

Análise comparativa do cone arterioso em três grupos de raias (Chondrichthyes: Rhinopristiformes, Rajiformes, Myliobatiformes)

Italo Rafael Bini Junior

São Vicente – SP

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "Júlio de Mesquita Filho"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS CAMPUS DO LITORAL PAULISTA

**Análise comparativa do cone arterioso em três grupos de raias
(Chondrichthyes: Rhinopristiformes, Rajiformes,
Myliobatiformes)**

Mestrando: Italo Rafael Bini Junior

Orientador: Otto Bismarck Fazzano Gadig

Co-orientadora: Camila Mayumi Hirata dos Santos

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências Campus do Litoral Paulista,
UNESP, para obtenção do título de Mestre no
Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade Aquática.

São Vicente – SP

2018

597.3 Bini Junior, Italo Rafael

B514 Análise comparativa do cone arterioso em três grupos de raias (Chondrichthyes: Rhinopristiformes, Rajiformes, Myliobatiformes) / Italo Rafael Bini Junior. - São Vicente, 2018.

56 p.: 23 figs., 2 gráfs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Campus do Litoral Paulista - Instituto de Biociências.

Orientador: Otto Bismarck Fazzano Gadig

Co-orientadora: Camila Mayumi Hirata dos Santos

1. Elasmobrânquio. 2. Raia (Peixe). 3. Coração. 4. Anatomia.
5. Morfometria. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNESP
Instituto de Biociências - Campus do Litoral Paulista

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

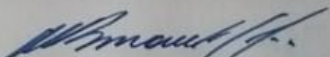
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Análise comparativa do cone arterioso em três grupos de raias
(Chondrichthyes: Rhinopristiformes, Rajiformes, Myliobatiformes)

AUTOR: ITALO RAFAEL BINI JUNIOR

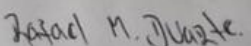
ORIENTADOR: OTTO BISMARCK FAZZANO GADIG

COORIENTADORA: CAMILA MAYUMI HIRATA DOS SANTOS

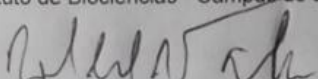
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em BIODIVERSIDADE
AQUÁTICA, área: BIODIVERSIDADE pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. OTTO BISMARCK FAZZANO GADIG
Campus Litoral Paulista / UNESP - Instituto de Biociências - São Vicente/SP



Prof. Dr. RAFAEL MENDONÇA DUARTE
Instituto de Biociências - Câmpus do Litoral Paulista / UNESP



Prof. Dr. RODRIGO DEL RIO DO VALLE
Instituto de Ciências da Saúde / UNIP

São Vicente, 30 de janeiro de 2018

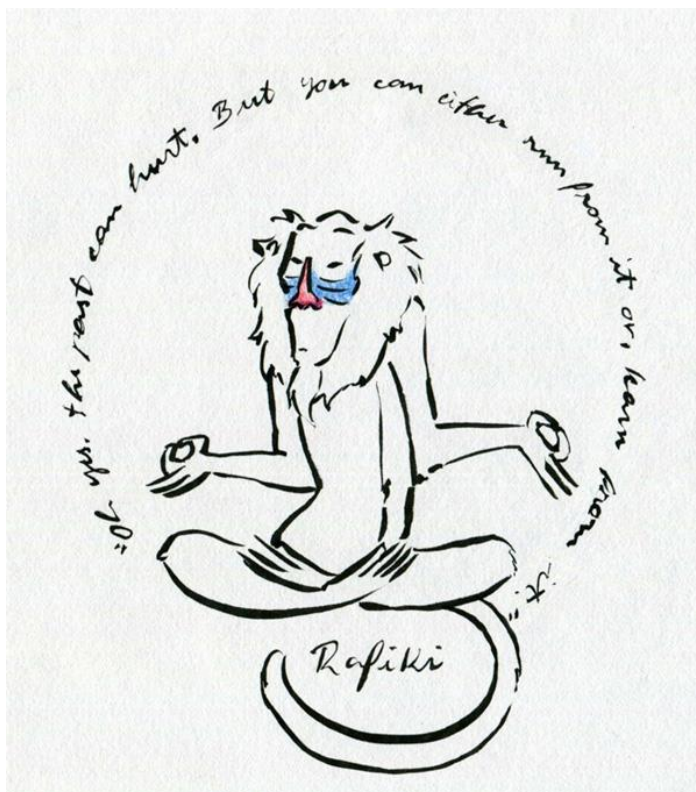
Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a todos que me apoiaram durante a produção deste trabalho, desde de suporte intelectual, com conversas no laboratório e tomando um café, até apoio emocional, com direitos a crises de choro.

Agradeço ao Prof. Otto e a Camila Mayumi que confiaram em mim para a realizações de trabalhos com eles, da iniciação científica, dois trabalhos de conclusão de curso e até o momento este mestrado. Todos do laboratório tiveram grande importância durante esse percurso, Tixa, Pri, Rodris, Pitu, Thomas, Colgate, Pedro e Rafa, sem vocês tenho certeza que esse trabalho seria mais difícil do que já é.

Queria agradecer ao Cayo, um amigo que ouviu muito coisa desse trabalho, na maioria das vezes sem precisar e junto com outros amigos me acalmaram em alguns momentos em que queria jogar tudo fora e ir embora. Algo que quase aconteceu no início do trabalho e que graças a Prof. Carolina Bertozzi esse episódio acabou de uma maneira boa.

Por fim aos meus pais e minhas irmãs, que sempre me apoiaram desde o início da faculdade até a ideia de começar o mestrado.



Resumo

O presente estudo apresenta descrição da anatomia do coração de 9 espécies de raias, pertencentes a 3 ordens, como se segue: Rhinobatiformes (*Pseudobatos percellens*, *Pseudobatos horkelii* e *Zapteryx brevirostris*), Rajiformes (*Rioraja agassizi*, *Atlantoraja cyclophora* e *Gurgesiella dorsalifera*) e Myliobatiformes (*Dasyatis hypostigma*, *Rhinoptera bonasus* e *Mobula thurstoni*), todas ocorrendo na plataforma continental e talude do Sudeste e Sul do Brasil. Como objetivos, pretendeu-se verificar a existência de padrão evolutivo nas válvulas cardíacas destes animais. No total foram utilizados 92 animais, onde foram tomadas medidas morfométricas e contagem das válvulas do coração. O número de fileiras de válvulas variou de 2 a 6, com variação interespecífica. Em sua maioria as primeiras válvulas do cone arterioso são maiores e apresentam a extremidade anterior tricúspide. A análise estatística indicou diferenças morfométricas no coração entre as ordens, assim como diferença significativa no número de válvulas entre as espécies, porém algumas medidas não são significativas e portando não adequadas para uso com fins taxonômicos. Para a ordem Myliobatiforme, o número de válvulas condiz com a posição evolutiva, onde os animais apresentaram a maior quantidade de válvulas.

Palavras-chave: Elasmobrânquio, anatomia, coração.

Abstract

The present study presents a description of the anatomy of the heart in 9 species of rays belonging to 3 orders, as follows: Rhinobatiformes (*Pseudobatos percellens*, *Pseudobatos horkelii* and *Zapteryx brevirostris*), Rajiformes (*Rioraja agassizi*, *Atlantoraja cyclophora* and *Gurgesiella dorsalifera*) and Myliobatiformes (*Dasyatis hypostigma*, *Rhinoptera bonasus* and *Mobula thurstoni*), all occurring on the continental shelf and slope of Southeastern and Southern Brazil. As objectives, it was intended to verify the existence of an evolutionary pattern in the cardiac valves of these animals. In total, 92 animals were used, where morphometric measurements and heart valve counts were taken. The number of valve ranks ranged from 2 to 6, with interspecific variation. In most cases the first valves of the arterial cone are larger and present a tricuspid anterior extremity. Statistical analysis indicated morphometric differences in the heart between the orders, as well as a significant difference in the number of valves between the species, however some measures are not significant and carrying not suitable for use with taxonomic purposes. For the Myliobatiform order, the number of valves corresponds to the evolutionary position, where the animals presented the largest number of valves.

Key words: Elasmobranch, anatomy, heart.

Sumario

1. Introdução.....	7
2. Objetivos.....	10
3. Material e Método.....	11
3.1. Espécies estudadas.....	11
3.2. Ordem Rhinoprístiformes.....	11
3.3. Ordem Rajiformes.....	13
3.4. Ordem Myliobatiformes.....	15
3.5. Procedimento de laboratório	17
4. Resultado.....	19
4.1. Ordem Rhinoprístiformes.....	31
4.2. Ordem Rajiformes.....	35
4.3. Ordem Myliobatiformes.....	39
5. Discussão.....	44
6. Conclusões.....	47
7. Referencias bibliográfica.....	48

1. Introdução

A Classe Chondrichthyes composta pelas subclasses Elasmobranchii (os elasmobrânquios, tubarões e raias), com cerca de 1140 espécies e Holocephali (os holocéfalos, quimeras) com cerca de 50 espécies de (Weigmann, 2016). Os elasmobrânquios possuem características distintas, como esqueleto cartilaginoso com deposição de cálcio, cinco a sete pares de aberturas branquiais e a superfície externa do corpo pode ser coberta por denticulos dermo-epidérmicos, enquanto que quimeras possuem apenas uma abertura branquial, sem escamas e com espinho dorsal. (Hamlett, 2005).

Os elasmobrânquios possuem grande diversidade morfológica e a anatomia é utilizada para a caracterização e descrição de espécies, sobretudo a partir da análise de elementos esqueléticos, auxiliando na compreensão filogenética e taxonômica (Nishida, 1990; Shirai, 1996; McEachran *et al.*, 1996; Compagno, 1999; McEachran & Aschliman, 2004; Klug, 2010).

A anatomia visceral de elasmobrânquios é menos estudada, possuindo, por exemplo, trabalhos relativos ao estômago (Lutz, 1931), coração (White, 1936; Kobelkowsky, 2012), e também da válvula espiral dentro de estudos filogenéticos e parasitológicos (Hadley, 1929; Nishida, 1990; Borucinska & Caira, 1993; Curran & Caira, 1995; Alarcos *et al.* 2006).

Em Chondrichthyes e Actinopterygii (peixes ósseos), de uma maneira geral, o coração é composto pelo átrio, ventrículo, e o cone ou bulbo arterioso (Johansen *et al.* 1966). As câmaras do coração passam a se modificar a partir de anfíbios, com a divisão do átrio em duas câmaras separadas, direita e esquerda; em répteis a parcial divisão do ventrículo e praticamente total em crocodilianos; até chegar em aves e mamíferos com as quatro câmaras definidas; enquanto novas válvulas passam a atuar no impedimento do refluxo sanguíneo, como a atrioventricular (Sebben *et al.* 2015).

Nos elasmobrânquios, o coração é constituído de quatro câmaras (o sino venoso, átrio, ventrículo e cone arterioso), enquanto nos chamados peixes ósseos (teleósteos) o cone é substituído pelo bulbo arterioso, estrutura elástica e não contrátil (Hoar *et al.* 1992; Tota, 1999). Entretanto, sabe-se que algumas espécies de elasmobrânquios possuem bulbo arterioso na porção anterior do cone. O oposto é registrado para alguns teleósteos, que possuem cone arterioso de forma reduzida, situada na porção posterior do bulbo, este realiza pequenas contrações, podendo auxiliar no fechamento da válvula do bulbo (Durán *et al.*, 2014). O cone

arterioso já foi descrito sob vários nomes, *bulbus arteriosus*, *bulbus aortae* e *bulbus cordis* (Parsons, 1929). Hoje o cone arterioso pode ser caracterizado como a parte que possui músculos do miocárdio em sua parede (Durán *et al.* 2014).

O cone arterioso em elasmobrânquios se situa entre o ventrículo e a aorta ventral, e é responsável por impedir o refluxo sanguíneo durante a diástole (Sebben *et al.* 2015). No interior do cone existem várias válvulas que aparecem cedo no desenvolvimento embrionário, mas a circulação do sangue começa antes da formação dessas válvulas, assim, o refluxo neste estágio é impedido através do fechamento total do lúmen do cone, ou seja, há um colapso de suas paredes, que voltam a se abrir com uma nova contração do coração (Pelster & Bemis 1991; Tota, 1999).

Estudos sobre a anatomia do coração de elasmobrânquios são pouco numerosos, sendo possível citar trabalhos envolvendo histologia (Sans-Coma *et al.* 1995, Hamlett *et al.* 1996), ontogenia (Pelster & Bemis 1991; Hamellet *et al.* 1996), morfologia (White, 1936; Emery *et al.* 1985; Macías *et al.* 1999; Ramos, 2004; Durán *et al.* 2008; Borucinska *et al.* 2012) e inervação (Lutz, 1930). A maior parte dos estudos do sistema circulatório se concentra em sua fisiologia (Simpson & Ogden, 1932; Wyman & Lutz, 1932; Johansen *et al.* 1966; Agnisola *et al.* 1994; Agnisola *et al.* 2003; Weng *et al.* 2010; Kobelkowsy, 2012; Wegner *et al.* 2012).

Garman (1913) demonstrou a diversidade morfológica do coração de elasmobrânquios, e White (1936) levantou a hipótese de que essa variação pode estar relacionada à filogenia do grupo, porém não foram realizados estudos posteriores para a verificação dessa possibilidade. Embora a anatomia comparativa e funcional do sistema circulatório date da década de 1960 para anfíbios (Haberich, 1965; Johansen & Hanson, 1968) e répteis (White, 1968; Webb, 1979), para os elasmobrânquios os trabalhos na área não são numerosos.

White (1968) relata que a quantidade de válvulas em elasmobrânquios pode variar, mas há um limite característico de cada grupo. Em tubarões uma quantidade maior de válvulas estaria relacionada a animais basais e menor número em espécies mais derivadas, ocorrendo o oposto para as raias. A partir dessa informação, acredita-se que raias consideradas basais, como as Rhinoprístiformes, teriam menor quantidade de válvulas, enquanto as Myliobatiformes, mais derivadas, podem possuir número maior (Nishida, 1990; Shirai, 1996). O estudo de características morfológicas cardíacas, associadas a outras características biológicas dos animais, como natação, modo de vida e hábitat, poderia ajudar a elucidar a evolução do sistema circulatório, considerando a ausência de registros fósseis dessas estruturas (Maldanis *et al.* 2016).

Uma segunda hipótese considera a relação entre a quantidade de válvulas e/ou o tamanho dos corações com seu modo de vida, sendo utilizada a forma de locomoção de cada grupo como evidência para associação com a demanda de fluxo sanguíneo, uma vez que maior quantidade de sangue transportado implicaria na necessidade de mais válvulas. Para alguns teleósteos observou-se que as diferenças morfológicas e a massa do coração refletem a diversidade de estilos de vida (Genge *et al.* 2012).

Rosenberger (2001) classifica padrões de natação em algumas espécies de raias, relacionando-os com seu modo de vida. A classificação se divide em animais com locomoção baseado em movimento axial, com utilização maior da cauda, e outro grupo baseado em movimento da nadadeira peitoral, o qual é subdividido em padrão ondulatório (com ondulação da margem do disco) e oscilatório (com batimentos ascendentes e descendentes das nadadeiras peitorais). Animais que utilizam mais de um tipo de locomoção são classificados como intermediários, um exemplo são espécies de *Dasyatidae* que podem mudar a forma de natação de ondulatório para oscilatório, em diferentes situações (Rosenberger & Westneat, 1999).

Com base em Rosenberger (2001), de modo geral, animais que possuem hábitos pelágicos, ou seja, vivem em constante deslocamento na coluna d'água, utilizam movimentos oscilatórios das nadadeiras para se movimentar. Um exemplo seria raias do gênero *Rhinoptera*, que se deslocam em grupos durante movimentos migratórios e, portanto, acredita-se que sejam animais mais ativos (Grusha, 2005). Por outro lado, espécies que tem como base a ondulação das nadadeiras como forma de locomoção, foram associadas ao ambiente bentônico e ao sedentarismo. Assim, é possível que a demanda de fluxo sanguíneo de cada estilo natatório esteja associada com padrões anatômicos do cone arterioso.

2. Objetivos

2.1. Gerais

Com base no acima exposto, foram escolhidas para este estudo, nove espécies de raias de 3 Ordens (Rhinopristiformes, Rajiformes e Myliobatiformes) realizar a descrição da quantidade e forma de válvulas e fileiras no cone arterioso dessas espécies.

