

DIMORFISMO SEXUAL DA RAIA DE ÁGUA DOCE *Potamotrygon motoro* DOS LAGOS DE VIANA, MARANHÃO

Getulio Rincon

Universidade Federal do Maranhão, Curso de
Engenharia de Pesca
Pinheiro – Maranhão

Carlos Eduardo Santos Soares

Universidade Federal do Maranhão, Curso de
Engenharia de Pesca
Pinheiro – Maranhão

Renata Daldin Leite

Universidade Federal do Paraná, Programa de
Pós-Graduação em Zoologia
Curitiba - Paraná

Kerly Melo Pereira

Universidade Federal do Maranhão, Curso de
Engenharia de Pesca Pinheiro – Maranhão

Natascha Wosnick

Universidade Federal do Paraná, Departamento
de Zoologia Curitiba - Paraná

Ana Rita Onodera Palmeira Nunes

Universidade Federal do Maranhão
Departamento de Oceanografia e Limnologia
São Luís - Maranhão

Jorge Luiz Silva Nunes

Universidade Federal do Maranhão
Departamento de Oceanografia e Limnologia
São Luís – Maranhão

Pindaré/Mearim. Devido à lacuna de informações sobre essa população, estudos sobre a biologia e ecologia desses animais foram iniciados em 2017. Quarenta e três animais foram capturados no período noturno com espinhel de fundo entre 2017 e 2019. Destes, 36 (16 machos e 20 fêmeas) foram escolhidos ao acaso para 42 medidas morfométricas, posteriormente testadas quanto à diferença nos valores médios (Teste-t e Wilcoxon) e alometria. Os resultados evidenciaram dimorfismo sexual em 16 medidas. Machos apresentaram medidas relacionadas à cabeça e cauda maiores, enquanto as fêmeas apresentaram o peso e as medidas relacionadas ao disco, pélvicas e dentes maiores. A análise alométrica evidenciou sete medidas, sendo que cinco medidas apresentaram alometria negativa para ambos os sexos, as demais apresentaram alometria positiva para o comprimento total dos machos e alometria positiva para o comprimento do ferrão para as fêmeas. Concluindo, as variações morfométricas indicam diferenças ecológicas e no crescimento entre machos e fêmeas de *P. motoro* no Lago de Viana.

PALAVRAS-CHAVE: elasmobrânquios, endemismo, morfometria, diferenças sexuais.

SEXUAL DIMORPHISM OF THE FRESHWATER STINGRAY *Potamotrygon motoro* IN THE LAKES OF VIANA, MARANHÃO

RESUMO: As raias de água doce do Lago de Viana pertencem à espécie *Potamotrygon motoro*, sendo encontradas na bacia dos rios

ABSTRACT: The freshwater stingrays of Lake Viana belong to the species *Potamotrygon motoro* and are found in the Pindaré/Mearim river basin. Due to information gaps regarding this population, studies on the biology and ecology of these animals began in 2017. Forty-three animals were caught during night with longlines between 2017 and 2019. Of these, 36 (16 males and 20 females) were randomly chosen for 42 morphometric measures and tested for differences in mean values (t-test and Wilcoxon) and allometry. The results showed sexual dimorphism in 16 measurements. Males presented larger measures related to the head and tail, while females presented measures related to weight, disc size, pelvic fins and teeth larger than males. The allometric analysis evidenced seven measures: in five measurements, both sexes presented negative allometry and in the other measurements presented positive allometry for males total length and for female sting length. In short, the morphometric variations indicate ecological and growth differences between males and females of *P. motoro* of Lake Viana.

KEYWORDS: elasmobranchs, endemism, morphometry, sexual differences.

1 | INTRODUÇÃO

As raias de água doce pertencem à família Potamotrygonidae (Chondrichthyes: Elasmobranchii), composta por cinco gêneros: *Potamotrygon* Garman, 1877; *Heliotrygon* Carvalho e Lovejoy, 2011; *Paratrygon* Duméril, 1865; *Plesiotrygon* Rosa, Castello e Thorson, 1987 e o recentemente incluído e revisado gênero anfiamericano *Styracura* Carvalho, Loboda & Silva, 2016 (ALMEIDA et al., 2008; CARVALHO, 2016a, b). Portanto, após recente revisão taxonômica, a nova configuração da família Potamotrygonidae agora inclui 42 espécies válidas distribuídas nos gêneros: *Potamotrygon* (35), *Heliotrygon* (2), *Plesiotrygon* (2), *Styracura* (2) e 1 *Paratrygon* (1) (SILVA E LOBODA, 2019). Apesar da recente inserção à família Potamotrygonidae, é possível que em breve *Styracura* seja realocado para uma nova família própria, tendo em vista sua distribuição disjunta na América do Sul e maior tolerância à salinidade (LAST et al., 2016).

