

Mauricio Pinto de Almeida

**HISTÓRIA NATURAL
DAS RAIAS DE ÁGUA DOCE
(CHONDRICHTHYES : POTAMOTRYGONIDAE)
NA ILHA DE MARAJÓ (PARÁ - BRASIL)**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zoologia do convênio Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) / Universidade Federal do Pará (UFPA) como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zoologia.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Borges Barthem

Belém - Pará

2008

Mauricio Pinto de Almeida

**HISTÓRIA NATURAL
DAS RAIAS DE ÁGUA DOCE
(CHONDRICHTHYES : POTAMOTRYGONIDAE)
NA ILHA DE MARAJÓ (PARÁ - BRASIL)**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zoologia do convênio Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) / Universidade Federal do Pará (UFPA) como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zoologia.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Borges Barthem

Belém - Pará

2008

Mauricio Pinto de Almeida

HISTÓRIA NATURAL
DAS RAIAS DE ÁGUA DOCE
(CHONDRICHTHYES : POTAMOTRYGONIDAE)
NA ILHA DE MARAJÓ (PARÁ - BRASIL)

Banca Examinadora

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Borges Barthem

Departamento de Zoologia - Setor de Ictiologia - Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG)

Membros:

Dr. Alberto Ferreira de Amorim (Instituto de Pesca / IP - Santos)

Dr. Carolus Maria Vooren (Universidade Federal do Rio Grande FURG)

Dr. Getúlio Rincon (Conselho Nacional de Pesca e Aquicultura CONEPE-DF)

Dr. Jansen Zuanon (Coordenação de Pesquisa em Biologia Aquática INPA)

Dr. Ricardo de Souza Rosa (Departamento de Sistemática e Ecologia UFPB)

Dra. Rosangela Paula Teixeira Lessa (Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Pesca- UFRPE)

Dr. Teodoro Vasque Junior (Departamento de Pesca e Aquicultura UFRPE)

Belém - Pará

2008

Dedico esta tese a duas pessoas,
por razões que só elas podem
compreender: a Patricia e ao
Cecílio (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

- Ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) pelo apoio ao curso de Doutorado em Zoologia e uso de suas dependências na realização do presente estudo;
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de uma bolsa no decorrer de 48 meses de doutorado;
- Ao meu orientador, Dr. Ronaldo B. Barthem, pelo espaço para o presente estudo, também pela orientação, sugestões, críticas, confiança e amizade;
- A Coordenação do Doutorado em Zoologia (Dra. Maria Cristina Espósito e Dr. José Antônio Marin Fernandes), do convênio MPEG / UFPA, pelo apoio recebido para realização desta pesquisa;
- Aos especialistas consultados que auxiliaram na identificação dos itens alimentares de seus respectivos grupos de especialidade: Dr. Luiz Ricardo Simone, (MZUSP - moluscos); Dr. Jansen S. Zuanon (INPA - peixes); Dr. Célio Magalhães (INPA - crustáceos) e Dr. Bento Mascarenhas (MPEG - insetos);
- Aos meus grandes amigos e imprescindíveis ajudantes de campo Iran Luciano de Souza Brito Filho e Gustavo Silva;
- À coordenação da equipe de pesquisa em campo, especialmente aos eternos amigos Ronca, Vati, Ementa, Catita, pela amizade sincera e o incansável auxílio seguindo um ritmo ao qual praticamente ninguém está acostumado;
- Aos funcionários do IBAMA / Pará: Maria do Carmo, Antonio Melo e Alex;
- A todos os meus grandes amigos e companheiros de toda hora que me ajudaram muito em todo trabalho: **Soure:** Catita, Jacaré, Ivanil, Bacu, Cisto, Dudu, Xaréu, Bagre, Melé e Ionei; **Muaná:** Vati, Eliana, Júnior, Telmo, Júlio, Miguel; Cidinho, Andrade, Jorge, Charles, Bianca, Maxi, Bena, Bitoca e Nazaré; **Afuá:** Ementa, Luis, Hamilton, Jamaira, Selado, dona Zilma, Dalton Salomão; **Jenipapo:** Ronca, Bertino, Baú, Neto, Joelma, Domingos, Divaldo, Leal, Jandiá, tio Remo, Aline, Neto, Sussu, Nico, Raimundo, Rubinei, inesquecível Necrotina, Escuro, Pedro Cruz, Pereira, Marica, Graça, Patricia, Mauro e Anagisela.
- Aos amigos de tantas horas e problemas: Loro, Cabeça, Portal (IBAMA Macapá), Neto (Cap. Renan), Mourão, Zé Inácio;
- Aos dedicados funcionários do Posto de Saúde do Jenipapo, por toda atenção, informações e carinho. Um agradecimento especial a Heloísa.
- Representantes da Polícia Militar do Estado do Pará: Tenente Coronel Dourado, Capitão Chaves, Sargento Marçal aos cabos / soldados: Azevedo, Pires, Abdon,

Corrêa, Vanderson, Henrique, Nonato, Lima, Santos, Novaes, Paulo Sérgio, Djalma, Duarte, Ramires, Pires, Moura, Elias, Paulo Junior; e um agradecimento todo especial ao incondicional apoio e pela sincera amizade para Cláudio Manoel Vitelli Cassiano Junior (Viteli);

- As secretárias da pós graduação do MPEG, Dorotêa Albuquerque e Anete Silva pelo carinho, apoio amizade e auxílio em inúmeras ocasiões;
- A todos os funcionários do MPEG que auxiliaram nesta pesquisa, em especial aos do Setor de Ictiologia: Dr. Horácio Higuchi, MSc. Ivaneide, Sr. Aragão, Sr. Alberto e aos do Setor do Sensoriamento Remoto: Luis, Marcelo e Paulo;
- Aos meus amigos de desabafo de todas as horas e novas idéias: Getulio Rincon, Vicente Faria, Andrey Castro, Lygia Ruas, Aline, Carol Almeida, Cris Almeida, Gláucia, Vanessa' e ao meu "irmão" Perci;
- Aos pescadores e moradores da ilha do Marajó que moram em uma região maravilhosa, pela amizade, colaboração e paciência durante as entrevistas;
- Aos "filhos adotivos" e pesquisadores Anderson da Silva Viana, Paulo Marcelo de Oliveira Lins e Ana Júlia Amâncio da Silva pela incansável ajuda; vocês sabem muito bem que sem vocês muito pouco do que esta aqui seria possível... em breve colheremos os frutos que plantamos;
- Agradecimento especial aos meus amigos Augusto Ruffeil "Guto", e Lilianne Pirker e nem tanto pela ajuda, mas pela amizade (que para mim vale muito mais), nestes últimos 10 anos;
- Aos meus pais, Lory e José Maria, por me mostrarem todo dia, que com dedicação, educação, honestidade e honra tudo é possível na vida;
- A Cecílio Almeida, Angela Almeida e Marco Antonio Cassou, que entenderam a importância deste estudo e criaram condições especiais, para que ele pudesse ser realizado;
- A todos aqueles que contribuíram de maneira direta ou indireta para realização deste trabalho e não são citados aqui, por motivos de espaço e/ou esquecimento, os meus mais sinceros agradecimentos;
- Finalmente a todos aqueles "espíritos de porco" carentes de luz e esperança, que apesar de poderem, não colaboraram com absolutamente nada além de sua inveja e sua pobreza de espírito, mas que me fortaleceram a cada dia para que este trabalho fosse realizado e concluído.

SUMÁRIO

Palavras do autor.....	1
Resumo Língua portuguesa.....	3
Resumo Língua inglesa.....	3
Justificativa.....	4
Informações gerais sobre a pesquisa realizada.....	6
Objetivos.....	7
Caracterização da Área de Estudo.....	8
Metodologia	
Pesca Experimental.....	14
Reprodução.....	20
Alimentação.....	24
Estado atual do conhecimento	
Caracterização da Pesca na Região.....	27
Raias de água doce.....	30
Reprodução.....	36
Alimentação.....	39
Referências bibliográficas.....	44
Artigos submetidos/ publicados.....	56
Artigo 1- Factors affecting the distribution and abundance of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Marajó Island, mouth of the Amazon River.....	57
Artigo 2 - Description of the diet of <i>Potamotrygon motoro</i> (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), on Marajó Island (Pará, Brazil).....	70
Artigo 3 - Diversidade de raias de água doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) do estuário amazônico.....	90
Artigo 4 - Reproduction of the Freshwater Stingray <i>Potamotrygon motoro</i> (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) on Marajó Island (Pará, Brazil).....	99
Conclusões gerais atingidas pela integração dos artigos.....	119
Anexos.....	122

LISTA DE TABELAS DO TEXTO INTEGRADOR

Tabela 1 - Divisão esquemática das regiões de estudo, com suas influências e locais de amostragem.....	11
Tabela 2 - Expedições realizadas pela pescaria experimental nos locais amostrais da ilha de Marajó.....	14

LISTA DE FIGURAS DO TEXTO INTEGRADOR

Figura 1 - Arte de pesca espinhel sendo empregada na pescaria experimental.....	16
Figura 2 - Arte de pesca arrasto de praia sendo empregada na pescaria experimental.....	17
Figura 3 - Arte de pesca tapagem com pari sendo empregada na pescaria experimental.....	18
Figura 4 - Arte de pesca zangaria sendo empregada na pescaria experimental.....	19

PALAVRAS DO AUTOR

Interessante, curioso e pai d'égua...essas foram algumas das palavras mais comuns que ouvi quando o tema raias, ou arraias, de água doce surgiu nas inúmeras e demoradas conversas com caboclos marajoaras enquanto as horas eram marcadas pelo balançar das redes, em minhas intermináveis viagens de barco pela Amazônia. E há razões bastante justas para isso. O assunto é inovador, envolvente e provocante. Os olhares espantados e ao mesmo tempo desconfiados com aquilo que se comentava brotavam com grande facilidade e não escolhiam idade, sexo, profissão ou experiência de vida. Nunca imaginei que por este assunto tão distante das conversas normais da nossa sociedade, conhecesse tantas pessoas, tantos locais e fizesse tantos amigos.