2.2. Específicos

2.2.1. Comparar entre as espécies visando identificar padrões que possam ser relacionados à filogenia

2.2.2. Considerando a presença dentre as espécies, animais com modo de vida pelágico, bentônico e intermediário, como descrito por Rosemberg (2001), relacionar os padrões anatômicos ao modo de vida.

3. Material e Métodos

3.1. Espécies estudadas

Todos os exemplares são provenientes de captura incidental da pesca artesanal da costa de São Paulo e cedidos ao Laboratório de Pesquisa de Elasmobrânquios do Instituto de Biociências da Unesp Campus do Litoral Paulista. O arranjo taxonômico aqui apresentado segue o proposto por Last *et al.* (2016). Foram examinados 92 exemplares de 9 espécies de raias, pertencentes à 7 famílias e 3 ordens. Para cada uma dessas ordens foram selecionadas 3 espécies, como se segue.

3.2. Ordem Rhinopristiformes

Foram analisados 31 espécimes, sendo 10 *Pseudobatos percellens* (Walbaum, 1792), 10 *Pseudobatos horkelii* (Müller & Henle, 1841), família Rhinobatidae - e 11 *Zapteryx brevirostris* (Müller & Henle, 1841), família Trygononorhinidae.

Pseudobatos percellens (Fig. 1) e *Pseudobatos horkelii* (Fig. 2), são espécies costeiras e bentônicas, de regiões tropicais e subtropicais, desde águas rasas até cerca de 150m de profundidade. A primeira ocorre do Caribe, no México, até o norte da Argentina, e a segunda desde o Rio de Janeiro até a Argentina (Bigelow e Schroeder, 1953; Figueiredo, 1977; Menni & Stehmann, 2000; McEachran e Carvalho, 2002). *Zapteryx brevirostris* (Fig. 3), popularmente conhecida como raia-viola-de-focinho-curto, ocorre na plataforma continental do Brasil, desde a Bahia até o Rio Grande do Sul e apresenta modo de vida bentônico de águas costeiras (Figueiredo, 1977).



Figura 1. Exemplar de *Pseudobatos percellens*. Fonte: Acervo Laboratório de Pesquisa de Elasmobrânquios. Escala: 5cm.



Figura 2. Exemplar de *Pseudobatos horkelii*. Fonte: Acervo Laboratório de Pesquisa de Elasmobrânquios. Escala: 5cm.



Figura 3. Exemplar de *Zapteryx brevirostris*. Fonte: Acervo Laboratório de Pesquisa de Elasmobrânquios. Escala: 5cm.

3.3. Ordem Rajiformes

Foram examinados 30 exemplares desta ordem, sendo 14 de *Rioraja agassizi* (Müller & Henle, 1841), 6 de *Atlantoraja cyclophora* (Regan, 1903), família Arhynchobatidae – e 10 de *Gurgesiella dorsalifera* McEachran & Compagno, 1980, família Gurgesiellidae.

Rioraja agassizi (Fig. 4) é espécie bentônica da plataforma continental interna e externa do Atlântico Sul ocidental, do Rio de Janeiro até a Argentina (Gomes, 2003). *Atlantoraja cyclophora* (Fig. 5) tem modo de vida e distribuição similar a *Rioraja agassizi* e ambas são conhecidas comercialmente como raias-emplastro (Gomes, 2003). *Gurgesiella dorsalifera* (Fig. 6), também bentônica, é menos conhecida e habita o talude da plataforma continental do Sudeste e Sul do Brasil, com poucos dados disponíveis sobre sua biologia (Rincon, 2004; McEachran & Compagno, 1980).



Figura 4. Exemplar de *Rioraja agassizi*. Fonte: Maria Cristina Oddone. Escala: 5cm.



Figura 5. Exemplar de *Atlantoraja cyclophora*. Fonte: Acervo Laboratório de Pesquisa de Elasmobrânquios. Escala: 5cm.



Figura 6. Exemplar de *Gurgesiella dorsalifera*. Fonte: Last (2016) p. 14. Escala: 5cm.

3.4. Ordem Myliobatiformes

Deste grupo foram analisados 31 espécimes, sendo 10 *Dasyatis hypostigma* Santos e Carvalho, 2004, Dasyatidae e 11 *Rhinoptera bonasus* (Mitchill, 1815), Rhinopteridae e 10 *Mobula thurstoni* (Lloyd, 1908), Mobulidae.

Dasyatis hypostigma (Fig. 7) é espécie bentônica de águas costeiras, aparentemente endêmica do Brasil, ocorrendo desde o Espírito Santo ao Rio Grande do Sul, em águas costeiras rasas de até 80m, e apresenta um sulco na parte ventral, sobre o coracóide, que a difere das demais espécies de *Dasyatis* (Santos & Carvalho, 2004; Gomes *et al.*, 2010). *Rhinoptera bonasus* (Fig. 8), de hábitos pelágicos, ocorre ao longo da costa leste dos Estados Unidos e se distribui até o sul do Brasil, realizando migrações sazonais em cardumes numerosos (Grusha, 2005). *Mobula thurstoni* (Fig. 9) é uma espécie de distribuição mundial em águas oceânicas e costeiras, como modo de vida pelágico, registrada ao longo de toda a costa brasileira (Gomes *et al.*, 2010).



Figura 7. Exemplar de *Dasyatis hypostigma*. Fonte: Acervo Laboratório de Pesquisa de Elasmobrânquios. Escala: 5cm.



Figura 8. Exemplar de *Rhinoptera bonasus*. Fonte: Acervo Laboratório de Pesquisa de Elasmobrânquios. Escala: 5cm.



Figura 9. Exemplar de *Mobula thurstoni*. Fonte: Acervo Laboratório de Pesquisa de Elasmobrânquios. Escala: 5cm.

3.5 Procedimento de laboratório

Os indivíduos foram sexados e medidos quanto ao comprimento total (CT), largura e comprimento do disco (LD, CD) em milímetros (mm), em seguida feito incisão na cavidade pericárdica para exposição do coração e aorta. Foram realizadas sete medidas morfométricas (Fig. 10) *in loco* com auxílio de paquímetro (mm) e o coração foi removido com cortes na região branquial e na região do sino venoso.

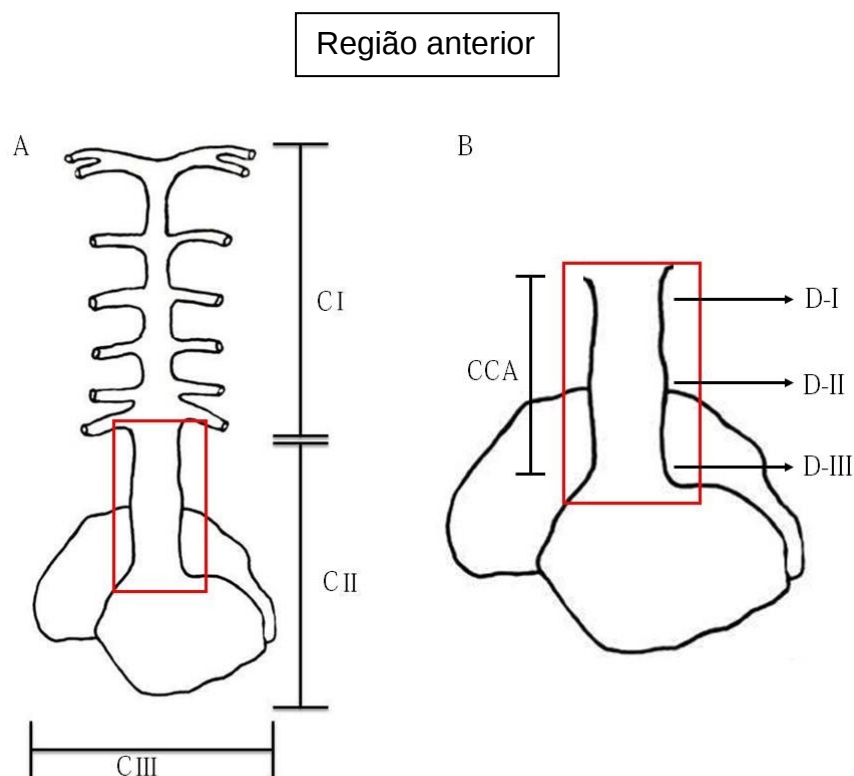


Figura 10. Desenho esquemático do coração. A) Medidas realizadas no coração: CI- Início da aorta ao início do cone arterioso; CII- Início do cone arterioso ao fim do ventrículo; CIII- Máxima largura do coração. B) Medidas realizadas no cone arterioso: D-I à III: Espessura do cone arterioso em suas regiões anterior, média e posterior; CCA: Comprimento do cone arterioso - Adaptado de Gilbert (1973).

Em seguida foi realizada uma incisão sagital no cone arterioso para visualização das válvulas, com auxílio de bisturi, pinças, tesouras e demais instrumentos cirúrgicos apropriados. Quando pertinente, devido ao tamanho reduzido, foi empregado o uso de estereomicroscópio e do corante hematoxilina/eosina para melhor visualização das estruturas. Foi analisado o número de fileiras e de colunas de válvulas, com base em White (1936) (Fig. 11) e os dados obtidos foram inseridos em planilhas específicas para análise (Anexo1), e tomadas fotografias em alta resolução.

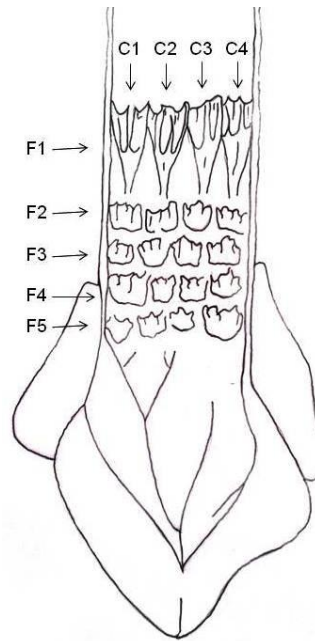


Figura 11. Desenho esquemático do coração com o cone arterioso aberto. Cone arterioso de *Chlamydoselachus anguineus* aberto possibilitando a visualização das válvulas. Colunas (C1-C4) e Fileiras (F1-F5 - Adaptado de White (1936)).

Para as análises estatísticas foi utilizado o software R. Para a relativização dos dados brutos, multiplicou-se os valores de CD por LD para Myliobatiformes e CT por LD para Rhinopristiformes e Rajiformes. Deste valor foi obtida a raiz quadrada, tendo assim uma média geométrica para cada indivíduo, permitindo transformar esse valor em unidimensional. Cada espécime teve suas medidas morfométricas cardíacas divididas pelo valor obtido citado anteriormente, em seguida estes valores foram transformados em arco seno como sugerido por McCune e Grace (2002) como uma forma de transformação para dados morfométricos. Os dados foram submetidos a uma análise de agrupamento, gerando um cluster (Fig. 13), e submetidos a escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) (Fig. 14) para identificar a relação entre as espécies com base na morfometria.

Os valores obtidos de cada espécime para a quantidade de fileiras de válvulas foram agrupados por espécie de raia e submetidos ao teste de Kruskal-Wallis para comparação entre as médias.

4. Resultados

As nove espécies estudadas apresentaram três colunas de válvulas com variação de três a cinco fileiras em cada coluna (Gráf. 1). Para a Ordem Rhinoprístiformes a média de fileiras foi de 3,53, para a Ordem Rajiformes foi 3,37 e na Ordem Myliobatiformes foi 4,96. A espécie que apresentou menor quantidade de válvulas foi *Gurgesiella dorsalifera*, com média de 2,5 fileiras por indivíduo enquanto *Rhinoptera bonasus* possui o maior número de válvulas com média de 5,45 fileiras por exemplar.

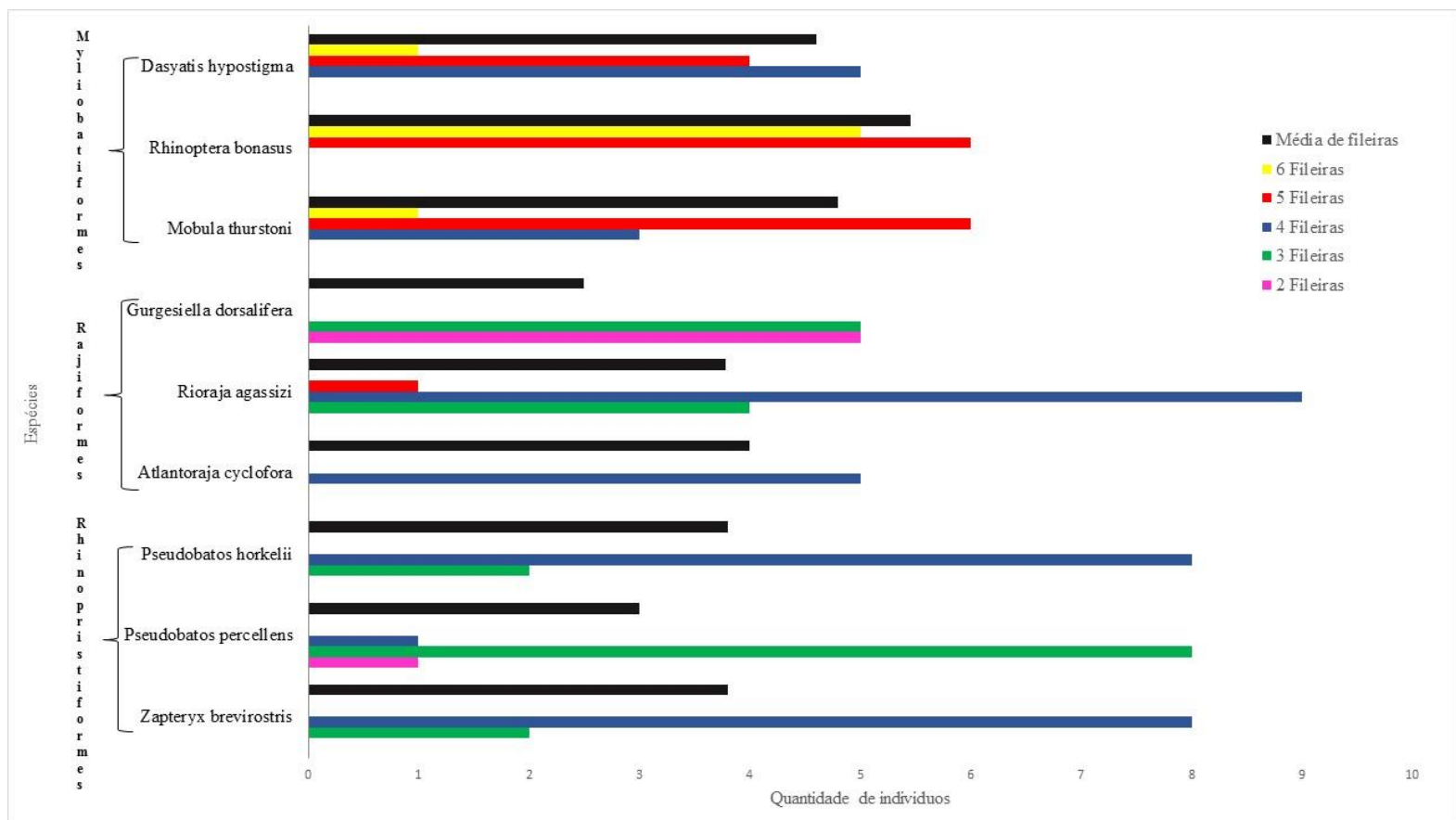


Gráfico 1. Espécies analisadas com número de indivíduos e seu respectivo número de fileiras de válvulas no cone arterioso.