As raias de água doce perfazem um grupo monofilético com características sinapomórficas como: presença do processo pré-pélvico, redução da glândula retal e incapacidade de reter a ureia em processos osmorregulatórios para controle homeostático (ROSA, 1985; CARVALHO et al., 2003). Estes animais são endêmicos da América do Sul, ocorrendo em várias bacias hidrográficas que drenam para o Mar do Caribe e Oceano Atlântico (LAST et al., 2006). Os principais locais de distribuição são as bacias hidrográficas da Argentina, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Paraguai, Peru, Suriname, Uruguai e Venezuela (Atrato, Catatumbo, Corantijn, Essequibo, Magdalena, Maracaibo, Maroni, Oiapoque e Orinoco) e as bacias localizadas em território brasileiro (Amazonas, Pindaré-Mearim, Tocantins-Araguaia, Paraná e Parnaíba) (LASSO et al., 2013). Sob o ponto de vista zoogeográfico, as raias

de água doce estão ausentes apenas nas regiões Andinas, Patagônia, leste do Brasil, Transandina ao sul da Colômbia, Chile e Subantártica (LASSO *et al.*, 2013).

A raia-de-fogo *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841) apresenta ampla distribuição geográfica, com a descrição baseada apenas em exemplares coletados nas bacias do rio Paraná/Paraguai e do rio Guaporé, um tributário do alto Madeira, mas é uma das poucas espécies de raias de água doce que ocorrem ao longo de grande parte das bacias Paraná/Paraguai, Amazonas, Orinoco e na bacia dos rios Pindaré/Mearim (ROSA, 1985; LOBODA E CARVALHO, 2013). As informações sobre a biologia e a ecologia da raia-de-fogo são incipientes, sendo classificada como Dados Insuficientes (DD) na lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN Red List, 2019) e como Menos Preocupante (LC) na lista do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2016). Assim como *P. motoro*, cerca de 89% das espécies de raia de água doce encontram-se como DD nas listas mundiais (LAST *et al.*, 2016), o que torna a pesquisa com esses animais de extrema importância. Ainda, dado o alto grau de endemismo das raias de água doce, o sinal de urgência se torna mais claro no que tange à necessidade de preencher as lacunas de conhecimento.

O uso da morfometria como ferramenta para estudos de variação morfológica em estudos populacionais tem evoluído de forma paralela com as tecnologias computacionais e estatísticas (NUNES, 2008), que de certa forma conseguiu quebrar o paradigma de que os protocolos de medidas morfométricas sejam efetuadas de modo mecanicista, diminuindo o interesse de muitos pesquisadores e estudantes em sua realização. Seguindo esses avanços, atualmente há formas mais ágeis para obtenção de medidas e maximização dos efeitos estatísticos no estudo de morfometria, como é o caso da morfometria geométrica (ZELDITCH *et al.*, 2004).

Considerando que a distribuição e colonização das espécies em diferentes tipos de bacias hidrográficas estão regidas aos eventos históricos e geológicos, é provável que cada bacia apresente sua própria identidade. Sendo assim, é possível que a unidade populacional de *P. motoro* que habita a bacia dos rios Pindaré-Mearim se apresente com características exclusivas. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo caracterizar os aspectos morfológicos externos em *P. motoro* a fim de compreender aspectos ecomorfológicos da espécie, com foco nas diferenças observadas entre machos e fêmeas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

1.1 Área De Estudo

A costa amazônica do Brasil, que se estende dos estados do Amapá ao Maranhão, é drenada por uma série de pequenos e médios rios da bacia amazônica; nem todos

diretamente ligados ao sistema de drenagem da Amazônia, mas também sob a influência de suas águas costeiras e estuarinas. A bacia de Pindaré/Mearim é uma bacia isolada que drena para a Baía de São Marcos localizada a 480 km a sudeste da foz do Amazonas. Ao longo do baixo Pindaré, pouco antes do entroncamento com o rio Mearim, há uma série de lagos rasos formados pela extensão das planícies, um processo repetido na região conhecido como “Baixada Maranhense” (SOARES, 2005).

