



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E PRODUÇÃO ANIMAL NA
AMAZÔNIA

JÚLIA VAZ FEIO

MORFOLOGIA CARDÍACA DE *Ardea alba*

BELÉM
2025

JÚLIA VAZ FEIO

MORFOLOGIA CARDÍACA DE *Ardea alba*

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Saúde e Produção Animal na Amazônia: área de concentração em xxx, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Rita de Lima.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F297m Feio, Júlia Vaz
 Morfologia Cardíaca de Ardea alba / Júlia Vaz Feio. - 2025.
 45 f. : il. color.

 Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Saúde e Produção Animal na
 AMAZÔNIA(PPGSPAA), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia,
 Belém, 2025.
 Orientador: Profa. Dra. Ana Rita de Lima

 1. Anatomia Cardíaca . 2. Esqueço cardíaco . 3. Cartilago cordis . 4. Garça-branca-grande. 5. Avifauna
 amazônica . I. de Lima, Ana Rita, *orient.* II. Título

CDD 571.31

JÚLIA VAZ FEIO

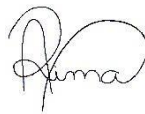
MORFOLOGIA CARDÍACA DE *Ardea alba*

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Saúde e Produção Animal na Amazônia: área de concentração em xxx, para obtenção do título de Mestre.

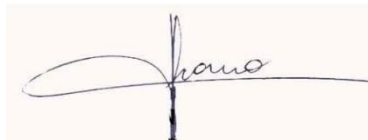
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Rita de Lima.

Aprovado em: 26 de fevereiro de 2025

BANCA EXAMINADORA:



Prof^a. Dr^a. Ana Rita de Lima – Presidente
Universidade Federal Rural da Amazônia



Prof^a. Dr^a. Érika Branco – 1º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia



Prof^a. Dr^a. José Ledamir Sindeaux Neto – 2º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia



Prof^a. Dr^a. Ellen Yasmin Eguchi Mesquita – 3º Examinador
Universidade da Amazônia

BELÉM
2025

Dedico esse trabalho aos meus pais, irmão e
companheiro, meus alicerces. Sem vocês, eu
nada seria. À minha amada Bebel, que iniciou
todo esse sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, criador do céu e da terra e de tudo que nela habita, por me conduzir em cada passo e se fazer presente de maneira indubitável em meu coração e alma. À Nossa Senhora de Nazaré e Nossa Senhora de Aparecida, minhas madrinhas e fiéis ouvintes.

Aos meus pais, José Júlio e Rosândia, por acreditarem em mim mais do que qualquer pessoa, antes mesmo que qualquer resultado, pela minha educação e todo amor, o que me faz seguir com honestidade e gentileza nessa árdua caminhada, e por tudo que tiveram que abdicar para que eu chegasse até aqui. Ao meu irmão, por ser meu exemplo de força e resiliência, ele é a luz no fim do túnel. À dona Nazaré, por cuidar e se preocupar comigo desde meus 7 anos.

Ao meu namorado, por ser tão companheiro, compreensível e sempre priorizar nosso futuro. Por ter presenciado a pior parte de mim nas minhas crises de ansiedade e ter escolhido ficar. Por ser simplesmente quem é.

Aos animais que passaram pela minha vida e fizeram com que minha paixão por essa profissão aumentasse, desde os pintainhos roubados da vizinha quando criança, até meus filhos hoje: Ragnar, minha primeira paixão felina, e Bebel, razão da minha felicidade há 16 anos.

A todos os médicos veterinários que contribuíram na minha jornada de estágios, pesquisas e ações públicas.

Agradeço especialmente à minha orientadora Ana Rita de Lima, minha inspiração, por me acolher com amor e ensinar com maestria; à professora Elane Guerreiro Giese por ceder o Laboratório de Histologia e Embriologia Animal para processamento do material, além de todo auxílio, tempo e conhecimento compartilhados; à professora Érika Branco, por ser a primeira a me dar espaço e me coorientar; e aos demais integrantes do LHEA-UFRA e LAPMA-UFRA, que compartilharam tantos momentos comigo. Ao professor e biólogo Basílio Guerreiro, por me ceder materiais que contribuíram significativamente para o estudo.

Aos autores das literaturas citadas nas referências que me forneceram embasamento e aos animais que cumpriram seu papel no ecossistema e tornaram-se o foco da pesquisa, foi um privilégio estudar vocês.

Por fim, agradeço a todos meus amigos, familiares e colegas de profissão que contribuíram de alguma forma para o meu crescimento pessoal e profissional, os quais jamais esquecerei. A tudo e todas as coisas, meu muitíssimo obrigada!

“Toda criança um dia já sonhou em ser médica veterinária. Algumas delas, nunca deixaram de sonhar...”

RESUMO

Ardea alba (Linnaeus, 1758), conhecida como garça-branca-grande, trata-se da garça mais comum do planeta. Possui pescoço longo, pernas pretas e bico amarelo longos, com o corpo coberto por penas brancas. Apresenta sistema circulatório semelhante ao de mamíferos, contudo, um coração maior comparado a cavidade celomática. O coração, em várias espécies, possui anéis fibrosos que servem para estabilizar os óstios contra deformação contrátil, chamado esqueleto cardíaco – composto por tecido conjuntivo com partes intercaladas de cartilagem ou osso. Esse estudo objetivou descrever a anatomia cardíaca da espécie, gerando conhecimento científico sobre particularidades dessa avifauna amazônica. Para isso, utilizou-se 10 exemplares de garça-branca-grande, advindas do batalhão de polícia ambiental e do parque mangal-das-garças. Antes da extração do coração, ocorreu a fotodocumentação *in situ* e *ex situ*. Após, o material foi processado para microscopia de luz, microscopia eletrônica de varredura e imunoistoquímica, além da realização do escaneamento 3D. A espécie apresentou o coração inclinado levemente para a direita e arco aórtico que emergia da base cardíaca e seguia pelo antímero direito, com demais estruturas semelhantes à de mamíferos. Na microscopia de luz, foi possível definir as camadas cardíacas, presença das fibras de Purkinje e discos intercalares. Em base cardíaca, foi identificado cartilagem em base de valvas, válvulas e esqueleto fibroso. As colorações diferenciais marcaram a cartilagem como, predominantemente, elástica. A microscopia eletrônica de varredura proporcionou visualização ampla das peças de cartilagem que sustentam a base aórtica. No entanto, a imunoistoquímica foi negativa para a marcação de desmina. Por fim, o órgão colorido e em 3D proporcionou melhor identificação didática das estruturas presentes em base cardíaca. Assim, foi possível definir que a garça-branca-grande possui direcionamento da aorta diferente do encontrado em mamíferos, mas, assim como outras espécies, também possui cartilagem cardíaca em seu coração, porém, com o tipo identificado incomum em literatura. Possui peças cartilaginosas grandes, comparadas ao tamanho do órgão e não apresentou marcação de desmina no tecido cardíaco, esse último podendo estar relacionado ao anticorpo que fora utilizado.

Palavras-chave: anatomia cardíaca; esqueleto cardíaco; *cartilago cordis*; garça-branca-grande; avifauna amazônica.

ABSTRACT

Ardea alba (Linnaeus, 1758), known as the great white heron, is the most common heron on the planet. It has a long neck, black legs and yellow beak, with a body covered in white feathers. It has a circulatory system similar to that of mammals, but a larger heart compared to the coelomic cavity. In several species, the heart has fibrous rings that serve to stabilize the ostia against contractile deformation, called the cardiac skeleton – composed of connective tissue with intercalated parts of cartilage or bone. This study aimed to describe the cardiac anatomy of the species, generating scientific knowledge about the particularities of this Amazonian avifauna. For this purpose, 10 specimens of great white heron were used, coming from the environmental police battalion and the mangal-das-garças park. Before extracting the heart, in situ and ex situ photodocumentation was carried out. The material was then processed for light microscopy, scanning electron microscopy, and immunohistochemistry, in addition to 3D scanning. The species presented a heart tilted slightly to the right and an aortic arch that emerged from the cardiac base and followed the right antimer, with other structures similar to those of mammals. Light microscopy allowed defining the cardiac layers, presence of Purkinje fibers, and intercalated discs. Cartilage at the base of the heart was identified at the valves, valves, and fibrous skeleton. Differential staining marked the cartilage as predominantly elastic. Scanning electron microscopy provided ample visualization of the cartilage pieces that support the aortic base. However, immunohistochemistry was negative for desmin staining. Finally, the colored and 3D organ provided better didactic identification of the structures present at the heart base. Thus, it was possible to determine that the great white heron has a different aorta orientation than that found in mammals, but, like other species, it also has cardiac cartilage in its heart, although the type identified is unusual in the literature. It has large cartilaginous pieces, compared to the size of the organ, and did not present desmin marking in the cardiac tissue, the latter possibly being related to the antibody that was used.

Keywords: heart anatomy; heart skeleton; *cartilago cordis*; great egret; Amazonian avifauna.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Espécime de garça-branca-grande (<i>Ardea alba</i>).....	14
Figura 2 - Garça-branca-grande eriçando as penas chamadas de egretas.....	15
Figura 3 - Mapa topográfico da distribuição geográfica da espécie <i>Ardea alba</i>	16
Figura 4 - Evolução cardíaca em anfíbios, répteis, mamíferos, aves e peixes.	17
Figura 5 - Representação esquemática do sistema de condução cardíaco (em vermelho)	19
Figura 6 - Ilustração da provável posição do osso cardíaco no coração da espécie humana	20
Figura 7 - Vasos da base cardíaca aviária.....	22
Figura 8 - Cardiomiócitos em diferentes espécies.....	22
Figura 9 - fotomicroscopia cardíaca in situ e ex situ de <i>Ardea alba</i>	25
Figura 10 - fotomicroscopia interna do coração de <i>Ardea alba</i>	27
Figura 11 - fotomicrografia das regiões cardíacas de <i>Ardea alba</i> em Hematoxilina e Eosina.....	28
Figura 12 - fotomicrografia das regiões cardíacas de <i>Ardea alba</i> em Tricrômico de Gomori.....	30
Figura 13 - fotomicrografia das regiões cardíacas de <i>Ardea alba</i> em Orceína	31
Figura 14 - fotomicrografia de imunoistoquímica.....	33
Figura 15 - microscopia eletrônica de varredura das estruturas cardíacas de <i>Ardea alba</i>	33
Figura 16 - imagem 3D do coração corado de <i>Ardea alba</i>	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo Geral.....	13
2.2. Objetivos Específicos	13
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1. <i>Ardea alba</i>	14
3.2. Morfologia Cardíaca	16
3.3. Sistema de condução cardíaco.....	18
3.4. Esqueleto Cardíaco.....	20
3.5. Morfologia Cardíaca de Aves.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
5. RESULTADOS.....	25
5.1. Macroscopia	25
5.2. Microscopia de luz.....	28
5.3. Imunoistoquímica.....	32
5.4. Microscopia Eletrônica de Varredura.....	33
5.5. Escaneamento 3D	34
6. DISCUSSÃO.....	35
7. CONCLUSÃO.....	39
8. REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

Ardea alba popularmente conhecida como garça-branca-grande, é uma ave da ordem Pelecaniformes e, trata-se da garça mais comum do planeta, ocorrendo em quase todos os continentes, com exceção de regiões muito frias ou desérticas. Habita beira de lagos, rios e banhado, classificada como menos preocupante quanto a possibilidade de extinção (IUCN, 2023). Quanto às características físicas, pode ultrapassar um metro de comprimento e pesar até 2kg, apresenta penas completamente brancas, bico amarelo, pernas e dedos pretos. Alimenta-se principalmente de peixes, mas pode consumir pequenos roedores, anfíbios, répteis e insetos (McCrimmon, 2001).

Em aves, os estudos cardiológicos foram feitos em comparações com mamíferos e répteis, em sua maioria, tendo a maior similaridade com a estrutura cardíaca de mamíferos, possuindo um sistema de His-Purkinje mais completo, também conseguiram aumentar suas frequências cardíacas. Porém, a literatura cita que ambos devem ter assumido formas diferentes de acelerar essa frequência cardíaca, pois as aves possuem fibras de Purkinje adicionais (parietais e nos átrios), enquanto mamíferos possuem cardiomiócitos mais largos, que fazem acelerar a velocidade de propagação da condução elétrica (Jensen *et al.*, 2013). No que se refere a evolução da anatomia cardíaca, o coração, ao longo do tempo, passou de um simples vaso contrátil, como era em *Amphioxus*, para um único ventrículo trabeculado e único átrio, em peixes e depois mais desenvolvido em anfíbios. Nos répteis, já havia uma divisão parcial entre ventrículos, e nas aves e mamíferos um coração com ventrículos completos, septados e com uma parede ventricular esquerda mais espessa (Jensen *et al.*, 2013).

O esqueleto cardíaco consiste em anéis fibrosos (*annuli fibrosi*) e tecido conjuntivo na junção das válvulas aórtica, atrioventricular esquerda e atrioventricular direita, suas extremidades são reforçadas pelos trígono fibrosos direito e esquerdo. Os anéis fibrosos servem para estabilizar a circunferência dos óstios contra deformação e essas estruturas proporcionam uma inserção firme no miocárdio. O esqueleto do coração é composto de tecido conjuntivo com partes intercaladas de cartilagem fibrosa e hialina, cartilagem mineralizada e osso. Em algumas espécies de mamíferos, a cartilagem e as peças ósseas são de tamanho e forma regulares, formando assim uma única cartilagem ou osso cardíaco direito ou esquerdo e direito (Gray, 1995).

Os ossos do coração são vistos com frequência em grandes ruminantes e em ovinos e caprinos no decorrer de seu envelhecimento (Schmack, 1974; Nickel *et al.*, 1984). O tecido ósseo cardíaco direito é regularmente maior que o esquerdo; em equinos, a cartilagem hialina

está constantemente presente no trígono direito, enquanto no trígono esquerdo, a cartilagem é encontrada apenas em 66-70% dos animais, sendo mais comumente observada em cavalos mais idosos (Schmack, 1974; Nickel *et al.*, 1984). Em outras espécies tais estruturas também já foram descritas, no entanto, a baleia parece ser a única exceção nos mamíferos pois a ausência de osso ou cartilagem foi notada no coração do cachalote por James *et al.* (1995).