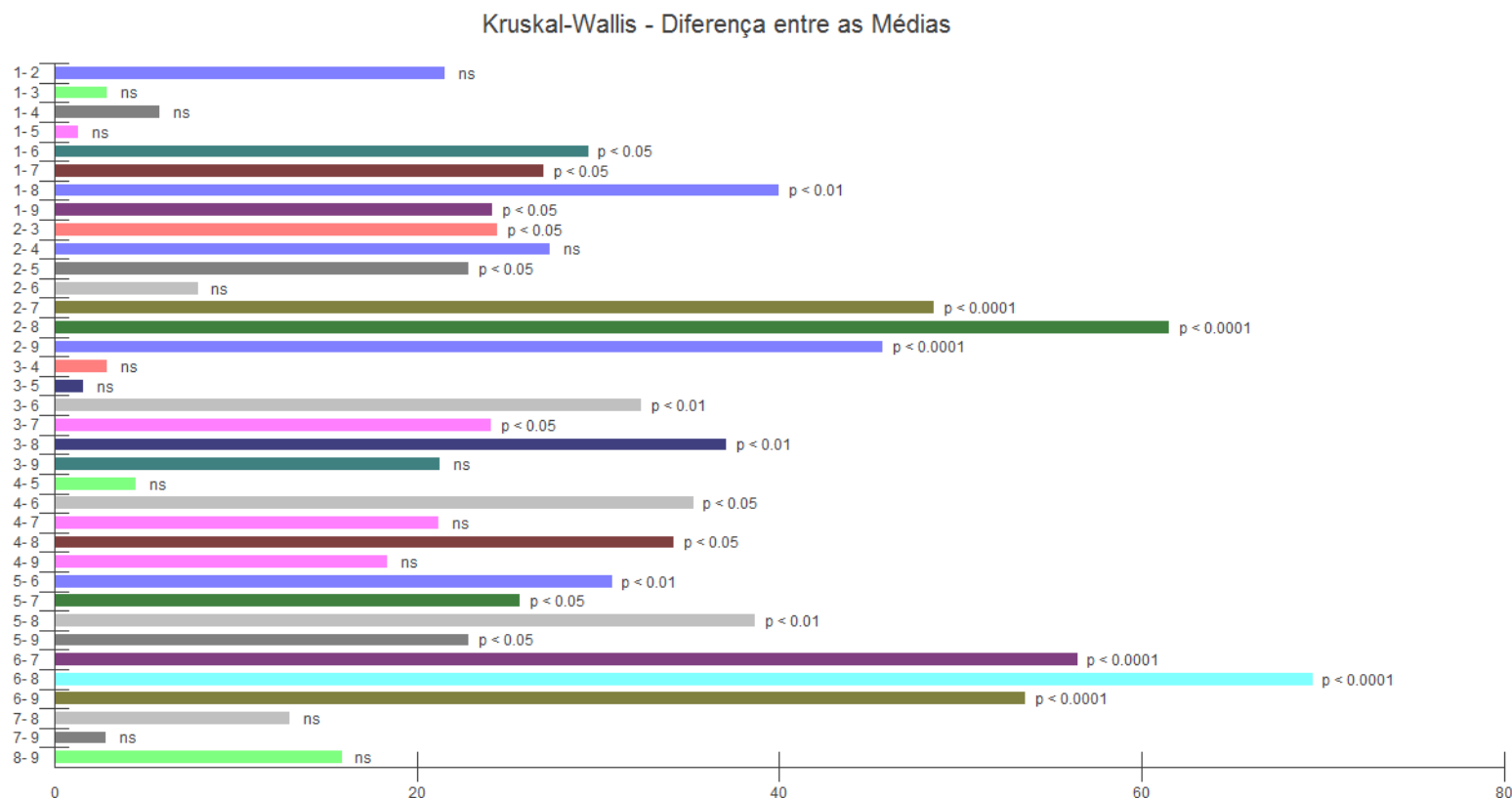


Gráfico 2. Análise não paramétrica de Kruskal-Wallis entre a quantidade de fileiras de válvulas no cone arterioso em relação às espécies. 1) *Zapteryx brevirostris*; 2) *Pseudobatos percellens*; 3) *Pseudobatos horkelii*; 4) *Atlantoraja cyclophora*; 5) *Rioraja agassizi*; 6) *Gurgesiella dorsalis*; 7) *Mobula thurstoni*; 8) *Rhinoptera bonasus* e 9) *Dasyatis hypostigma*.

No gráfico 2 obteve-se valores de comparação entre as médias das quantidades de fileiras de válvulas no cone arterioso e a frente de cada barra o valor de p quando significativo. Assim nota-se que as três espécies de Myliobatiformes não apresentam diferença entre si, enquanto que em Rhinopristiformes, houve diferença entre *P. percellens* e *P. horkelii*, e nos Rajiformes, *A. cyclophora* e *R. agassizi* são diferentes de *G.*

dorsalifera. Das medidas tomadas foram obtidos os valores mínimos (Mín.), máximo (Máx.), a média e o desvio padrão (D.P.), para o coração (Tab. 1) e cone arterioso (Tab. 2). O coração de *Mobula thurstoni* e *Gurgesiella dorsalifera* são os maiores em comprimento (CII) e largura (CIII), respectivamente (Tab. 1), enquanto que os *Pseudobatos horkelii* e *Zapteryx brevirostris* os menores em CII e CIII.

Tabela 1. Média, mínimo (Mín.), máximo (Máx.) e desvio padrão (D.P.) das medidas do coração das espécies utilizadas (Fig. 10 – A) em milímetros (mm). CI- Início da aorta ao início do cone arterioso; CII- Início do cone arterioso ao fim do ventrículo; CIII- Máxima largura do coração.

Ordem	Espécie	CI (mm)				CII (mm)				CIII (mm)			
		Média	Mín.	Máx.	D.P.	Média	Mín.	Máx.	D.P.	Média	Mín.	Máx.	D.P.
Rhinopristiformes	<i>Pseudobatos percellens</i>	0,044	0,038	0,049	0,003	0,059	0,053	0,063	0,002	0,078	0,065	0,088	0,006
	<i>Pseudobatos horkelii</i>	0,042	0,037	0,045	0,003	0,056	0,050	0,06	0,003	0,063	0,056	0,068	0,004
	<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,062	0,042	0,077	0,008	0,057	0,051	0,062	0,002	0,055	0,042	0,068	0,007
Rajiformes	<i>Atlantoraja cyclophora</i>	0,072	0,062	0,084	0,008	0,068	0,053	0,077	0,008	0,072	0,065	0,084	0,007
	<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	0,058	0,045	0,067	0,007	0,064	0,054	0,070	0,004	0,089	0,073	0,111	0,011
	<i>Rioraja agassizi</i>	0,083	0,069	0,099	0,006	0,069	0,060	0,079	0,005	0,079	0,044	0,109	0,016
Myliobatiformes	<i>Dasyatis hypostigma</i>	0,08	0,074	0,09	0,004	0,078	0,066	0,086	0,006	0,067	0,056	0,087	0,009
	<i>Rhinoptera bonasus</i>	0,053	0,046	0,06	0,005	0,071	0,063	0,083	0,006	0,07	0,053	0,087	0,011
	<i>Mobula thurstoni</i>	0,104	0,086	0,116	0,011	0,093	0,078	0,106	0,007	0,074	0,065	0,091	0,007

Na figura 12 é possível observar a variação da razão entre duas medidas do coração, CII (comprimento) e CIII (largura). Apesar do R^2 baixo, algumas espécies como *Gurgesiella dorsalifera* e *Mobula thurstoni* formam grupos, e por outro lado, espécies como *Zapteryx brevirostris* e *Rioraja agassizi* não mostram tendência.

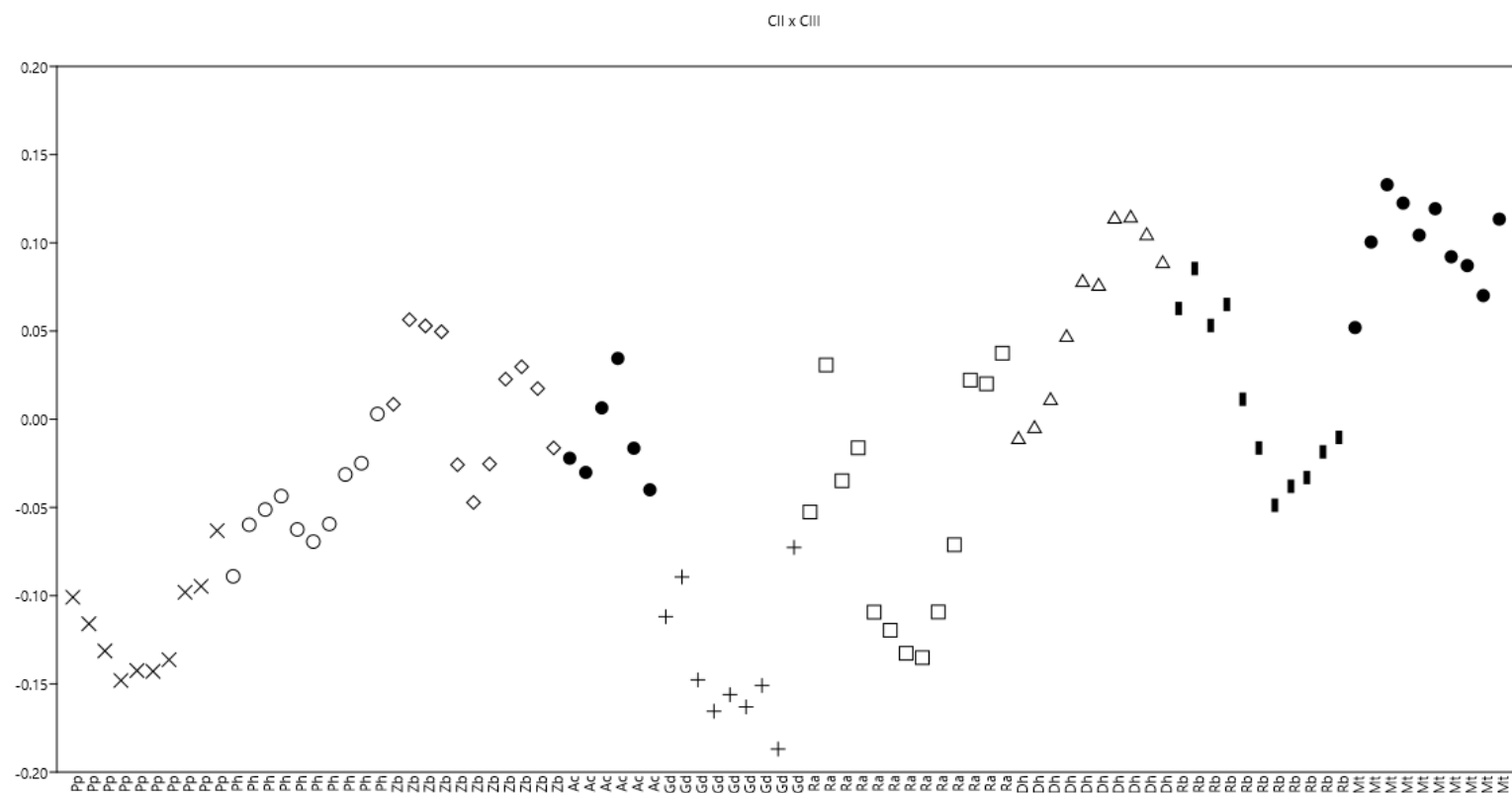


Figura 12. Razão entre os valores da medida CII (Comprimento) e CIII (Largura) do coração dos espécimes. $R^2 = 0.2735$. *Pseudobatos percellens*, Ph: *Pseudobatos horkelii*, Zb: *Zapteryx brevirostris*, Ra: *Rioraja agassizi*, Gd: *Gurgesiella dorsalifera*, Mt: *Mobula thurstoni*, Dh: *Dasyatis hypostigma* Rb: *Rhinoptera bonasus*.

Em relação ao comprimento (CCA), as espécies *Gurgesiella dorsalifera* e *Mobula thurstoni* possuem o menor e maior valor respectivamente. Já o diâmetro (DI) do cone arterioso, a espécie *Gurgesiella dorsalifera* possui o menor e para o DII e DIII o menor valor é de *Pseudobatos horkelii*, já *Mobula thurstoni* possui o maior valor (DI-II) e *Rhinoptera bonasus* em DIII. Em Myliobatiformes o cone é mais espesso em sua porção mediana (DII; Tab.2). Contudo, os valores em média do tamanho do cone quanto de sua espessura, não são viáveis para a separação a nível de espécie ou ordem.

Tabela 2. Média, mínimo (Mín.), máximo (Máx.) e o desvio padrão (D.P.) das medidas do coração das espécies utilizadas (Fig. 10 – B) em milímetros (mm). D-I à III: Espessura do cone arterioso em suas regiões anterior, média e posterior; CCA: Comprimento do cone arterioso.

Ordem	Espécie	CCA (mm)				DI (mm)				DII (mm)				DIII (mm)			
		Média	Mín.	Máx.	D.P.	Média	Mín.	Máx.	D.P.	Média	Mín.	Máx.	D.P.	Média	Mín.	Máx.	D.P.
Rhinopristiformes	<i>Pseudobatos percellens</i>	0,022	0,019	0,029	0,003	0,012	0,008	0,015	0,002	0,01	0,009	0,012	0,001	0,013	0,01	0,015	0,001
	<i>Pseudobatos horkelii</i>	0,023	0,02	0,027	0,002	0,011	0,009	0,013	0,001	0,009	0,006	0,013	0,002	0,009	0,005	0,014	0,002
	<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,031	0,025	0,036	0,003	0,010	0,008	0,013	0,001	0,012	0,01	0,014	0,001	0,011	0,006	0,016	0,002
Rajiformes	<i>Atlantoraja cyclophora</i>	0,032	0,028	0,036	0,002	0,013	0,008	0,017	0,003	0,011	0,008	0,014	0,002	0,012	0,01	0,015	0,002
	<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	0,022	0,016	0,027	0,003	0,009	0,005	0,012	0,001	0,009	0,005	0,013	0,002	0,012	0,007	0,015	0,002
	<i>Rioraja agassizi</i>	0,035	0,029	0,04	0,002	0,013	0,01	0,019	0,002	0,012	0,008	0,016	0,001	0,013	0,01	0,018	0,002
Myliobatiformes	<i>Dasyatis hypostigma</i>	0,032	0,024	0,041	0,004	0,013	0,01	0,018	0,002	0,014	0,009	0,019	0,003	0,013	0,009	0,018	0,003
	<i>Rhinoptera bonasus</i>	0,035	0,029	0,043	0,003	0,015	0,011	0,02	0,002593	0,017	0,014	0,020	0,001	0,015	0,01	0,019	0,003
	<i>Mobula thurstoni</i>	0,046	0,038	0,057	0,006	0,016	0,013	0,0232	0,003	0,019	0,016	0,023	0,002	0,013	0,012	0,016	0,001

Tabela 3. Análise de similaridades (ANOSIM) com base nas medidas tomadas do coração. Onde -1 = “similaridade total”; 0 = grupos ao acaso; 1 = dissimilaridade total. *Zapteryx brevirostris* (Zb), *Pseudobatos percellens* (Pp), *Pseudobatos horkelii* (Ph), *Atlantoraja cyclophora* (Ac), *Rioraja agassizi* (Ra), *Gurgesiella dorsalifera* (Gd), *Mobula thurstoni* (Mt), *Rhinoptera bonasus* (Rb) e *Dasyatis hypostigma* (Dh). R:0.7674

	Z.b	P.p	P.h	A.c	R.a	G.d	M.t	R.b	D.h
Z.b	-								
P.p	0.9367	-							
P.h	0.8582	0.7396	-						
A.c	0.6658	0.9278	0.9667	-					
R.a	0.8217	0.9332	0.9643	0.1533	-				
G.d	0.8721	0.518	0.8831	0.5033	0.7249	-			
M.t	1	1	1	0.9017	0.8087	0.9981	-		
R.b	0.6156	0.6969	0.7387	0.5004	0.7586	0.6672	0.9927	-	
D.h	0.8596	1	1	0.195	0.212	0.8741	0.8056	0.82	-

Com base no teste de anosim (Tabela 3) das medidas morfométricas tomadas do coração, é possível visualizar que *Mobula thurstoni* apresenta dissimilaridade total com Rhinoprístiformes, enquanto que *Dasyatis hypostigma* apresenta com ambas *Pseudobatos*, *P. percellens* e *P. horkelii*. *Gurgesiella dorsalifera* também apresentou um alto valor de dissimilaridade com *M. thurstoni*, assim como entre *Z. brevirostris* e *P. percellens*; *P. percellens* e *P. horkelii* com *A. cyclophora* e *R. agassizi*; *A. cyclophora* com *M. thurstoni*; e *M. thurstoni* com *R. bonasus*. Enquanto que os menores valores são entre *A. cyclophora* e *R. agassizi* com *D. hypostigma*.