Os lagos de Viana localizam-se na região conhecida como Baixada Maranhense, área de inundação pelos rios Pericumã, Turiaçú, Mearim e Pindaré criando campos alagados e lagos rasos (Figura 1). Barbieri (1988) identifica o lago de Viana como um típico lago de várzea, com uma grande área inundável ao seu redor. Embora aparentemente independentes, os lagos de Viana estão interconectados e pertencem ao mesmo distrito lacustre, estando em conjunto sob as mesmas condições e processos deteriorativos (NUNES *et al.*, 2011).

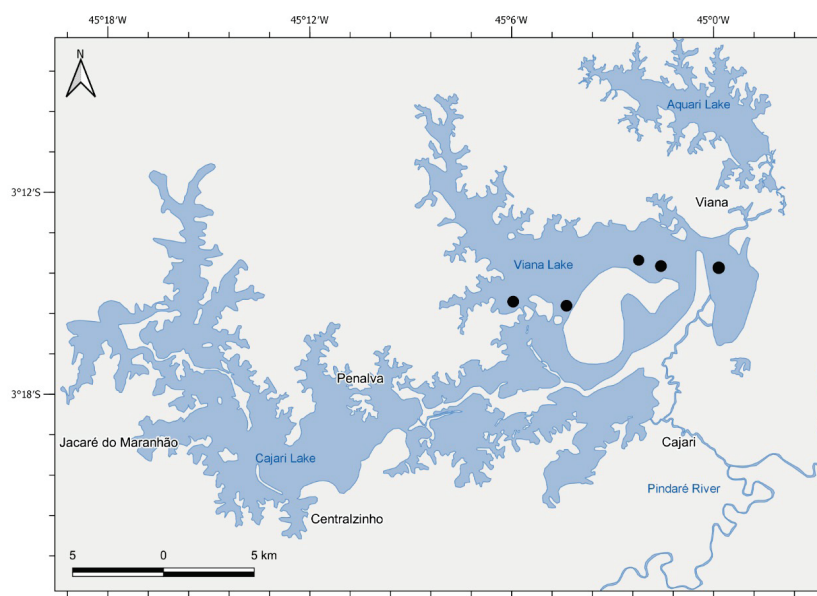


Figura 1. Local de coleta dos exemplares utilizados no presente estudo

1.1 Amostragem

Para a análise morfométrica, indivíduos de *P. motoro* foram capturados com espinhel de fundo com pequenos peixes da fauna local como isca ao longo de cinco expedições entre 2017 e 2019. Foram analisados 43 exemplares: uma fêmea grávida (02/07/2017); 26 espécimes (30/09/2017); cinco espécimes (10/07/2018); sete espécimes (16/11/2018); e quatro espécimes (16/07/2019). Dentre os exemplares capturados, 36 exemplares foram medidos e pesados ao acaso (16 machos e 20 fêmeas). Em seguida foram etiquetados e armazenados em solução de formalina (10%), sendo parte do material foi depositado na Coleção de Peixes da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) (Figura 2). Este estudo foi licenciado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBio (SisBio N° 58240-1) e aprovado pela Comissão de Ética em Uso de Animais da UFMA (Certificado CIAEP:



Figura 2. Exemplar fêmea de *Potamotrygon motoro* do lago de Viana, Maranhão.

1.2 Morfometria

O protocolo de morfometria utilizado seguiu o proposto por RINCON (2006), uma modificação de ROSA (1985) (Figura 3) com a inserção das seguintes medidas: largura do disco aos olhos (linha transversal ao disco passando sobre a margem anterior dos olhos), largura do disco na origem das nadadeiras pélvicas, focinho 1ª fenda branquial, boca 1ª fenda branquial, comprimento da abertura cloacal, comprimento da base da nadadeira pélvica, comprimento da cauda desde a margem posterior do disco à inserção do espinho, comprimento pré-pélvico, número de tubérculos na cauda, número de dentes arcada superior, número de dentes arcada inferior; e a exclusão das seguintes medidas: comprimento do crânio, largura do crânio, largura pré-orbital, largura pós-orbital, largura interorbital, comprimento da fontanela, largura da fontanela, largura da placa dentária superior e largura da placa dentária inferior.

