras espécies como *Xerobatis Agassizi*, *Testudo sp.*, *Trachemys scripta elegans*, *Caretta caretta* e, recentemente, o próprio *Chelonoidis carbonaria* (PENNINCK, et al., 1991; WILKINSON, 2004; VALENTE, et al., 2007; POSER, et al., 2011; MEIRELES, et al., 2016).

Em todas estas espécies o coração mostrou-se com a parede ventricular evidente e com múltiplas pregas de diversas dimensões; entretanto, somente Meireles et al. (2016) observaram animais com pregas atriais em seu estudo ao modo-B, corroborando com os dados do presente estudo. Os valores de frequência cardíaca obtidos (média de 35 BPM) foram similares àqueles apresentados em outros estudos em quelônios não anestesiados e a observação de fluxo finamente ecogênico no interior das câmaras cardíacas pode estar associada à baixa frequência cardíaca (VALENTE et al., 2007; POSER, et al., 2011).

O aspecto ultrassonográfico das válvulas atrioventriculares em quelônios é bastante diversificado. Poser et al. (2011) relataram que não é possível diferenciar ultrassonograficamente as válvulas atrioventriculares direita e esquerda em *Trachemys scripta elegans*, já Penninck et al. (1991) fizeram distinção entre estas duas válvulas em *Xerobatis Agassizi*. Wilkinson (2004)

relatou que testudíneos possuem válvulas atrioventriculares móveis e Valente et al. (2008) descreveram que na espécie *Caretta caretta* estas válvulas são monocúspides. Esses últimos corroboram com Meireles et al. (2016) quando descreveram que os animais da espécie *Chelonoidis carbonaria* possuem duas válvulas atrioventriculares móveis visibilizadas como linhas ecogênicas delgadas. Tais características foram as mesmas observadas no presente estudo.

Diversos quelônios apresentam uma variada quantidade de líquido livre adjacente aos átrios, visibilizada por meio do exame ultrassonográfico. Poser et al. (2011) comentaram que em todos os animais de seu estudo foi possível observar o pericárdio com uma pequena quantidade de líquido no seu interior, já Meireles et al. (2016) encontraram líquido adjacente ao coração, mas não afirmaram ultrassonograficamente que era proveniente do saco pericárdico. Neste trabalho foi detectada a presença de líquido adjacente ao coração em todos os animais, embora somente em sete desses foi possível individualizar a membrana pericárdica com o líquido em seu interior.

Penninck et al. (1991) comentaram que a causa da efusão pericárdica dos quelônios da sua pesquisa era desconhecida, porém, o aspecto do líquido coletado era sanguinolento e lembrava o encontrado em cães com pericardite, assim como relatos de Redrobe e Scudamore (2000) que detectaram ultrassonograficamente líquido pericárdico nessa espécie, e à análise histopatológica confirmaram pericardite fibrinosa. Por outro lado, Wilkinson (2004) observou líquido pericárdico em quelônios saudáveis e confirmou citologicamente como transudato modificado (WILKINSON, 2004), resultado semelhante ao encontrado em um dos animais desse trabalho. Nesse animal foi realizada pericardiocentese, com colheita de 5ml de líquido límpido e de coloração palha, a análise citológica revelou característica de transudato modificado.

Encontramos como viés da pesquisa o fato de que todos os animais examinados, inclusive o animal que se procedeu a pericardiocentese, estavam clinicamente normais e com hemograma sem alterações. Portanto, se questiona que o transudato modificado seria a característica do líquido pericárdico normal nesta espécie, ou esse animal possuiria alguma doença subclínica. Portanto, a observação ultrassonográfica de líquido adjacente ao

coração não deve ser considerada como uma anormalidade sem um suporte citológico ou histopatológico (WILKINSON, 2004).

A fração de encurtamento é provavelmente a medida ecocardiográfica mais comum. Trata-se de uma medida da função ventricular (BOON, 2011). Em quelônios esta fração pode ser calculada pelas medidas transversais do ventrículo na sístole e na diástole na região de maior dimensão da câmara (POSER et al., 2011).

Em *Trachemys scripta elegans* esta mensuração foi aferida sem sedação ou anestesia e apresentou média de 45% de fração de encurtamento (POSER et al., 2011). No presente estudo a fração de encurtamento do ventrículo calculada por este método apresentou média de 30%. Além de se tratar de outro quelônio, tal diferença pode ser justificada pela utilização de anestesia geral. A utilização de sedação ou anestesia geral para a realização do exame ultrassonográfico em quelônios, pode alterar medidas do padrão cardíaco (WILKINSON, 2004). Entretanto, tal procedimento causa menos estresse aos animais examinados e permite melhor posicionamento dos membros e do transdutor, promovendo a qualidade das imagens adquiridas e o bem-estar animal (MEIRELES et al., 2016).