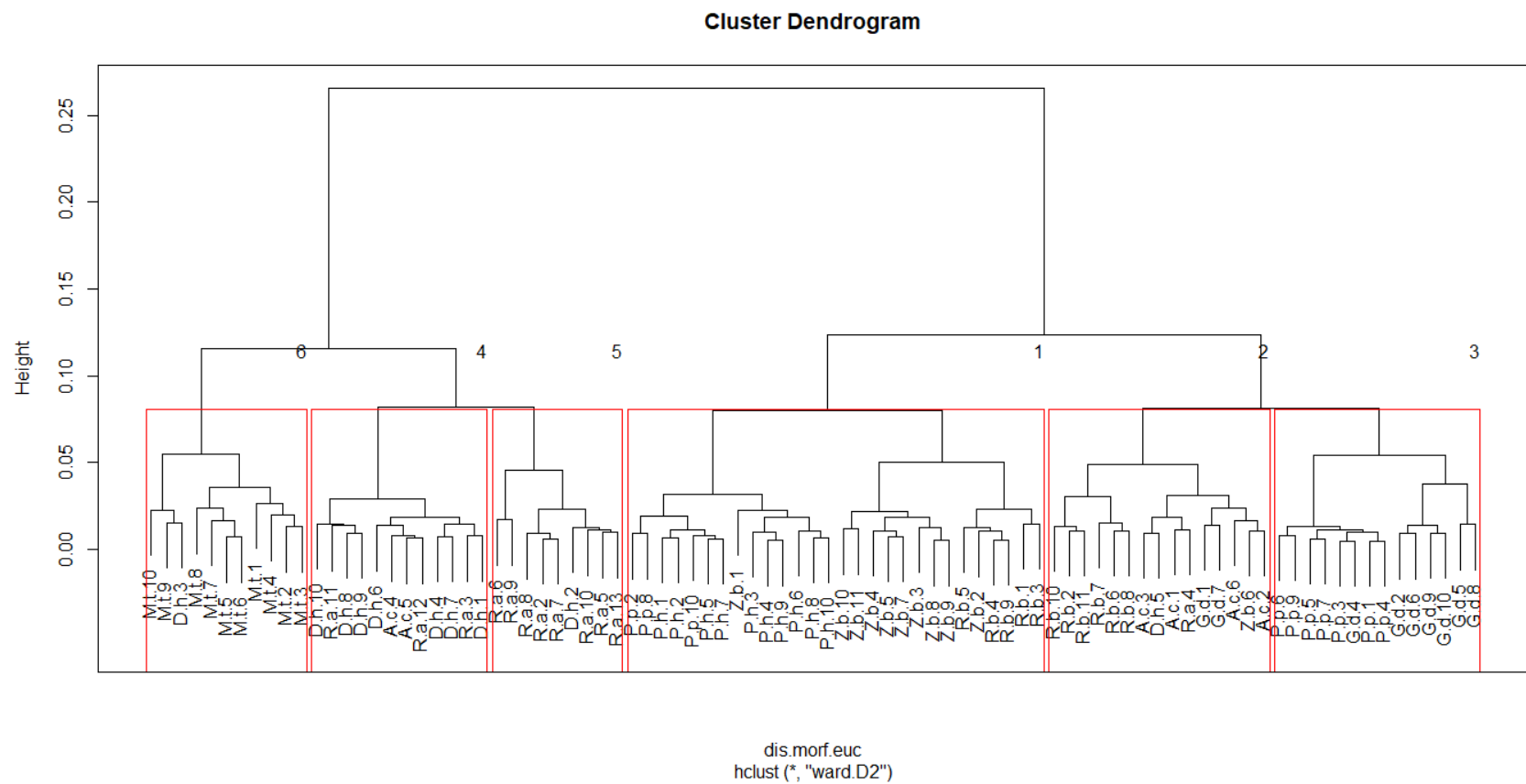


Figura 13. Cluster obtido através das medidas morfométricas do coração. Coeficiente cofenético: 0,73. *Pseudobatos percellens* (Pp), *Pseudobatos horkelii* (Ph), *Zapteryx brevirostris* (Zb), *Rioraja agassizi* (Ra), *Gurgesiella dorsalifera* (Gd), *Mobula thurstoni* (Mt), *Dasyatis hypostigma*(Dh) e *Rhinoptera bonasus* (Rb).

Através das análises morfométricas do coração foi obtido um dendograma (Fig. 13) de valor de coeficiente cofenético igual a 0.73, sendo que quanto maior este valor, menor é o grau de distorção para a produção do mesmo. Foram identificados seis grupos distintos no dendograma, o primeiro sendo composto em sua maioria por *Pseudobatos percellens*, *Pseudobatos horkelii*, e *Zapteryx brevirostris*, o segundo por *Rhinoptera bonasus*, o terceiro por *Pseudobatos percellens* e *Gurgesiella dorsalifera*. O quarto por *Dasyatis hypostigma*, o quinto por *Rioraja agassizi* e o sexto por *Mobula thurstoni*. No entanto *Atlantoraja cyclophora* não formou um grupo distinto. Logo, através das medidas morfométricas tomadas do coração, não foi possível sua utilização como um caractere para a formação de grupos coesos

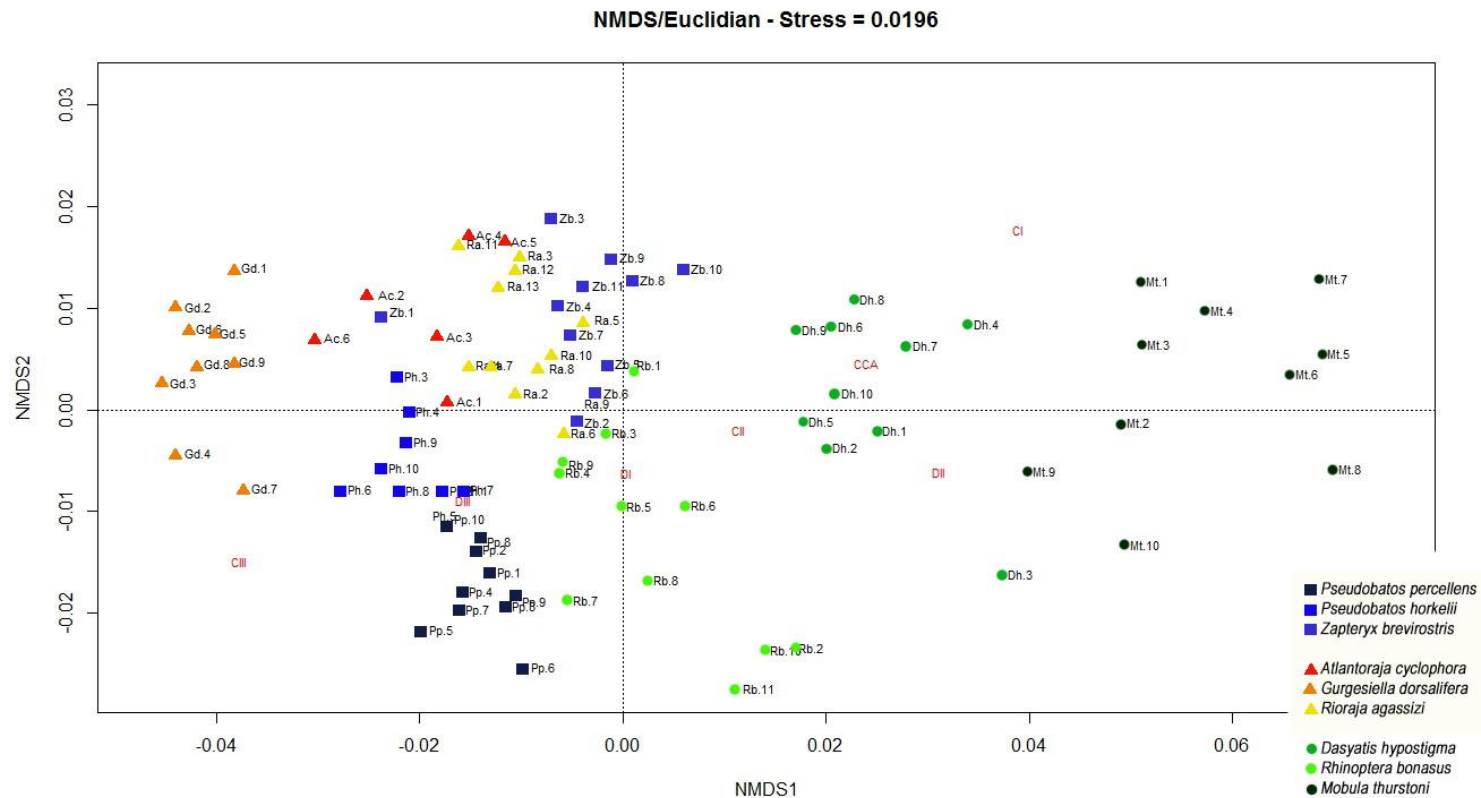


Figura 14. nMDS em distância euclidiana a partir da matriz de dados morfométricos (Anexo I). Stress- 0,0196. Pp: *Pseudobatos percellens*, Ph: *Pseudobatos horkelii*, Zb: *Zapteryx brevirostris*, Ra: *Rioraja agassizi*, Gd: *Gurgesiella dorsalifera*, Mt: *Mobula thurstoni*, Dh: *Dasyatis hypostigma* Rb: *Rhinoptera bonasus*.

Através do nMDS (Fig. 14) é possível visualizar espacialmente a relação das morfometrias realizadas no coração dos espécimes. Assim se observa a disposição dos grupos formados pelas espécies, com *Gurgesiella dorsalifera* a esquerda, ambas *Pseudobatos*, *P. horkelii* e *P. percellens*, na porção inferior esquerda, enquanto *Zapteryx brevirostris* e *Rioraja agassizi* na parte central e superior esquerda e os Myliobatiformes da porção direita.

4.1. Ordem Rhinopristiformes

Em *Zapteryx brevirostris* (Fig. 15), *Pseudobatos percellens* (Fig. 16) e *Pseudobatos horkelii* (Fig. 17) foi constatada a presença de três colunas, com variação entre 3 e 4 fileiras de válvulas. Para as três espécies as válvulas da primeira fileira são maiores que as demais, com a extremidade anterior em forma de seta. As válvulas restantes são menores e apresentam formato triangular em *Zapteryx brevirostris* e *Pseudobatos horkelii*, enquanto em *Pseudobatos percellens* possuem a região anterior côncava.

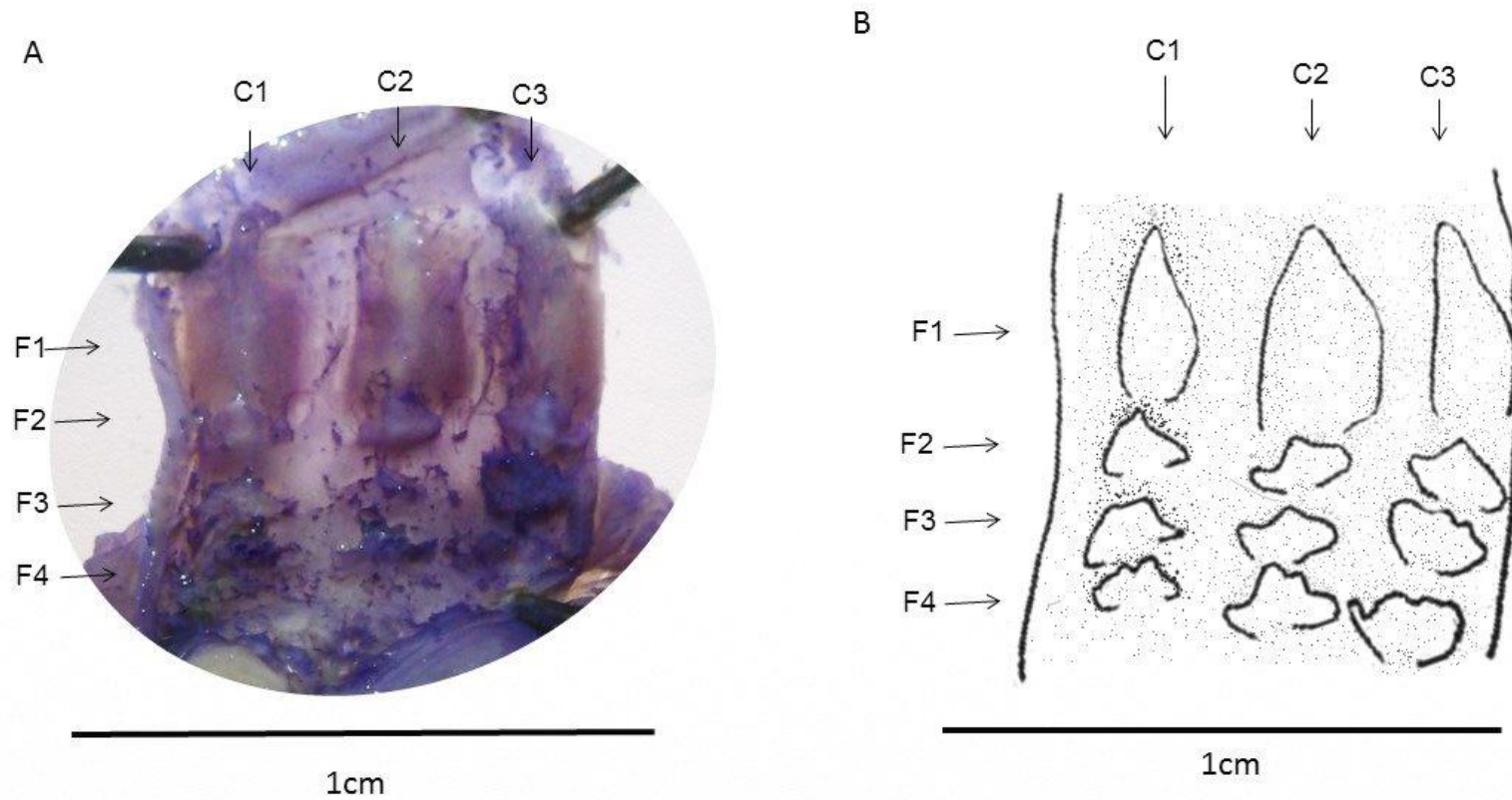


Figura 15. Cone arterioso aberto de *Zapteryx brevirostris* em A e prancha em B; setas indicam as colunas (C1-C3) e fileiras (F1-F4).