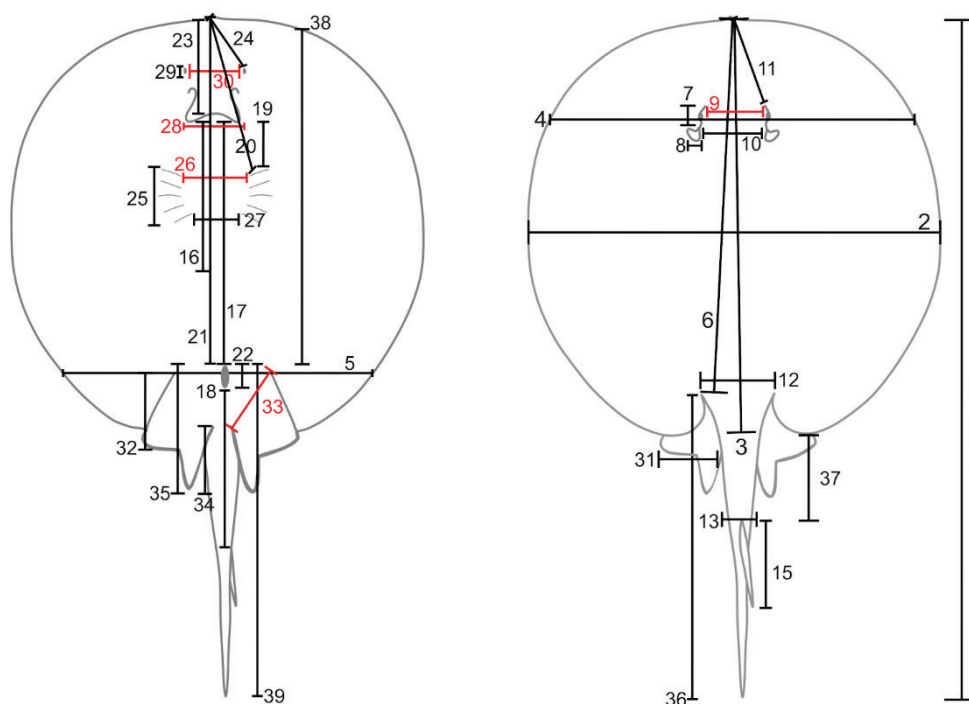


Figura 3. Medidas consideradas no presente estudo para *Potamotrygon motoro*. As medidas em vermelho apresentaram diferenças significativas entre os sexos.

1.3 Tratamento Estatístico

As análises estatísticas foram realizadas nas matrizes de dados dos índices obtidos a partir das medidas do protocolo de morfometria para cada exemplar. Para evitar o efeito de alometria, cada uma das medidas morfométricas foi transformada em índices morfológicos calculados em percentual da largura de disco (LD). Os dados foram testados previamente quanto à sua natureza para normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Teste de Levene). O teste Teste-t de Student foi aplicado sobre a matriz para testar diferenças morfométricas entre os sexos de *P. motoro*, porém quando os dados não atendiam as prerrogativas para aplicação de testes paramétricos optou-se pelo teste Wilcoxon. As análises foram realizadas no ambiente R (R Development Core Team 2011).

Com o objetivo de avaliar a variação ontogenética entre os sexos foi calculado o coeficiente de alometria baseando-se na equação de potência $Y = aX^b$. Essa equação foi linearizada $\log y = \log a + b \log x$, e o LD foi usado como variável preditora (x), e as outras dimensões como variável independente (y). Para esta análise foi utilizado o programa REGRANS. Todos os testes consideraram o nível de significância de 5%.