Belo et al. (1994) relataram que o uso de propofol não causou redução na função contrátil de cães, já Souza et al. (2008) relataram que a anestesia com isoflurano causa significativa depressão miocárdica em cães saudáveis, ao passo que Siallagan et al. (2014) descreveram que a anestesia associando propofol e isoflurano produz mínima depressão cardíaca em coelhos domésticos. Em quelônios, não há dados sobre os efeitos destas drogas na função cardíaca.

Souza (2004) afirmou que a temperatura ambiente exerce fortes influências sobre o metabolismo desses animais. Em épocas de baixas temperaturas os quelônios são menos ativos e mantem o metabolismo mais lento. O estudo de Poser et al. (2011) foi realizado durante o verão, ao passo que o presente estudo foi realizado no outono. Tal fato pode justificar as diferenças encontradas na fração de encurtamento nos dois trabalhos.

Uma segunda metodologia para o cálculo da fração de encurtamento foi proposta por Wilkinson (2004). Em mamíferos utiliza-se a modalidade modo-M no ventrículo esquerdo, porém, em razão da pequena

janela acústica presente nos quelônios, não é possível adquirir imagens na mesma angulação, conseguindo-se somente cortes oblíquos, tornando as medidas imprecisas. Entretanto, a angulação dos átrios permite que o modo-M seja aplicado nestas câmaras. Wilkinson (2004) realizou estas medidas em *Testudo* sp. e obteve valores que variaram de 33% a 47% no átrio esquerdo e 31% a 57% no átrio direito. No presente estudo o valor médio da fração de encurtamento por esta metodologia obteve valores de 47% para o átrio esquerdo e 35% para o direito. Em ambas as metodologias os valores médios obtidos são similares aos considerados padrão de normalidade da fração de encurtamento ventricular para cães e gatos (BOON, 2005).

As dimensões transversais do ventrículo mostraram-se maiores durante a sístole quando comparadas à diástole em sete dos dez animais. Valente et al. (2008) descreveram que a contração cardíaca dos quelônios é caracterizada por aproximar o ápice cardíaco em direção à região da válvula atrioventricular, sem contrações significativas no eixo transversal.

Conforme observado por Poser et al. (2011), no presente estudo também não foi possível diferenciar os fluxos aórtico e pulmonar. A arquitetura vascular na base cardíaca é bastante complexa, os vasos são muito próximos e separados por um fino septo ecogênico. A restrita janela acústica não permite adquirir imagens de boa qualidade desta região. Por estes motivos, assim como fizeram Poser et al. (2011), optou-se por avaliar o padrão da onda espectral da via de saída do ventrículo, considerando que as mensurações de velocidade não fornecem informações em relação à distribuição do volume sanguíneo entre a circulação pulmonar e a periférica.

Valente et al. (2008) conseguiram imagens dos ramos direito e esquerdo da aorta em *Caretta caretta*. O espectro da onda encontrado é bastante similar ao visto na via de saída do ventrículo do *C. carbonaria*, com características de fluxo parabólico sem janela espectral. Entretanto, a velocidade do fluxo mostrou-se menor nos ramos da aorta, quando comparado à via de saída do ventrículo. Tal fato pode estar relacionado com a diferença entre espécies ou com a região de mensuração, já que a na via de saída do ventrículo ainda não houve a divisão do fluxo para a circulação periférica e pulmonar, bem como para os dois ramos da aorta.

Em razão da localização muito próxima, não foi possível diferenciar o fluxo das válvulas átrio ventriculares direita e esquerda, porém, foi possível analisar o padrão espectral do fluxo de preenchimento ventricular. Semelhante ao que se pode observar em mamíferos, o espectro apresenta-se com padrão bifásico.