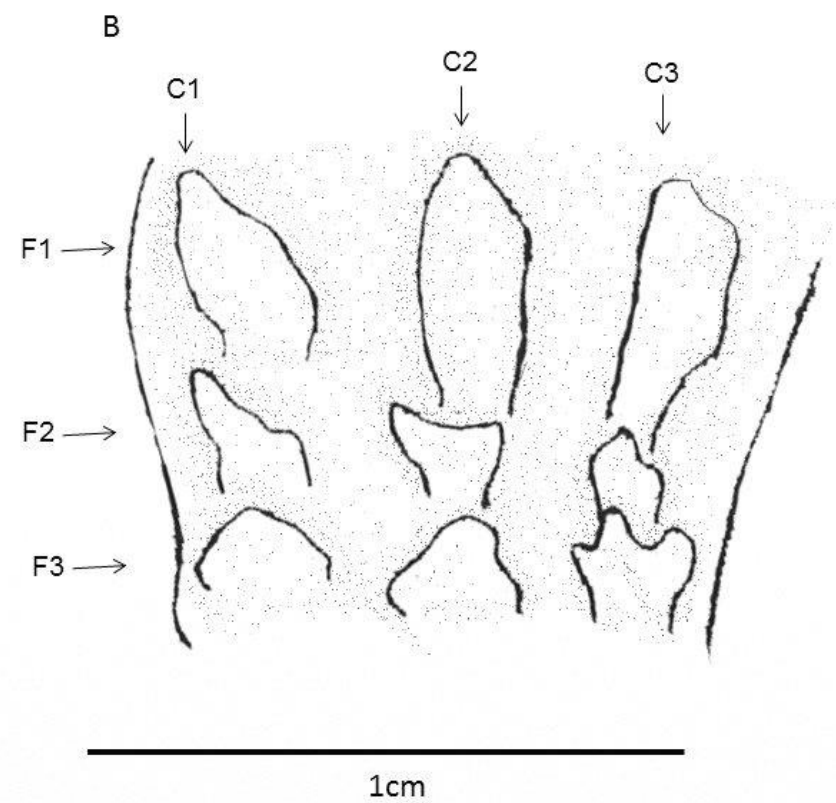
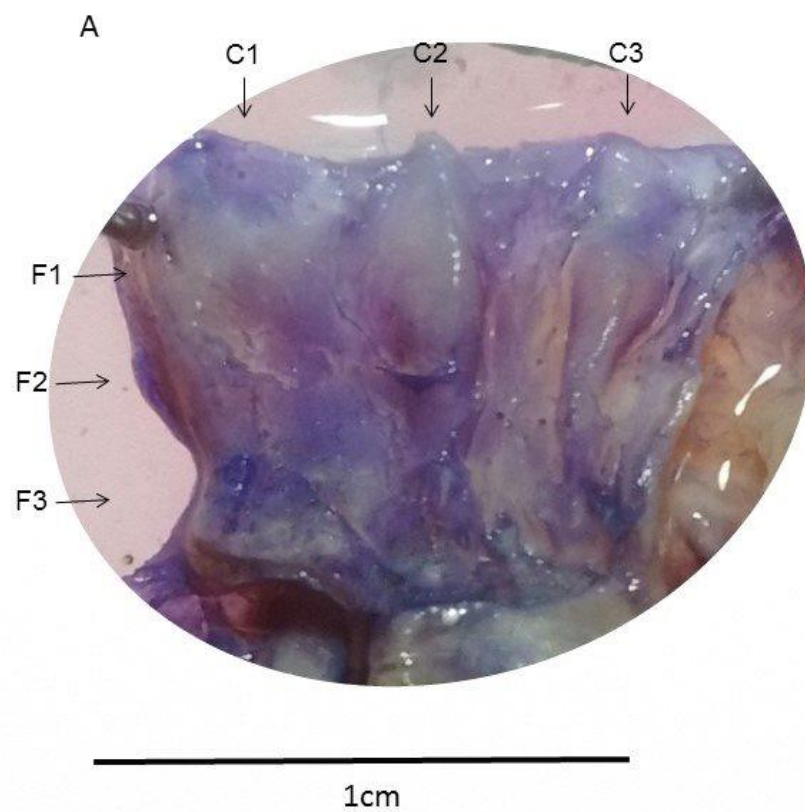


Figura 16. Cone arterioso aberto de *Pseudobatos percellens* em A e prancha em B; setas indicam as colunas (C1-C3) e fileiras (F1-F3).

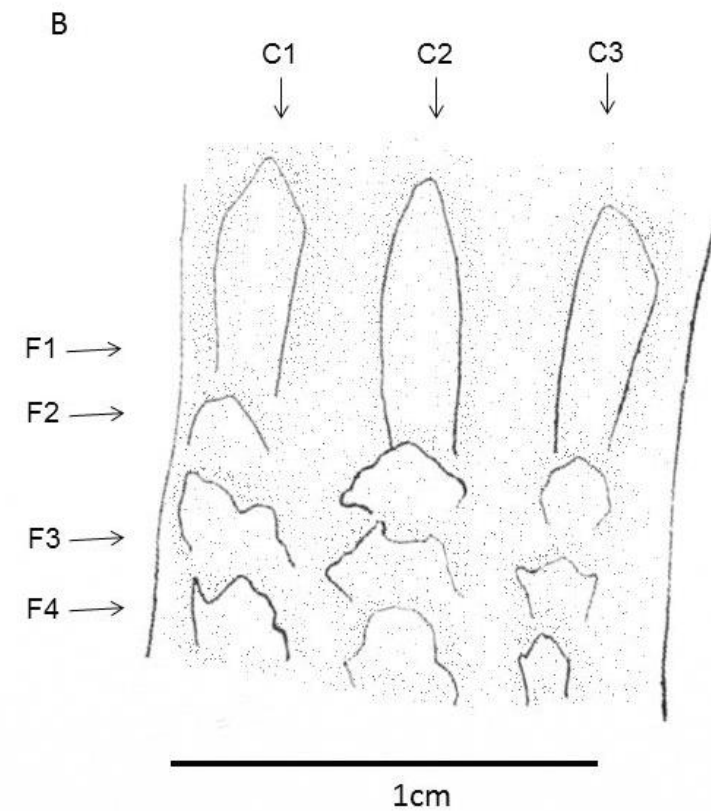
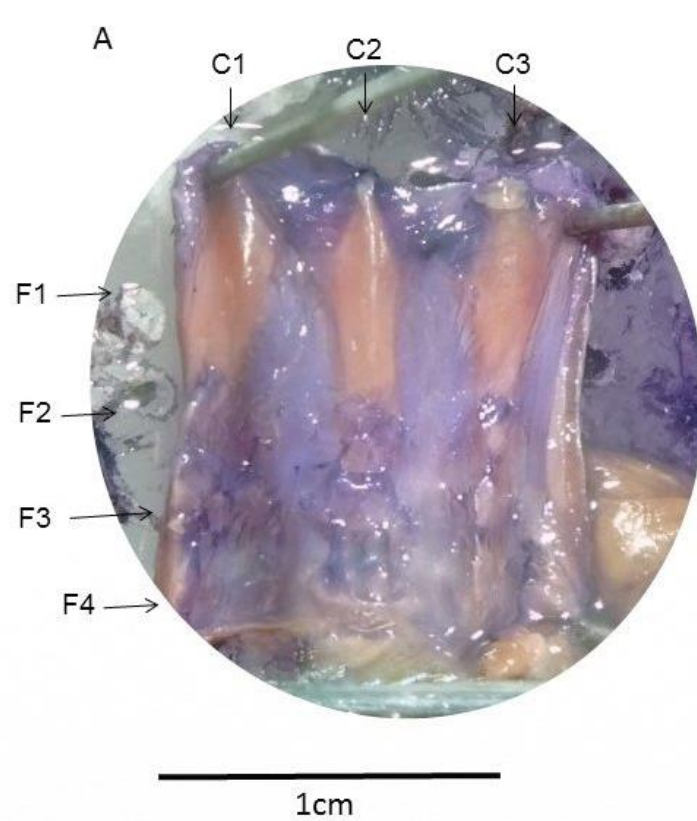


Figura 17. Cone arterioso aberto de *Pseudobatos horkelii* em A e prancha em B; setas indicam as colunas (C1-C3) e fileiras (F1-F3).

4.2. Ordem Rajiformes

Em *Rioraja agassizi* (Fig. 18), *Gurgesiella dorsalifera* (Fig. 19) e *Atlantoraja cyclophora* (Fig. 20) foi observada a presença de três colunas, com o número de fileiras de válvulas variando entre 3 e 5. As válvulas da primeira fileira são maiores com a região anterior em cume. As fileiras intermediárias de *Rioraja agassizi* possuem formato triangular.

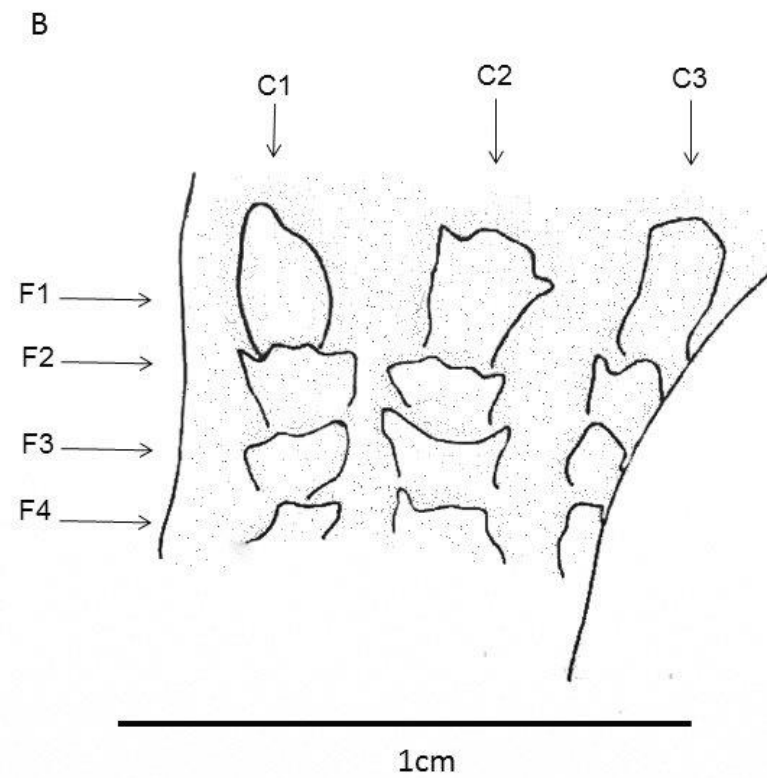
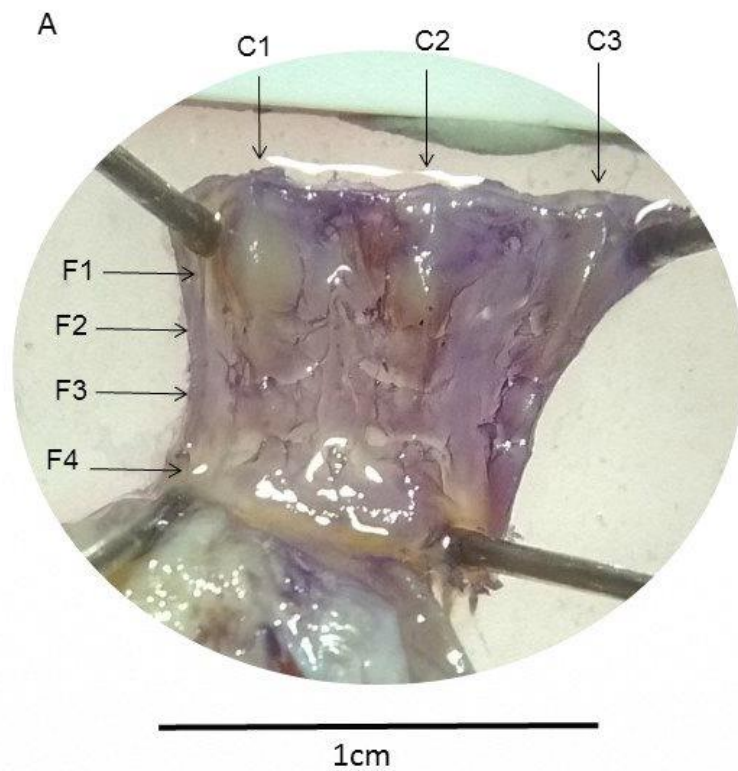


Figura 18. Cone arterioso aberto de *Rioraja agassizi* em A e prancha em B; setas indicam as colunas (C1-C3) e fileiras (F1-F4).

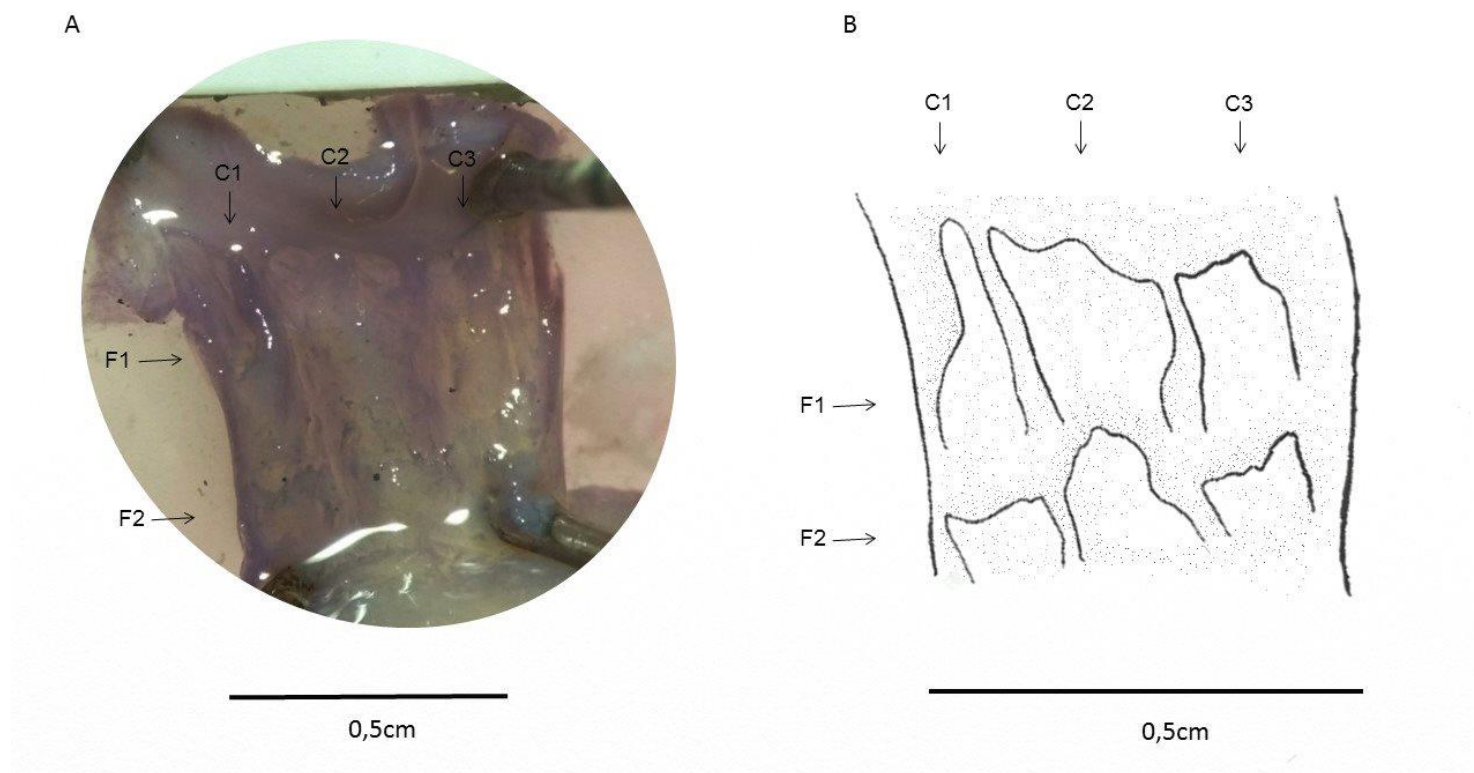


Figura 19. Cone arterioso aberto de *Gurgesiella dorsalifera* em A e prancha em B; setas indicam as colunas (C1-C3) e fileiras (F1-F3).