3 | RESULTADOS

A amostra composta por 18 fêmeas apresentou as larguras do disco entre 137 e 613 mm, enquanto que em 16 machos as larguras variaram entre 132 e 447 mm LD. Os testes revelaram diferenças entre os sexos no Peso e em algumas partes do corpo (Disco, Cabeça, Cauda, Pélvicas e Dentes), totalizando 16 medidas. De forma

geral, pode-se dizer que fêmeas apresentam maiores valores de peso e nas medidas referentes ao disco, pélvicas e dentes; enquanto machos apresentaram maiores as medidas na cabeça e cauda (Tabela 1). Machos apresentaram a cabeça cerca de 10% maior que as fêmeas e a cauda mais longa em cerca de 6,5%. No entanto, as fêmeas apresentaram um número de dentes cerca de 11,5% maior na arcada superior.

As relações alométricas identificadas são predominantemente negativas (Tabela 2), com exceção do comprimento total em machos e do comprimento do ferrão em fêmeas, ambos positivos. Os machos apresentam comprimentos da cauda maiores que as fêmeas, evidenciado pelo teste de Wilcoxon. Desta forma, é provável que essa diferença tenha se refletido no comprimento total, invertendo a tendência alométrica observada nas fêmeas para uma alometria positiva nos machos.

Medidas		Fêmeas				Machos				Teste-t/Wilcoxon		
		N	Média	Varição	DP	N	Média	Varição	DP	TW	P	TESTE
Peso	Peso eviscerado	3	4121,67	2830-5650	1424,82	8	2081,13	160,00-3485,00	1158,70	2,464	0,03	T
	Peso Fígado (g)	10	312,21	3,14-695,00	196,73	14	111,02	1,32-285	93,66	117,00	0,00	W
Disco	Largura do Disco	18	425,83	137,00-613,00	96,77	16	298,56	132,00-447,00	118,63	225,00	0,00	W
	Comprimento Interno do Disco	18	94,66	89,23-98,38	2,69	16	91,37	85,45-96,15	2,77	3,50	0,00	T
Cabeça	Comprimento do Olho	18	3,20	1,96-5,84	0,85	16	4,16	2,39-6,43	1,28	78,00	0,02	W
	Largura Interocular	17	18,59	15,58-20,00	1,14	16	17,39	10,00-21,65	2,48	195,00	0,03	W
	Focinho 1o Fenda Branquial	18	35,62	17,02-42,34	5,34	16	38,82	34,24-44,33	2,84	82,00	0,03	W
	Largura Internarial	18	7,92	5,90-10,22	0,97	16	9,15	7,62-10,98	1,05	-3,56	0,00	T
Cauda	Largura da Cauda no Espinho	17	4,38	3,48-5,44	0,47	13	5,44	3,88-10,61	1,65	38,00	0,00	W
	Cloaca ao Ferrão Caudal	17	49,87	40,98-76,24	8,01	13	51,85	46,31-60,00	3,62	61,00	0,04	W
	Comprimento da Cauda	17	76,40	31,90-98,54	13,52	14	85,83	36,36-117,22	17,44	39,00	0,00	W
	Comprimento da Cauda Desde a Margem Posterior do Disco à Inserção do Espinho	17	41,05	33,40-50,36	4,91	13	44,97	35,87-54,29	4,29	-2,28	0,03	T
	Comprimento da Cauda (Cloaca)	17	78,43	32,45-110,22	14,65	13	83,89	37,58-108,57	15,86	50,00	0,01	W
Pélvica	Largura da Nadadeira Pélvica (=Largura da Margem Posterior da Pélvica)	18	28,30	21,75-34,45	4,22	16	24,01	18,79-35,24	5,49	221,00	0,01	W
	Comprimento da Abertura Cloacal	18	6,94	2,92-11,76	2,23	16	5,07	2,27-7,44	1,62	2,77	0,01	T
Dentes	Número de dentes Arcada Superior	12	43,67	38,00-56,00	5,58	9	38,67	32,00-46,00	4,87	2,14	0,04	T

Tabela 1. Morfometria comparativa das médias de *Potamotrygon motoro* do lago de Viana para machos e fêmeas. As medidas em vermelho apresentaram diferenças significativas entre os sexos e as maiores médias para cada medida foram também indicadas.