Demorou um pouco, mas um dia me dei conta que estava trabalhando em um lugar que não conhecia e com tanta terra plana que nem parecia uma ilha. Sem dúvida é uma terra estranha. Terra de duas caras: de florestas e campos, de água doce e salgada, de sol escaldante e chuva torrencial, de cheia e seca, de fartura e fome, de alegria e tristeza, de afogamento e ressurgimento da terra e da vida. Me dei conta que estava na ilha de Marajó.

No início, não nego que lutei contra tudo e contra todos. Tentava alterar um lugar ou pessoas que me pareciam fora do tempo e do mundo. Achava que conseguiria com minhas informações acadêmicas entender a natureza fazendo uma tese de doutorado em zoologia, mudar as pessoas, explicar tudo cientificamente de um modo cartesiano, mas rapidamente entendi quanto ingênua eram estas idéias....

Aprendi rápido a respeitar as marés, aprendi que o relógio é um mero adereço para os braços, aprendi que a união de diferentes pessoas e visões completamente “malucas” sobre o mesmo assunto faz aparecer o sentido das coisas, aprendi que a lógica acadêmica nem sempre está presente nesta região e para superar tudo isso, aprendi principalmente que nesta região amigos dos meus amigos, também são amigos meus.

Foram nas eternas esperas de pescarias, contando “causos” sobre raias de água doce, assentado no fundo de uma montaria (embarcação) simples a remo, comendo um “avoador”, que compreendi a pureza e a simplicidade da vida. Foi lá, inocentemente tentando mudar o mundo e fazendo ciência que aprendi que a pesquisa está muito além da academia e dos livros.

Não bastassem todas as dificuldades (pessoais, operacionais e financeiras) que enfrentei para coleta de dados, apresentá-los de forma entendível, prática e operacional, transformou-se e em um enorme desafio, pela gigantesca complexidade e inter-relação de

fatores que identifiquei e compreendi parcialmente. Várias foram às tentativas de expressar o que eu queria, mas nenhuma forma de apresentação agradava a quem eu enviava o texto para considerações....

Incentivado por toda esta inovação e inegavelmente uma certa dose de audácia, resolvi pela primeira vez no Programa de Pós-Graduação em Zoologia MPEG/UFPa, escrever uma tese de doutorado na forma de agregação de trabalhos científicos submetidos para publicação.

Entendo que esta seja a melhor forma de gerar resultados para que eventualmente ações benéficas a este grupo animal possam ser implantadas e sem sombra de dúvida é a melhor forma de disseminar as informações simples que coletei e consegui trabalhar.

Hoje posso afirmar que aprendi mais sobre raias de água doce neste meu doutorado de quatro anos, do que todo conhecimento que tinha acumulado nos últimos 20 anos depois de me tornar biólogo. Saí para o desconhecido para responder hipóteses pensando apenas em fazer uma tese de doutorado, mas acabei meu trabalho com dezenas de hipóteses novas, com centenas de idéias que não possuía e com muito mais dúvidas do que certezas sobre este grupo animal.

Para minha tristeza o meu tempo acadêmico de doutorado acabou e com ele preciso encerrar de alguma forma este trabalho cujo fim não consigo enxergar....só consigo ter certeza que precisaria de uma vida inteira só pra entender as raias de água doce da ilha do Marajó.

RESUMO

O presente estudo envolve a história natural de espécies de raia de água doce (Potamotrygonidae) da região da ilha de Marajó e foi desenvolvido em quatro pontos de amostragem (Afuá, Lago Arari, Muaná e Soure), envolvendo estações de seca, chuva e suas transições, entre os anos de 2005 a 2007. As coletas registraram a ocorrência de cinco espécies descritas de raias na região, *Plesiotrygon iwamae*, *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi* e *Potamotrygon scobina* e duas espécies novas para a ciência que se encontram atualmente em processo de descrição. Informações sobre a composição e distribuição da Família Potamotrygonidae foram obtidas e incluíram a frequência de ocorrência, biomassa e a seletividade das artes de pesca. Dados referentes à reprodução e alimentação das espécies, com ênfase a *Potamotrygon motoro*, foram descritos para esta região.

ABSTRACT

The present study was on the natural history of freshwater stingrays species (Potamotrygonidae) of the Marajó Island. It was carried out in four sampling points (Afuá, Lago Arari, Muaná and Soure) in dry, rainy and transition seasons, in 2005 throughout 2007. Five species were captured in this area, *Plesiotrygon iwamae*, *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi* and *Potamotrygon scobina* and two other new species, presently in description. Data on the Potamotrygonidae family composition and distribution were obtained, such as frequency of occurrence, biomass and fishery gear selectivity. Data on the reproduction and feeding of the species were described for this region, with emphasis on *Potamotrygon motoro*.

JUSTIFICATIVA

Os elasmobrânquios constituem recursos pesqueiros bastante sensíveis à sobre-exploração, devido a sua longevidade e as baixas taxas de crescimento e reprodução. Diversos relatos de diminuição nos estoques naturais de elasmobrânquios indicam que espécies deste grupo podem sofrer um colapso de exploração comercial, antes mesmo que medidas de conservação sejam tomadas (Lessa *et al.*, 1999; Musick & Bonfil, 2004). Entretanto, a conservação só pode ser feita lastreada em dados biológicos (reprodução, alimentação, distribuição, etc), que, infelizmente, ainda são escassos para este grupo de peixes.

As raias de água doce sofrem com os impactos relativos à degradação de seus habitats, tendo em vista que algumas delas são restritas a determinados corpos d'água ou bacias (Charvet-Almeida, 2001; Charvet-Almeida *et al.*, 2002; Compagno & Cook, 1995). As espécies endêmicas são, naturalmente, mais vulneráveis que as de ampla distribuição. Para a proteção das raias em águas continentais é importante conhecer os ambientes-chave utilizados por elas, para que estes estejam incluídos dentro dos programas de conservação de ambientes aquáticos.

Elasmobrânquios reconhecidamente possuem padrões de ocupação ambientais e uso de habitats diferenciados, efetuando tanto movimentos verticais como horizontais (Carrier *et al.*, 2004a), podendo gerar processos de segregação espacial e sexual. A seleção dos habitats por este grupo é influenciada por diferentes fatores, que, por sua vez, agem em diferentes escalas. Reconhecidamente é um processo hierárquico (Johnson, 1980), envolvendo questões ontogênicas. Os principais fatores a serem considerados na escolha e/ou relação com os habitats são os físicos (temperatura, salinidade, profundidade, substrato de fundo, marés) e os bióticos (vegetação, distribuição de presas, organização social e atividade reprodutiva). Devido à grande variabilidade de habitats da região da ilha de Marajó, espera-se que as espécies de elasmobrânquios (principalmente raias de água doce) ocorrentes nesta região apresentem diferentes padrões de ocupação e utilização dos mesmos.

As populações de raias de água doce na foz Amazônica são ainda influenciadas pela atividade pesqueira comercial, principalmente como fauna acompanhante. Entretanto nos últimos anos surgiu uma pesca dirigida ainda em pequena escala, e possivelmente pelas alterações dos ambientes aquáticos no interior das ilhas flúvio-marinhas, como a alteração

na drenagem das áreas alagadas e o aumento das áreas de pastagem, que modifica a vegetação alagada.

Atualmente, Potamotrygonidae é a única família de elasmobrânquios em que todas as espécies consideradas válidas (segundo a revisão de Rosa, 1985) estão incluídas na lista da IUCN (dados não publicados), a grande maioria na categoria Deficiente de Dados (DD).

De uma maneira geral, as previsões de impactos antrópicos e de alcance ecossistêmico ainda são bastante vagas. O estudo de populações de raias pretende identificar algumas características biológicas dessas espécies. Um dos objetivos deste trabalho é o de gerar conhecimento que propicie, futuramente, criar cenários de sustentabilidade das atividades comerciais envolvidas, como a da pesca de espécies ornamentais de raias. As capturas de raias para exportação ocorrentes nesta região, quando permitidas ocorrem rotineiramente no município de Cachoeira do Arari.

O presente estudo é inédito e foi direcionado a uma família específica de peixes predadores (com características de vida de animais “k” estrategistas), que apresenta importância biológica, médica e sócio-econômica na região da ilha do Marajó. Indubitavelmente, um dos principais aspectos a serem considerados neste trabalho é o da preocupação com a conservação futura de raias de água doce deste complexo ecossistema.

Além disso, o estudo enfoca a ilha do Marajó e seus arredores, que pelas suas dimensões e sua posição geográfica, constitui um sistema ecológico único, especial e ainda pouco entendido. Estudar espécies com características “k” estrategistas num sistema historicamente e intensamente impactado pela pecuária e ações antrópicas poderá contribuir com dados para a criação de modelos de utilização de recursos aquáticos em áreas naturais.