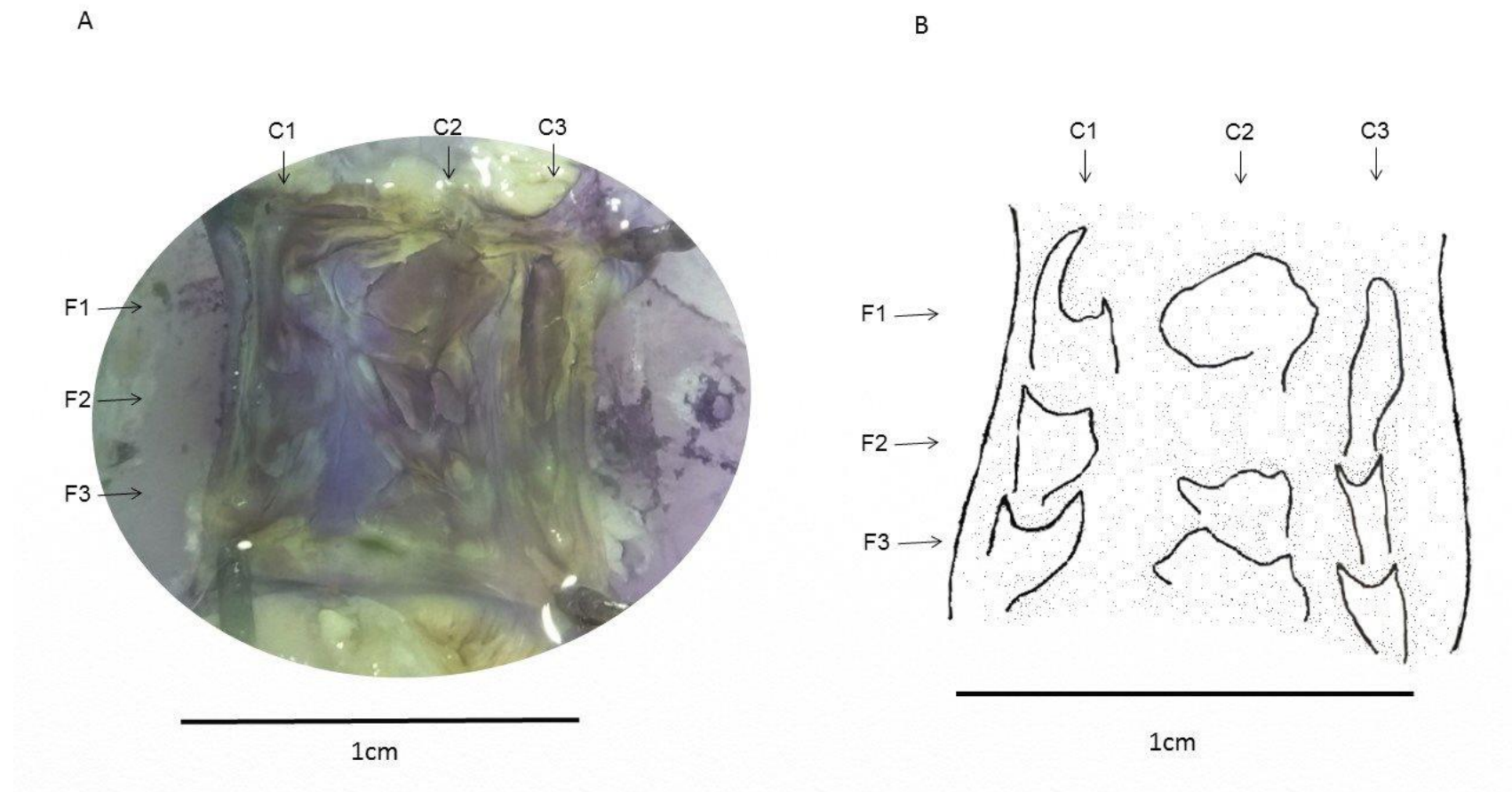


Figura 20. Cone arterioso aberto de *Atlantoraja cyclophora* em A e prancha em B; setas indicam as colunas (C1-C3) e fileiras (F1-F4).

4.3. Ordem Myliobatiformes

As três espécies apresentaram três colunas de válvulas. Em *Mobula thurstoni* (Fig. 21) e *Rhinoptera bonasus* (Fig. 22) a primeira fileira é maior que as demais, alongada e com cúspides, já em *Dasyatis hypostigma* (Fig. 23) todas as fileiras tem tamanho semelhante. As válvulas seguintes têm dimensões parecidas em todas as espécies, com exceção da quarta fileira de *Mobula thurstoni*, maior que as demais.

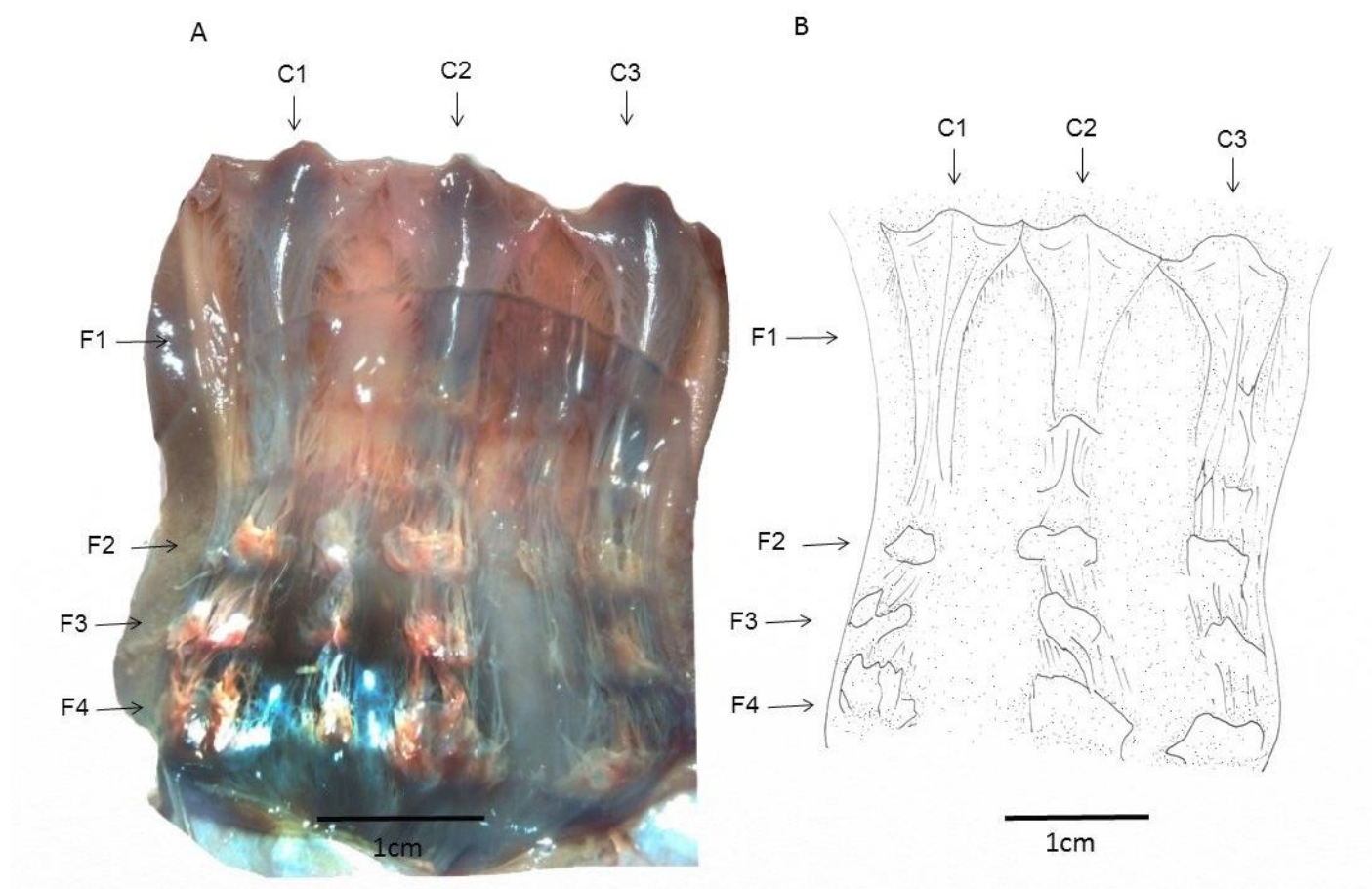


Figura 21. Cone arterioso aberto de *Mobula thurstoni* em A e prancha em B; setas indicam as colunas (C1-C3) e fileiras (F1-F4).

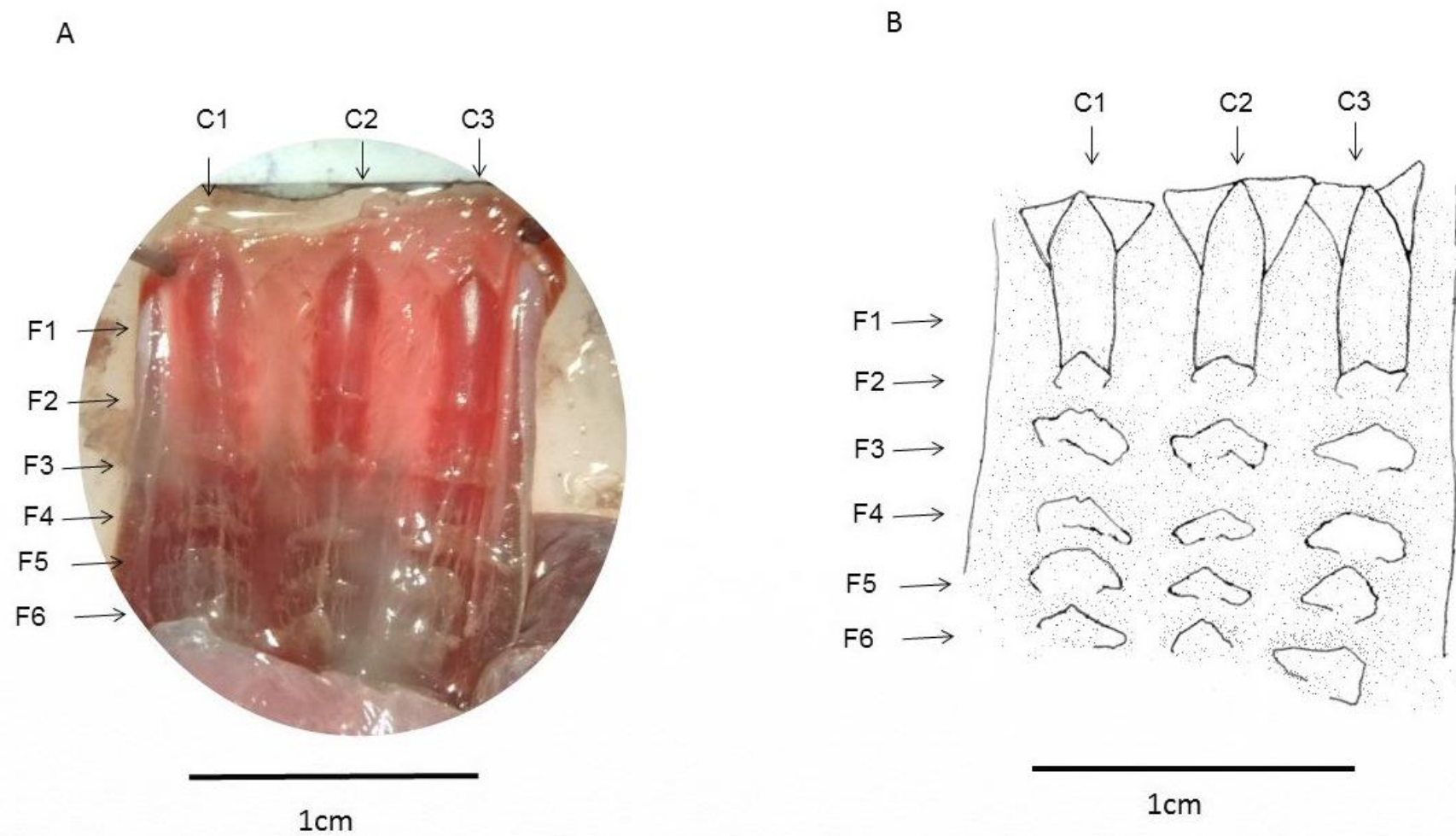


Figura 22. Cone arterioso aberto de *Rhinoptera bonasus* em A e prancha em B; setas indicam as colunas (C1-C3) e fileiras (F1-F5).

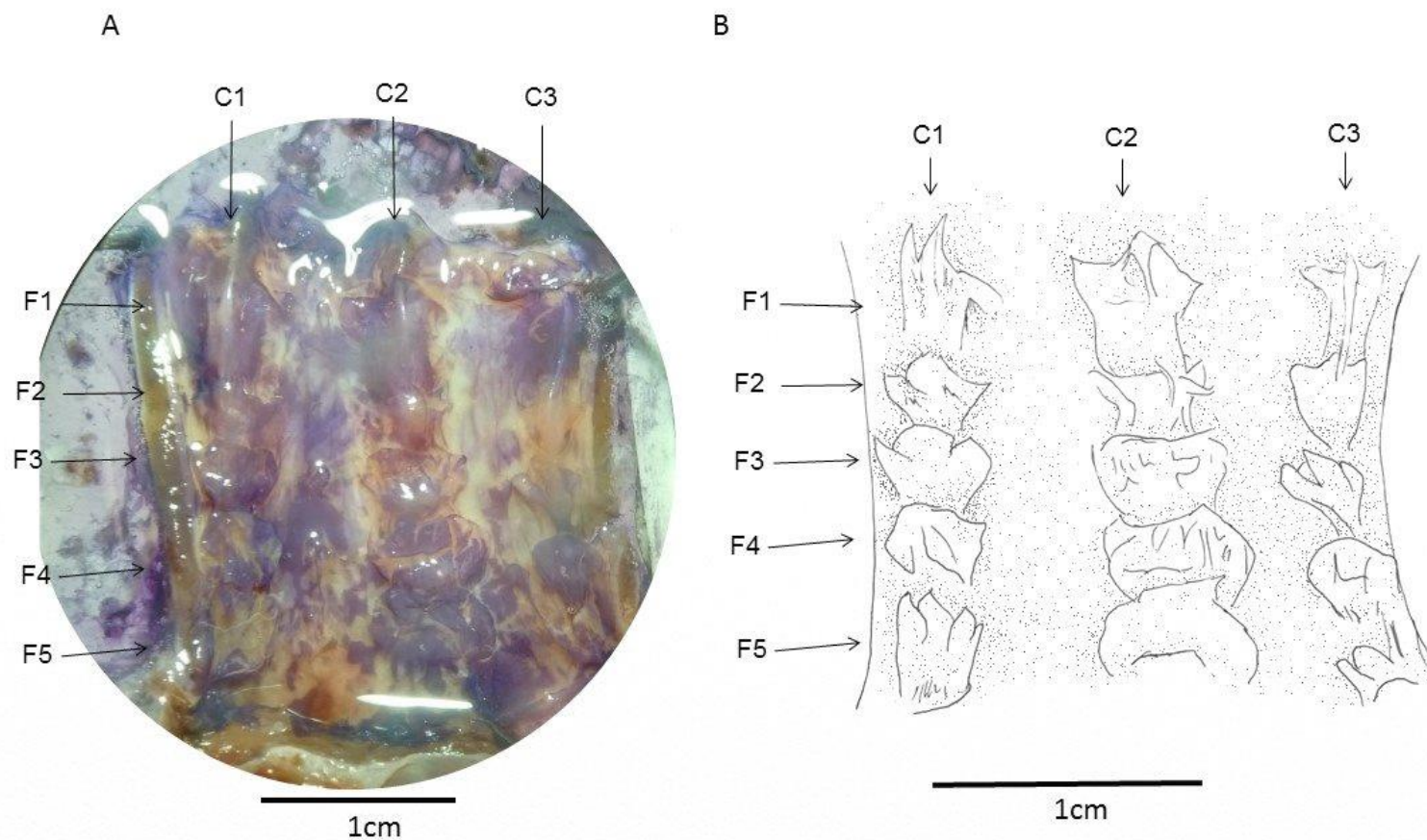


Figura 23. Cone arterioso aberto de *Dasyatis hypostigma* A e prancha em B; setas indicam as colunas (C1-C3) e fileiras (F1-F5).

5. Discussão

Embora poucos trabalhos tenham como foco a anatomia do coração de elasmobrânquios (White, 1936; Pelster & Bemis 1991; Sans-Coma *et al.* 1995; Kobelkowsky, 2012), é possível utilizarmos ilustrações e descrições inseridas em trabalhos com outro propósito para observar a variação no formato e quantidade de válvulas do cone arterioso (Garman, 1913), e assim comparar com o analisado para as espécies do presente estudo.

Em relação à quantidade de fileiras de válvulas, as espécies de raias observadas por Garman (1913), entre elas *Aetobatus narinari*, *Rhinoptera brasiliensis*, *Mobula hypostoma*, *Gymnura altavela*, *Paratrygon aiereba* e *Sympterygia acuta*, apresentaram variação entre 2 e 7, semelhante ao encontrado no presente estudo, entre 2 e 6 fileiras. Nas Ordens Rhinoprístiformes e Rajiformes há predominância de indivíduos com 3 e 4 fileiras, esta semelhança encontrada no presente estudo pode estar relacionada à proximidade filogenética entre esses dois grupos. (Nishida, 1990; Shirai, 1996). Na Ordem Myliobatiformes foi observada maior quantidade de exemplares com 5 ou 6 fileiras, mesmo resultado ilustrado por Garman (1913) para espécies desse grupo.

A quantidade de fileiras corrobora parcialmente com a teoria de White (1936), que diz que quanto maior a quantidade de válvulas, teoricamente mais derivada é a espécie. *Rioraja agassizi* apresentou 2 fileiras de válvulas, a menor quantidade encontrada entre as espécies aqui estudadas, e também a menor quantidade ilustrada por Garman (1913) para *Narke japonica*. Por outro lado, o fato de Myliobatiformes possuírem maior quantidade se encaixa na teoria de que animais mais derivados possuiriam maior número de válvulas.