Ao longo dessa evolução dos vertebrados, também ocorreu alterações funcionais importantes (Jensen *et al.*, 2013). Porém, poucos estudos observaram os parâmetros morfométricos do feixe de His e suas células. Diferenciar o feixe de His é difícil quando se tenta identificar células por microscopia de luz, conforme a localização e características do tecido conjuntivo adjacente. A marcação com a desmina, na imunoistoquímica, surgiu como uma ferramenta crucial para identificar com exatidão essas células e, assim, facilitar a análise morfométrica da rede. A desmina tem se mostrado o principal filamento intermediário presente no músculo cardíaco, que tende a se acumular nos discos intercalares e Z, levando à conexão do sistema contrátil com os demais componentes celulares (Paulin e Li, 2004; Lowery *et al.*, 2015).

Diante disso, com a necessidade de explorar mais sobre a morfofisiologia da fauna amazônica, esse estudo tem o objetivo de analisar se há presença de cartilagem ou osso no coração da garça-branca-grande e como ocorre a distribuição das células condutoras do impulso cardíaco.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

- Analisar a morfologia cardíaca de *Ardea alba*.

2.2. Objetivos Específicos

- Investigar a ocorrência de esqueleto cardíaco em *Ardea alba*;
- Identificar e descrever o sistema de condução cardíaco da espécie alvo deste estudo;
- Contribuir com dados sobre a morfologia cardíaca de animais oriundos do norte do Brasil;
- Produzir modelos em 3D do material estudado;
- Conhecer mais detalhadamente o coração e sua fisiologia em *Ardea alba* para ajudar a entender as alterações cardíacas que pacientes possam vir a apresentar no atendimento clínico-cirúrgico.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. *Ardea alba*

Ardea alba é um Pelecaniforme pertencente à Família Ardeidae, conhecida popularmente como garça-branca-grande, garça-branca ou garça-grande. Possui porte médio, com pernas, bico e pescoço longo. Tem comprimento que varia de 90 a 102 cm e a coloração de seu bico e pernas, é amarelo e preto (Figura 1), respectivamente, apresentando-se assim no continente americano, podendo haver variações geográficas e de fase reprodutiva (Sick, 1997; Hancock, 1999).

Figura 1 - Espécime de garça-branca-grande (*Ardea alba*).



Fonte: Wiki Aves, por Leonardo Casadei (2014).

São aves que possuem deficiência em sua glândula uropigiana, que são substituídas por penas de pó, que crescem continuamente e se desintegram em um pó, espalhado pelo bico sobre toda plumagem, para promover a elasticidade e impermeabilização (Höfling e Camargo, 1996; Cubas, 2014). Também possuem as egretas (Figura 2), penas compridas que se eriçam na época da reprodução, servindo para socialização e corte (Campos, 2008).

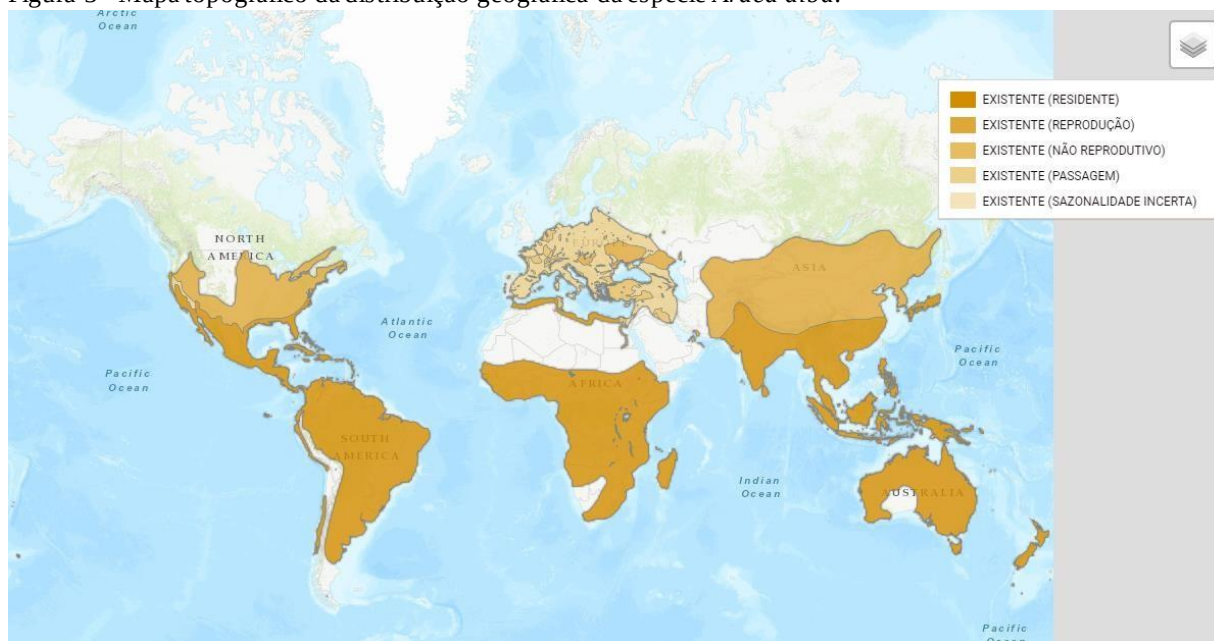
Figura 2 - Garça-branca-grande eriçando as penas chamadas de egretas.



Fonte: Wiki Aves, por Thais Regina Monteiro (2009).

As garça-branca-grandes são aves aquáticas extremamente resistentes aos mais variados tipos de habitats, profundidade de água e disponibilidade alimentar. São aves que, ainda, em período de baixa disponibilidade de presas, conseguem ter hábitos noturnos para sobrevivência (Herring e Gawlik, 2013). Estão espalhadas por todo o mundo (Figura 3), ocupando grandes áreas geográficas e com grande capacidade de dispersão (Corrêa *et al.*, 2016). No Brasil, é uma das mais representativas quanto a frequência e abundância (Sick, 1997). Por serem animais que se adaptam a ambientes mesmo que com pouca densidade de presas e umidade comprometida, as garças têm sido utilizadas como bioindicadores de ecossistemas, ajudando a detectar quais precisam ser restaurados (Frederick *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2018).

Figura 3 - Mapa topográfico da distribuição geográfica da espécie *Ardea alba*.



Fonte: IUCN (2023)

Sua dieta baseia-se em insetos, répteis, anfíbios, crustáceos, moluscos e peixes. É bem rápida em sua captura por alimentos. Quando localiza a presa, faz movimentos rápidos com os pés para atraí-la e ataca (Matarazzo-Neuberger, 1994; Silva, 2011; Zelenkov, 2011).

Quanto a sua reprodução, as garça-branca-grandes não possuem dimorfismo sexual evidente. Se reproduzem, no Brasil, nos meses de agosto a fevereiro, e os casais permanecem juntos durante todo período e o cuidado parental é compartilhado (Toledo, 2000). Seus ovos são de coloração cinza azulada, geralmente, há postura de dois a três, e o período de incubação é de 25 a 26 dias. No primeiro ano de vida, há grandes índices de mortalidade, devido à dificuldade de aprendizagem dos ninhegos para se alimentar. Depois dessa fase, os riscos anuais de mortalidade diminuem, podendo atingir a faixa de 22 anos de idade (The IUCN-SSC Heron Specialist Group, 2011).

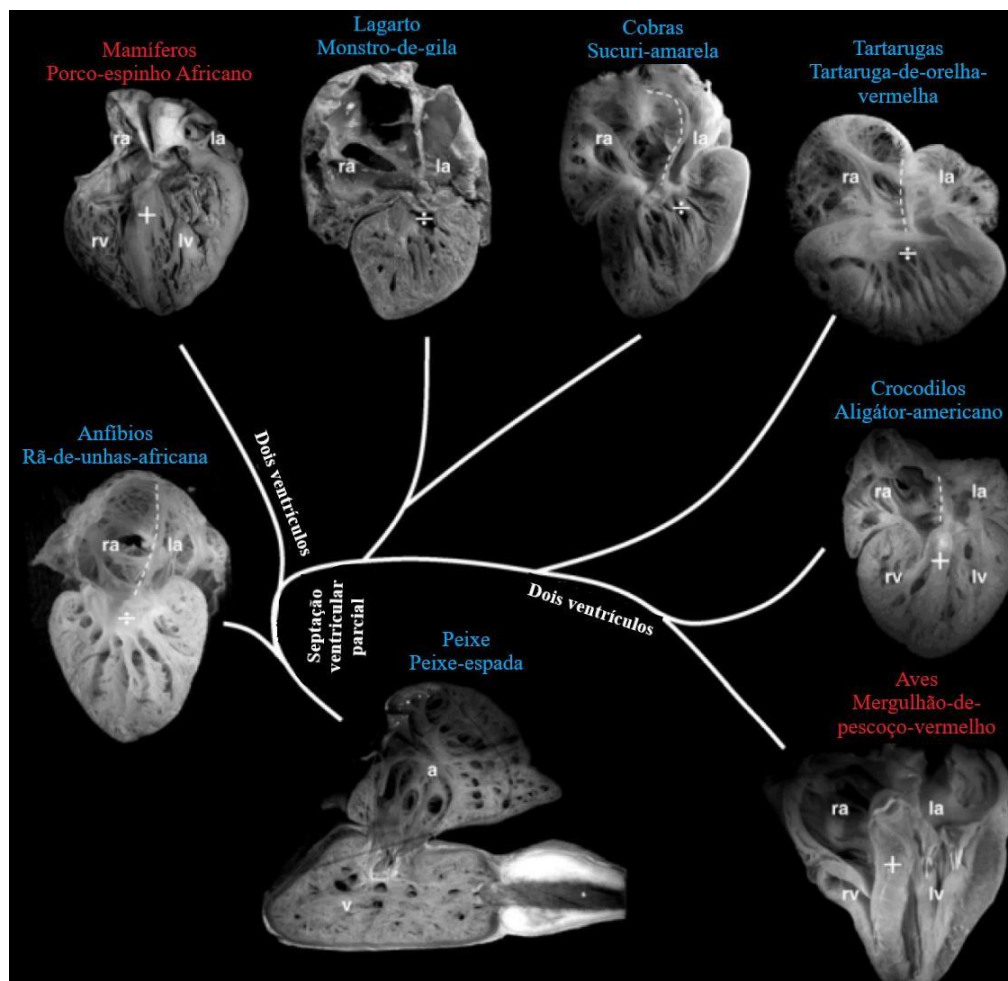
3.2. Morfologia Cardíaca

O sistema cardiovascular é o primeiro a ser formado e tornar-se funcional no desenvolvimento embrionário, pois a diferenciação e o crescimento do embrião necessitam desse aporte interno. Assim, o coração se desenvolve primeiro como um órgão tubular com batimentos autônomos e rítmicos (Kardong, 2016). Como descrito por Kardong (2016), esse desenvolvimento inicia com células do mesoderma esplâncnico, que formam um par mediano de tubos endocárdicos, se proliferam e formam um epimiocárdio pareado, continuam a se desenvolver em uma linha mediana e se fundem em um único coração tubular. Posteriormente,

esse tubo endocárdico dá origem ao revestimento endotelial cardíaco, o epimiocárdio origina o miocárdio e o fino peritônio visceral que recobre o órgão.

Durante a evolução, o coração passou de um vaso contrátil que proporcionava a perfusão vascular em baixas pressões, como era em *Amphioxus*, para um ventrículo único trabeculado com átrio único, em peixes. Depois, desenvolveu-se a circulação pulmonar com início de uma separação intracardiaca parcial, separando o fluxo sanguíneo sistêmico do pulmonar, em peixes modernos (Dipnoi), e depois cada vez mais desenvolvido em anfíbios e répteis, estes já com separação parcial do ventrículo. As aves e mamíferos evoluíram a endotermia, com corações completamente septados (Figura 4), parede ventricular esquerda mais espessa e compacta, gerando um aumento da pressão arterial sistêmica e frequência cardíaca (Jensen *et al.*, 2013).

Figura 4 - Evolução cardíaca em anfíbios, répteis, mamíferos, aves e peixes. Na figura, observa-se que os peixes respiram com as brânquias e não possuem septos cardíacos. Os anfíbios e répteis não apresentam divisão no ventrículo ($\div$). Somente em mamíferos e arcossauros (crocodilos e aves) há formação de um septo ventricular completo (+). Mamíferos e aves têm um metabolismo muito elevado em comparação com outros vertebrados, são endotérmicos (vermelhos) e a frequência cardíaca é maior do que nos exotérmicos (azul). a, átrio; la, átrio esquerdo; Iv, ventrículo esquerdo; ra, átrio direito; rv, ventrículo direito; v, ventrículo.



Fonte: Adaptado de Jensen *et al.* (2013).

Em aves e mamíferos, o coração é composto essencialmente pelo músculo cardíaco, o miocárdio, que forma uma bolsa dividida em quatro câmaras: dois átrios e dois ventrículos, direito e esquerdo (Silverthorn, 2017). Sua principal função é bombear sangue para todos os outros tecidos do corpo, transportando oxigênio, moléculas necessárias para o metabolismo celular, hormônios e, nos endotérmicos, distribui calor para manutenção da temperatura corporal (Dyce, Sack e Wensing, 2019).

Realizando o revestimento e lubrificação do órgão, externamente, está o pericárdio. Essa estrutura é dividida em três partes: a pleura pericárdica, o pericárdio fibroso e o pericárdio seroso. Comparado a um cone, o coração tem seu ápice em direção caudal e sua base em direção cranial, essa última com a presença do hilo cardíaco, onde as grandes veias penetram e as grandes artérias partem do coração (König *et al.*, 2016).

As aves, diferente de como ocorre em mamíferos, apresentam coração com um arco aórtico à direita do plano mediano, duas veias cavas craniais e, o coração é maior em relação ao corpo, com leve direcionamento do ápice para direita do plano mediano. Os troncos braquiocéfálicos direito e esquerdo surgem juntos da aorta ascendente, bem desenvolvidos, submetem-se a uma divisão de três vias. Demais estruturas são semelhantes (König *et al.*, 2016). Histologicamente, o miocárdio é formado pelo músculo cardíaco estriado, único do órgão, que apresenta núcleos centrais, fibras ramificadas e estriadas, divididas em unidades nucleadas por discos intercalares (Hildebrand, 2006).