INFORMAÇÕES GERAIS GERAL SOBRE A PESQUISA REALIZADA

Foram realizadas 17 excursões às regiões de Muaná, Afuá, Soure e Lago Arari, entre os anos de 2005 e 2007. Adotou-se neste trabalho duas estações sazonais de coleta, sendo os seis primeiros meses do ano (janeiro a junho) considerados como da estação de chuvas, mesmo possuindo períodos que poderiam ser consideradas de transição, e os seis últimos meses do ano (julho a dezembro) como estação de seca, mesmo possuindo estações que poderiam ser consideradas de transição. Na região que apresentou os melhores resultados de captura no primeiro ano amostral (maior número de exemplares capturados), especificamente o lago Arari, foram realizadas coletas sequenciais a cada dois meses pelo período de um ano.

Os exemplares foram capturados a partir de pescarias experimentais, envolvendo diversas artes de pesca (espinhéis, cercos de praia, linhas de mão, puçás, rapichés, redes de emalhar e zagaías).

Foram realizadas 112 pescarias, capturando 344 animais, pertencendo no momento a cinco espécies nominais válidas, sendo: *Plesiotrygon iwamae* (n=3), *Paratrygon aiereba* (n=2), *Potamotrygon scobina* (n=10), *Potamotrygon orbignyi* (n=38), *Potamotrygon motoro* (n=173). Duas espécies novas para ciência, que encontram-se atualmente em processo de descrição (*Potamotrygon* sp1, nome vulgar “barriga-preta”, n=3; e *Potamotrygon* sp2, nome vulgar “marajó”, n=115, também foram coletadas (Anexo 1).

As capturas foram bastante diferenciadas em composição de espécies e número total de exemplares capturados nos diferentes locais amostrais.

Todas as espécies, independentemente do número amostral, tiveram seus parâmetros reprodutivos e alimentares analisados. Todas as pescarias experimentais realizadas foram analisadas considerando: frequência de ocorrência, esforço de captura, biomassa, rendimento por aparelho de pesca, estrutura de tamanho das espécies, relação de presença / ausência das espécies com as variáveis ambientais consideradas. Também foi realizado um estudo de caso sobre usos e acidentes com este grupo em um dos locais de amostragem.

A maioria das espécies descritas formalmente válidas mostrou um número amostral baixo e insuficiente para uma análise mais detalhada. Para estas espécies, as características biológicas determinadas no presente trabalho serão futuramente apresentadas com a inserção destes espécimes em um contexto geográfico mais amplo. Das duas espécies capturadas com maior número amostral, apenas *Potamotrygon motoro* apresentou

condições para elaboração de trabalhos completos publicáveis. Entende-se que não exista sentido, neste momento, em comentar e descrever aspectos biológicos que foram definidos no presente trabalho de uma espécie não descrita taxonomicamente (como *Potamotrygon* sp2, “marajó”) que teve o segundo maior número amostral capturado e analisado neste trabalho.

OBJETIVOS

Pesca

- ✓ Identificar quais as espécies da família Potamotrygonidae ocorrem na região de estudo;
- ✓ Identificar diferenças na composição de espécies entre os diferentes locais de amostragem;
- ✓ Determinar a estrutura de tamanho das amostras capturadas;
- ✓ Verificar a presença e ausência de espécies em relação a variáveis ambientais selecionadas;
- ✓ Identificar a influência de variáveis ambientais na presença / ausência de espécies e espécimes.

Reprodução

- ✓ Caracterizar os principais parâmetros reprodutivos de cada espécie de raia amostrada;
- ✓ Determinar tamanho de primeira maturação das espécies capturadas;
- ✓ Definir o ciclo reprodutivo das espécies capturadas;
- ✓ Comparar a morfologia macroscópica externa do aparelho reprodutivo de jovens, sub-adultos e adultos das espécies capturadas;
- ✓ Verificar a correlação entre a largura de disco e o tamanho dos cláspes em exemplares machos e número de embriões em fêmeas;
- ✓ Calcular valores do Índice Gonadosomático (IGS) e Índice Hepatosomático (IHS) dos exemplares amostrados;
- ✓ Estimar número de embriões por gestação (fecundidade uterina);
- ✓ Estimar o número de folículos viáveis (fecundidade ovariana);
- ✓ Determinar o provável tamanho de nascimento e características dos embriões a termo.

Alimentação

- ✓ Identificar e quantificar os itens na dieta das espécies capturadas;
- ✓ Descrever os níveis de repleção dos estômagos e graus de digestão dos itens alimentares encontrados;
- ✓ Verificar diferenças de dieta entre diferentes locais amostrais, entre os sexos e entre os estádios de maturação sexual;

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estuário amazônico envolve a desembocadura dos rios Amazonas e Tocantins e um arquipélago de ilhas flúvio-marinhas onde se destaca a ilha de Marajó. As águas do Amazonas atingem a parte sul do estuário através do canal de Breves, que desemboca no rio Pará, um tributário do rio Tocantins (Barthem & Schwassman, 1994). A sazonalidade da descarga dos grandes rios causa a oscilação do nível da água no interior do continente e o deslocamento da zona de contato da água doce com a marinha no estuário.

A influência da descarga das águas amazônicas se faz ver a grande distância da costa, onde podem ser encontrados grandes bolsões de água salobra, medindo até 1.400 km de extensão e 620 km de largura (Gibbs, 1970).

Curtin & Legeckis (1986), utilizando imagens de satélite e medidas obtidas no local por navio oceanográfico, conseguiram revelar cinco regiões identificáveis na superfície do estuário amazônico, que entre a boca do rio e o oceano se dispõem na seguinte sequência: zona do rio, zonas de interação A, B e C, e zona próxima à costa. A zona do rio se restringe à água doce que chega à foz e ainda não entrou em contato com água salobra. A zona próxima à costa representa a mistura de água ao longo da costa do Território do Amapá. As zonas de interação A, B e C são o gradiente de mistura até as águas oceânicas, sendo as mais importantes para a biota estuarina a zona A, onde ocorre a coagulação dos sedimentos, e a zona B, onde há grande produção de fitoplâncton. Milliman *et al.* (1975) observaram que cerca de 95% do sedimento terrígeno é precipitado até a salinidade de 0,3‰ e depois ressuspenso pela maré. Nessa região, a produtividade é extremamente alta, cerca de 135.000 células de fitoplâncton/100 cc. A maior parte das algas de fitoplâncton pertence ao gênero *Coscinodiscus*, que é encontrado em baixas densidades nos rios vizinhos e cujas carapaças são bastante abundantes nos bancos de areia da extremidade leste da Ilha de Marajó (Egler & Schwassmann, 1962).

As ilhas da foz amazônica se caracterizam por serem bastante planas e por apresentarem uma péssima drenagem no seu interior, formando extensas áreas pantanosas que se alagam durante o período de chuvas (Cruz, 1987).

A ilha de Marajó está situada no norte do Brasil, no nordeste do Estado do Pará, na foz do rio Amazonas, nas proximidades da linha do Equador. Suas coordenadas geográficas estão entre os paralelos 0° e 2° de latitude Sul e os meridianos 48° e 51° de longitude Oeste, ocupando uma área aproximada de 50 mil km² (Anexo 2). Ao norte, está delimitada pelo canal principal do rio Amazonas e o Oceano Atlântico, a oeste pelo canal de Breves, ao sul pelos rios Pará e Tocantins, e a leste pelo Oceano Atlântico (Cruz, 1987). Caracteriza-se por ser a maior ilha brasileira, a 7ª maior ilha Atlântica e a maior ilha flúvio-marinha do mundo, podendo ser dividida didaticamente em duas grandes regiões: os campos ou savanas a leste e a floresta alagada a oeste (Cruz, 1987).

A ilha de Marajó como um todo, possui mais de 20 rios, a maioria com menos de 100 km de comprimento. Quase na porção central da ilha de Marajó, está situado seu maior lago, denominado lago Arari, que possui 18 km de comprimento e quatro a sete km de largura, apresentando uma significativa importância econômica local, uma vez que suportou importantes pescarias no último século. Barragens foram construídas neste lago para manutenção dos níveis de água e incremento da atividade pesqueira. O lago Arari é conectado com a baía de Marajó pelo rio Arari, mas apenas na estação chuvosa. As áreas de floresta ao redor do lago já foram completamente desmatadas (Goulding *et al.*, 2003).

Nenhum dos cursos de água do Marajó é alimentado em suas nascentes por fontes perenes, terminando em lagos, ou com as cabeceiras secando no verão (Teixeira, 1953). Os rios da ilha de Marajó são rios de marés na sua porção inferior, e seu nível de água na porção superior varia com a estação do ano (seca ou chuvosa). Apesar disso, quase todos são navegáveis de algum modo, em trechos e/ou em épocas determinadas (Miranda Neto, 1976).

A teoria geológica mais aceita sobre a gênese da ilha de Marajó é de que com o levantamento orográfico dos Andes, as águas represadas do mar interior tenderam a escoar na direção leste, rompendo a faixa de terra, formando o grande arquipélago do Marajó com a presença de muitos canais. No entanto, tudo indica que estas terras estão novamente emergindo em vários pontos antes submersos (Cruz, 1987; Miranda Neto, 1976).