As espécies das três ordens analisadas neste trabalho apresentaram variação intraespecífica em relação à quantidade de fileiras. As raias da ordem Rhinoprístiformes exibiram variação de 3 a 4 fileiras, sendo a maioria para *Pseudobatos horkelii*, *Pseudobatos percellens* e *Zaptryx brevirostris* (4, 3 e 4, respectivamente), números apresentados também em *Rioraja agassizi* e *Dasyatis hypostigma*. Já *Rhinoptera bonasus* e *Mobula thurstoni*, ambas em sua maioria, apresentaram 5 fileiras de válvulas. De modo geral, o número fileiras separa as espécies da ordem Myliobatiformes das demais aqui estudadas. Contudo, devido a variação intraespecífica, essa característica não se torna viável para separação em nível de espécie, indicando o caráter pouco prático desta característica para fins taxonômicos.

Nos Rhinoprístiformes houve uma diferença significativa no número de fileira de

válvulas entre *P. horkelii* e *P. percellens* (Graf. 2), diferença que pode ser associada às dimensões máximas naturais atingidas por esses animais. A primeira cresce até cerca de 140 cm de CT e a segunda cerca de 100 cm CT. O maior tamanho de *P. horkelii* possivelmente implica em maior esforço de bombeamento.

Os Myliobatiformes exibiram os maiores valores proporcionais no que se refere ao comprimento do cone, o que pode ter relação com o maior número de fileiras de válvulas verificado nessas espécies; a partir destes mesmos dados, também se verifica que as três ordens apresentam médias distintas. Já em relação à largura máxima do coração, a ordem Rajiformes apresenta os maiores valores e, neste caso pode ser apenas reflexo de uma acomodação física natural desse órgão ao corpo extremamente achatado dorso-ventralmente, como em nenhum outro grupo de elasmobrânquios.

Rosenberger (2001) propõe que espécies de raias de natação ondulatória são mais associados ao substrato e exibem menor vigor de natação, com hábitos mais sedentários e, conseqüentemente, menor fluxo sanguíneo. Apesar de não terem sido realizados estudos sobre a natação de *Atlantoraja cyclophora*, *Rioraja agassizi* e *Gurgesiella dorsalifera*, sabe-se que estas espécies são bentônicas (Gomes & Gadig, 2003; Rincon, 2004; Barbini & Lucifora, 2016) e, com base em espécies taxonomicamente próximas e modo de vida associado ao substrato, como o das espécies de Rajiformes aqui estudadas (Rosenberger, 2001) em *Raja eglanteria*) é possível, por inferência, assumir que estas possuem padrão de natação ondulatório. Portanto, os resultados aqui obtidos para essas espécies (menor número de válvulas em relação às aos Myliobatiformes ativos de natação oscilatória), podem ser associados ao modo de vida.

Rosenberger (2001) classifica a natação de *Rhinoptera bonasus* (espécie aqui estudada) como oscilatória. Seu modo de vida envolve o uso da coluna d'água, alternando com incursões ao substrato, onde se alimenta (Bigelow & Schroeder, 1953; Fisher, 2011). No presente estudo foi a espécie que exibiu o maior número de válvulas dentre examinadas, possivelmente por conta do seu modo de vida. Apesar de *Mobula thurstoni* ser uma espécie ocupante estritamente da coluna d'água e manter-se em movimento ininterrupto (Walls, 2016), os dados aqui obtidos indicam menor número de válvulas em comparação com *Rhinoptera bonasus*.

Devido à grande diversidade morfológica, a morfometria externa é utilizada para a identificação, caracterização e descrição de espécies de elasmobrânquios (Coelho & Erzini, 2008). Além das características externas, outros elementos podem ser utilizados, como o esquelético, muito utilizado na filogenética e taxonomia (Nishida, 1990; Shirai, 1996;

McEachran *et al.*, 1996; Compagno, 1999; McEachran & Aschliman, 2004; Klug, 2010). A utilização da anatomia visceral pode auxiliar no entendimento da evolução das espécies, as realizações de estudos com órgãos, como de estômago (Lutz, 1931), coração (White, 1936; Kobelkowsky, 2012), e válvula espiral até parasitológicos (Hadley, 1929; Nishida, 1990; Borucinska & Caira, 1993; Curran & Caira, 1995; Alarcos *et al.* 2006), e performance natatória (Bernal *et al.* 2003) podem auxiliar em um entendimento do processo evolutivo como um todo.

As diferenças entre os tamanhos dos animais podem ser relacionadas a própria proporção de seus corpos, como o fato das da razão entre as medidas CII e CIII em Rajiformes estar abaixo do valor médio, pode estar relacionado ao fato que neste grupo, os animais possuem um maior valor de largura de disco do que comprimento, levando em consideração esse maior dimensionamento, acredita-se que animais em que o coração tenha seguido o mesmo formato do corpo tiveram maior sucesso.

Assim como maior comprimento do cone em média ser da ordem dos Myliobatiformes, também nesse grupo foi encontrado maior número de válvulas. Assim, tal atributo (dimensões do cone) pode significar vantagens para acomodar maior número de fileiras de válvulas, contrariamente ao aqui observado para *Gurgesiella dorsalis*.

Segundo White (1936), a região anterior das válvulas apresenta três cúspides, geralmente com a central mais destacada. No presente estudo, válvulas de *Mobula thurstoni*, *Rhinoptera bonasus*, *Rioraja agassizi*, *Pseudobatos horkelii*, *Pseudobatos percellens* também possuem três cúspides e este formato pode estar relacionado a evitar o refluxo sanguíneo, ou seja, a maior quantidade de tecido desta cúspide, provavelmente faz com que a mesma se desloque mais da parede do cone em direção ao seu centro, a luz do cone, auxiliando em seu fechamento e impedindo o refluxo. Cones com válvulas tricúspides e com a primeira fileira maior provavelmente se manteriam fechadas mais facilmente, semelhantes ao observado por Satchell & Johnes (1966) em *Heterodontus portusjacksoni*, onde as válvulas na região anterior se mantêm fechadas mesmo durante a diástole e as válvulas da região posterior se fecham após a contração do cone arterioso, uma vez que não são grandes o suficiente para se manterem fechadas com o cone relaxado.

De forma geral, a partir da segunda fileira, as válvulas possuem tamanho reduzido. Considerando o que foi descrito por Satchell & Johnes (1966), estas válvulas só atuariam no impedimento do refluxo sanguíneo no momento da contração do cone. A forma da válvula também pode estar relacionada com o volume sanguíneo comportado e com o número de válvulas no cone arterioso.

6. Conclusões

No presente estudo foi constatado a variação de 2 a 6 fileiras de válvulas cardíacas presentes no cone arterioso de raias. Com base nas medidas morfométricas do coração, foi possível observar que há um agrupamento de espécies em suas respectivas ordens.

O intuito do presente trabalho foi tentar verificar a existência de um padrão na quantidade de válvulas cardíacas em raias. Contudo, possivelmente devido à grande diversidade do grupo, a quantidade de espécies pode ter sido determinante para a determinação de um padrão.

7. Referências Bibliográficas

Agnisola, C.; Venzi, R.; Houlihan, D.F. & Tota, B. 1994. Coronary flow-pressure relationship in the working isolated fish heart: trout (*Oncorhynchus mykiss*) versus torpedo (*Torpedo marmorata*). *Philos. Tr. Soc. B*.

Agnisola, C.; Randall, D.J. & Taylor, E.W. 2003. The modulatory effects of noradrenaline on vagal control of heart rate in the dogfish, *Squalus acanthias*. *Physiol. Biochem. Zoo.*, 76(3):310-320.

Alarcos, A. J.; Ivanov, V. A. & Sardella, N. H. 2006. Distribution patterns and interactions of cestodes in the spiral intestine of the narrownose smooth-hound shark, *Mustelus schmitti* Springer, 1939 (Chondrichthyes, Carcharhiniformes). *W. Stefanski Institute of Parasitology, Acta Parasitol.*, 51(2):100–106.

Barbini, S.A. & Lucifora, L.O. 2016. Diet composition and feeding habits of the eyespot skate, *Atlantoraja cyclophora* (Elasmobranchii: Arhynchobatidae), off Uruguay and northern Argentina. *Neotrop. ichthyol.*, 14(3).

Bigelow, H. B. & Schroeder, W. C. 1953. Sawfishes, guitarfishes, skates and rays, 465-480, in **Fishes of the Western NorthAtlantic.**, New Haven: Sears Foundation for Marine Research, 616p.

Bernal,D; Sepulveda, C.; Mathieu-Costello, O. & Graham J.B 2003. **Comparative studies of high performance swimming in sharks I. Red muscle morphometrics, vascularization and ultrastructure.** *Journal of Experimental Biology.* 206: 2831-2843; doi: 10.1242/jeb.00481

Borucinska, J.D.; Obasa, O.A.; Haffey, N.M.; Scott, J.P.; Williams, L.N.; Baker, S.M.; Min, S.J.; Kaplan, A. & Mudimala, R. 2012. Morphological features of coronary arteries and lesions in hearts from five species of sharks collected from the northwestern Atlantic Ocean. *Jour. of Fish.. Disea.*, 35 (10): 741–754.

Borucinska, J. & Caira, J.N. 1993. A Comparison of Mode of Attachment and Histopathogenicity of Four Tapeworm Species Representing Two Orders Infecting the Spiral Intestine of the Nurse Shark, *Ginglymostoma cirratum*. *Amer. Soc. Parasit.*, 79(2):238-246.

Coelho, R. & Erzini, K. 2008. *Identification of deep water lantern sharks (Chondrichthyes: Etmopteridae) using morphometric data and multivariate analysis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88 (1): 199-204.

Compagno, L. J. V. 1999. Checklist of living elasmobranchs, p. 470-498, *In* Hamlett, W. C. (ed.) **Sharks, Skates, and Rays. The Biology of Elasmobranch Fishes**. Baltimore: The John Hopkins University Press, 515p.

Compagno, L. J. V. C. 2005. Checklist of living Chondrichthyes, p.501-548, *in* Hamlett, W. C. (Ed.) **Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes: sharks, Batoids, and chimaeras**. New Hampshire: Science Publishers, 575p.

Compagno, L.J. & Last, P.R. 1999. "Mobulidae". *In*: K.E. Carpenter & V.H. Niem (eds) **The living marine resources of the Western Central Pacific**. FAO species identification guide for fishery purposes. Volume 3. Batoid fishes, chimaeras and bony fishes, 1524-1529p.

Curran, S. & Caira, J.N. 1995. Attachment Site Specificity and the Tapeworm Assemblage in the Spiral Intestine of the Blue Shark (*Prionace glauca*). *Americ. Soci. Parasit.* 81(2):149-157.

Durán, A.C; Fernández, B.; Grimes, A.C.; Rodríguez, C.; Arqué, J.M. & Sans-Coma V. 2008. Chondrichthyans have a bulbus arteriosus at the arterial pole of the heart: morphological and evolutionary implications. *Jour.l of Anat.*, 213(5):597-606.

Emery, S.H.; Mangano, C. & Randazzo, V. 1985. Ventricle morphology in pelagic elasmobranch fishes. *Comp. Biochem. Physiol.*, 82(3):635-643.

Figueiredo, J. L. 1977. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil**. I - Introdução. Cações, Raias e Quimeras. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 104p.

Fisher, R.A; Call, G.C & Grubbs, R.D. 2011. Cownose Ray (*Rhinoptera bonasus*) Predation Relative to Bivalve Ontogeny. J. of Shellfish R, 30(1):187-196.

Garman, S. 1913. The plagiostomia (sharks, skates and rays). Memoirs of the museum of comparative zoology at Harvard College, 36:546p.

Genge, C.; Hove-Madsen, L. & Glen F.T. 2012. Functional and Structural Differences in Atria Versus Ventricles in Teleost Hearts, New Advances and Contributions to Fish Biology, 221-245.

Grusha, D. S. 2005. Investigation into the life history of the cownose ray, *Rhinoptera bonasus*, (Mitchill 1815). MS thesis, Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary, 115p.

Gomes, U. L. 2003. **Revisão taxonômica da família Rajidae no Brasil (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Rajiformes)**. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 286p. (Tese de Doutorado)

Gomes, U. L. & Gadig, O. B. F. 2003 Família Rajidae, p.28-30, in **Catálogo das Espécies de Peixes Marinhos do Brasil**. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo. São Paulo. 160p

Haberich, F.J. 1965. The functional separation of venous and arterial blood in the univentricular frog heart. Nova York, *Annals of the New York Academy of Sciences* 127: 459-476.

Hadley, C.E. 1929. The Dissection of the Spiral Valve of *Squalus Acanthias*. *Am Assoc Adv Sci Pub.*, 69(1793):500-500.

Hamlett, W.C. 2005. **Reproductive biology and phylogeny of chondrichthyes sharks, batoids and chimaeras**, Volume 3 of Series: *Reproductive Biology and Phylogeny*, School of Integrative Biology University of Queensland, 575p.

- Hamlett, W.C.; Schwartz, F.J.; Schmeinda, R. & Cuevas, E. 1996. Anatomy, histology, and development of the cardiac valvular system in elasmobranchs. *J Exp Zool*, 275 (2–3):83–94p.
- Hoar, W.S., Randall, D.J. & Farrell, A.P. 1992. Fish Physiology: The Cardiovascular System. *Academic Press*, 365p.
- Johansen, K. Franklin, D.L. & Citters, R.L.V. 1966. Aortic blood flow in free-swimming elasmobranchs. *Comp. Biochem. Physiol*, (19):151-160.
- Johansen, K. & Hanson, D. 1968. Functional anatomy of the hearts of lungfishes and amphibians. *Integr. Comp. Biol.*, 8(2):191-210.
- Kobelkowsky, A. 2012. Anatomy of the heart and afferent branchial arteries of the rays (Chondrichthyes: Batoidea). *Hidrobiológica*, 22(1):35-41.
- Klug, S. M. 2010. Phylogeny and systematic position of the †Synechodontiformes (Chondrichthyes, Neoselachii). *Zoo Scr*, 39:37–49.
- Last, P.; White, W.; Carvalho, M.; Séret, B.; Stehmann, M. & Naylor, G. 2016. Rays of the World. Cornell University Press, 800p.
- Lutz, B.R. 1930. The Innervation of the Heart of the Elasmobranch *Scyllium canicula*. *Biol. Bull*, 59(2):211-216.
- Lutz, B.R. 1931. The innervation of the stomach and rectum and the action of adrenaline in elasmobranch fishes. *Biol. Bull*, 61:93-100.
- Macías, D.; Pérez-Pomares, J.M.; García-Garrido, L. & Muñoz-Chápuli, R. 1999. Epithelial-mesenchymal transitions in the developing heart of the dogfish (*Scyliorhinus canicula*). A scanning electron microscopic study. *Acta Zool-Stockholm*, 80:231-239.
- Maldanis, L., Carvalho, M., Almeida, M. R., Freitas, F. I., de Andrade, J. A. F. G., Nunes, R. S., ... & Siljeström, S. 2016. Heart fossilization is possible and informs the evolution of cardiac outflow tract in vertebrates. *Elife*, 5:1-12

Menni, R.C. & Stehmann, M.F.W. 2000. Distribution, environment and biology of batoid fishes off Argentina, Uruguay and Brazil. A review. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.*, 2(1):69-109.

McCune, B., Grace, J. B., & Urban, D. L. 2002. Analysis of ecological communities (Vol. 28). Gleneden Beach: MjM software design.

McEachran, J.D. & Aschliman, N. 2004. Phylogeny of Batoidea, 79-114, in Carrier, J.C.; Musick, J.A.; Heithaus, M.R. (eds). ***Biology of sharks and their relatives***. Florida, Boca Raton: CRC Press, 613p.

McEachran, J.D. & Carvalho, M.R. 2002. Batoids, 508-589, in Carpenter, K., (Ed.). ***The living marine resources of the western North Atlantic***. FAO Species identification guide for fishery purposes and American society of ichthyologists and herpetologist. Rome: FAO. 5:83.

McEachran, J. D. & Compagno, L. J. V. 1980. Results of the research cruises of FRV “Walter Herwig” to South America. LVI: A new species of skate from the Southwestern Atlantic, *Gurgesiella* (Chondrichthyes, Rajoidei). *Arch. FischWiss.*, 31:1-14.