O fluxo diastólico normal possui dois picos, o inicial (onda E) e o tardio (onda A). Em mamíferos o pico inicial é maior, de rápido preenchimento e o tardio é de baixa velocidade, tornando a razão E/A maior que 1 (BONAGURA e FUENTES, 2015). Nos animais da espécie *C. carbonaria* e também como visto em *Trachemys scripta elegans* por Poser et al. (2011), o pico da onda E é menor que da onda A, o que faz a razão E/A ser menor que 1. Em mamíferos, esta é uma alteração comumente vista em animais senis onde a complacência miocárdica é debilitada, o preenchimento ventricular passivo inicial é reduzido e uma contração atrial tardia é necessária para completar o preenchimento ventricular (BONAGURA e FUENTES, 2015). Conforme proposto por Poser et al. (2011), estas considerações podem ser explicadas considerando que a complacência miocárdica em quelônios é baixa mesmo em condições fisiológicas e, portanto, uma contração atrial vigorosa é fator determinante no volume diastólico final. Esta evidente contração atrial pôde ser visibilizada já no exame ao modo-B.

Na ecocardiografia o Doppler colorido possui valor diagnóstico para a detecção de regurgitação valvular, obstruções no fluxo e “shunts” (BONAGURA e FUENTES, 2015). No presente estudo o Doppler colorido não apresentou evidências da presença de tais alterações. Mostrou-se como um mapa de cores de observação clara da direção do fluxo.

Conclusão

Considerando as limitações de janela acústica em razão da presença de casco e plastrão, com a utilização de um transdutor compatível, é possível realizar satisfatoriamente o exame ecocardiográfico em *Chelonoidis carbonaria*. Com a utilização da técnica proposta no presente estudo, foi possível obter valores quantitativos morfológicos e hemodinâmicos. O exame ecocardiográfico de quelônios é, portanto, uma ferramenta útil a ser empregada na rotina de diagnóstico clínico, bem como pode promover uma melhor compreensão da fisiologia e das enfermidades cardíacas nestes animais.

Referências

- BELO, S. E.; KOLESAR, R.; MAZER, C. D. Intracoronary propofol does not decrease myocardial contractile function in the dog. *Can. J. Anaesth.*, v. 41, n. 1, p. 43-49, 1994.
- BONAGURA, J. D.; FUENTES, V. L. Echocardiography. In: MATTON, J. S.; NYLAND, T. G. *Small animal diagnostic ultrasound*. 3. ed. Missouri: Elsevier Saunders, 2015. p. 217-331.
- BOON, J. A. The two-dimensional echocardiographic exam. In: BOON, J. A. *Veterinary echocardiography*. 2. ed. Chichester: Willey Blackwell, 2011. p. 53-136.
- KUCHLING, G. Ultrasound scanning as an effective tool in the conservation of chelonians. *Int. Zoo Yearbook*, v. 49, p. 1-9, 2015.
- MEIRELES, Y. S.; SHINIKE, F. S.; MATTE, D. R.; MORGADO, T. O.; KEMPE, G. V.; CORRÊA, S. H. R.; SOUZA, R. L.; NÉSPOLI, P. B. Ultrasound characterizations of the coelomic cavity organs of the red-footed tortoise (*Chelonoidis carbonaria*). *Ciênc. Rural*, v. 46, n. 10, p. 1811-1817, 2016.

PENNINCK, D. G.; STEWART, S. J.; MURPHY, J. P.; PION, P. Ultrasonography of the California Desert tortoise (*Xerobatis agassizi*): anatomy and application. *Vet. Radiol.*, v. 32, n. 3, p. 112-116, 1991.

POSER, H.; RUSSELLO, G.; ZANELLA, A.; BELLINI, L.; GELLI, D. Two-Dimensional and Doppler echocardiographic findings in healthy non-sedated red-eared slider terrapins (*Trachemys scripta elegans*). *Vet. Res. Commun.*, v. 35, p. 511-520, 2011.

REDROBE, S. P.; SCUDAMORE, C. L. Ultrasonographic diagnosis of pericardial effusion and atrial dilation in a spur-thighed tortoise (*Testudo graeca*). *Vet. Rec.*, v. 146, p. 183-185, 2000.

SIALLAGAN, S.; GUNANTI; NOVIANA, D. Echocardiogram profile of cardiac function in domestic rabbits during long-term anesthesia propofol and isoflurane. *J. Vet.*, v. 15, n. 2, p. 230-238, 2014.

SOUSA, M. G.; CARARETO, R.; DE-NARDI, A. B.; BRITO, F. L. C.; NUNES, N.; CAMACHO, A. A. Effects of isoflurane on echocardiographic parameters in healthy dogs. *Vet. Anaesth. Analg.*, v. 35, n. 3, p.185-190, 2008.

SOUZA, F. L. Uma revisão sobre padrões de atividade, reprodução e alimentação de cágados brasileiros (Testudines, Chelidae). *Phyllomedusa*, v. 4, n.1, p.13-27, 2004.