3.3. Sistema de condução cardíaco

O miocárdio apresenta-se como um intermediário entre o músculo liso e o músculo estriado esquelético, o qual não é desprovido de ritmo, mas também não exerce a voluntariedade. Entretanto, necessita de um foco atrial para iniciar o impulso cardíaco, o denominado nó sinusal. Em seguida, após ser ativado no miocárdio atrial, o impulso cardíaco é desacelerado enquanto segue para os ventrículos, atraso provocado pelo nó atrioventricular. Esse atraso é necessário para que os átrios tenham tempo de bombear o sangue através das valvas atrioventriculares, antes da sístole ventricular. Concomitantemente, é necessário que haja uma ligação muscular, através das junções atrioventriculares, para que o impulso seja distribuído rapidamente dentro dos ventrículos de modo a coordenar a contração sistólica (Anderson e Yen Ho, 2003).

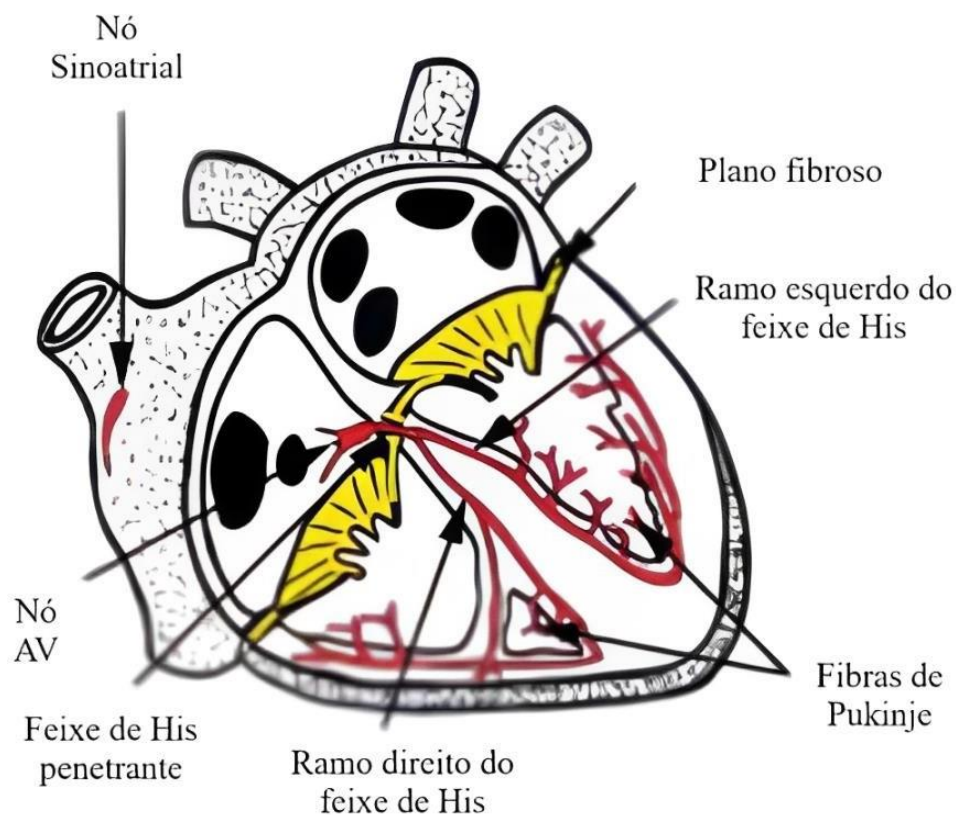
A ligação muscular é gerada por meio da substância do eixo especializado descrito por Tawara (1906), denominado feixe de His em 1893. O feixe de His é comparado a uma árvore,

com raízes no miocárdio atrial, tronco atravessando o plano isolante do átrio e seus ramos descendo em ambos os lados do septo interventricular, antes de se romper e como fibras de Purkinje, dentro do miocárdio ventricular.

Assim, o coração é capaz de bombear de forma rítmica simplesmente com base na sua integridade. Porém, à medida que o coração dos mamíferos se desenvolve, existem evidências de um sistema mais difundido de células miocárdicas, modificadas, dispostas na forma de anéis nas junções dos componentes cardíacos.

O nó sinoatrial tem localização subepicárdica (Figura 5) e está presente na forma de cunha na junção entre os músculos da veia cava cranial e do apêndice atrial direito, com base oposta à crista terminal (Sánchez-Quintana e Yen Ho, 2003). Essa localização e formato muda entre as espécies, como em coelhos, que ocupam toda a espessura da parede do seio venoso sistêmico, adjacente à crista terminal, semelhante ao visto em ratos. Em cães e suínos, o arranjo assemelha-se muito mais ao coração de humanos (Opthof *et al.*, 1987).

Figura 5 - Representação esquemática do sistema de condução cardíaco (em vermelho). O feixe de His penetra o plano fibroso atrioventricular (AV).

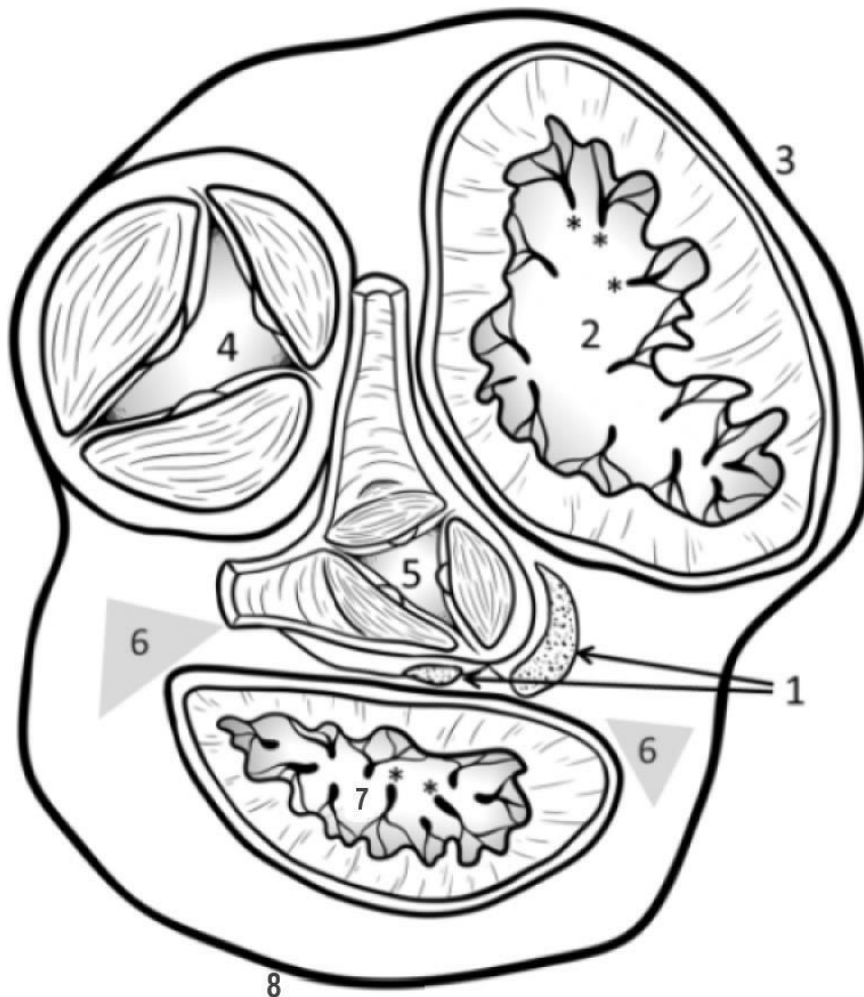


Fonte: adaptado de Sánchez-Quintana & Yen Ho (2003)

3.4. Esqueleto Cardíaco

Por estar constantemente bombeando o sangue por todo o corpo, o coração desenvolveu anéis fibrosos para que pudesse suportar a pressão que sofre, o chamado esqueleto cardíaco. O esqueleto cardíaco, então, é uma estrutura fibrosa que atua na manutenção do formato cardíaco durante a sístole e garante a eficiência da contração cardíaca (Schmack, 1974; Habermehl e Schmack, 1986). Ele é composto por dois trígono, esquerdo e direito, circundando um anel atrioventricular. Os trígono podem conter fibrocartilagem, cartilagem hialina e, em menor frequência, osso (Dyce, Sack e Wensing, 2019; Nasoori, 2020), como representado na Figura 6.

Figura 6 - Ilustração da provável posição do osso cardíaco no coração da espécie humana, vista transversal da base cardíaca com os átrios removidos. Observa-se a localização do osso cardíaco ou cartilagem cardíaca (quando presente) (1). Óstio atrioventricular esquerdo (2) circundado por cordas tendíneas (*). Ventrículo cardíaco esquerdo (3). Óstio do tronco pulmonar (4). Óstio da aorta (5), ambos circundados por anéis fibrosos ligados às valvas. Localizações relativas da trígono fibroso, tecido conjuntivo denso (6). Óstio atrioventricular direito (7) circundado por cordas tendíneas (*). Ventrículo cardíaco direito (8).



Fonte: Adaptado de Habel *et al.*, 2018.

A presença do osso cardíaco ocorre, principalmente, em grandes animais, porém, a cartilagem dentro do esqueleto cardíaco, que não desenvolve ossificação, tem sido relatada em muitas espécies, como: hamsters, serpentes, galinhas, codornas, chinchilas, iguanas, pequenas tartarugas, equinos, cães e rinocerontes (Schmack, 1974; Young, 1994; Lopez, Duran, e Sans-Coma, 2000; Lopez, Fernandez, Duran e Sans-Coma, 2001; Lopez *et al.*, 2003; Duran *et al.*, 2004; Jurado *et al.*, 2006; Erdogan, Lima e Perez, 2014; Warchulska *et al.*, 2016).

Assim como foram feitos estudos relacionando a função do osso cardíaco e cartilagem cardíaca sendo suporte contra tensões mecânicas que podem ocorrer nos movimentos cardíacos, prevenindo a dilatação valvar excessiva, descrito em bovinos, lontras, hamsters sírios (Durán *et al.*, 2004; Ghonimi *et al.*, 2014; Daghash e Farghali, 2017). Por outro lado, há estudos que relacionam o aparecimento dessas estruturas a doenças cardíacas, como a fibrose miocárdica idiopática em chimpanzés (Moittié *et al.*, 2020). Embora as duas teorias, Yoshida *et al.*, (2022) descreveu que apesar de ajudar na manutenção do formato cardíaco dando resistência às tensões sofridas, o funcionamento cardíaco normal independe da presença dessas estruturas, podendo animais de uma mesma espécie apresentar, não apresentar, ou ainda, desenvolver, dependendo da fase da vida, de forma fisiológica.

Entretanto, sugere-se que animais que apresentam a formação do osso cardíaco e que desenvolvem doença cardíaca, tendem a ter uma progressão mais rápida da doença, contribuindo para formação de um tecido cardíaco mais denso, alterando as contrações do órgão (Moittié *et al.*, 2020). Com isso, na falta de mais esclarecimento sobre a função e formação da cartilagem ou osso cardíaco, torna-se necessário mais estudos, com número maior de espécimes, sobre a estrutura.

3.5. Morfologia Cardíaca de Aves

O coração das aves de mesmo porte que um mamífero pequeno, é maior e possui maior débito cardíaco. As aves também vão apresentar maior capacidade de difusão de oxigênio tecidual, por apresentarem maior número de capilares nos músculos, cérebro e coração. Isso se deve ao requerimento de oxigênio e aporte sanguíneo que aves migratórias, principalmente, necessitam em altitudes (Grubb, 1983).

A anatomia cardíaca das aves também é semelhante à de mamíferos, com exceção do direcionamento do arco aórtico, que emerge da base cardíaca, a partir do ventrículo esquerdo, mas se direciona para o antímero direito do corpo, assim como o ápice cardíaco é levemente inclinado para a direita, e presença de duas veias cavas craniais, direita e esquerda (Figura 7). Já em relação ao sistema de condução cardíaco, consiste no nó sinoatrial, nó atrioventricular,

feixe atrioventricular (feixe de His), fibras de Purkinje, nó truncobulbar e feixe truncobulbar, esses últimos, peculiar do coração aviário (KONIG *et al.*, 2016).

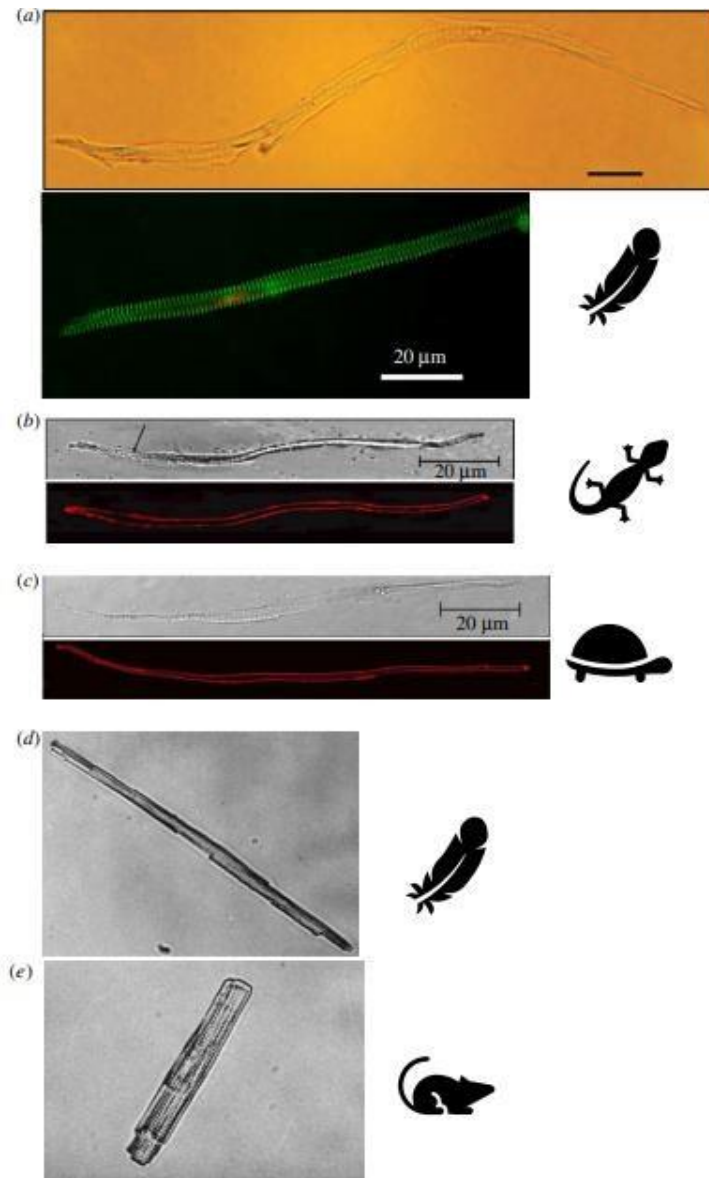
Figura 7 - Vasos da base cardíaca aviária.