Os solos dos campos ou savanas são compostos predominantemente por areia ou barro e cobertos por uma variedade de gramíneas e leguminosas, que são tradicionalmente

utilizadas como pasto para o gado. Esta porção é onde estão localizados os municípios, posicionados entre a faixa de quatro a vinte metros acima do nível do mar, ficando com a sua maior parte acima das cheias do rio Amazonas. Entre os principais, poderiam ser citados os de Cachoeira do Arari, Chaves, Soure, Salvaterra, Ponta de Pedras e Santa Cruz do Arari (Cruz, 1987).

A região de floresta é denominada também de “região dos furos”, possui origem sedimentar aluvial, caracterizando-se pelos trechos de terra firme e de várzea alagada ou igapó. Os terrenos são muito baixos e estão sujeitos a inundações periódicas. Apresentam uma formação vegetal constituída basicamente de árvores de grande porte, entrelaçadas por cipós, onde a atividade madeireira é bastante presente e onde estão situados os municípios de Afuá, Curralinho, São Sebastião da Boa Vista, Breves, Muaná, Anajás e também uma série de pequenas ilhas (Cruz, 1987; Goulding *et al.*, 2003).

A geologia superficial da ilha indica que a constituição geral dos terrenos marajoaras é de origem sedimentar, com solos predominantemente argilosos (Miranda Neto, 1976).

O golfo marajoara teria sido formado a NE por solapamento e SW por deposição. O terreno marajoara tem origem quaternária e se acumulou sobre um núcleo mais antigo de origem terciária (Miranda Neto, 1976). Tanto as correntes marinhas como as fluviais exercem grande influência sobre o litoral, modificando-o constantemente.

A topografia geral da ilha de Marajó é muito plana (Anexo 3), com desníveis máximos que não ultrapassam 10 m e com algumas formações mais elevadas denominadas “tesos”. A drenagem natural da ilha é bastante influenciada pela ação das marés, as quais atuam como freio no escoamento da água (Cruz, 1987; Miranda Neto, 1976).

O clima da ilha de Marajó é equatorial úmido, sendo que na parte leste, registram-se as maiores temperaturas. As precipitações pluviométricas variam de 2.000 a mais de 3.000 mm por ano, dependendo da localização, 50% das quais ocorrendo nos meses de fevereiro, março e abril. No litoral e em todo norte da ilha de Marajó, o clima é ameno devido à ação dos ventos oceânicos. Na área de florestas e dos furos, a distribuição das chuvas é mais uniforme, com precipitações médias anuais de 3.000mm, sendo que 65% destas ocorrem de janeiro a junho. Devido às dificuldades de escoamento da água, a ilha é sazonalmente inundada em mais de dois terços de sua superfície (Cruz, 1987).

A ilha de Marajó foi amostrada com base nos principais fatores ambientais que definem este grande sistema, que a princípio são o tipo de alagação (maré ou chuva) e a

origem da água (continental, estuarina e pluvial). O primeiro fator separa o ambiente externo, que é influenciado pela maré, do ambiente interno, influenciado pela alagação por chuva; e o segundo fator separa (i) a região oriental, influenciada pelo estuário Amazônico, (ii) a ocidental norte, influenciada pelo rio Amazonas, (iii) a ocidental sul, influenciada pelo rio Tocantins, e (iv) a central, alimentada por águas pluviais) (Tabela 1).

As cidades escolhidas para apoiar as coletas se encontravam nessas regiões, e foram: (1) Afuá (0°09'S e 50°23'W); (2) Muaná (01°31'S e 49°13'W); (3) Soure (00°42'S e 48°31'W) e (4) Santa Cruz do Arari (0° 39'S e 49°10'W) (Anexo 2).

Tabela 1 - Divisão esquemática das regiões de estudo, com suas influências e locais de amostragem.

Ambiente externo (Efeito de marés)		Ambiente interno (Efeito de chuvas)
Ambiente com influência do estuário Amazônico (Soure)		Ambiente com influência dos campos alagados / pluviosidade (Santa Cruz do Arari) Muaná
Ambiente com influência do rio Amazonas (Afuá)	Ambiente com influência do rio Tocantins (Muaná)	

Ambientes externos da Ilha de Marajó

Nas áreas abertas da ilha de Marajó existem basicamente quatro fatores principais que regem a mistura das águas continentais e marinhas, e que possivelmente influenciam a distribuição espaço-temporal das espécies de peixes nesta região: (1) a descarga do Amazonas, (2) a Corrente Sul Equatorial ou Corrente do Brasil, (3) os persistentes ventos alíseos e (4) a macro maré de até quatro metros de amplitude (Geyer *et al.*, 1991).

Nestas áreas existe uma baixa variabilidade sazonal da temperatura, entretanto, as alterações de salinidade pela influência de correntes marinhas / marés (evidenciada pela ocorrência de mangues na região) parecem ser determinantes para explicar boa parte da dinâmica espaço-temporal das comunidades bióticas (Pauly, 1984).

Na Amazônia o período compreendido entre os meses de janeiro a junho é conhecido como “inverno amazônico ou período de chuvas”, com clara predominância da água doce e chuvas fortes e abundantes, principalmente nos meses de fevereiro a maio. Nesta época é quando “os peixes do mar vivem junto com os peixes do rio”, segundo os moradores locais. Em contrapartida, os outros seis meses (julho a dezembro - “verão amazônico” ou época de seca) possuem uma clara predominância local de água salgada e ictiofauna marinha e/ou estuarina.

Ambientes internos da Ilha de Marajó

Essa área refere-se basicamente aos campos marajoaras na região oriental e à região de florestas na parte ocidental da ilha. Durante o período de chuvas (janeiro a junho) as águas dos principais rios da ilha aumentam de volume, ocasionando as grandes enchentes.

Em setembro, no “verão marajoara”, os lagos, cabeceiras de rios e até rios diminuem significativamente seus volumes de água, alguns chegando a secar completamente (Cruz, 1987). Nas áreas internas da ilha, situa-se o lago Arari com aproximadamente 110 km². É o maior e mais importante lago de toda região estuarina, possuindo em suas margens fazendas de gado e colônias de pescadores.

As margens deste lago também se encontra a localidade de Jenipapo, um distrito do município de Santa Cruz do Arari, que possui como uma de suas principais atividades geradoras de renda a pesca, e que foi a base de estudo no lago Arari.

Os canais do rio Amazonas, de seus tributários e principalmente a região estuarina, possuem uma fauna bastante variada. No tocante aos predadores, a diversidade é bastante elevada possuindo cerca de 12 grandes espécies, dentre os quais diversas espécies de raias (representantes da Classe Chondrichthyes). As raias nesta região podem ser mais abundantes do que as pescarias indicam, mas são relativamente pouco exploradas e conhecidas por não serem consideradas peixes comerciais importantes (Barthem & Goulding, 1997).

Tomada de dados sobre variáveis ambientais / limnológicas

Na ocasião de cada captura/pescaria (no início e no final) foram medidas através de aparelhos digitais portáteis: temperatura, condutividade, pH e salinidade (YSI 30 e Oakton pH/Con 10 series), além do oxigênio dissolvido da água do local de captura (YSI 550 A),

ou de um local mais próximo possível de onde fossem capturadas as raias/realizadas as pescarias.

Também foram registrados os tipos de substrato encontrados nos locais das capturas, marés, velocidade da correnteza, distância até a margem, fase lunar e tempo total para cada pescaria. Todos esses dados foram registrados em uma planilha de campo específica.

A análise das características ambientais considerou os valores mínimos, máximos, médias e desvio padrão das variáveis ambientais analisadas e teve uma função descritiva dos ambientes amostrados.

METODOLOGIA

PESCARIA EXPERIMENTAL

A pesca experimental se refere basicamente a pescarias com esforço controlado para se obter estimativas de abundância. A unidade de esforço adotada foi dias de pesca por localidade, sendo que em cada dia se utilizava o máximo de apetrechos de pesca possível de ser empregados naquela localidade. Os apetrechos de pesca utilizados foram espinhel, rede de arrasto de praia, linha de mão, tapagem e zangaria. As excursões duraram de 1 a 11 dias, quando se procurava amostrar mais de uma localidade daquela região por excursão. A cada dia e localidade se empregava de um a três apetrechos de pesca, conforme as condições do campo.

O trabalho foi realizado a partir de 17 excursões realizadas em períodos de seca e chuva nos anos de 2005 a 2007 (Tabela 2).

Tabela 2 - Expedições realizadas por pescarias experimentais nos locais de amostragem na ilha de Marajó.

Estação	Expedição	Local	Início	Fim	Dias
Chuva 2005	1	Soure	06-abr-05	13-abr-05	8
	2	Muaná	24-abr-05	30-abr-05	7
	3	Arari	12-mai-05	19-mai-05	8
	4	Afuá	31-mai-05	05-jun-05	6
Seca 2005	5	Soure	21-out-05	29-out-05	9
	6	Muaná	06-nov-05	15-nov-05	10
	7	Arari	25-nov-05	02-dez-05	8
Chuva 2006	8	Muaná	10-mai-06	10-mai-06	1
	9	Arari	26-mai-06	30-mai-06	5
Seca 2006	10	Arari	12-jul-06	14-jul-06	3
	11	Soure	16-ago-06	26-ago-06	11
	12	Muaná	03-set-06	09-set-06	7
	13	Arari	21-set-06	27-set-06	7
	14	Afuá	31-out-06	04-nov-06	5
	15	Arari	16-nov-06	18-nov-06	3
Chuva 2007	16	Arari	18-jan-07	20-jan-07	3
	17	Arari	28-mar-07	30-mar-07	3
				Total	104

Algumas regiões apresentaram maiores dificuldades relacionadas à atividade de campo que outras, em especial a de Afuá, o que impediu a realização de ao menos uma

coleta por período para todas as regiões. Por outro lado, a facilidade de se coletar em Arari, associada à maiores capturas de raias naquele local, fez com que essa região fosse amostrada com maior frequência.