VALENTE, A. L.; PARGA, M. L.; ESPADA, Y.; LAVIN, S.; ALEGRE, F., MARCO, I.; CUENCA, R. Evaluation of Doppler ultrasonography for the measurement of blood flow in Young loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Vet. J.*, v. 176, p. 385-392, 2008.

VALENTE, A. L.; PARGA, M. L.; ESPADA, Y.; LAVIN, S.; ALEGRE, F.; MARCO, I.; CUENCA, R. Ultrasonographic Imaging of logger head sea turtles (*Caretta caretta*). *Vet. Rec.*, v. 161, p. 226-232, 2007.

VOGT, R. C. **Tartarugas da Amazônia**. Manaus: INPA - Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, 2008. 104 p.

VOGT, R. C.; FAGUNDES, C. K.; BATAUS, Y. S. L.; BALESTRA, R. A. M.; BATISTA, F. R. W.; UHLIG, V. M.; SILVEIRA, A. L.; BAGER, A.; BATISTELLA, A. M.; SOUZA, F. L.; DRUMMOND, G. M.; REIS, I. J.; BERNHARD, R.; MENDONÇA, S. H. S. T.; LUZ, V. L. F. *Avaliação do risco de extinção de **Chelonoidis carbonaria** (Spix, 1824) no Brasil*. Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira. Brasília: ICMBio, 2015. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7399-repteis-chelonoidis-carbonaria-jabuti-piranga.html>>. Acesso em: 20 set. 2016.

WILKINSON, R. Diagnostic Imaging techniques. In. MCARTHUR, S.; WILKINSON, R.; MEYER, J. *Medicine and surgery of tortoises and turtles*. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. p. 187-195.

CAPÍTULO 3

***Discussão, conclusões gerais e
bibliografia***

DISCUSSÃO GERAL

Os animais da espécie *Chelonoidis carbonaria* são amplamente distribuídos nas Américas do Sul e Central e estão sendo cada vez mais mantidos como animais de companhia (VOGHT et al., 2015, MEIRELES et al., 2016). Entretanto, há poucos trabalhos utilizando o diagnóstico por imagem como ferramenta no auxílio à rotina clínica. O diagnóstico das diversas doenças em quelônios é um desafio para o clínico, pois a presença de casco e plastrão impede um exame físico detalhado com ausculta e palpação (PENNINCK et al., 1991; WILKINSON, 2004).

Sabe-se que estes animais podem ser acometidos por diversas doenças, como esteatose hepática, depósito de ácido úrico nos rins e coração e a presença de corpos estranhos no trato gastrintestinal (MEIRELES et al., 2016). Apesar disso, a maior parte dos trabalhos envolvendo a utilização da ultrassonografia nestes animais, tem foco no sistema reprodutivo. Pouco se conhece sobre a anatomia ultrassonográfica de quelônios (POSER et al., 2011).

Há alguns relatos sobre doenças cardíacas em quelônios, entretanto, pouco se sabe sobre ecocardiografia nestes animais. Dentre as afecções cardíacas que podem acometê-los, há descrição da ocorrência de depósito de urato (gota úrica), miocardite não supurativa, endocardite bacteriana e miocardite amebiana (WILKINSON, 2004). O presente estudo propõe uma técnica ecocardiográfica para *C. carbonaria* baseada em outras duas técnicas já propostas por outros autores em outras espécies de quelônios. Foram coletados dados sobre a anatomia ultrassonográfica cardíaca, motilidade e Dopplerfluxometria, sendo possível propor valores de referência para a espécie.

Em relação ao *C. carbonaria*, há somente um trabalho que descreve a anatomia ultrassonográfica cardíaca na literatura consultada e não há estudos sobre contratilidade e Dopplerfluxometria. Há poucos estudos ecocardiográficos em quelônios. Wilkinson (2004) realizou a análise da contratilidade em *Testudo* sp. e Poser et al. (2011) estudaram a Dopplerfluxometria cardíaca e a função contrátil de *Trachemys scripta elegans*.

Os dados anatômicos encontrados no presente estudo são semelhantes aos observados em outros quelônios. O coração é composto por três câmaras, sendo dois átrios e um único ventrículo. A principal diferença anatômica encontra-se na válvula átrio ventricular. Enquanto na espécie *Trachemys scripta elegans* não se pode diferenciar ultrassonograficamente duas válvulas atrioventriculares (POSER et al., 2011), nos demais quelônios já descritos, inclusive o *C. carbonaria*, a distinção entre as válvulas direita e esquerda é possível (PENNINCK et al., 1991; VALENTE et al., 2008; MEIRELES et al., 2016;).