Fonte: Konig *et al.*, 2016.

Histologicamente, possuem cardiomiócitos mais fusiformes e longos que os de mamíferos, se assemelhando mais aos de répteis, anfíbios e peixes (Figura 8).

Figura 8 - Cardiomiócitos em diferentes espécies, (a) cardiomiócitos recém-isolados de codorna japonesa (*Coturnix japonica*) em microscopia de luz e imunofluorescência, (b) cardiomiócitos de lagarto varanídeo (*Varanus exanthematicus*) na microscopia de luz e imagem confocal com a membrana sarcolemal visível em vermelho (c) cardiomiócitos de tartaruga de barriga amarela (*Trachemys scripta scripta*) na microscopia de luz e imagem confocal com a membrana sarcolemal visível em vermelh, (d) cardiomiócito de um tentilhão (*Fringilla coelebs*), (e) cardiomiócito de um rato. A barra de escala em (d) e (e) é de 200µm e em todas as outras imagens é de 20µm.



Fonte: Bogdanov *et al.*, 1995; Galli *et al.*, 2009; Filatova *et al.*, 2021.

A cartilagem cardíaca já foi descrita em pinguins-de-magalhães, galinhas e codornas, com localização similar, presente nas áreas de sustentação das valvas do tronco pulmonar e aórtica, sendo diferenciadas em cartilagem hialina ou fibrocartilagem (López *et al.*, 2000; Guimarães *et al.*, 2018).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram utilizados 10 exemplares de garça-branca-grande (*Ardea alba*), oriundos do batalhão da polícia ambiental (BPA) e do parque mangal-das-garças, encontrados em óbito de causa inespecífica. O material foi encaminhado ao Laboratório de Pesquisa

Morfológica Animal/LaPMA – UFRA. Para o uso dos cadáveres foi atribuída a licença de uso de animais emitida pelo SISBIO 23401-8.

Os animais foram entregues congelados, em sequência submetidos ao descongelamento em água corrente até o suficiente para se proceder a coleta dos órgãos. Foi realizada a abertura da cavidade celômica ou torácica por uma incisão mediana para acessar os órgãos cavitários. Antes da extração dos órgãos ocorreu a documentação fotográfica *in situ* e posteriormente *ex situ*. Os órgãos foram examinados através de microscópio estereoscópico, para a coleta dos fragmentos de interesse. Após esta etapa, o material coletado foi fixado em solução aquosa de formoldeído a 10%.

Os tecidos foram processados para microscopia de luz (ML), e coloração em técnicas histológicas, sendo também colhidas amostras e processadas para Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Em seguida, as lâminas, coradas e selecionadas, foram fotografadas, em microscópio de luz Leica DM2500 com câmera fotográfica DFC310FX, e software LAS V4.4.

Para a análise do sistema de condução cardíaca, obteve-se amostras da área de transição atrioventricular. Os métodos de coloração usados foram Hematoxilina e Eosina, Tricrômico de Gomori, além da Orceína, utilizada para marcar as fibras elásticas dos tecidos analisados.

Para a identificação das células do feixe de His foi realizada a técnica de imunoistoquímica para avaliar a desmina, para a visualização de filamentos intermediários (desmina) e comparar com os cardiomiócitos ao redor. Os cortes histológicos foram colocados em lâminas previamente silanizadas, a recuperação antigênica foi feita pelo método de calor úmido em panela a vapor, por 30 minutos. A incubação com os anticorpos primários foi feita em *overnight*, a 4°C, e para revelação foi utilizado o sistema Advance. A coloração foi feita em 3,3-diaminobenzidina e a contracoloração em hematoxilina e eosina. O marcador utilizado foi o D33 - monoclonal – DAKO (Mouse anti-human). Esse serviço foi terceirizado ao laboratório TECSA, em Campinas, São Paulo.

Para microscopia eletrônica de varredura (MEV), os tecidos foram pós-fixados em tetróxido de Ósmio (OSO_4) a 1% por 2 horas, sendo submetidos à desidratação em série crescente de Etanol a partir do Etanol 70% até 100%, e submetidos ao ponto crítico de CO_2 conforme Giese et al. 2009. Os fragmentos foram montados em suporte metálicos de alumínio e metalizados com Ouro+Paládium, e observados em microscópio eletrônico de varredura VEGA 3, TESCAN no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura, anexo do LHEA.

Por fim, um espécime foi selecionado para escaneamento 3D do coração e vasos da base para serem colocados em exposição no Museu de Zoologia da UFRA. Para tanto, optou-se por destacar os vasos da base com corante Xadrez, corando as artérias em vermelho e as veias em

azul. Posteriormente, foi utilizado o software Polycam 3D Lidar® para o escaneamento do órgão. Esta técnica vem sendo amplamente difundida na medicina humana e veterinária ao produzirem moldes pré-cirúrgicos, porém pode-se utilizar também para gerar peças a serem expostas em coleções.

5. RESULTADOS

5.1. Macroscopia

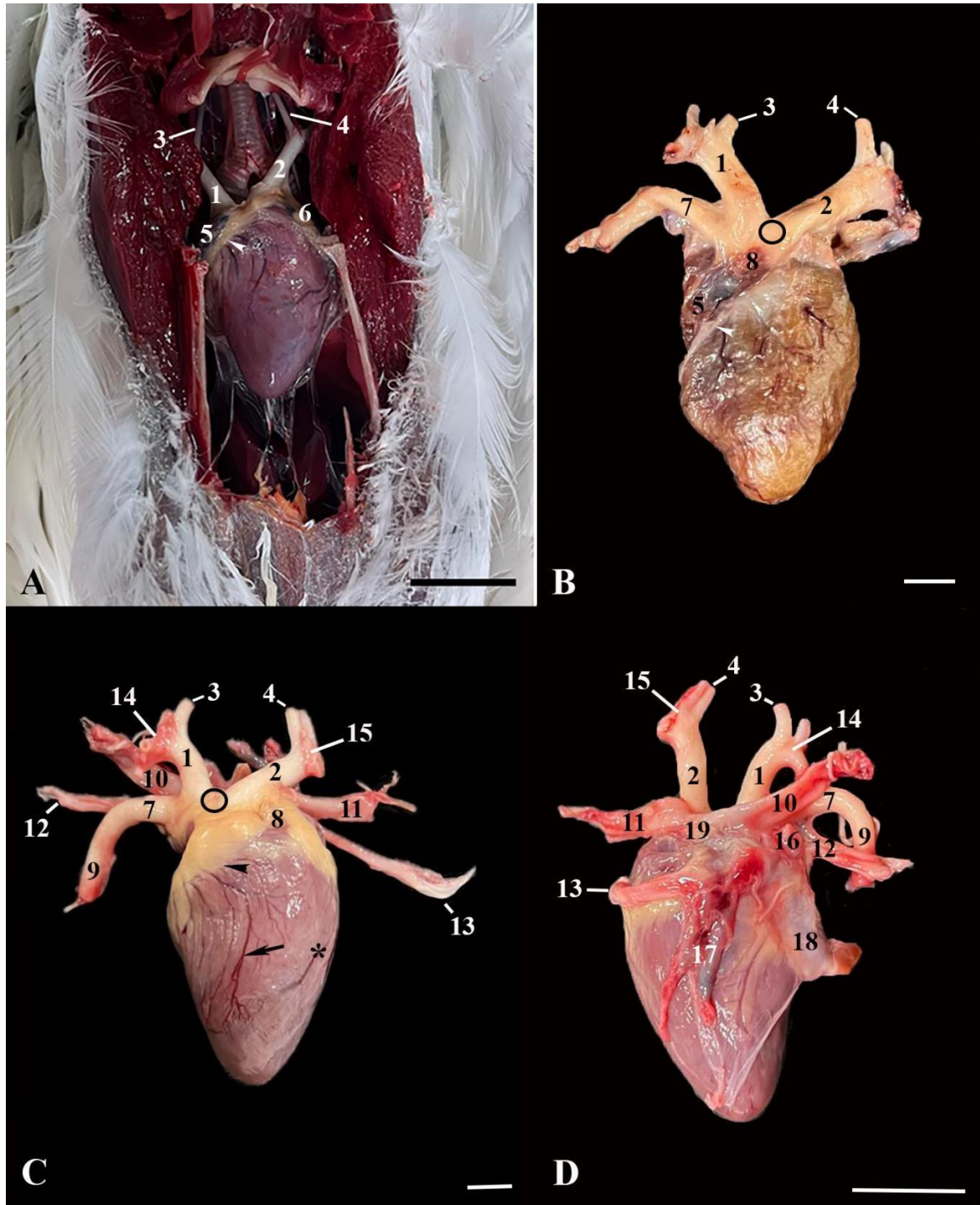
A espécie estudada apresentou o coração relativamente grande, comparado ao tamanho do corpo, direcionado levemente para a direita, com sacos aéreos adjacentes ao pericárdio, tronco braquiocefálico, artérias braquiocefálicas direita e esquerda, sobrepostos ao arco aórtico, e depósito de gordura no ápice, na vista ventral *in situ* (Figura 9).

Ex situ, na vista ventral, foram visualizados os dois troncos braquiocefálicos, direito e esquerdo, emergindo do arco aórtico, esse, por sua vez, emergindo da base cardíaca e seguindo pelo antímero direito. O tronco pulmonar mostrou-se sobreposto pelo tronco braquiocefálico esquerdo. Abaixo dos três vasos, situou-se o átrio direito, seguido do sulco coronariano marcado por gordura e o cone arterioso ao centro; átrio esquerdo e ventrículos, direito e esquerdo. Foi possível observar, também, o início das artérias carótidas comuns, direita e esquerda, como ramificações dos troncos braquiocefálicos, além dos ramos que irrigam a própria musculatura cardíaca (Figura 9).

Na vista dorsal, foram identificadas as veias cavas craniais direita e esquerda, veia cava caudal, veias e artérias pulmonares e o tronco pulmonar, além de uma melhor visualização do átrio esquerdo (Figura 9).

Figura 9 - Fotomacroscopia cardíaca *in situ* e *ex situ* de *Ardea alba*. A: artéria braquiocefálica direita (1), artéria braquiocefálica esquerda (2), tronco braquiocefálico (círculo), artéria carótida comum direita (3), artéria carótida comum esquerda (4), átrio direito (5), átrio esquerdo (6). B: arco aórtico (7), cone arterioso (8), sulco coronário (cabeça de seta). C: aorta descendente (9), artéria pulmonar direita (10), artéria pulmonar esquerda (11), veia pulmonar direita (12), veia pulmonar esquerda (13), artéria subclávia direita (14), artéria subclávia esquerda (15), ramo interventricular da artéria coronária direita (seta) e veia cardíaca esquerda (*). D: veia cava cranial direita

(16), veia cava cranial esquerda (17), veia cava caudal (18) e tronco pulmonar (19). Barra de escala: A – 2 cm, B – 1 cm, C – 1 cm e D – 2cm.

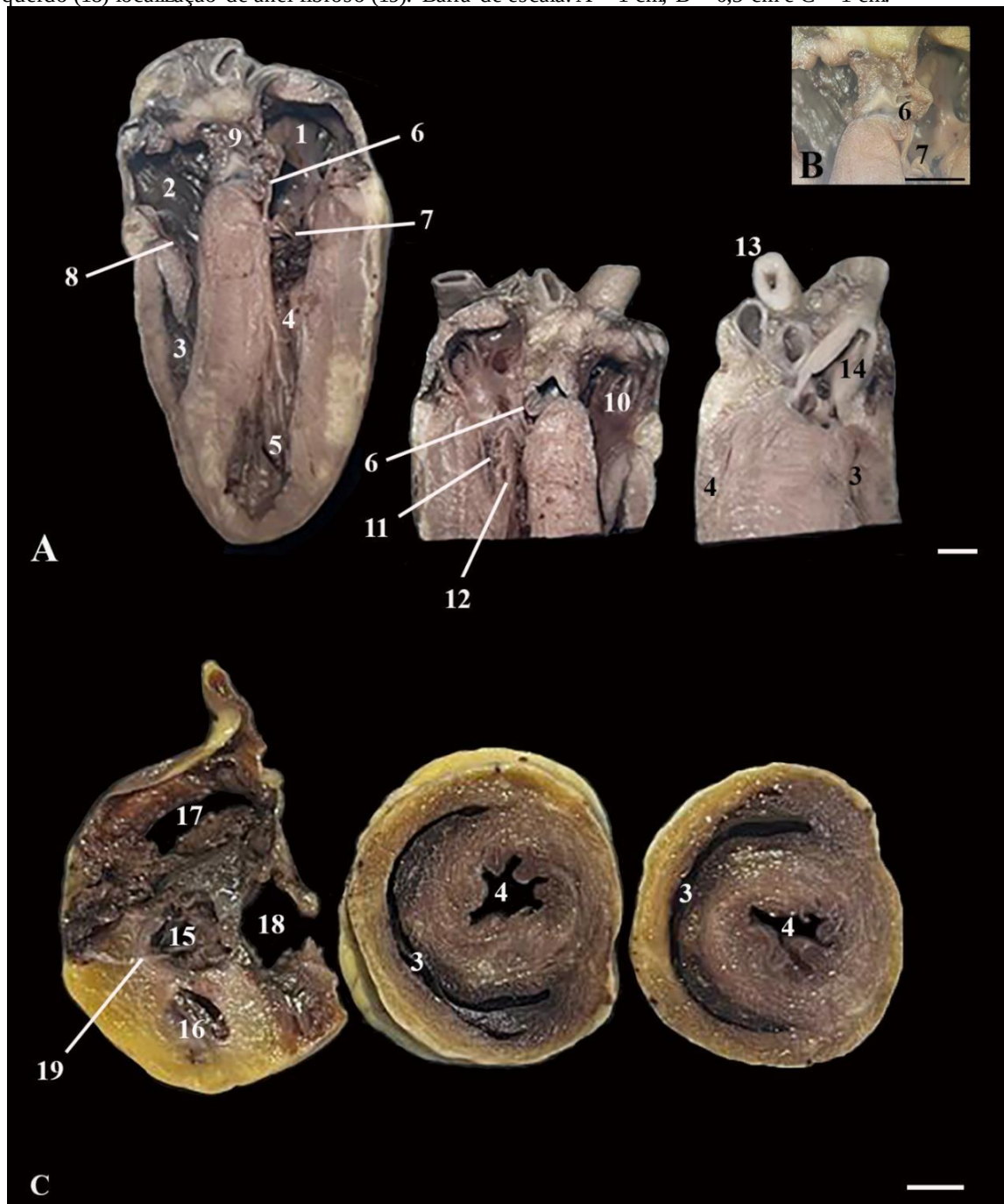


Fonte: Feio (2025).