Para padronização da terminologia adotada neste trabalho, os períodos onde ocorreram fases de campo foram convertidos em categorias referentes a estações de coleta. Aquelas fases de campo, que envolveram coletas nos seis primeiros meses do ano (janeiro a junho) foram consideradas genericamente neste trabalho como referentes a estações de chuva. Aquelas fases que foram executadas coletas nos seis últimos meses do ano (julho a dezembro) foram consideradas como sendo estações de seca.

Em todas as capturas houve o acompanhamento de pelo menos um pescador / morador local, que tinha as funções de auxiliar nas pescarias (pelo seu conhecimento das raias e áreas de pesca) e também de acompanhamento do trabalho da pescaria experimental como um todo. Todas as artes de pesca empregadas na pescaria experimental foram autorizadas pelos órgãos competentes (IBAMA e SECTAM).

Os espécimes capturados foram mantidos vivos até o momento de serem sacrificados por sobrecarga de anestésico para evitar degradação de seus órgãos internos, principalmente os reprodutivos. As raias foram evisceradas em campo, através de uma incisão circular na região abdominal abaixo da cartilagem escapulocoracóide, quando então foram retirados, fígado, aparelho digestivo, aparelho reprodutivo, tecido para análise genética e vértebras. O fígado, após pesagem, e a válvula espiral, foram descartados em campo.

Pesca de espinhel

Em cada dia de coleta com os espinhéis foram utilizadas quatro linhas independentes, com 25 anzóis de tamanhos distintos entre si (número 6, 7, 8 e 10, marca Maguro / anzol canhoto; sendo o anzol número 6 o de menor tamanho e o de número 10 o de maior tamanho), perfazendo um total de 100 anzóis/dia. Os espinhéis foram colocados aleatoriamente nos locais de captura, sempre distantes entre si no mínimo 300 metros. Buscou-se na captura com espinhéis explorar aqueles locais em que a probabilidade de captura de animais fosse maior (bancos de lama, áreas mais próximas à margem ou bancos de capim) (Figura 1).

Não foi estabelecida uma relação entre os tamanhos dos anzóis e os tamanhos das iscas que foram utilizadas. As iscas da pescaria experimental foram aquelas comumente

empregadas pelos pescadores locais, que em geral referem-se àquelas espécies com maior facilidade de captura em cada um dos locais e épocas amostrais.

A cada pescaria (evento) foi atribuído um número sequencial precedido do nome do local e ponto de pesca. Este ponto foi georeferenciado e anotado em planilha de campo específica.



Figura 1 - Arte de pesca espinhel sendo empregada na pescaria experimental.

Arrasto de praia

A arte de pesca arrasto de praia, consiste no emprego de uma rede de malha 30 mm entre nós opostos com aproximadamente 100m de comprimento. Esta pescaria compreende arrastar esta rede (que está “entralhada” com uma quantidade maior de chumbos na parte inferior) geralmente por dois homens, visando à captura de exemplares que estão no fundo dentro da área que era “varrida”. A pesca de arrasto não pode ser empregada em todos os locais amostrais e nem em todas as estações de coleta, por depender da variável profundidade (que deve ser pequena), aliada a eventuais problemas de obstáculos (paus, pedras e enroscos) na área “varrida”. É uma arte de pesca eficiente na captura de raias de água doce, principalmente os exemplares de menor porte (neonatos / jovens e até sub-adultos) por ser empregada em regiões próximas à beira onde indivíduos destas classes de tamanho se concentram (Figura 2).



Figura 2 - Arte de pesca arrasto de praia sendo empregada na pescaria experimental.

Linha de mão

A linha de mão consiste em uma linha de nylon onde são fixados apenas um ou dois anzóis. Neste caso foram utilizados anzóis de número 7, marca Maguro, anzol canhoto. Esta arte de pesca mostra-se eficiente na captura de exemplares de médio / grande porte (sub-adultos / adultos) e, segundo dados de outros trabalhos (Charvet- Almeida, 2006; Rincon 2006) bastante eficiente na captura de algumas espécies como *Potamotrygon orbignyi* (que possui uma dificuldade inerente de captura com espinhéis).

Tapagem e Zangaria

A tapagem com pari e o cerco de praia com redes / zangaria, compreendem modalidades de pescarias considerados “cercos de praia”. Esta arte de pesca compreende em cercar uma determinada região, e, especificamente na ilha de Marajó, utilizar o fenômeno da maré como aliado na captura de exemplares. Quando a maré enche, os animais aproveitam e se deslocam temporariamente para as regiões marginais (beira) para explorar o ambiente / alimentar-se, etc. Com a descida da maré estes animais saem da beira e retornam às regiões mais profundas (neste caso, para aquela região que continuará com água) já que as marés em alguns casos formam planícies de inundação de 100m a 2 km. Estas artes de pesca funcionam da seguinte maneira: (1) mede-se o nível mais baixo da maré; (2) fincam-se pilares de sustentação distantes 10 a 30m entre si (3), une-se todas as redes que são fixadas no fundo (cambitadas) com paus, pedras, amarras, etc, e as redes ficam enroladas / escondidas no substrato (4) espera-se a maré subir e os peixes se deslocarem para beira; (5) quando a maré estiver no início da vazante (quando, teoricamente, os peixes deixarão a beira e irão para áreas mais profundas), levantam-se as

redes que agora são fixas nos pilares de fixação; (6) espera-se a maré vazar completamente e retira-se os animais que ficaram presos nesta “parede” formada pelas redes.

A principal diferença entre a tapagem com pari e a zangaria está na rede utilizada. Na zangaria utiliza-se redes de nylon e na tapagem utiliza-se redes de pari (rede composta de varas de madeira). A pesca com pari é proibida e considerada predatória pelos órgãos oficiais de meio ambiente, já que o espaçamento entre as varas não chega a 1cm. Por ser criada uma “parede de madeira praticamente fechada”, todos os peixes de todas as espécies e de todas as classes de tamanho são capturados (Figura 3). Mesmo sendo uma arte de pesca proibida, é importante mencionar seu uso foi autorizada pelo IBAMA especificamente para execução deste trabalho (como forma de pescaria experimental de uma tese de doutorado). Todos os espécimes capturados que não fossem raias de água doce foram liberados ainda vivos no ambiente, minimizando assim um eventual impacto negativo desta arte de pesca sobre outras espécies que não fossem alvos do experimento.



Figura 3 - Arte de pesca tapagem com pari sendo empregada na pescaria experimental.

A zangaria, diferentemente da pesca com pari, utiliza redes de nylon. O procedimento é o mesmo, entretanto as redes de nylon utilizadas possuíam malha de 35 mm entre nós opostos, propiciando desta forma que os exemplares de menor tamanho pudessem passar pela rede (Figura 4). Além disso, a forma de fixação das redes de nylon (cambitar) não é muito eficiente, já que o substrato geralmente é lama e acabam se soltando do fundo pela velocidade da correnteza, possibilitando desta forma que muitos (as vezes todos) os animais capturados fujam, através de uma única abertura na rede de bloqueio.

As zangarias em geral na ilha de Marajó são utilizadas para captura de animais em planícies de inundação, que por peculiaridades locais, formam bacias. Estas “bacias” podem ter, em alguns casos áreas superiores a 2 km quadrados, com uma única entrada e saída, onde é fixada a rede de nylon.



Figura 4 - Arte de pesca zangaria sendo empregada na pescaria experimental.

A identificação dos exemplares das diferentes espécies de raias capturadas foi efetuada através das descrições e chaves de identificação encontradas em Garman (1913), Castex (1964), Castex & Castello (1970), Rosa (1985), Rosa *et al.* (1987), Charvet-Almeida (2001 e 2006) e Rincon (2006), sendo que fotos ou animais preservados foram enviados a especialistas para confirmação das identificações obtidas.

REPRODUÇÃO

O peso total (PT), peso do fígado (PF), peso eviscerado (PEV) e largura de disco (LD) foram obtidos em campo com os exemplares ainda a fresco. Os aparelhos reprodutivos foram retirados e imediatamente fixados com solução de formol a 10%, tamponada com bórax. Este cuidado foi tomado para evitar a rápida deterioração deste tipo de material. Ainda em campo, alguns dados complementares relacionados aos aspectos reprodutivos foram observados, fotografados e registrados em cadernetas específicas.

As análises dos aparelhos reprodutivos foram efetuadas em laboratório. As medidas morfométricas foram tomadas com um paquímetro digital de 150 mm, precisão de 0,1mm (Mitutoyo) e os pesos com balança do tipo digital com capacidade para 2kg e precisão de 0,01g (Ohaus LS 2000).

A proporção de indivíduos machos e fêmeas amostrados por localidade de coleta foi testada através do teste de Qui-Quadrado pareado (χ^2 , $P < 0.05$) (Zar, 1999, Ayres *et al.* 2003), através do programa BioEstat 4.0.

O órgão epigonal foi pesado junto com a gônada esquerda de machos e fêmeas, pois, parte dele encontrava-se bastante aderida a estas estruturas, especialmente em juvenis e sub-adultos. Este procedimento foi anteriormente utilizado por Araújo (1998) e Charvet-Almeida (2001, 2006).