Sabe-se que os quelônios possuem uma variada quantidade de líquido pericárdico. Diversos autores descrevem como efusão pericárdica. Meireles et al. (2016) explicaram que em seu trabalho não foi possível individualizar o pericárdio ultrassonograficamente e, portanto, não afirmam que a origem do líquido seja pericárdica. No presente estudo foi possível diferenciar ultrassonograficamente o pericárdio na maioria dos animais indicando, portanto, a localização do líquido. Ainda, obteve-se um valor médio da quantidade desse líquido lateralmente aos átrios e coletou-se uma amostra caracterizada como transudato modificado. Conforme explicado por Wilkinson (2004), sem um exame citológico ou histopatológico, não é possível afirmar se este líquido é normal ou patológico. Ainda, outros estudos são necessários para caracterização da normalidade deste líquido.

Como não foi possível individualizar as válvulas aórtica e pulmonar, realizou-se o estudo espectral da via de saída do ventrículo. A onda apresentou-se com espectro monofásico com características de fluxo parabólico, bastante semelhante às ondas observadas por Poser et al. (2011) na via de saída do ventrículo de *Trachemys scripta elegans* e por Valente et al. (2008) nos ramos da artéria aorta de *Caretta caretta*. A velocidade do pico sistólico da via de saída do ventrículo observada no presente estudo é bastante semelhante àquela vista por Poser et al. (2011) e maior que a observada por Valente et al. (2008) nos ramos da artéria aorta, após a divisão do fluxo.

A onda espectral do preenchimento ventricular registrada no presente estudo apresenta o mesmo padrão bifásico daquela observada em mamíferos, entretanto, com a razão sendo menor que 1, como visto em cães senis (BONAGURA e FUENTES, 2015). Tal fato pode ser explicado pela

diferença na complacência miocárdica dos quelônios, que é baixa mesmo em condições fisiológicas e, portanto, uma contração atrial vigorosa é fator determinante no volume diastólico final (POSER *et al.*, 2011).

Em todos os animais do presente estudo o Doppler colorido não evidenciou sinais de regurgitações ou obstruções do fluxo, entretanto esta técnica é bastante útil para o diagnóstico de insuficiências valvulares e lesões estenóticas, sendo essencial na realização do exame ecocardiográfico.

A ecocardiografia em *C. carbonaria* se mostrou uma técnica não invasiva e de fácil reprodutibilidade que pode fornecer parâmetros quantitativos morfológicos e hemodinâmicos, sendo bastante útil para o diagnóstico de cardiopatias nestes animais na rotina clínica. Estudos subsequentes são necessários para aumentar a acurácia dos valores obtidos, bem como obter valores para outros quelônios.

CONCLUSÕES GERAIS

Por meio dos dados obtidos no presente estudo, sob as condições realizadas, é possível concluir:

1. O exame ecocardiográfico de *C. carbonaria* pode ser realizado satisfatoriamente, com a utilização de um transdutor adequado que permita o acesso à janela acústica restrita;
2. Foram propostas referências de normalidade de características morfológicas e hemodinâmicas para a referida espécie;
3. A ferramenta Doppler traz diversos dados úteis na avaliação hemodinâmica e complementa a análise da função cardíaca;
4. Deve-se considerar a possibilidade de redução na função contrátil cardíaca pela utilização de procedimento anestésico;
5. A obtenção de referências de normalidades do exame ecocardiográfico em quelônios torna factível o emprego dessa ferramenta no diagnóstico de cardiopatias na rotina clínica dessa espécie.

REFERÊNCIAS

BARROS, M. S.; RESENDE, L. C.; SILVA, A. G.; FERREIRA JUNIOR, P. D. Morphological variations and sexual dimorphism in *Chelonoidis carbonaria* (Spix, 1824) and *Chelonoidis denticulata* (Linnaeus, 1766) (Testudinidae). *Braz. J. Biol.*, v. 72, n. 1, p. 153-161, 2012.

BELO, S. E.; KOLESAR, R.; MAZER, C. D. Intracoronary propofol does not decrease myocardial contractile function in the dog. *Can. J. Anaesth.*, v. 41, n. 1, p. 43-49, 1994.

BONAGURA, J. D.; FUENTES, V. L. Echocardiography. In: MATTON, J. S.; NYLAND, T. G. *Small animal diagnostic ultrasound*. 3. ed. Missouri: Elsevier Saunders, 2015. p. 217-331.