Ao corte longitudinal, foi possível observar a musculatura extremamente desenvolvida da parede ventricular esquerda em comparação a direita, com presença das trabéculas cárneas, delimitação dos átrios e ventrículos, com evidência das valvas aórtica, atrioventricular esquerda e atrioventricular direita, músculos pectiniformes, cordas tendíneas e músculo papilar, e o aspecto de meia lua que o ventrículo direito faz envolvendo o ventrículo esquerdo (Figura 10).

Ao corte transversal, na formação de metâmeros que partem da base cardíaca até a porção média do coração, notou-se o óstio do tronco pulmonar, disposição do óstio aórtico, envolto por anéis fibrosos, e óstios atrioventriculares direito e esquerdo (Figura 10), que ressaltou o aspecto de meia lua do ventrículo direito.

Figura 10 - Fotomacroscopia interna do coração de *Ardea alba*. A: átrio esquerdo (1), átrio direito (2), ventrículo direito (3), ventrículo esquerdo (4), trabéculas cárneas (5), valva da aorta (6), valva atrioventricular esquerda (7), valva atrioventricular direita (8), cone arterioso (9), músculo pectiniforme (10), corda tendínea (11), músculo papilar (12), tronco braquiocéfálico (13) e arco aórtico (14). B: valva aórtica (6), valva atrioventricular esquerda (7). C: óstio da aorta (15), óstio do tronco pulmonar (16), óstio atrioventricular direito (17), óstio atrioventricular esquerdo (18) localização de anel fibroso (19). Barra de escala: A – 1 cm, B – 0,5 cm e C – 1 cm.

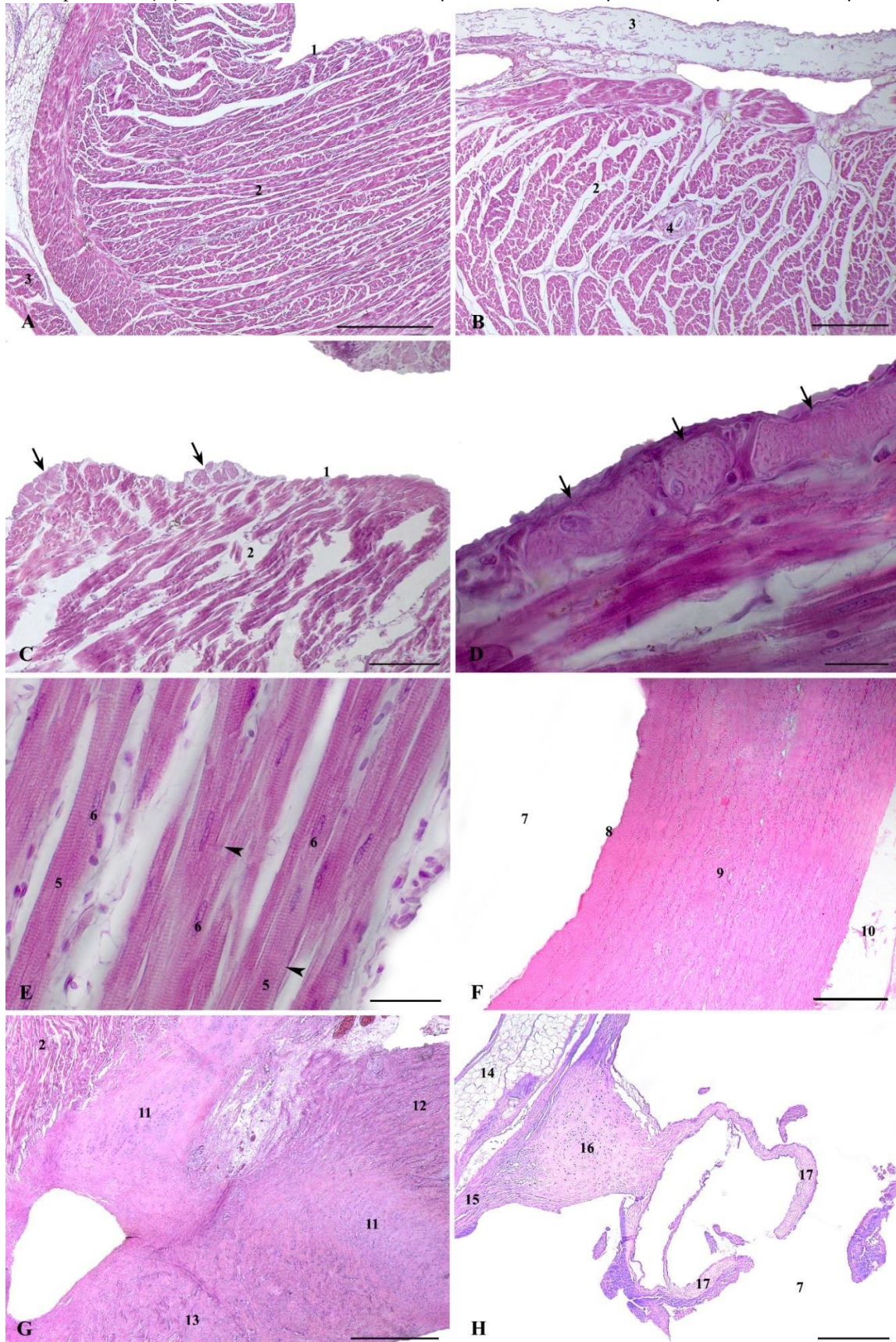


5.2. Microscopia de luz

Na microscopia cardíaca, foi possível definir as regiões de endocárdio, miocárdio e epicárdio. O endocárdio apresentou as fibras de Purkinje e nas fibras musculares do miocárdio foi possível visualizar alguns discos intercalares, em menor quantidade. Também foi dado destaque as divisões de camadas da aorta, sendo elas: túnica íntima, túnica média e túnica adventícia. Em base cardíaca, estruturas como cartilagem em base de valvas, válvulas e esqueleto fibroso também foram identificadas (Figura 11).

Figura 11 - Fotomicrografia das regiões cardíacas de *Ardea alba* em Hematoxilina e Eosina. A: endocárdio (1), miocárdio (2) e epicárdio (3). B: miocárdio (2), epicárdio (3) e arteríola (4). C: endocárdio (1), miocárdio (2), fibras de Purkinje (seta). D fibras de Purkinje (seta). E: cardiomiócitos (5), núcleo dos cardiomiócitos (6) e discos intercalares (cabeça de seta). F: lúmen vascular (7), túnica íntima (8), túnica média (9) e túnica adventícia (10). G: miocárdio (2), cartilagem cardíaca em base de aorta (11), aorta (12), esqueleto fibroso (13). H: lúmen vascular (7),

tecido adiposo perivascular (14), tronco pulmonar (15), cartilagem cardíaca em base de válvula (16), válvula em tronco pulmonar (17). Barra de escala: A e G – 500 μ m, B, F e H – 200 μ m, C – 100 μ m, D e E – 20 μ m.

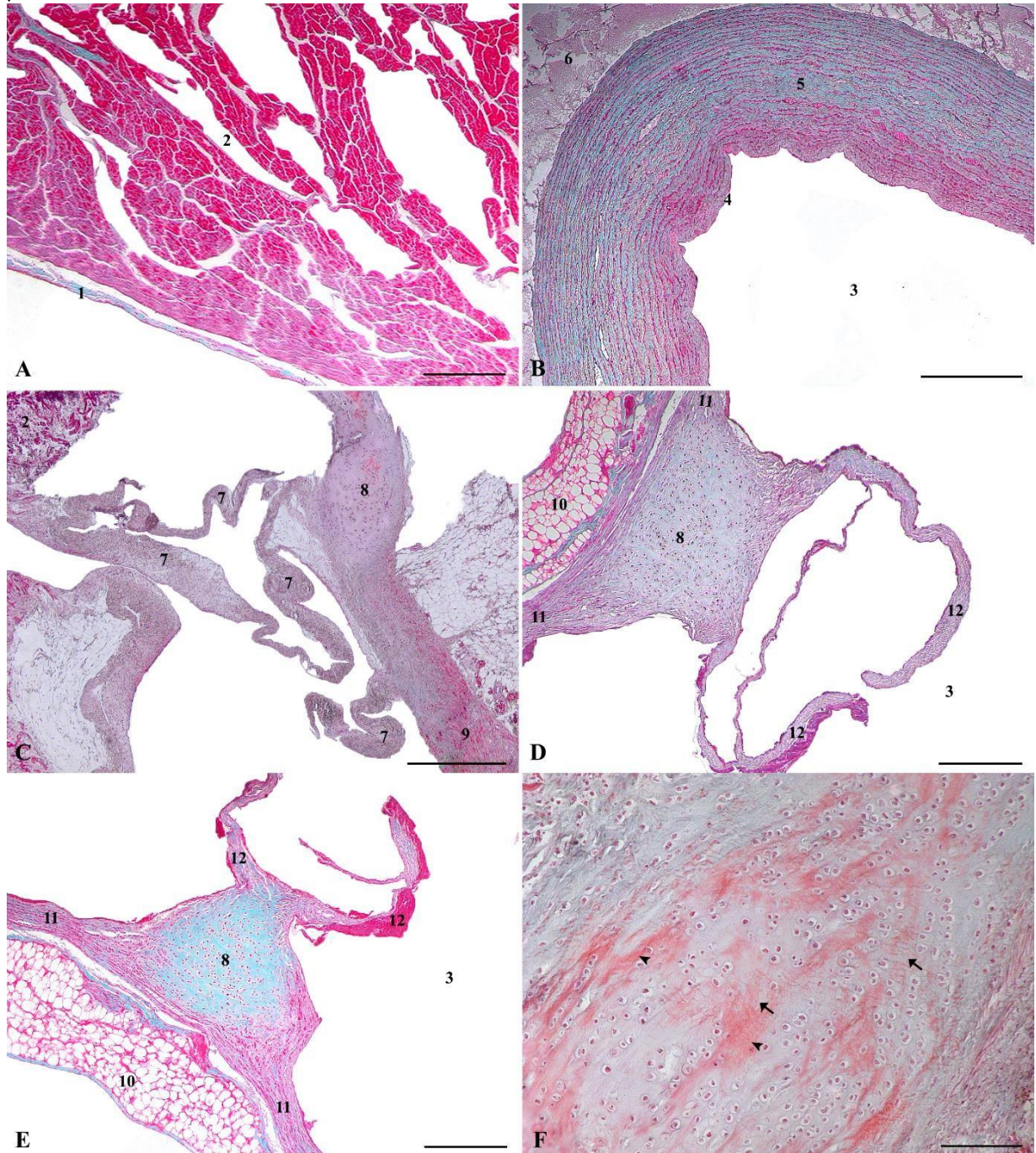


Fonte: Feio (2025).

Foram utilizadas técnicas de colorações especiais para diferenciação do tipo de cartilagem visualizada nas estruturas cardíacas. Com a coloração de Tricrômico de Gomori, foi possível diferenciar as fibras colágenas presentes no tecido, compondo um tecido conjuntivo denso não modelado em projeções de válvulas, dentro de peças de cartilagem, vasos e no epicárdio (Figura 12).

Figura 12 - Fotomicrografia das regiões cardíacas de *Ardea alba* em Tricrômico de Gomori. A: epicárdio (1), miocárdio (2). B: lúmen vascular (3), túnica íntima (4), túnica média (5), túnica adventícia (6). C: miocárdio (2), valva aórtica (7), cartilagem cardíaca (8), aorta (9). D: tecido adiposo perivascular (10), tronco pulmonar (11), cartilagem cardíaca (8), válvula em tronco pulmonar (12), lúmen vascular (3). E: tecido adiposo perivascular (10), tronco pulmonar (11), cartilagem cardíaca (8), válvula em tronco pulmonar (12), lúmen vascular (3). F: fibras

elásticas (seta) e fibras colágenas (cabeça de seta). Barra de escala: A e F – 100 μ m, B e C – 500 μ m, D e E – 200 μ m.