McEachran, J.D.; Dunn, K.A & Miyake, T. 1996. Interrelationships of the Batoid fishes (Chondrichthyes: Batoidea). Interrelationships of Fishes, San Diego, *Academic Press*, 20p.

Nishida, K. 1990. Phylogeny of suborder Myliobatidoidei. *Memoirs of the faculty of fisheries Hokkaido University*, 37(1-2):1-108.

Oddone, M. C. & C. M. Vooren. 2004. Distribution and abundance of *Atlantoraja cyclophora* (Regan 1903) (Elasmobranchii, Rajidae) with regard to salinity, temperature and depth in southern Brazil, south-western Atlantic. *Neotrop. Ichthyol.*, 2:137–144.

PARSONS, C. W. 1929. Memoirs: the conus arteriosus in fishes. *J Cell Sci.*, 2(289):145-176.

Pelster, B. & Bemis, W.E. 1991. Ontogeny of heart function in the little skate *Raja erinacea*. Department of Zoology, University of Massachusetts, Amherst, *J. exp. Biol.*, 156:387-398.

Ramos, C. 2004. The structure and ultrastructure of the sinus venosus in the mature dogfish (*Scyliorhinus canicula*): the endocardium, the epicardium and the subepicardial space. Department of Animal Biology, Faculty of Science, University of Málaga, *Tissue and Cell*, 36:399–407.

Rincon, G. 2004. *Gurgesiella dorsalifera*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004. Acesso em 06/03/2017.

Rosenberger, L. J. & Westneat, M. W. 1999. Functional morphology of undulatory pectoral fin locomotion in the stingray *Taeniura lymma* (Chondrichthyes: Dasyatidae). *J. Exp. Biol.* 202(24):3523-3539.

Rosenberger, L. J. 2001. Pectoral fin locomotion in batoid fishes: undulation versus oscillation. *J. Exp. Biol.* 204:379-394.

Sans-Coma, V., Gallego, A., Muñoz-Chápuli, R.; De Andrés, A. V.; Durán, A. C. e Fernández, B. Anatomy and histology of the cardiac conal valves of the adult dogfish (*Scyliorhinus canicula*). *Anat. Rec.*, 241: p. 496–504. 1995. doi:10.1002/ar.1092410407

Santos, H. R. S. & Carvalho, M. R. 2004. Description of a new species of whiptailed stingray from the southwestern atlantic ocean (Chondrichthyes, Myliobatiformes, Dasyatidae). *Boletim do Museu Nacional Nova Série Rio de Janeiro*. 516:24.

Satchell, G. H. & Johnes, M. P. 1967. The Function of the Conus Arteriosus in the Port Jackson Shark, *Heterodontus Portusjacksoni*. *J Exp Biol.*, 46: 373-382.

Scharold, J. & Gruber, S. 1991. Telemetered Heart Rate as a Measure of Metabolic Rate in the Lemon Shark, *Negaprion brevirostris*. *Copeia*, (4)942-953.

Sebben, A.; Campos, L.A.; Schwartz, C.A.; Silva, H.R.; Nascimento, L.B. & Silva, L.H.R. 2015. **Anatomia comparativa de vertebrados: atlas fotográfico**. UNB, IB, LACV, 161p.

Simpson, W.W. & Ogden, E. 1932. The physiological significance of urea. Division of

Physiology, University of California Medical School, Berkeley, 9(1):1-5.

Shirai, S. 1996. Phylogenetic Interrelationships of Neoselachians (Chondrichthyes: Euselachii). *Interrelationships of Fishes, Academic Press*, 09-34.

Tota, B. 1999. Heart, 238-272, in William C. Hamlett. ***Shark, Skates and Rays***. Baltimore: The John Hopkins University Press, 1:528.

Walls, R.H.L.; Pardo, S.A.; Bigman, J.S.; Clark, T.B.; Smith, W.D. & Bizzarro, J.J. 2016. *Mobula thurstoni*. (errata version published in 2016) The IUCN Red List of Threatened Species 2016. Acesso em 25/01/2017.

Webb, G.J.W. 1979. Comparative cardiac anatomy of the reptilian. III. The heart of crocodilians and an hypothesis on the completion of the interventricular septum of crocodilians and birds. *J. Morph*, 161(2):221-240.

Weigmann, S. 2016. Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. *J Fish Biol*, 88: 837–1037.

Wegner, N.C.; Lai, N.C.; Bull, K.B. & Graham, J.B. 2012. Oxygen utilization and the branchial pressure gradient during ram ventilation of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*: is lamnid shark–tuna convergence constrained by elasmobranch gill morphology. *J. Exp. Biol*, 215:22-28.

Weng, K.C.; Castilho, P.C.; Morrisette, J.M.; Mandeira-Fernandez, A.M.; Holts, D.B.; Schallert, R.J; Goldman, K.J. & Block, B.A. 2010. Satellite tagging and cardiac physiology reveal niche expansion in salmon sharks. *Science*, 310:104-106.

White, E.G. 1936. The Heart valves of the elasmobranch fishes. *The American Musuem of Natural History*, 838:1-22.

White, F.N. 1968. Functional anatomy of the heart of reptiles. *Am. Zoo.*, 8(2):211-219.

Wyman, L.C. & Lutz, B.R. 1932. The effect of adrenalin on the blood pressure of the elasmobranch, *Squalus acanthias*. *Biol. Bull.*, 62:17-22.

8. Anexo

Anexo 1. Medidas dos corações obtidas após a padronização dos dados.

Espécies	CI	CII	CIII	CCA	DI	DII	DIII
<i>Pseudobatos percellens</i>	0,043378	0,058231	0,073083	0,029621	0,012859	0,010164	0,013758
<i>Pseudobatos percellens</i>	0,04614	0,06272	0,079939	0,021388	0,010801	0,011322	0,013927
<i>Pseudobatos percellens</i>	0,044947	0,057663	0,080288	0,021634	0,009771	0,009028	0,010074
<i>Pseudobatos percellens</i>	0,038444	0,057979	0,080925	0,021937	0,008758	0,01045	0,01266
<i>Pseudobatos percellens</i>	0,047076	0,0617	0,088308	0,021447	0,012993	0,01142	0,013586
<i>Pseudobatos percellens</i>	0,041787	0,05921	0,079282	0,02229	0,013132	0,010195	0,014054
<i>Pseudobatos percellens</i>	0,047433	0,053696	0,075185	0,025598	0,015859	0,012785	0,015543
<i>Pseudobatos percellens</i>	0,04964	0,059854	0,081867	0,019145	0,014934	0,010961	0,012783
<i>Pseudobatos percellens</i>	0,039944	0,063698	0,065494	0,025373	0,014835	0,011303	0,011362
<i>Pseudobatos horkelii</i>	0,045165	0,06093	0,067005	0,02603	0,009401	0,00745	0,005055
<i>Pseudobatos horkelii</i>	0,044423	0,055824	0,068643	0,027942	0,010456	0,007473	0,008388
<i>Pseudobatos horkelii</i>	0,045454	0,05083	0,056812	0,026601	0,009136	0,006764	0,009363
<i>Pseudobatos horkelii</i>	0,04432	0,056257	0,058297	0,02311	0,010153	0,00758	0,007742
<i>Pseudobatos horkelii</i>	0,04193	0,058833	0,068628	0,022615	0,012312	0,008293	0,008399
<i>Pseudobatos horkelii</i>	0,037036	0,051042	0,065	0,020038	0,013585	0,011246	0,009259
<i>Pseudobatos horkelii</i>	0,044599	0,060729	0,066017	0,023962	0,011401	0,012025	0,010107
<i>Pseudobatos horkelii</i>	0,037726	0,057144	0,06221	0,024984	0,013438	0,013895	0,014786
<i>Pseudobatos horkelii</i>	0,043245	0,057844	0,060671	0,020253	0,009806	0,008327	0,010005
<i>Pseudobatos horkelii</i>	0,038216	0,057879	0,060222	0,021733	0,013596	0,013199	0,009706
<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,042673	0,05149	0,0462	0,030683	0,011638	0,012696	0,010933
<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,056583	0,062241	0,062869	0,02892	0,011317	0,013203	0,016975
<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,060953	0,057078	0,042632	0,034528	0,011979	0,012684	0,012332
<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,059363	0,058357	0,053662	0,034545	0,008385	0,010062	0,006708
<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,062283	0,059005	0,060972	0,03442	0,009506	0,012457	0,013112
<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,065281	0,054239	0,068204	0,028256	0,010068	0,011692	0,012991
<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,063093	0,055473	0,059131	0,030175	0,009754	0,011887	0,009144
<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,066586	0,059054	0,052485	0,035798	0,013072	0,0141	0,01347
<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,066101	0,056961	0,051394	0,036751	0,010169	0,012004	0,011167
<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,077638	0,057509	0,058402	0,027697	0,011105	0,012163	0,013221
<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,06715	0,056624	0,054804	0,025832	0,010526	0,01074	0,011703
<i>Pseudobatos percellens</i>	0,048303	0,057842	0,079104	0,02093	0,01117	0,010258	0,012331
<i>Atlantoraja cyclophora</i>	0,067865	0,073836	0,08404	0,036105	0,009363	0,009615	0,012951
<i>Atlantoraja cyclophora</i>	0,067062	0,063846	0,067506	0,028	0,013002	0,011893	0,010757
<i>Atlantoraja cyclophora</i>	0,06905	0,070905	0,072558	0,033076	0,017683	0,014755	0,013306
<i>Atlantoraja cyclophora</i>	0,082398	0,073633	0,06509	0,033406	0,012463	0,009626	0,010105
<i>Atlantoraja cyclophora</i>	0,084313	0,077673	0,067667	0,032541	0,008143	0,008714	0,010096
<i>Atlantoraja cyclophora</i>	0,06252	0,053542	0,07788	0,031368	0,017523	0,012439	0,015251
<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	0,067185	0,070596	0,073439	0,024342	0,008527	0,009613	0,014006
<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	0,063992	0,059421	0,085092	0,016902	0,009354	0,011374	0,014031
<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	0,045043	0,065227	0,0812	0,019054	0,009707	0,009861	0,012326
<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	0,048918	0,065804	0,102391	0,027171	0,005885	0,005219	0,007471
<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	0,06507	0,054858	0,088863	0,022563	0,01048	0,009571	0,011977

<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	0,054913	0,067596	0,078816	0,023484	0,00885	0,009686	0,01324
<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	0,056356	0,068397	0,111679	0,025185	0,009152	0,010046	0,011835
<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	0,058414	0,061254	0,091268	0,023946	0,01136	0,00923	0,014846
<i>Gurgesiella dorsalifera</i>	0,065345	0,063089	0,094317	0,023685	0,01297	0,013605	0,015578
<i>Rioraja agassizi</i>	0,084668	0,060284	0,044705	0,03319	0,019643	0,013547	0,015918
<i>Rioraja agassizi</i>	0,079257	0,068838	0,089304	0,03721	0,018233	0,013023	0,011907
<i>Rioraja agassizi</i>	0,083662	0,079432	0,066742	0,029611	0,01269	0,0141	0,01833
<i>Rioraja agassizi</i>	0,06922	0,066282	0,077383	0,037549	0,012407	0,009795	0,015673
<i>Rioraja agassizi</i>	0,088603	0,070338	0,080168	0,036759	0,012004	0,014275	0,010447
<i>Rioraja agassizi</i>	0,087672	0,063525	0,101588	0,03293	0,013488	0,011317	0,014968
<i>Rioraja agassizi</i>	0,082086	0,071651	0,08981	0,036236	0,014256	0,012613	0,011093
<i>Rioraja agassizi</i>	0,084384	0,070546	0,087985	0,038606	0,013774	0,012132	0,017186
<i>Rioraja agassizi</i>	0,09912	0,067345	0,109554	0,040786	0,011856	0,012331	0,011856
<i>Rioraja agassizi</i>	0,07889	0,074352	0,077934	0,035266	0,011384	0,011901	0,011583
<i>Rioraja agassizi</i>	0,078934	0,06702	0,064271	0,03626	0,016536	0,012671	0,012591
<i>Rioraja agassizi</i>	0,08202	0,07962	0,067972	0,034764	0,011558	0,008491	0,013915
<i>Rioraja agassizi</i>	0,083901	0,069999	0,074422	0,038305	0,010257	0,016284	0,015458
<i>Dasyatis hypostigma</i>	0,078337	0,081446	0,06929	0,030645	0,014276	0,016962	0,015803
<i>Dasyatis hypostigma</i>	0,082821	0,066643	0,079159	0,028636	0,012256	0,013121	0,014938
<i>Dasyatis hypostigma</i>	0,084461	0,086096	0,087731	0,034609	0,015474	0,019941	0,018675
<i>Dasyatis hypostigma</i>	0,090241	0,08452	0,064398	0,029722	0,011328	0,015149	0,011405
<i>Dasyatis hypostigma</i>	0,074515	0,074793	0,069409	0,033553	0,013654	0,011267	0,011934
<i>Dasyatis hypostigma</i>	0,080786	0,076519	0,062851	0,024728	0,014809	0,009674	0,009809
<i>Dasyatis hypostigma</i>	0,083648	0,083165	0,064325	0,027169	0,010008	0,015588	0,010784
<i>Dasyatis hypostigma</i>	0,080484	0,07909	0,056444	0,035045	0,012815	0,011191	0,012693
<i>Dasyatis hypostigma</i>	0,076997	0,072268	0,059123	0,034979	0,013255	0,01408	0,016334
<i>Dasyatis hypostigma</i>	0,074837	0,075867	0,062846	0,041038	0,018888	0,019575	0,0172
<i>Rhinoptera bonasus</i>	0,058446	0,06876	0,054757	0,036253	0,013612	0,014311	0,010566
<i>Rhinoptera bonasus</i>	0,058476	0,083863	0,082389	0,038415	0,01842	0,017516	0,018655
<i>Rhinoptera bonasus</i>	0,048393	0,075869	0,053739	0,035854	0,020035	0,018409	0,011216
<i>Rhinoptera bonasus</i>	0,050055	0,063789	0,063522	0,031361	0,016561	0,017467	0,016054
<i>Rhinoptera bonasus</i>	0,051356	0,07216	0,065297	0,032101	0,017867	0,015757	0,019068
<i>Rhinoptera bonasus</i>	0,05989	0,070137	0,07197	0,034137	0,012621	0,019052	0,012741
<i>Rhinoptera bonasus</i>	0,046078	0,063126	0,076105	0,037113	0,014287	0,018528	0,01571
<i>Rhinoptera bonasus</i>	0,054154	0,068224	0,077254	0,034493	0,011944	0,016931	0,019294
<i>Rhinoptera bonasus</i>	0,050856	0,066241	0,063108	0,029134	0,013398	0,0159	0,014076
<i>Rhinoptera bonasus</i>	0,06099	0,075197	0,087609	0,038822	0,015508	0,01621	0,016497
<i>Rhinoptera bonasus</i>	0,051099	0,08129	0,0832	0,04323	0,014322	0,020611	0,018043
<i>Mobula thurstoni</i>	0,111078	0,078252	0,070443	0,038586	0,018541	0,020542	0,016043
<i>Mobula thurstoni</i>	0,094278	0,093562	0,07091	0,042321	0,023208	0,02399	0,012552
<i>Mobula thurstoni</i>	0,100457	0,092028	0,067395	0,044067	0,013307	0,020797	0,014304
<i>Mobula thurstoni</i>	0,102515	0,093043	0,066897	0,057695	0,013705	0,017318	0,013634
<i>Mobula thurstoni</i>	0,116329	0,093841	0,076452	0,051775	0,01926	0,021644	0,013549
<i>Mobula thurstoni</i>	0,11372	0,093689	0,077781	0,049317	0,013399	0,021551	0,014201
<i>Mobula thurstoni</i>	0,116127	0,100892	0,065407	0,047876	0,016607	0,018729	0,014823
<i>Mobula thurstoni</i>	0,115979	0,092706	0,091167	0,051641	0,014341	0,016032	0,014202

<i>Mobula thurstoni</i>	0,086816	0,0892	0,076662	0,040369	0,017676	0,01739	0,012109
<i>Mobula thurstoni</i>	0,086809	0,106157	0,077381	0,038298	0,017685	0,018517	0,014417