BOON, J. A. O básico. In: BOON, J. A. *Ecocardiografia bidimensional e em modo-M para o clínico de pequenos animais*. São Paulo: Roca, 2005. p. 1-8.

BOON, J. A. The two-dimensional echocardiographic exam. In: BOON, J. A. *Veterinary echocardiography*. 2. ed. Chichester: Willey Blackwell, 2011. p. 53-136.

BROWN, D. J.; RUSH, J. E.; MACGREGOR, J.; ROSS JUNIOR, J. N.; BREWER, B.; RAND, W. M. M-mode Echocardiographic ratio indices in normal dogs, cats and horses: a novel quantitative method. *J. Vet. Intern. Med.*, v. 17, p. 653-662, 2003.

CARVALHO, C. F.; CERRI, G. G.; CHAMMAS, M. C. Parâmetros Doppler velocimétricos das artérias renais e da aorta abdominal em gatos da raça persa. *Ciênc. Rural*, v. 39, n. 4, p. 1105-1110, 2009.

D'ANJOU, M. A.; PENNINGCK, D. Practical physical concepts and artifacts. In: _____. *Atlas of small animal ultrasonography*. 2. ed. Iowa: Wiley Blackwell, 2015. p. 1-18.

DELLA TORRE, P. K.; KIRBY, A. C.; CHURCH, D. B.; MALIK, R. Echocardiography Measurements in Greyhounds, Whippets and Italian Grey hounds: dogs with a similar conformation but diferente size. *Aust. Vet. J.*, v. 78, n. 1, p. 49-55, 2000.

DROST, W. T. Physics of Ultrasound Imaging. In: THRALL, D. E. *Textbook of veterinary diagnostic radiology*. 6. ed. Missouri: Elsevier Saunders, 2013. p. 38-49.

GINTHER, O. J.; UTT, M. D. Doppler ultrasound in equine reproduction: principals, techniques and potential. *J. Equine Vet. Sci.*, v. 24, n. 12, p. 516-526, 2004.

IKEE, R.; KOBAYASHI, S.; HEMMI, N.; IMAKIIRE, T.; KIKUCHI, Y.; MORIYA, H.; SUZUKI, S.; MIURA, S. Correlation between the resistive index by Doppler ultrasound and kidney function and histology. *Am. J. Kidney Dis.*, v. 46, n. 4, p.603-609, 2005.

KING, A. M. Desenvolpente, advances and applications of diagnosticultrasound in animals. *Vet. J.*, v. 171, p. 408-420, 2006.

KUCHLING, G. Ultrasoundscanning as aneffective tool in the conservation of chelonians. *Int. Zoo Yearbook*, v. 49, p. 1-9, 2015.

MARTIN, K. Introduction to B-mode Imaging. In: HOSKINS, P.; MARTIN, K.; THRUSH, A. *Diagnostic ultrasound: physics and equipment*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 1-3.

MATIAS, C. A. R.; ROMÃO, M. A. P.; TORTELLY, R.; BRUNO, S. F. Aspectos fisiopatológicos da retenção de ovos em Jabuti - piranga (*Geochelone carbonaria Spix, 1824*). *Ciênc. Rural*, v. 36, n. 5, p. 1494-1500, 2006.

MATTON, J. S.; NYLAND, T. G. Fundamentals of diagnostic ultrasound. In:____. *Small animal diagnostic ultrasound*. 3. ed. Missouri: Elsevier Saunders, 2015. p. 1-49.

MCARTHUR, S. Circulatory system. In: MCARTHUR, S.; WILKINSON, R.; MEYER, J. *Medicine and surgery of tortoises and turtles*. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. p. 40-44.

MEIRELES, Y. S.; SHINIKE, F. S.; MATTE, D. R.; MORGADO, T. O.; KEMPE, G. V.; CORRÊA, S. H. R.; SOUZA, R. L.; NÉSPOLI, P. B. Ultrasound characterizations of the coelomic cavity organs of the red-footed tortoise (*Chelonoidis carbonaria*). *Ciênc. Rural*, v. 46, n. 10, p. 1811-1817, 2016.

MELO, M. B.; VEADO, J. C. C.; SILVA, E. F.; MOREIRA, S. M.; PASSOS, L. M. F. Dopplerfluxometria das artérias renais: valores normais das velocidades sistólica e diastólica e do índice resistivo nas artérias renais principais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 58, n. 4, p. 691-693, 2006.