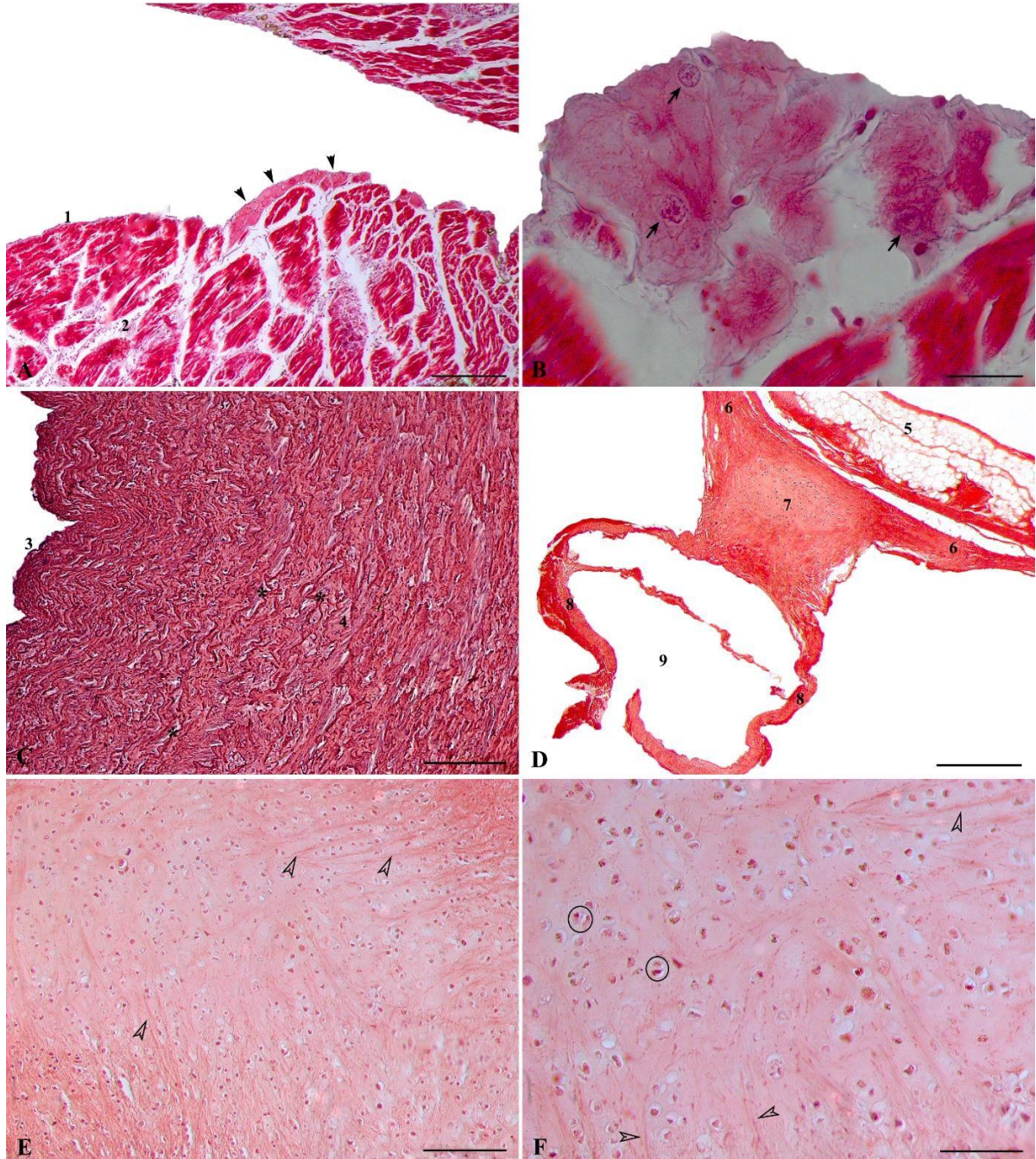


Fonte: Feio (2025).

Para melhor destacar as fibras elásticas visualizadas, na coloração de tricrômico de Gomori, nas peças de cartilagem, as estruturas foram coradas em Orceína. Assim, sendo possível caracterizar a cartilagem como elástica e, também, evidenciar as fibras presentes na aorta e fibras de Purkinje (Figura 13).

Figura 13 - Fotomicrografia das regiões cardíacas de *Ardea alba* em Orceína. A: endocárdio (1), miocárdio (2), fibra de Purkinje (cabeça de seta). B: núcleo das células da fibra de Purkinje (seta). C: túnica íntima (3), túnica média (4), fibras elásticas (*). D: tecido adiposo perivascular (5), tronco pulmonar (6), cartilagem cardíaca (7),

válvula (8), lúmen vascular (9). E: fibras elásticas (cabeça de seta vazia). F: fibras elásticas (cabeça de seta vazia) e grupos isógenos (círculo). Barra de escala: A e D – 200 μm , B – 20 μm , C e E – 100 μm , F – 50 μm .

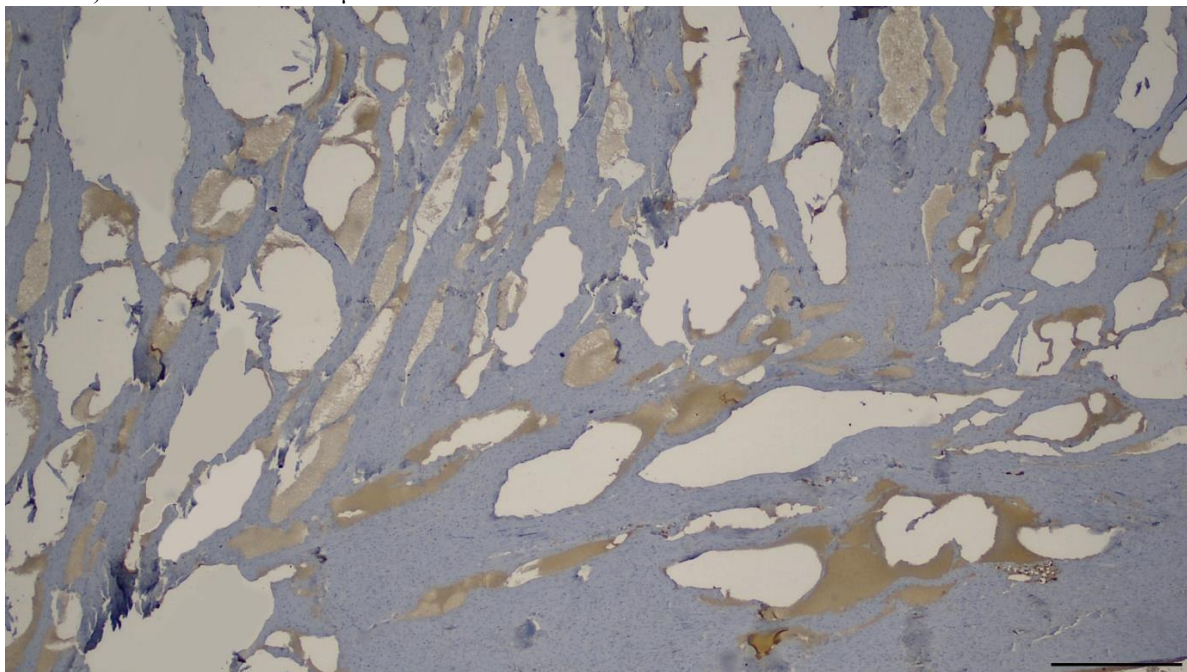


Fonte: Feio (2025).

5.3. Imunoistoquímica

Na imunoistoquímica, na coloração 3,3-diaminobenzidinaa, não houve marcação para desmina nas fibras em região de corpo cardíaco (Figura 14).

Figura 14 - Fotomicrografia de imunoistoquímica de marcação negativa para desmina (D33 - monoclonal - DAKO®). Barra de escala: 500 µm.



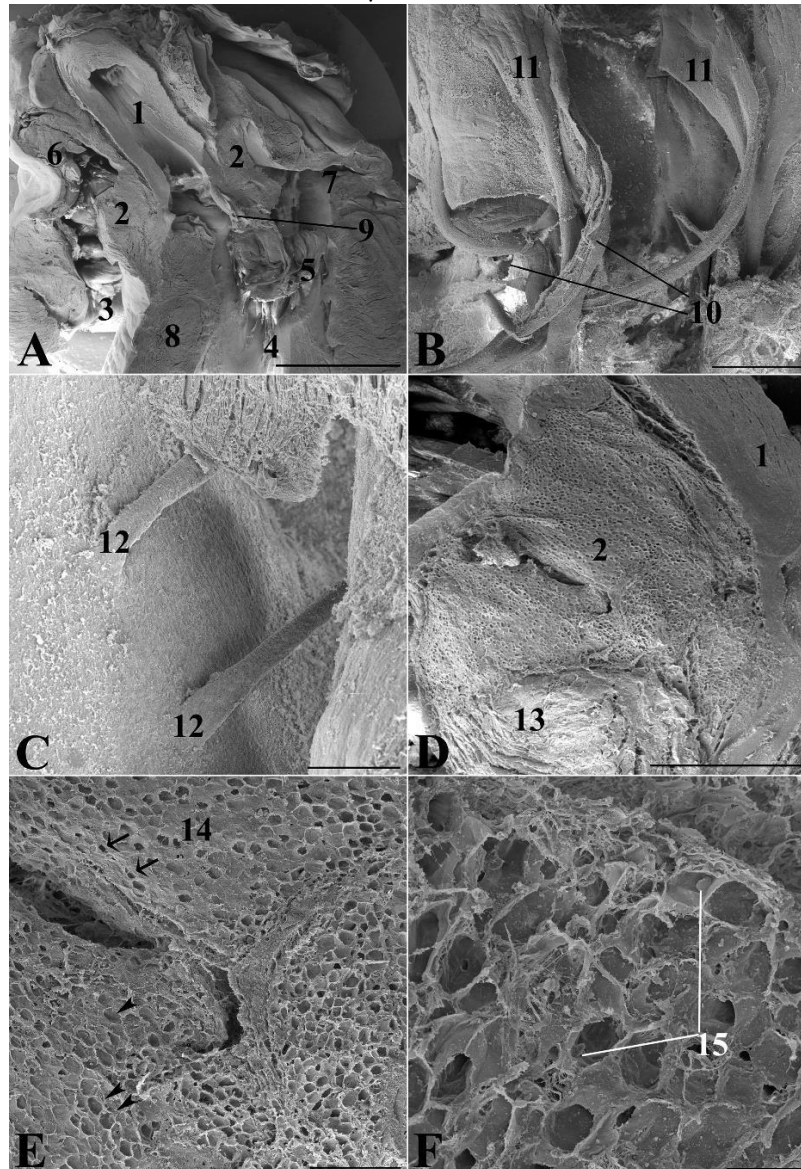
Fonte: Feio (2025).

5.4. Microscopia Eletrônica de Varredura

Nessa análise, foi possível destacar as peças cartilaginosas que forneciam sustentação física ao arco aórtico, apresentadas como peças bem delimitadas e bem desenvolvidas, comparadas ao tamanho do vaso, uma de cada lado. Também foi possível identificar as áreas de transição atrioventriculares, com presença das cordas tendíneas ancorando os folhetos das válvulas presentes na valva do óstio atrioventricular esquerdo e a presença de trabéculas cárneas e septomarginais. Nas cartilagens, foi possível diferenciar as células jovens, os condroblastos das células maduras, os condrócitos (Figura 15).

Figura 15 - Microscopia eletrônica de varredura das estruturas cardíacas de *Ardea alba*. A: aorta (1), cartilagem cardíaca (2), óstio atrioventricular direito (3), óstio atrioventricular esquerdo (4), valva do óstio atrioventricular esquerdo (5), átrio direito (6), átrio esquerdo (7), septo interventricular (8), valva aórtica (9). B: imagem ampliada da região 5, com cordas tendíneas (10) e folhetos valvares (11). C: trabéculas cárneas septomarginais (12). D: aorta (1), cartilagem (2) e esqueleto fibroso ou tecido mixomatoso (13). E: imagem ampliada de 2, com matriz

extracelular (14), condrócitos (cabeça de seta), condroblastos (seta). F: condrócitos (15). Barras de escala: A – 2,5 mm, B – 500 mm, C e E – 200 mm, D – 0,5 mm, F – 50 μ m.



Fonte: Feio (2025)

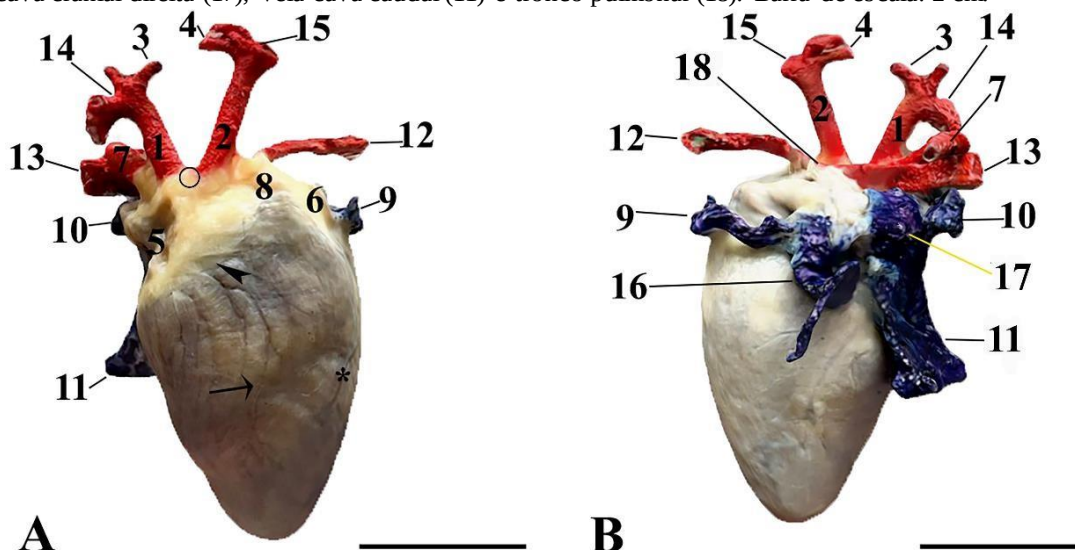
5.5. Escaneamento 3D

O escaneamento do órgão corado didaticamente, com a coloração vermelha para vasos arteriais e a coloração azul para vasos venosos, foi obtido e registrado no link abaixo:

<https://poly.cam/capture/0A16CBF9-DF85-4EF7-8C3C-ADDF22E99A6F>

E as estruturas cardíacas foram identificadas (Figura 16).