A terminologia utilizada para descrição do sistema reprodutivo e os critérios de maturidade foram adaptados de Babel (1967), Wourms (1977), Dodd (1983) e Pratt (1988) para elasmobrânquios, empregados recentemente por outros autores (Hamlett & Koob, 1999; Hamlett, 1999; Carrier *et al.*, 2004b; Conrath, 2004; Hamlett, 2005 e utilizados em outros estudos sobre as raias de água doce (Araújo, 1998; Charvet-Almeida, 2001, 2006 e Rincon, 2006).

a) Machos

Observações de aspectos e características morfológicas externas dos testículos, epidídimos, glândulas de Leydig e vesículas seminais foram registradas, sendo tomadas as seguintes medidas (mm): largura dos testículos direito (LTD) e esquerdo (LTE); comprimento dos testículos direito (CTD) e esquerdo (CTE); peso dos testículos direito (PTD) e esquerdo (PTE); comprimento dos epidídimos direito (CED) e esquerdo (CEE); largura dos epidídimos direito (LED) e esquerdo (LEE); largura das glândulas de Leydig direita (LGLD) e esquerda (LGLE); largura das secções da vesícula seminal direita (LSD) e

esquerda (LSE) e comprimento das secções da vesícula seminal direita (CSD) e esquerda (CSE).

As medidas do cláspers, ou pterigopódio, foram sempre que possível, tomadas do lado esquerdo dos exemplares. Foram medidos o comprimento total do cláspers (CTC), medido desde a margem posterior da cloaca até a extremidade do cláspers; e o comprimento da margem livre do cláspers (CMLC), medido da extremidade do cláspers até margem posterior da nadadeira pélvica. Ambas as medidas foram transformadas em porcentagem da largura do disco.

As correlações entre as medidas acima descritas foram testadas numa Matriz de Correlação de Pearson ($\alpha = 0,05$).

O grau de calcificação do cláspers (GCC) também foi observado e a ele atribuído valores que variaram de acordo com o nível de enrijecimento dos mesmos, sendo: 0 = não calcificado e completamente flexível; 1 = medianamente calcificado, apresentando alguma resistência à flexão e 2 = bem calcificado, apresentando grande resistência a flexão ou impossibilitando-a.

A presença de sêmen foi observada em campo, durante a dissecação dos exemplares, e também durante as análises em laboratório.

b) Fêmeas e embriões

Nas fêmeas foram observados aspectos de forma e configuração do aparelho reprodutivo, morfologia e conteúdo dos úteros, desenvolvimento dos folículos ovarianos e a presença de embriões.

As seguintes medidas (mm) foram tomadas: diâmetro (DMF) e peso (PMF) do maior folículo ovariano; largura da glândula nidamentária direita (LND) e esquerda (LNE); largura do útero direito (LUD) e esquerdo (LUE); comprimento do útero direito (CUD) e esquerdo (CUE); peso do ovário direito (POD) e esquerdo (POE); comprimento do oviduto direito (COD) e esquerdo (COE); largura do oviduto na porção anterior à glândula nidamentária esquerda (LOANE) e direita (LOAND), e comprimento médio dos trofonemas (CMT).

A fecundidade ovariana (FOV) foi determinada de acordo com o número de folículos ovarianos em maturação presentes no ovário funcional das fêmeas em vitelogênese, e a fecundidade uterina (FUT) com base no número de ovos e embriões encontrados nos úteros, ou abortados durante a coleta, quando a mãe pôde ser identificada.

Os cálculos da fecundidade ovariana (FOV) não levaram em consideração os folículos ovarianos atresícos. As fecundidades ovariana e uterina foram testadas com o teste de Qui-Quadrado (χ^2).

As correlações entre as medidas acima descritas foram testadas numa Matriz de Correlação de Pearson ($\alpha = 0,05$).

Os embriões observados foram numerados, medidos e analisados individualmente, sendo tomados o peso total (PT) e largura de disco (LD).

Os estádios de desenvolvimento dos embriões foram observados e categorizados segundo a metodologia proposta por Charvet-Almeida (2006), que considera as seguintes características: Estádio 1 - nadadeiras peitorais não fundidas, brânquias externas e ausência de coloração; Estádio 2 - nadadeiras peitorais fundidas, brânquias externas e ausência de coloração; Estádio 3 - nadadeiras peitorais fundidas, brânquias internas e ausência de coloração; Estádio 4 - nadadeiras peitorais fundidas, brânquias internas e coloração visível, mas pouco definida; Estádio 5 - nadadeiras peitorais fundidas, brânquias internas e coloração evidente e definida.

c) Índice Hepatosomático (IHS) e Gonadosomático (IGS)

O Índice Hepatosomático (IHS) de machos e fêmeas foi calculado com base no peso do fígado (PF) e no peso do exemplar eviscerado não fixado (PEV), através da seguinte equação:

$$\text{IHS} = \text{PF} / \text{PEV} \times 100$$

O Índice Gonadosomático (IGS) foi calculado para machos e fêmeas com base no peso total das gônadas fixadas (PG) e no peso do exemplar eviscerado não fixado (PEV), através da seguinte equação:

$$\text{IGS} = \text{PG} / \text{PEV} \times 100$$

d) Outras Análises

A relação largura do disco-peso para machos e fêmeas foi obtida através do ajuste dos pontos (largura de disco em milímetros = LD; e peso total em gramas = PT, respectivamente) dessa relação à equação de uma curva potencial do tipo $\text{PT} = a \times \text{LD}^b$

A linearização desta equação por uma transformação logarítmica (Pitcher & Hart, 1982) gera a seguinte equação:

$$\ln (PT) = \ln (a) + b \ln (LD)$$

Os resultados obtidos para o parâmetro “b” foram testados através do teste t de Student para ambos os sexos separadamente e para o total, a fim de verificar se existem diferenças significativas entre os sexos. Para saber se o valor de b foi significativamente diferente de 3,0 (relação isométrica) foi aplicada a estatística t para cada sexo separadamente, conforme a equação sugerida por Pauly (1984):

$$t = \frac{s.d._{(x)}}{s.d._{(y)}} \times \frac{|b-3|}{\sqrt{1-r^2}} \times \sqrt{n-2}$$

Onde: sd(x) = desvio padrão do log da largura do disco; sd(y) = desvio padrão do log do peso total; n = número de exemplares analisados; r^2 = coeficiente de determinação do ln da largura do disco com o ln do peso total; e b = coeficiente de regressão do ln da largura do disco com o ln do peso total.

A proporção entre indivíduos machos e fêmeas (proporção sexual) foi testada através do teste de Qui-Quadrado Corrigido - Yates (χ^2) por espécie e por localidade.

As larguras de disco (LD) tomadas foram submetidas ao teste t de Student para detectar se havia diferenças significativas entre os sexos, o que poderia caracterizar um tipo de dimorfismo sexual.

Os valores das larguras de disco (LD) foram distribuídos em classes de 20mm e auxiliaram a determinar a largura do disco de primeira maturação, correspondendo à classe que apresentava 50% ou mais de exemplares maduros (LD₅₀).

Todos os resultados obtidos sobre os aspectos reprodutivos de fêmeas e machos foram armazenados e analisados com o auxílio de uma planilha eletrônica (Excel - Microsoft Office) e dos programas Statistica (versão 7.0 - Statsoft) e Bioestat (versão 3.0).

ALIMENTAÇÃO

Os estômagos foram retirados nos animais à partir de um corte semicircular na região abdominal, abaixo da cartilagem escapulocoracóide. Antes da retirada os estômagos tiveram suas extremidades amarradas para evitar a perda de conteúdo estomacal. Os estômagos daqueles exemplares que apresentaram grande quantidade de alimento no estômago receberam injeções de formalina tamponada com bórax, para melhor preservação dos itens alimentares, além de serem imersos nessa solução por aproximadamente dois meses.

Os estômagos devidamente fixados e etiquetados foram levados ao Laboratório de Ictiologia do Museu Paraense Emílio Goeldi, a fim de que o conteúdo estomacal fosse analisado qualitativamente e quantitativamente. Em laboratório, cada estômago foi pesado em uma balança de precisão com precisão de 1g (Sartorius LC621S), retirando-se o excesso de conservante antes de ser analisado. A seguir, as amarrações de contenção e a parede estomacal foram cortadas para que todo conteúdo estomacal fosse esvaziado em uma placa de Petri e analisado em lupa estereoscópica (Nikon SMZ-10A). Após a retirada do conteúdo os estômagos vazios foram novamente pesados.

A análise do conteúdo estomacal foi realizada com base na identificação, ao menor táxon possível, de cada item alimentar. Todos os supostos itens alimentares preliminarmente triados foram enviados a especialistas em cada um dos grandes grupos para verificação e identificação. Os especialistas consultados e respectivos grupos de especialidade foram: Dr. Luiz Ricardo Simone, USP (moluscos); Dr. Jansen S. Zuanon, INPA (peixes); Dr. Célio Magalhães, INPA (crustáceos); Dr. Bento Mascarenhas, MPEG (insetos).