MOLINA, F. B.; MATUSHIMA, E. R.; MAS, M. Class *Reptilia*, order *Chelonia* (*Testudinata*) (Chelonians): turtles, tortoise. In: FOWLER, M. E.; CUBAS, Z. S. *Biology, medicine, and surgery of South American wild animals*. Ames: Iowa State University, 2001. p. 15-25.

NUNES, O. C.; OLIVEIRA, E. D.; LABORDA, S. S.; HOHLENWERGER, J. C.; NETO, M. M.; FRANKE, C. R. Isolamento e identificação de *salmonella* sp. De jabutis-piranga (*Chelonoidis carbonaria*) oriundos do tráfico de animais silvestres. *Cienc. Anim. Bras.*, v. 11, n. 1, p. 168-173, 2010.

PENNINCK, D. G.; STEWART, S. J.; MURPHY, J. P.; PION, P. Ultrasonography of the California Desert tortoise (*Xerobatis agassizi*): anatomy and application. *Vet. Radiol.*, v. 32, n. 3, p. 112-116, 1991.

POSER, H.; RUSSELLO, G.; ZANELLA, A.; BELLINI, L.; GELLI, D. Two-Dimensional and Doppler echocardiographic findings in healthy non-sedated red-eared slider terrapins (*Trachemys scripta elegans*). *Vet. Res. Commun.*, v. 35, p. 511-520, 2011.

REDROBE, S. P.; SCUDAMORE, C. L. Ultrasonographic diagnosis of pericardial effusion and atrial dilation in a spur-thighed tortoise (*Testudo graeca*). *Vet. Rec.*, v. 146, p. 183-185, 2000.

SARTOR, R.; MAMPRIM, M.J. Avaliação com Doppler colorido e espectral da veia porta de cães. *Ciência Rural*, v. 39, n. 2, p. 595-603, 2009.

SCHIMIDT-NIELSEN, K. *Fisiologia animal: adaptação ao meio ambiente*. 5. ed. São Paulo: Santos Editora, 1999. 600 p.

SIALLAGAN, S.; GUNANTI; NOVIANA, D. Echocardiogram profile of cardiac function in domestic rabbits during long-term anesthesia propofol and isoflurane. *J. Vet.*, v. 15, n. 2, p. 230-238, 2014.

SORIANO, J. G. Quelonios – tortugas. In: ORTI, R. M.; GARCIA, M. P.; SORIANO, J. G. *Atlas de anatomia de animales exóticos*. Barcelona: Masson, S.A., 2004.

SOUSA, M. G.; CARARETO, R.; DE-NARDI, A. B.; BRITO, F. L. C.; NUNES, N.; CAMACHO, A. A. Effects of isoflurane on echocardiographic parameters in healthy dogs. *Vet. Anaesth. Analg.*, v. 35, n. 3, p.185-190, 2008.

SOUZA, F. L. Uma revisão sobre padrões de atividade, reprodução e alimentação de cágados brasileiros (Testudines, Chelidae). *Phyllomedusa*, v. 4, n.1, p.13-27, 2004.

STRONG, J. N.; FRAGOSO, J. M. V. Seed dispersal by *geochelone carbonaria* and *geochelone denticulata* in North western Brazil. *Biotropica*, v. 38, n. 5, p. 683-686, 2006.

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

VALENTE, A. L.; PARGA, M. L.; ESPADA, Y.; LAVIN, S.; ALEGRE, F., MARCO, I.; CUENCA, R. Evaluation of Doppler ultrasonography for the measurement of bloodflow in Young logger head sea turtles (*Caretta caretta*). *Vet. J.*, v. 176, p. 385-392, 2008.

VALENTE, A. L.; PARGA, M. L.; ESPADA, Y.; LAVIN, S.; ALEGRE, F.; MARCO, I.; CUENCA, R. Ultrasonographic Imaging of logger head sea turtles (*Caretta caretta*). *Vet. Rec.*, v. 161, p. 226-232, 2007.

VINKE, S.; VETTER, H.; VINKE, T.; VETTER, S. *Chelonian library*. Frankfurt: Editora Chimaira, 2008. p. 38-53.

VOGT, R. C. *Tartarugas da Amazônia*. Manaus: INPA - Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, 2008. 104 p.