Figura 16 - Imagem 3D do coração corado de *Ardea alba*. A: artéria braquiocefálica direita (1), artéria braquiocefálica esquerda (2), tronco braquiocefálico (círculo), artéria carótida comum direita (3), artéria carótida comum esquerda (4), átrio direito (5), átrio esquerdo (6), arco aórtico (7), cone arterioso (8), sulco coronário (cabeça de seta), veia pulmonar esquerda (9), veia pulmonar direita (10), veia cava caudal (11), artéria pulmonar esquerda (12), artéria pulmonar direita (13), artéria subclávia direita (14), artéria subclávia esquerda (15), ramo interventricular da artéria coronária direita (seta) e veia cardíaca esquerda (*). B: veia cava cranial esquerda (16), veia cava cranial direita (17), veia cava caudal (11) e tronco pulmonar (18). Barra de escala: 2 cm.



Fonte: Feio (2025).

6. DISCUSSÃO

Macroscopicamente, o tamanho do coração encontrado em garça-branca-grande, quando comparado ao seu corpo, é compatível ao descrito em aves, sendo quase duas vezes maior que o de um mamífero de mesmo porte, o que faz com que as aves tenham volume sistólico maior, assim, bombeando mais sangue por unidade de tempo que eles (Bishop, 1997). Isso se justifica pela alta taxa de energia aeróbica necessária para sustentar o voo.

O beija-flor possui o maior coração em relação à massa corporal de todas as aves e pode chegar a uma frequência cardíaca de 1260 batimentos por minuto (Lansford *et al.*, 2020).

Porém, um estudo feito somente com aves de vida livre e mais ativas, pontuou a diferença do tamanho do órgão comparado ao de galinhas domésticas, menos ativas, relacionando que o tamanho do coração está ligado a capacidade de locomoção das espécies (Machida *et al.*, 2001).

O coração apresentou a localização habitual encontrada em aves, que na ausência do diafragma, fica acomodado sobre os lobos hepáticos (Dyce *et al.*, 2019). O pericárdio seroso, junto ao tecido adiposo, principalmente em região de seio coronário, ocultou os ramos da artéria coronária, assim como visto em avestruzes (Soares *et al.*, 2010).

O arco aórtico desenvolvido também é comum ao das demais aves, sendo o arco aórtico direito, que dará origem aos troncos braquiocefálicos. De acordo com Lansford *et al.* (2020), até seis arcos aórticos se desenvolvem no embrião, mas apenas três continuam no recém-nascido e nas aves o esquerdo não se desenvolve, ao contrário do que ocorre em mamíferos, que também possuem artérias subclávias emergindo diretamente do arco aórtico. Também vão divergir das características encontradas no peru e no avestruz, aves que não apresentam o tronco braquiocefálico originando as artérias braquiocefálicas, essas que emergem separadamente do arco aórtico (Dyce *et al.*, 2019; Soares *et al.*, 2010).

Outro vaso importante, é o tronco pulmonar, que nas garças-grande-branca fora situado sobrepostos pelos troncos braquiocefálicos, enquanto no pinguim-de-magalhães, ele encontrava-se cranial e a esquerda do tronco braquiocefálico esquerdo e sua porção inicial podia ser visualizada na vista ventral do órgão, o qual nas garças apresentou visualização dorsal (Guimarães *et al.*, 2018).

A entrada diferente da veia cava cranial direita e veia cava caudal, separada da veia cava cranial esquerda foi descrita por King & McLelland, (1984), que também pontuaram sobre a parede ventricular esquerda ser de duas a três vezes mais desenvolvida que a direita, sendo essa com formato de meia lua no ventrículo e não se estende até o ápice cardíaco. Mas essa relação de espessura do ventrículo esquerdo e o direito foi descrita sendo até quatro vezes superior, em um estudo feito em uma ave ratita (Borges *et al.*, 2020). Os músculos pectiniformes, dispostos na parede dos átrios, eram bem desenvolvidos e visualizados com facilidade, assim como em avestruz (Soares *et al.*, 2010).

Microscopicamente, um estudo das cordas tendíneas de galinhas, realizado em microscopia eletrônica de varredura, descreveu a inexistência de cordas tendíneas na valva atrioventricular direita, a qual era formada por um único retalho muscular em espiral, relacionando uma menor pressão presente nas câmaras do antímero direito cardíaco. Já a valva atrioventricular esquerda apresentou três cúspides, uma localizada no septo e outras duas localizadas na parede externa, com origem nos músculos papilares e aderidas às cordas tendíneas (Yildiz & Cavusoglu, 2004). Tal condição também foi encontrada na garça-branca-grande. Esse padrão diverge da anatomia valvar descrita em mamíferos, em que apresentam valvas bicúspides e tricúspides nas localizações de óstio atrioventricular esquerdo e direito, respectivamente (Dyce *et al.*, 2019). Além das cordas tendíneas, também foi possível visualizar as trabéculas cárneas, especificamente, as septomarginais, também descritas no coração de avestruz (Soares *et al.*, 2010).

Estratigraficamente, o coração da garça-branca-grande apresentou as três camadas semelhantes ao encontrado em aves domésticas da Índia, sendo o endocárdio composto por tecido epitelial pavimentoso simples e presença de fibras de Purkinje em sua porção subendocárdica. O miocárdio mais espesso, com presença de fibras musculares cardíacas estriadas e com núcleo central. O epicárdio com presença de uma fina camada de células mesoteliais e tecido conjuntivo frouxo cercado por adipócitos (Jaiswal *et al.*, 2017).

Assim como visto em pintinhos, as células que compõem as fibras de Purkinje não possuem um limite regular, sendo, geralmente, onduladas (Hirakow, 1966). Possuem diâmetro muito maior do que a fibra muscular normal e apresentam a maior parte composta por sarcoplasma claro e sem estruturas, com presença de miofibrilas formando um anel fino ao redor da periferia das células, assim como visto em avestruz (Parto *et al.*, 2013).

Os cardiomiócitos alongados apresentados são compatíveis ao de galinhas adultas descritas por Shiels (2022), em que apresentaram células mais longas que 100 μm e com largura de aproximadamente 10 μm , sendo mais semelhante aos répteis, anfíbios e peixes, animais ectotérmicos. Enquanto os mamíferos, endotérmicos, possuem células de comprimento inferior a 100 μm e largura de, aproximadamente 25 μm (Dibb *et al.*, 2009; Shiels & Galli, 2014). Assim, para que haja o aumento da frequência cardíaca, há a hipótese das aves possuírem modificações nos fluxos de Ca^{2+} nas células, assim, compensando a morfologia longa e fina de seus miócitos (Shiels, 2022).

Em relação aos discos intercalares, junções de adesão que atuam na contração rítmica cardíaca, são estruturas que só estão presentes em aves e mamíferos. Um dos primeiros estudos que os descrevem em aves, foi realizado em beija-flores, nos quais foram descritos em menor quantidade ao encontrado em mamíferos e em quantidades diferentes dependendo da localização das fibras musculares cardíacas (Jordan, 1911), a mesma característica foi visualizada na garça-branca-grande.

Quanto ao esqueleto cardíaco, um estudo realizado com 28 galinhas domésticas e 10 codornas, evidenciou presença de cartilagem cardíaca em localização semelhante à de serpentes, com a cartilagem se estendendo aos folhetos da valva aórtica (Lopez *et al.*, 2000; Sasasn *et al.*, 2015) o que também foi visualizado na garça-branca-grande. A função da cartilagem cardíaca foi sugerida como semelhante à do osso cardíaco, promovendo sustentação a áreas de maior tensão, promovendo estabilidade. Essa condição indica que as células da crista neural, responsáveis por se desenvolver em cartilagem, é a provável explicação para futuro desenvolvimento ósseo cardíaco (Lopez *et al.*, 2000; Lopez *et al.*, 2001; Duran *et al.*, 2004;

Warchulska et al. 2016). Porém, os fibrócitos cardíacos também podem ser responsáveis pela formação de cartilagem no coração (Von Gise & Pu, 2012).

Em contrapartida, as garças-grande-branca apresentaram uma cartilagem cardíaca, composta, predominantemente, por fibras elásticas dispostas na matriz extracelular, sendo classificada como cartilagem elástica, o que contraria o descrito em pinguins-de-magalhães, perus, avestruz, galinha doméstica e em mamíferos – em que há relato de cartilagem hialina ou fibrocartilagem (Schmack, 1974; Young, 1994; Lopez, Duran, e Sans-Coma, 2000; Lopez, Fernandez, Duran e Sans-Coma, 2001; Lopez *et al.*, 2003; Duran *et al.*, 2004; Jurado *et al.*, 2006; Soares *et al.*, 2010; Erdogan, Lima e Perez, 2014; Warchulska *et al.*, 2016; Guimarães *et al.*, 2018). Isso pode ser em justificativa às forças de tensão que o órgão sofre em aves migratórias, que pratica voos longos, porém, necessita-se de mais estudos em outras espécies de mesmo hábito para realizar a comparação morfológica. Ademais, assim como em pinguins, apresentou peças de cartilagem dos dois lados da valva aórtica, com tecido mixomatoso (esqueleto fibroso) adjacente (Guimarães *et al.*, 2018).

A não marcação de desmina no tecido cardíaco divergiu do encontrado em galinhas adultas por Tokuyasu *et al.* (1985), porém, o autor relata que a marcação também pode ser negativa em indivíduos da mesma espécie, em idades diferentes. Outros fatores relacionados são o método de fixação do tecido, em que o outro estudo utilizou o congelamento e crioultramicrotomia; o método de análise, sendo a microscopia de imunofluorescência mais eficaz; e o anticorpo utilizado, o qual foi utilizado o de coelhos – divergindo, também, do estudo atual, em que o anticorpo era de camundongo.

A ausência de desmina também fora relatada em ocorrência de cardiomiopatia dilatada, em mamíferos, sendo fundamental para manter a integridade estrutural e função dos músculos, embora não seja requerida nos estágios iniciais do desenvolvimento (Paulin & Li, 2004).

A abordagem 3D possibilitou marcar os vasos da base e visualizá-lo em diferentes ângulos, facilitando a descrição dos mesmos, assim como suas origens e inserções. estudos realizados sobre eficácia do aprendizado em técnicas 3D aumentaram quando o ensino online se estabeleceu entre instituições de ensino. Estudos feitos com esqueleto equino, anatomia caudal dos lagartos, laringe e aparelho hioide de caninos, comprovaram que a tecnologia 3D é uma boa alternativa para o estudo continuado, em que os alunos conseguem acessar o material de qualquer lugar; para os desafios da dissecação de estruturas delicadas, que podem ser danificadas no processo; e para complementar imagens 2D de diagnóstico por imagem (Amorim *et al.*, 2015; Nemanic *et al.*, 2016; Hontoir *et al.*, 2023).

Ainda, o estudo realizado com a laringe e aparelho hioide de caninos, destacou que para melhorar o aprendizado, a entrega de tutoriais para o uso correto das plataformas 3D intensificou a absorção do conteúdo pelos alunos (Nemanic *et al.*, 2016). Deste modo, a anatomia cardíaca da *Ardea alba* foi escaneada com o mesmo objetivo, para que leitores acessem o material de qualquer espaço físico e possam se aproximar das estruturas, movendo o espécime virtualmente, para melhor compreendê-lo.

7. CONCLUSÃO

Nossos achados revelam que a garça-branca-grande possui direcionamento da aorta semelhante ao que é visualizado nas aves em geral. Assim como outras espécies, também possui cartilagem cardíaca em seu coração, porém, com o tipo identificado incomum em literatura, sendo ela elástica, podendo estar relacionado com a tensão que as estruturas são submetidas em aves migratórias. Ademais, a utilização da tecnologia 3D foi reafirmada como método de propagação de ensino, facilitando a visualização das estruturas.

8. REFERÊNCIAS

AMORIM, J. D. C. G. de, TRAVNIK, I., SOUSA, B. M. de. Simplified Three-Dimensional Model Provides Anatomical Insights in Lizards' Caudal Autotomy as Printed Illustration. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 87(1): 63-70, 2015.

<http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201520130298>

ANDERSON, R. H., YEN HO, S. The Morphology of The Cardiac Conduction System. Development of the Cardiac Conduction System: Novartis Foundation Symposium 250. Volume 250 Edited by Derek J. Chadwick and Jamie Goode Copyright ¶ **Novartis Foundation**, 2003. ISBN: 0-470-85035-3

BOGDANOV, K. Y., ZIMAN, B. D., SPURGEON, H. A., LAKATTA, E. G. L- and T-type calcium currents differ in finch and rat ventricular cardiomyocytes. **J. Mol. Cell. Cardiol.** 27, 2581–2593. 1995 (doi:10.1006/jmcc.1995.0045)

BORGES, R. S. M., MEDEIROS, A. M., SILVA, J. G., PAIVA, R. R. L. T., COSTA, H. S., OLIVEIRA, M. F., MOURA, C. E. B. Morphometry of the heart of greater rhea (*Rhea americana americana*, Linnaeus, 1758). **Anat Histol Embryol.** Mar;50(2):345-349, 2021. doi: 10.1111/ahe.12635. PMID: 33236380.

BISHOP, C. M. Heart mass and the maximum cardiac output of birds and mammals: implications for estimating the maximum aerobic power input of flying animals. **Phil. Trans. R. Soc. Lond.** B 352, 447–456, 1997. (doi:10.1098/rstb.1997.0032)

CAMPOS, C. E. C., NAIFF, R. H. e ARAUJO, A. S. Censo das aves migratórias (Charadriidae e Scolopacidae) da Porção Norte da Bacia Amazônica, Macapá, Amapá, Brasil. **Ornithologia** 3(1):38-46, 2008.

CORRÊA, T. C. *et al.* Genetic structuring among populations of the great egret, *Ardea alba egretta*, in major Brazilian wetlands. **Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.** 26: 333–349, 2016. DOI: 10.1002/aqc.2588

CUBAS, Z. S., SILVA, J. C.R., CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de animais selvagens:** Medicina Veterinária. 2.ed. São Paulo: Editora GEN/Roca, 2014. 2470p.

DAGHASH, S. M., FARGHALI, H. A. M. The cardiac skeleton of the Egyptian Water buffalo (*Bubalus bubalis*). **Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.** 4: 1–13, 2017.