Variável	Grupo	N	Equação Linearizada	r ²	T (b=1)	Alometria
			LogY= loga+blogx			
CT	F	18	LogLD= 2,3151 + -0,0275logCT	0,01	-0,45	-
	M	16	LogLD= 1,5253 + 1,5253logCT	0,03	0,76	+
CD	F	18	LogLD= 1,9346 + 0,0386logCD	0,32	3,56	-
	M	16	LogLD= -0,4996 + 0,9152 logCD	0,21	0,89	-
CO	F	18	LogLD= 2,1121 + -0,6234logCO	0,74	-7,53	-
	M	16	LogLD= 3,7425 + -1,2258logCO	0,59	-3,99	-
CE	F	18	LogLD= 1,9353 + -0,5048logCE	0,41	-2,68	-
	M	16	LogLD= 1,8080 + -0,3784logCE	0,03	-0,87	-
CF	F	14	LogLD= -31,8204 + 15,5259logCF	0,94	4,30	+
	M	8	LogLD= 2,2211 + -0,3632logCF	0,24	-2,34	-
CCB	F	18	LogLD= 1,9877 + -0,3707logCCB	0,26	-1,33	-
	M	16	LogLD= 1,4004 + -0,0716logCCB	0,02	-0,80	-
CB	F	18	LogLD= 1,6552 + -0,2937logCB	0,39	-1,98	-
	M	16	LogLD= 1,2181 + -0,0575logCB	0,003	-0,29	-

Tabela 2. *Potamotrygon motoro*. Equações resultantes das relações entre as dimensões corpóreas lineares à largura de disco (LD). CT: Comprimento total; CD; Comprimento do disco; CO: Comprimento do olho; CE: Comprimento espiracular; CF: Comprimento do ferrão; CCB: Comprimento do cesto branquial; CB: Comprimento da boca.

4 | DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo caracterizar as diferenças morfológicas observadas em fêmeas e machos da população de *P. motoro* do Lago de Viana. Considerando o peso eviscerado e o peso do fígado, as fêmeas apresentaram valores mais elevados quando comparadas aos machos. Tal padrão é esperado, visto que fêmeas adultas necessitam de maior mobilidade energética e funcionamento do órgão para a vitelogênese e nutrição durante o período de desenvolvimento embrionário (CONRATH E MUSIK, 2012).

As diferenças morfológicas externas entre machos e fêmeas não é incomum em elasmobrânquios. De forma geral, fêmeas apresentam maiores tamanhos, dada a necessidade de investimento materno durante o desenvolvimento embrionário (WALKER, 2005). Em algumas espécies, a fecundidade possui relação direta com o tamanho corporal, sendo que as fêmeas maiores e mais velhas são capazes de gerar mais filhotes (WALKER, 2005). No presente estudo, as fêmeas apresentaram maior largura do disco. Tal padrão corresponde às modificações evolutivas relacionadas à viviparidade, onde o maior espaço interno promove maior acomodação da prole no ventre e maior quantidade de filhotes, assim como também acontece nos tubarões (MARTINS et al., 2015). Considerando aspectos reprodutivos, as fêmeas apresentaram maior comprimento da cloaca em relação aos machos, visto que esta estrutura apresenta funções adicionais nas fêmeas (CONRATH E MUSICK, 2012). Além disso, como os elasmobrânquios copulam em movimento, o aumento do comprimento da cloaca em fêmeas pode facilitar a inserção dos cláspers, bem como facilitar o nascimento dos

filhotes prontos para a vida independente.

Outra variação observada foi a largura das nadadeiras pélvicas, sendo maior nas fêmeas em relação aos machos, diferença que pode ser essencial em comportamentos reprodutivos, como a cópula ou parto, a exemplo do que foi observado para algumas espécies de tubarões (MARTINS et al., 2015). A contribuição hidrodinâmica da nadadeira pélvica também deve ser considerada, pois desempenha importante função mecânica (RAFF, 2012). De forma resumida, as nadadeiras pélvicas compensam a ondulação das nadadeiras peitorais impulsionando o corpo contra o substrato, realizando manobras ambipedais sincronizadas e movimentos para captura de presas (SHIBUYA et al., 2015). Assim, é possível que o aumento da largura das nadadeiras pélvicas em fêmeas ocorra devido à necessidade de otimizar os movimentos natatórios como forma de compensar as maiores dimensões do seu disco (MACESIC et al., 2013).