VOGT, R. C.; FAGUNDES, C. K.; BATAUS, Y. S. L.; BALESTRA, R. A. M.; BATISTA, F. R. W.; UHLIG, V. M.; SILVEIRA, A. L.; BAGER, A.; BATISTELLA, A. M.; SOUZA, F. L.; DRUMMOND, G. M.; REIS, I. J.; BERNHARD, R.; MENDONÇA, S. H. S. T.; LUZ, V. L. F. *Avaliação do risco de extinção de **Chelonoidis carbonaria** (Spix, 1824) no Brasil*. Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira. Brasília: ICMBio, 2015. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7399-repteis-chelonoidis-carbonaria-jabuti-piranga.html>>. Acesso em: 20 set. 2016.

WANG, E.; DONATTI, C. I.; FERREIRA, V. L.; RAIZER, J.; HIMMELSTEIN, J. Food Habits and Notes on the Biology of *Chelonoidis carbonaria* (Spix 1824) (Testudinidae, Chelonia) in the Southern Pantanal, Brazil. *South Am. J. Herpetol.*, v. 6, n. 1, p. 11-19, 2011.

WILKINSON, R. Diagnostic Imaging techniques. In. MCARTHUR, S.; WILKINSON, R.; MEYER, J. *Medicine and surgery of tortoises and turtles*. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. p. 187-195.

ANEXOS

Tabela 6: Distribuição das medidas da quantidade de líquido livre adjacente ao coração de *Chelonoidis carbonaria*.

Animal	Peso (kg)	Quantidade de líquido (ml)
1	6,2	0,41
2	4,7	0,48
3	5,3	0,62
4	6,6	0,78
5	6,4	0,67
6	4,0	0,38
7	4,8	0,61
8	4,2	0,53
9	5,4	0,40
10	5,18	0,62
Média (\pm DP)	5,27	0,55 (\pm 0,12)

Tabela 7: Distribuição das medidas da via de saída do ventrículo de *Chelonoidis carbonaria* no eixo longitudinal.

Animal	Peso (kg)	Via de saída do ventrículo (cm)
1	6,2	0,56
2	4,7	0,73
3	5,3	0,46
4	6,6	0,59
5	6,4	0,83
6	4,0	0,58
7	4,8	0,89
8	4,2	0,6
9	5,4	0,64
10	5,18	0,53
Média (\pm DP)	5,27	0,64 (\pm 0,12)

Tabela 8: Medida da espessura da parede do ventrículo no eixo longitudinal na região do ápice cardíaco em *Chelonoidis carbonaria*.

Animal	Peso (kg)	Espessura da parede do ventrículo (cm)
1	6,2	0,47
2	4,7	0,47
3	5,3	0,4
4	6,6	0,41
5	6,4	0,49
6	4,0	0,42
7	4,8	0,51
8	4,2	0,51
9	5,4	0,52
10	5,18	0,47
Média (\pm DP)	5,27	0,46 (\pm 0,04)

Tabela 9: Distribuição da frequência cardíaca em *Chelonoidis carbonaria*.

Animal	Frequência cardíaca (BPM)
1	26
2	41
3	38
4	30
5	40
6	37
7	41
8	36
9	35
10	25
Média (\pm DP)	34,9 (\pm 5,62)

Tabela 10: Distribuição da velocidade do pico sistólico cardíaco pela análise ao Doppler espectral de *Chelonoidis carbonaria*.

Animal	Velocidade do pico sistólico (cm/s)
1	47,34
2	36,01
3	31,36
4	48,09
5	29,18
6	20,51
7	32,41
8	19,86
9	41,3
10	35,02
Média (\pm DP)	34,10 (\pm 9,21)

Tabela 11: Medida de associação linear das variáveis com o peso dos animais.

Associação	Coefficiente de correlação linear de Pearson	Nível descritivo ("P value")
Peso x VOT	0,026	0,943
Peso x Ventr transv	0,145	0,688
Peso x Ventr long	0,015	0,966
Peso x líquido pericárdico	0,503	0,138
Peso x AE	0,487	0,153
Peso x AD	-0,024	0,947
Peso x ápice cardíaco	-0,144	0,691

VOT = via de saída do ventrículo, ventr transv = medida transversal do ventrículo, ventr long = medida longitudinal do ventrículo, AE = átrio esquerdo, AD = átrio direito

Tabela 12: Coeficiente de correlação cruzando as variáveis com tendência à correlação.

VOT x ápice cardíaco	Ventr long x líq peric	AE x AD
0,581	0,599	0,522

VOT = via de saída do ventrículo, ventr long = medida longitudinal do ventrículo, AE = átrio esquerdo, AD = átrio direito, líq peric = quantidade de líquido pericárdico ($P > 0,050$).