DIBB, K. M., CLARKE, J. D., HORN, M. A., RICHARDS, M. A., GRAHAM, H. K., EISNER, D. A., TRAFFORD, A. W. Characterization of an extensive transverse tubular network in sheep atrial myocytes and its depletion in heart failure. **Circ. Heart Fail.** 2, 482–489. 2009. (doi:10.1161/ circheartfailure.109.852228)

DURÁN, A. C., LÓPEZ, D., GUERRERO, A., MENDOZA, A., ARQUÉ, J. M., SANS-COMA, V. Formation of cartilaginous foci in the central fibrous body of the heart in Syrian hamsters (*Mesocricetus auratus*). **J. Anat.** 205: 219–227, 2004.

DYCE, K. M., SACK, W. O., WENSING, C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária.** 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

ERDOĞAN, S., LIMA, M. & PÉREZ, W. Inner ventricular structures and valves of the heart in white rhinoceros (*Ceratotherium simum*). **Anat Sci Int**, 89, 46-52, 2014.

FILATOVA, T. S., ABRAMOCHKIN, D. V., PAVLOVA, N. S., PUSTOVIT, K. B., KONOVALOVA, O. P., KUZMIN, V. S., DOBRZYNSKI, H. Repolarizing potassium currents in working myocardium of Japanese quail: a novel translational model for cardiac electrophysiology. **Comp. Biochem. Physiol. A: Mol. Integr. Physiol.** 255, 110919. 2021 (doi:10.1016/j.cbpa.2021.110919)

FREDERICK P. C., GAWLIK D. E., OGDEN J. C., COOK M. I., LUSK M. The White Ibis and Wood Stork as indicators for restoration of the everglades ecosystem. **Ecological Indicators** 9: 83–95, 2009.

GALLI, G. L., WARREN, D. E., SHIELS, H. A. Ca²⁺ cycling in cardiomyocytes from a high-performance reptile, the varanid lizard (*Varanus exanthematicus*). **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, 2009. doi:10.1152/ajpregu.00381.2009. PMID: 19812356.

GHONIMI, W., BALAH, A., BAREEDY, M. H., ABUEL-ATTA, A. A. Os cordis of the mature dromedary camel Heart (*Camelus dromedaries*) with special emphasis to the cartilago cordis. **J. Veterinar. Sci. Technolo.** 5: 193, 2014.

GRAY, H. **Gray's Anatomy**. 38th edn (ed. Williams PL). New York: Churchill Livingstone, 1995.

GRUBB, B. Allometric relations of cardiovascular function in birds. **Am J Physiol**. 245: H567–H572, 1983.

GUIMARÃES, D. F., CARVALHO, A. P. M., YWASAKI, J., NEVES, C. D., RODRIGUES, A. B. F., SILVEIRA, L. S. Morfologia do coração e dos vasos da base do pinguim-de-magalhães (*Spheniscus magellanicus*). **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.70, n.4, p.1195-1202, 2018. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Campos dos Goytacazes, RJ <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9860>

HABEL, R. E. *et al.* In G. M. Constantinescu (Ed.), Illustrated **Nomina Anatomica veterinary** (4th ed.). Thieme Publishing Group, 2018.

HABERMEHL, K. H., SCHMACK, K. H. The topography of the heart valves in horses, cattle and dogs. **Anat Histol Embryol**, 15, 240-8, 1986.

HANCOCK, J. **Hérons and egrets of the World**: a Photographic journey. London: Academic Press, 1999.

HERRING G., GAWLIK D. E. Differential physiological responses to prey availability by the great egret and white Ibis. **The Journal of Wildlife Management** 77: 58–67, 2013.

HILDEBRAND, M.; GOSLOW, G. E. **Análise da estrutura dos vertebrados**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2006. 637 p.

HIRAKOW, R. Fine Structure of Purkinje Fibers in the Chick Heart. **Arch. histol jap**. Vol. 27, P. 485-499, 1966.

HÖFLING, E., CAMARGO, H. F. A. **Aves no Campus: Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira**. Edusp & IB-USP, São Paulo, 1996.

HONTOIR, F., SIMON, V., RAEVE, Y. de, DUMORTIER, L., DUGDALE, A., WANDEWEERD, J-M. Can Online Teaching of Radiographic Anatomy Replace Conventional On-Site Teaching? A Randomized Controlled Study. **Journal of Veterinary Medical Education**. Volume 50, Number 2, 2023. <https://doi.org/10.3138/jvme-2021-0153>

HORST E. KÖNIG; RÜDIGER KORBEL; HANS-GEORG LIEBICH, with contributions from Hermann Bragulla [and fifteen others]; translated by Corinna Klupiec. **Avian Anatomy: Textbook and Colour Atlas**. Sheffield, [England] :5m Publishing, 2016.

IUCN. **Red List of Threatened Species**. Version 2023-1. 2023. <https://www.iucnredlist.org/species/22697043/155465940> [08 JUN 2024]

JAISWAL, S., SINGH, I., MAHANTA, D., SATHAPATHY, S., MRIGESH, M., TAMIL SELVAN, S. Histological, histomorphometrical, histochemical and ultrastructural studies on the heart of Uttara fowl. **Journal of Entomology and Zoology Studies**; 5(6): 2365-2370, 2017.

JAMES, T.N. *et al.* Anatomy of the sinus node, AV node, and His bundle of the heart of the sperm whale (*Physeter macrocephalus*), with a note on the absence of an os cordis. **Anatomical Record** 242, 355–373, 1995.

JENSEN, B. *et al.* Evolution and development of the building plano f the vertebrate heart. **Biochimica et Biophysica Acta** 1833, 783–794, 2013.

JORDAN, H. E. The structure of heart muscle of the humming bird, with special reference to the intercalated discs. **Anat. Rec.**, 5: 517-529. 1911. <https://doi.org/10.1002/ar.1090051103>

JURADO, S., DA SILVA, R., MORCELLI, V. Morphology of the atrioventricular junction in Iguana iguana (Reptilia-Iguanidae). 3 ed.: **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, 2006.

KARDONG, K. V. **Vertebrados: anatomia comparada, função e evolução**. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 788 p.

KING, A. S., MCLELLAND, J. **Cardiovascular system**. In: Birds—their structure and function. 2nd edition. East Sussex: Baillie`re Tindall; 1984. p. 214–28.

LANSFORD, R., RUGONYI, S. Follow me! A tale of avian heart development with comparisons to mammal heart development. **J. Cardiovasc. Dev. Dis.** 7, 8. 2020. (doi:10.3390/jcdd7010008)

LOPEZ, D., DURAN, A. C., SANS-COMA, V. Formation of cartilage in cardiac semilunar valves of chick and quail. **Ann Anat**, 182, 349-59, 2000.

LÓPEZ, D., FERNÁNDEZ, M. C., DURÁN, A. C., SANS-COMA, V. Cartilage in pulmonary valves of Syrian hamsters. **Ann Anat**, 183, 383-8, 2001.

LÓPEZ, D., DURÁN, A. C., DE ANDRÉS, A. V., GUERRERO, A., BLASCO, M., SANS-COMA, V. Formation of cartilage in the heart of the Spanish terrapin, *Mauremys leprosa* (Reptilia, Chelonia). **J Morphol**, 258, 97-105, 2003.

LOWERY, J., KUCZMARSKI, E.R., HERMANN, H., GOLDMAN, R.D. Intermediate filaments play a pivotal role in regulating cell architecture and function. **J Biol Chem** 290:17145–17153, 2015. <https://doi.org/10.1074/jbc.R115.640359>

MATARAZZO-NEUBERGER, W. M. Guildas, organização e estrutura da comunidade: análise da avifaunada represa Billings, São Paulo. **Tese (doutorado)** – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994. 174 p.

MACHIDA, N., AOHAGI, Y. Electrocardiography, Heart Rates, And Heart Weights Of Free-Living Birds. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, 32(1):47-54, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1638/1042-7260>

MCCRIMMON, D. A., J. C. Ogden, and G. T. Bancroft. Great Egret (*Ardea alba*). In Birds of North America, No. 570 (A. Poole and F. Gill, eds.). Philadelphia: The Birds of North America, Inc, 2001.

MOITTIÉ, S. *et al.* Discovery of os cordis in the cardiac skeleton of chimpanzees (Pan troglodytes). **Sci. Rep.** 10: 9417, 2020.

NASOORI, A. Formation, structure, and function of extra-skeletal bones in mammals. **Biol Rev Camb Philos Soc**, 95, 986-1019, 2020.

NEMANIC, S., MILLS, S., VIEHDORFER, M., CLARK, T., & BAILEY, M. The Effectiveness of a 3D Computerized Tutorial to Enhance Learning of the Canine Larynx and Hyoid Apparatus. **Journal of Veterinary Medical Education**, 43(3), 243–254, 2016. doi:10.3138/jvme.0815-139r

NICKEL, R., SCHUMMER, A., SEIFERLE, E. **Lehrbuch der Anatomie der Haustiere**, 2nd edn, vol. III (ed. Habermehl K, Vollmerhaus B, Wilkens H), Berlin–Hamburg: Parey, 1984.

OPTHOF, T. *et al.* The intrinsic cycle length in small pieces isolated from the rabbit sinoatrial node, **Journal of Molecular and Cellular Cardiology**, Volume 19, Issue 9, Pages 923-934, ISSN 0022-2828, 1987. [https://doi.org/10.1016/S0022-2828\(87\)80621-1](https://doi.org/10.1016/S0022-2828(87)80621-1).

OPTHOF, T., de JONGE, B., JONGSMA, H. J., BOUMAN, L. N. Functional morphology of the mammalian sinuatrial node. **Eur Heart J** 8:1249-1259, 1987.

PARTO, P., TADJALLI, M., GHAZI, S. R., SALAMAT, M. A. Distribution and Structure of Purkinje Fibers in the Heart of Ostrich (*Struthio camelus*) with the Special References on the Ultrastructure. **International Journal of Zoology**, volume 2013, 2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/293643>

PAULIN, D.; LI, Z. **Desmin**: a major intermediate filament protein essential for the structural integrity and function of muscle. *Exp Cell Res* 301:1–7, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.yexcr.2004.08.004>

SÁNCHEZ-QUINTANA, D., YEN-HO, S. Anatomía de los nodos cardíacos y del sistema de conducción específico auriculoventricular. **Rev Esp Cardiol**. 56(11):1085-92, 2003.

SASASN, J., PIYUSH, P., SINGH, A., JOHN, M. & MALIK, M. Biometry of the heart of fowl. **Indian Journal of Animal Research**, 2015.

SCHMACK, K.H. Die Ventilebene des Herzens bei Pferd, Rind und Hund. **Dissertation**, Veterinary Medicine, University of Giessen, 1974.

SHIELS, H. A., GALLI, G. L. The sarcoplasmic reticulum and the evolution of the vertebrate heart. **Physiology (Bethesda)** 29, 456–469. 2014. (doi:10.1152/physiol.00015.2014)

SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Edição revisada e ampliada por J. F. Pacheco. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

SILVA, Diana da. Considerações taxonômicas em Ardeidae (Aves), com base na osteologia. 2011. **Dissertação** (Mestrado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. doi:10.11606/D.41.2012.tde-24042012-090032. Acesso em: 2024-06-10

SILVA, R. C. A., SAIKI, M., MOREIRA, E. G., OLIVEIRA, P. T. M. S. The great egret (*Ardea alba*) as a bioindicator of trace element contamination in the São Paulo Metropolitan Region, Brazil. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**. 315:447–458, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10967-017-5687-y>

SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana: uma abordagem integrada**. 7 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 930 p.

SMITH, F. M., WEST, N. H., JONES, D. R. The cardiovascular system. In: Whittow GC, editor. **Sturkie's avian physiology**. 5th edition. San Diego: Academic Press; 2000. p. 141–231.

SOARES, G. L., OLIVEIRA, D., BARALDIARTONI, S. M. Aspectos da anatomia do coração do avestruz. **Ars Vet.**, v.26, p.38-42, 2010.

TAWARA, S. Das Reizleitungssystem Des Säugetierherzens. Eine Anatomisch-Histologische Studie über das Atrioventrikularbündel und die Purkinjeschen Fäden. Gustav Fischer, Jena Uher V 1936. Zur pathologie des reizleitungssystem bei kongenitalen herzanomalien. Frankf Z. **Pathol** 49:347^356, 1906.

THE IUCN-SSC HERON SPECIALIST GROUP. **Great Egret *Ardea alba* (Linnaeus)**. 2011. Disponível em < <https://www.heronconservation.org/herons-of-the-world/list-of-herons/great-egret/> > Acesso em: 10 de junho de 2024.

TOLEDO, M. C. B. Temporal and spatial patterns of nesting within a breeding colony in southeastern Brazil. **Revista de Biociências**, 6(2): 23-30, 2000.

TOKUYASU, K. T., MAHER, P. A., DUTTON, A. H., SINGER, S. J. Intermediate filaments in skeletal and cardiac muscle tissue in embryonic and adult chicken. **Ann N Y Acad Sci.** 1985;455:200-12, 1985. doi: 10.1111/j.1749-6632.1985.tb50413.x. PMID: 3909882.

VON GISE, A., PU, W. T. Endocardial and epicardial epithelial to mesenchymal transitions in heart development and disease. **Circ Res**, 110, 1628-45, 2012.

WARCHULSKA, K., BARSZCZ, K., GARNCARZ, M., DZIERZANOWSKA-GORYN, D. Presence of cartilagenous foci in the left atrioventricular opening of the chinchilla's heart. 4 ed.: **Medycyna Weterynaryjna**, 2016.

YILDIZ, D., CAVUSOGLU, K. The Chordae Tendineae of the Heart in Chicken. **Anat. Histol. Embryol.** 33, 189–191, 2004. Blackwell Verlag, Berlin ISSN 0340–209

YOSHIDA, M. *et al.* Anatomical features of ossa cordis in the Steller sea lion . **J. Vet. Med. Sci.** 84(5): 660–665, 2022

YOUNG, B. A. Cartilago Cordis in Serpents. **The Anatomical Record** 240:243-247, 1994.

ZELENKOV, N. V. *Ardea sytchevskayae* sp. nov., a new heron species (Aves: Ardeidae) from the Middle Miocene of Mongolia. **Paleontologic Journal**, v. 45, n. 5, p. 94-101, 2011.