Para cada item alimentar foram calculados os valores de:

a) frequência relativa de ocorrência (% F.O.)

$$\% \text{ F.O.} = 100 \times F_i / n$$

Onde: F_i = número de vezes que o item alimentar ocorreu; e n = número total de estômagos com ocorrência de alimento.

b) porcentagem numérica (% N):

$$\% \text{ N} = 100 \times N_i / n$$

Onde: N_i = número de itens de cada taxon; e n = número total de itens de todos os taxa.

c) porcentagem em peso (% P):

$$\% P = 100 \times P_i / n$$

Onde: P_i = peso total de um tipo de item (táxon); e n = somatório de todos os pesos de todos os conteúdos estomacais. As pesagens foram realizadas com o item úmido, retirando apenas o excesso de água com papel toalha.

A partir da obtenção destas informações foi calculado o Índice de Importância Relativa - IRI (Pinkas *et al.*, 1971) - modificado, onde a porcentagem do volume originalmente utilizada foi substituída pela porcentagem do peso (Hacunda, 1981).

O método IRI baseia-se na seguinte fórmula:

$$IRI = \% F. O. \times (\% P + \% N)$$

O IRI também foi transformado em porcentagem (% IRI) para melhor interpretação dos dados e de acordo com o que é recomendado na literatura (Cortés, 1997).

Os estádios de desenvolvimento reprodutivo das raias de água doce considerados na análise de conteúdo estomacal, foram os mesmos utilizados nos estudos de reprodução, e estão relacionados a diferentes níveis de maturidade sexual presentes na amostra. Para comparação dos estádios de desenvolvimento foram agrupados os jovens com os sub-adultos, já que ambos eram imaturos sexualmente.

Diferenças nos graus de repleção estomacal entre os sexos, entre os estádios de desenvolvimento de cada espécie e as dietas finais (%IRI) entre os sexos foram comparados através do teste pareado de Qui-quadrado (χ^2 , grau de liberdade GL = 1; $P < 0,05$) (Zar, 1999; Ayres *et al.*, 2003).

As comparações diretas dos valores obtidos de %IRI foram utilizadas para comparar a dieta de exemplares da mesma espécie em locais diferentes, e entre espécies capturadas nos mesmos locais de coleta.

Os estômagos vazios ou apenas com substância amorfa não foram considerados na análise, pois, este método considera o item alimentar, sua porcentagem de frequência de ocorrência, peso e número.

Neste trabalho o item “material vegetal” não foi considerado item alimentar, por entender que sua ingestão é provavelmente acidental e não faz realmente parte da dieta das raias de água doce.

Os graus de repleção foram observados e atribuídos os seguintes valores: 0 = vazio; 1 = ¼ cheio; 2 = cheio até a metade; e 4 = cheio. O grau de digestão dos itens alimentares também foi observado de acordo com a escala sugerida por Zavalla-Camin (1996), sendo

atribuídos os seguintes valores: 1 = alimento não digerido; 2 = partes externas parcialmente digeridas; 3 = partes externas e massa muscular parcialmente digeridas; 4 = somente o esqueleto axial e parte da massa muscular presentes; e 5 = somente fragmentos da presa podem ser observados.

Para pesagem dos estômagos padronizou-se que seriam efetuados dois cortes: o primeiro a aproximadamente dois centímetros acima do cárdia (parte anterior) e o segundo seria efetuado no centro da região pilórica.

As válvulas espirais (intestino), por possuírem em quase sua totalidade material de difícil ou impossível identificação (substância amorfa), foram descartadas em campo e não passaram por qualquer tipo de análise.

Os parasitas (ectoparasitas e endoparasitas) eventualmente encontrados foram quando possível, encaminhados a especialistas para que fosse efetuada a sua identificação.

Todas as informações obtidas foram registradas em uma ficha de laboratório específica para análise de conteúdo estomacal.

ESTADO ATUAL DE CONHECIMENTO

CARACTERIZAÇÃO DA PESCA NA REGIÃO DA FOZ DO RIO AMAZONAS

A região da foz Amazônica foi uma das primeiras da bacia Amazônica a ser severamente antropizadas com a colonização portuguesa. Aí foram estabelecidos os primeiros núcleos urbanos no século XVIII, que tinham entre outras atividades a pesca comercial e a criação de gado nas ilhas flúvio-marinhas (Pereira, 1956). A pecuária nos campos das ilhas alterou nos últimos séculos os seus ambientes aquáticos, quer seja pela alteração da drenagem (pisoteio do gado e construção de barragens e canais nas fazendas) ou pela remoção da vegetação rasteira. Além disso, a escavação do canal da Tartaruga na década de 1950, ligando o Lago Arari à costa Norte da Ilha do Marajó (Anexo 2), facilitou a princípio a navegação entre Belém e Macapá, mas teve um efeito ambiental severo ao melhorar a drenagem do sistema e, conseqüentemente, intensificar a seca nos períodos de estiagem (Pereira, 1956). As áreas alagadas do interior das ilhas são tradicionalmente exploradas pela pesca comercial que abastece regularmente os centros urbanos regionais, como Belém (Barthem, 2004).

A pesca industrial de arrasto de portas foi implementada nessa região no início da década de 1970, tendo já sobrepecado o seu recurso alvo, a piramutaba (Barthem & Petrere, 1995). Nos ambientes abertos, como estuário e rios, uma diversificada frota pesqueira comercial arrasta extensas redes nos fundos lodosos. As raias não são o alvo principal, mas são capturadas e utilizadas como fauna acompanhante tanto pela pesca artesanal como industrial, e não existem informações sobre o impacto desta atividade pesqueira sobre as populações de raias de água doce.

De acordo com Schönenberg (1994) no estado do Pará, um quarto da população depende do setor pesqueiro para sua sobrevivência, o que corresponde a aproximadamente 1,2 milhão de pessoas, das quais 200 mil são pescadores ativos. Destes pescadores ativos, 20% a 30% são associados a colônias de pescadores, porém o fato de serem registrados em sua categoria de trabalho não significa necessariamente uma participação ativa na colônia e nas pescarias do local onde está filiado.

Outro fato importante que deve ser levado em consideração é que quase 60% da produção pesqueira da Amazônia é oriunda da pesca de subsistência ou de mercados locais,

o que, a torna difícil de ser monitorada usando as técnicas de pesquisa tradicionais (Bayley & Petrere, 1989) .

Não bastasse os sérios conflitos oriundos de uma gestão ambiental desastrosa, a pesca na Amazônia caracteriza-se por ser multiespecífica e exercida com diversos aparelhos; explorada por uma grande quantidade de tipos de pescadores, que atuam de forma difusa em uma região muito ampla e ecologicamente complexa, com diferenças regionais fundamentais com relação aos habitats, à produtividade pesqueira, às densidades populacionais, à complexidade do tecido social e ao desenvolvimento econômico (Ruffino, 2000).

A pesca caracteriza-se por ser a principal fonte de proteínas na dieta da maior parte das pessoas que habitam o interior da Amazônia. Pode ser dividida em uma atividade de subsistência, realizada por um ou dois pescadores a bordo de uma canoa ou bote e com puçás e relativamente simples artes de pesca; ou uma atividade comercial, na qual os canoeiros vendem parte de sua produção para embarcações que possuem caixas ou urnas com gelo, chamadas de geleiras, e que transportam o pescado para os centros urbanos para a sua comercialização (Isaac & Ruffino, 2000).

A fauna na ilha de Marajó é variada, e no tocante aos peixes a diversidade é bastante elevada. A pesca predominante na ilha é a artesanal, sofrendo grandes adaptações tecnológicas nos últimos anos. A ilha de Marajó pode ser considerada o maior centro abastecedor de pescado para Belém (Cruz, 1987).

A baía de Marajó é formada pela descarga dos rios Tocantins e Pará e em parte pela descarga do rio Amazonas, sendo limitada a leste pelo farol de São Caetano e a noroeste pelo cabo Maguari, a leste da ilha de Marajó (Egler & Schwasmann, 1962, Schwasmann *et al.* 1989). Esta baía é a mais importante zona pesqueira para a pesca artesanal do estuário amazônico, pois abastece a cidade de Belém, o principal mercado da região, e fornece emprego e alimento às numerosas cidades e vilas que existem em sua margem, cuja população sobrevive basicamente da pesca (Isaac & Barthem, 1995).

A frota industrial é proibida de pescar na Baía de Marajó, segundo a Portaria IBAMA 009/83 que delimita a atuação desta frota ao norte do paralelo 00° 05'N e a leste do meridiano 48° 00'W. Entretanto, inúmeras denúncias de pescadores locais indicam que embarcações dessa frota penetram nestas áreas no início do verão, para pescarem cardumes de piramutaba que se afastam das áreas mais abertas e salgadas do estuário e buscam águas mais doces no interior da baía (Loureiro, 1985).

No interior da ilha de Marajó a pesca é praticada durante o inverno (estação das chuvas) principalmente para subsistência. Já no verão, pequenas geleiras de Belém entram nos rios e lagos residuais para comprar peixes, que são comercializados nos mercados de Belém e outras cidades próximas. Destacam-se nestas pescarias o Lago Arari e os rios Arari e Anajás (Isaac & Barthem, 1995).

A foz do rio Amazonas propriamente dita situa-se ao norte da Ilha de Marajó, e recebe a maior parte da descarga de água doce da bacia. Com isso essa região apresenta uma pequena oscilação de salinidade em grandes extensões do estuário e ao longo do ano, capturando-se principalmente espécies de água doce. A frota industrial e artesanal atuam nesta região, mas a artesanal é mais direcionada às espécies de maior valor comercial para o mercado local, pois esta zona é muito distante dos principais centros urbanos (Isaac & Barthem, 1995).