O maior comprimento da cauda e a maior largura da cauda na região do espinho em machos corresponde ao formato mais fusiforme e hidrodinâmico observado em machos de algumas espécies de raias e tubarões, sugerindo diferença de nicho em comparação às fêmeas (PIORSKI E NUNES, 2001) e comportamento reprodutivo mais ativo, com maiores velocidades durante busca pelas fêmeas (ROLIM et al., 2015). A cauda em raias de água doce parece não apresentar tantas funções exploradas na natação como é esperada para a defesa (MACESIC et al., 2013), porém acredita-se que o maior comprimento da cauda apresentado pelos machos do Lago de Viana pode contribuir para uma atividade natatória mais hidrodinâmica visto que torna o corpo dos machos mais fusiforme que as fêmeas (LAUDER e DI SANTO, 2015).

Por fim, a maior largura da cauda na região de inserção do espinho pode estar relacionada com comportamentos de defesa e/ou competição. Estudos comportamentais realizados com a espécie em cativeiro indicam que a corte é extremamente complexa, com algumas mordidas e outros comportamentos agonísticos entre indivíduos do mesmo sexo, provavelmente ligados à competição por parceiros (WREN e FLETCHER, 2001). Entretanto, mais estudos são necessários para elucidar a relação entre maior desenvolvimento muscular da região e comportamentos agonísticos.

5 | CONCLUSÃO

O presente estudo apresenta diferenças morfológicas entre machos e fêmeas de *P. motoro*, caracterizando um exemplo clássico de dimorfismo sexual na espécie. É possível que tais diferenças estejam relacionadas ao modo de vida da população local, bem como o ordenamento dos fatores ambientais sobre suas características hidrodinâmicas e comportamentais. De fato, a maioria das variações observadas parecem ter relação direta com adaptações necessárias e compatíveis ao modo reprodutivo da espécie, sendo moldados evolutivamente para otimizar a mecânica

estrutural e comportamentos durante a cópula.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. P. DE; BARTHEM, R. B.; VIANA, A. DA S.; ALMEIDA, P. C. **Diversidade de raia de água doce (Chondrichthyes : Potamotrygonidae) no estuário amazônico**. Arquivos de Ciências do Mar, v. 41(2), p. 82–89, 2008.
- BARBIERI, R. **Parecer da notificação da extensão e tombamento histórico, arquitetônico e paisagístico da cidade de Viana do Alentejo**. São Luís, Universidade Federal do Maranhão. 1988, 4p.
- BIGELOW, H. B.; SCHROEDER, W. C. **The Fishes of the Western North Atlantic, Part II. Sawfishes, Guitarfishes, Skates and Rays, Chimaeroids**. Yale University Press, 1953.
- CONRATH, C. L.; MUSICK, J. A. **Reproductive biology of elasmobranchs**. In: J. C. Carrier; J. A. Musick; M. R. Heithaus; Biology of Sharks and their Relatives. p. 291-312, 2012.
- CARVALHO, M.; LOVEJOY N.R.; ROSA, R.S. **Family Potamotrygonidae**. In: R.E. Reis; C.J. Ferraris; S.O. Kullander (Eds); Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre: Edipucrs. 2003.
- CARVALHO, M. R. **Potamotrygon rex, a new species of Neotropical freshwater stingray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) from the middle and upper rio Tocantins, Brazil, closely allied to Potamotrygon henlei (Castelnau, 1855)**. Zootaxa, v. 4150(5), p. 537–565, 2016a.
- CARVALHO, M. R. **Description of two extraordinary new species of freshwater stingrays of the genus Potamotrygon endemic to the rio Tapajós basin, Brazil (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), with notes on other Tapajós stingrays**. Zootaxa, v. 4167(1), p. 1–63, 2016b.
- CHARVET-ALMEIDA, P. **Ocorrência, biologia e uso das raia de água doce na Baía de Marajó (Pará, Brasil), com ênfase na biologia de Plesiotrygon iwamae (Chondrichthyes : Potamotrygonidae)**. 2001.
- LASSO, C. A.; ROSA, R. S.; MORALES-BETANCOURT, M.A.; GARRONE-NETO, D.; CARVALHO, M.R. **XV. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I: Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación**. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2013.
- LAST, P.; NAYLOR, G.; SÉRET, B.; WHITE, W; CARVALHO, M.; STEHMANN, M. **Rays of the World**. Csiro Publishing, 2016.
- LAUDER, G. V.; DI SANTO, V. **6 - Swimming Mechanics and Energetics of Elasmobranch Fishes**. In: R. E. Shadwick; A. P. Farrell; C. J. Brauner (Orgs.); Fish Physiology, Physiology of Elasmobranch Fishes: Structure and Interaction with Environment. v. 34, p.219–253, 2015.
- LOBODA, T. S.; CARVALHO, M. R. **Systematic revision of the Potamotrygon motoro (Müller & Henle, 1841) species complex in the Paraná-Paraguay basin, with description of two new ocellated species (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae)**. Neotropical Ichthyology, v. 11(4), p. 693–737, 2013.
- MACESIC, L. J.; MULVANEY, D.; BLEVINS, E. L. **Synchronized swimming: coordination of pelvic and pectoral fins during augmented punting by the freshwater stingray Potamotrygon orbignyi**. Zoology, v. 116(3), p. 144–150, 2013.
- MARTINS, A. P. B.; SILVA FILHO, E.; FEITOSA, L. M.; NUNES E SILVA, L.P.; ALMEIDA, Z. S.; NUNES, J. L. S. **Sexual dimorphism of sharks from the Amazonian Equatorial Coast**. Universitas Scientiarum: revista de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana, v. 20, p. 297–

NUNES, J. L. S. **Morfometria geométrica e ecomorfologia de Labridae e Pomacentridae do nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia), Universidade Federal de Pernambuco. 125p. 2008.

NUNES, J. L. S.; PIORSKI, N. M.; SILVEIRA, P.C.A.; ALMEIDA, Z. da S. Fisheries resources of Ramsar sites of the state of Maranhão (Brazil). In: Bilibio, C; Hensel, O; Selbach, JF. (Org.). **Sustainable water management in the tropics and subtropics and case studies in Brazil**. Jaguarão: Fundação Universidade Federal do Pampa, Unikassel, PGCult/UFMA, 2011, v. I, p. 893-912.

PIORSKI, N. M.; NUNES, J. L. S. **Dimorfismo sexual e tendência alométrica em *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941**. Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, São Luís, v. 13, p. 67-81, 2001.

RAFF, R. A. **The Shape of Life: Genes, Development, and the Evolution of Animal Form**. University of Chicago Press, 2012.

RINCON FILHO, G. **Aspectos taxonômicos, alimentação e reprodução da raia de água doce *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau) (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) no Rio Paraná-Tocantins**. Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas. 2006.

ROLIM, F. A.; CALTABELLOTTA, F. P.; ROTUNDO, M. M.; VASKE-JÚNIOR, T. **Sexual dimorphism based on body proportions and ontogenetic changes in the Brazilian electric ray *Narcine brasiliensis* (von Olfers, 1831) (Chondrichthyes: Narcinidae)**. African Journal of Marine Science, v. 37(2), p. 167–176, 2015.

ROSA, R. S. **A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae)**. Dissertation for the degree of doctor of philosophy, College of William and Mary Virginia. Faculty of the School of Marine Science. 523 p. 1985.

SHIBUYA, A.; CARVALHO, M. R. DE; ZUANON, J.; SHO, T. **The use of pelvic fins for benthic locomotion during foraging behavior in *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae)**. Zoologia (Curitiba), v. 32(3), p. 179–186, 2015.

SILVA, J. P. C. B. DA; LOBODA, T. S. ***Potamotrygon marquesi*, a new species of neotropical freshwater stingray (Potamotrygonidae) from the Brazilian Amazon Basin**. Journal of Fish Biology, 2019.

SOARES, E. C. **Peixes do Mearim**. São Luis: Editora Instituto Geia. 2005.

WALKER, T. I. Reproduction in Fisheries Science. In: W. C. Hamlett. **Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes. Sharks, Batoids and Chimaeras**. p. 81–127, 2005.

WREN, S.; FLETCHER, A. **Investigation of behavioural interaction within freshwater stingrays (*Potamotrygon motoro*) at Chester Zoo**. In Proceedings of the 3rd Annual Symposium on Zoo Research, Chester, UK, 2001.

ZELDITCH, M. L.; SWIDERSKI, D. L.; SHEETS, H. D. **Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer**. Academic Press, 2012.