Não há nenhuma frota pesqueira específica atuando nesta região, e sim uma infinidade de pequenas canoas movidas a remo, pertencentes aos moradores de furos e ilhas. A pesca não é a única atividade dos moradores nesta região, servindo para complementar a dieta e a economia local (Isaac & Barthem, 1995).

Os peixes marinhos são protegidos através de leis relacionadas à pesca, com exceção das espécies que vivem em corais e manguezais. As espécies continentais tendem a serem protegidas considerando tanto aspectos relativos à pesca quanto à proteção de áreas para fins de reprodução e criação. Para a proteção das raias em águas continentais é importante conhecer os ambientes chaves utilizados por elas, para que estes estejam incluídos dentro dos programas de conservação de ambientes aquáticos.

O estuário amazônico abriga tanto raias continentais quanto marinhas (Barthem, 1985; Sanyo Techno Marine, 1998).

RAIAS DE ÁGUA DOCE

A Classe Chondrichthyes compreende os peixes cartilagosos e subdivide-se, segundo Nelson (1994), nas subclasses Elasmobranchii (tubarões e raias), e Holocephalii, (quimeras).

Esta Classe apresenta como principais características diagnósticas, o esqueleto cartilaginoso, crânio composto de uma só peça, ausência de bexiga natatória, pele recoberta por dentículos dérmicos (Compagno, 1990), além de mandíbulas articuladas e a presença de brânquias com filamentos em forma de lâminas (Lasso, 1985).

Compagno (1990), em um levantamento mundial das espécies de Chondrichthyes, relata a ocorrência de aproximadamente 494 espécies de raias e 376 de tubarões. Considerando apenas o território brasileiro, o Relatório do Programa Nacional de Levantamento Biológico (Lessa *et al.*, 1999) indica a ocorrência de 45 espécies de raias e 82 espécies de tubarões para a costa nacional. Entretanto, não são consideradas nesta estimativa as raias de água doce. A família Potamotrygonidae, na qual esta última estão inclusas, caracteriza-se por ser a única família de elasmobrânquios cujos representantes são todos estritamente dulcícolas (Compagno & Cook, 1995).

A América do Sul apresenta um grande número de espécies de peixes tropicais de água doce (Lowe-McConnell, 1998), dentre os quais encontramos também uma grande variedade de raias. As raias de água doce são peixes cartilagosos que possuem como principais características gerais externas: corpo achatado dorso-ventralmente, fendas branquiais na região ventral, nadadeiras peitorais grandes e amplamente unidas à cabeça e ao tronco, nadadeiras caudal e dorsais reduzidas ou ausentes, ausência de nadadeira anal e, finalmente, apresentam na região posterior aos olhos uma estrutura denominada espiráculo, que tem uma função auxiliar no envio de água para as brânquias (Compagno, 1990).

A família Potamotrygonidae é monofilética (Marques, 2000, Carvalho *et al.* 2004). Possui a capacidade de se reproduzir e osmorregular de maneira eficiente no ambiente de água doce (Thorson *et al.*, 1983), e apresenta uma distribuição restrita a algumas bacias hidrográficas da região Neotropical (Rosa, 1985).

O conhecimento da taxonomia e da nomenclatura deste grupo ainda é bastante polêmico e confuso, sendo comuns denominações diferentes para uma mesma espécie (Zorzi, 1995). Os problemas envolvendo este grupo estão relacionados ao fato de que algumas descrições são incompletas, por vezes não possuem ilustrações e muitas foram feitas com base em um só espécime ou em poucos exemplares (Brooks *et al.*, 1981). A

ocorrência de variabilidade intra-específica em padrões de coloração (policromatismo), a ausência de coletas e coleções intensivas e representativas em nível nacional, e a possível existência de híbridos (Castex & Maciel, 1965; Lasso, 1985) colaboram também para a problemática na identificação de raias de água doce.

Historicamente, a maioria dos trabalhos existentes com raias de água doce refere-se a descrições e considerações sistemáticas das décadas de 60 e 70 (Castex, 1963; Castex, 1964; Castex & Maciel, 1965; Achenbach & Achenbach, 1976, dentre outros). Ainda existem poucas informações sobre a biologia e ecologia deste grupo, apesar de sua ampla distribuição e comprovada importância médica (Rosa, 1985; Charvet-Almeida, 2001; Almeida, 2003; Rincon, 2006).

Rosa (1985), em uma revisão da família Potamotrygonidae, elaborou um trabalho de fundamental importância para organizar, fornecer caracteres diagnósticos e descrever de maneira padronizada as espécies contidas nesta família. Nesse trabalho ele apontou a existência de três gêneros válidos na região Neotropical (*Paratrygon*, *Plesiotrygon* e *Potamotrygon*), sendo *Paratrygon* e *Plesiotrygon* monoespecíficos, e *Potamotrygon* contendo 20 espécies, das quais 18 seriam realmente válidas e as outras duas de validade a ser verificada. Raias de água doce habitam apenas as bacias hidrográficas que drenam para o Atlântico e o Caribe (Rosa, 1985). No referido trabalho o autor comenta que, para o gênero *Potamotrygon*, existem onze espécies com distribuição amazônica (incluindo o rio Tocantins), sendo: *P. castexi*, *P. constellata*, *P. dumerilii*, *P. henlei*, *P. humerosa*, *P. leopoldi*, *P. motoro*, *P. ocellata*, *P. orbignyi*, *P. schroederi* e *P. scobina*, das quais quatro podem ocorrer também em outras bacias de drenagem. Quatro espécies deste gênero (*Potamotrygon brachyura*, *P. falkneri*, *P. hystrix*, *P. schuemacheri*) aparentemente são endêmicas do rio Paraguai e região do baixo rio Paraná; *Potamotrygon yepezi* é endêmica da bacia do rio Maracaibo, na Venezuela; *P. magdalenae* é endêmica das drenagens dos rios Magdalena e rio Atrato na Colômbia e, finalmente, *P. signata* é aparentemente endêmica da bacia de drenagem do rio Parnaíba, no Piauí.

Mould (1997) disponibilizou por meio eletrônico um levantamento e classificação de elasmobrânquios recentes, e incluiu potamotrigonídeos com uma lista de 20 espécies válidas, distribuídas em três gêneros. Segundo esse autor, no Brasil são conhecidas até o momento 15 espécies pertencentes aos três gêneros, o que indica que no país encontra-se um importante reservatório da diversidade deste grupo.

Recentemente, Carvalho *et al.* (2003) em um levantamento mais atualizado, indicaram a ocorrência de três gêneros e 18 espécies válidas para família

Potamotrygonidae. Destas, 15 espécies possuem distribuição no território brasileiro. Pode-se afirmar, entretanto, que o número de espécies e mesmo de gêneros ainda é um tanto incerto (Rosa *et al.*, 1987; Charvet-Almeida, 2001), já que novas espécies e um gênero não descrito têm sido encontrados tanto na bacia Amazônica, quanto na bacia do Paraná e no sistema do rio da Prata (Araújo, 1998; Charvet-Almeida, 2001; Almeida, 2003; Charvet-Almeida *et al.*, 2002; Rincon, 2006).

Este potencial incremento no número de espécies deve-se basicamente ao aumento considerável de pesquisas pelos diferentes grupos estabelecidos no Brasil a partir do final da década de 1990. Tais estudos enfocaram principalmente a biologia destes animais e, em alguns casos, representaram o único trabalho realizado após as descrições originais das espécies, as quais, na sua maioria, ocorreram no início do século vinte.

Indubitavelmente, ainda existem problemas envolvendo a correta identificação de exemplares de raias de água doce. A única chave de identificação com todos os táxons considerados válidos na última revisão efetuada no grupo (Rosa, 1985), utiliza como um dos principais critérios de separação de espécies a coloração dorsal. Pelo fato do grupo apresentar um acentuado policromatismo, é comum a ocorrência de erros na correta denominação das espécies utilizando a referida chave.

A falta de coleções e séries representativas (em espécies, locais e espécimes) agrava ainda mais este cenário que, infelizmente, já se perpetua por décadas no Brasil. Esta tese de doutorado é uma oportunidade única de coletar uma grande amostra de algumas espécies de raias de água doce em uma parte do estuário amazônico, e desta forma obter a maior quantidade de informações possíveis sobre estes animais.

Ecologicamente, as raias caracterizam-se como organismos k-estrategistas, apresentando alta longevidade, taxas baixas de crescimento, maturação sexual tardia, baixa fecundidade e longos períodos de gestação, apresentando desta forma uma baixa capacidade de recuperação a impactos negativos (Holden, 1974).

A estratégia reprodutiva de elasmobrânquios marinhos tem sido apontada como fator limitante para a sustentabilidade de sua exploração pela pesca (Pratt & Casey, 1990). Raias de água doce são muito mais vulneráveis a impactos localizados que as raias marinhas, devido principalmente à sua restrita distribuição. Considerando que ambas possuem estratégias reprodutivas semelhantes, pode-se afirmar que as raias marinhas são potencialmente menos vulneráveis.

A longevidade e as baixas taxas de crescimento e reprodução dos elasmobrânquios tornam suas populações mais sensíveis aos efeitos da exploração pesqueira (Holden, 1974). Diversos relatos de diminuição nos estoques naturais de elasmobrânquios indicam que espécies deste grupo podem sofrer um colapso de exploração comercial antes que quaisquer medidas de conservação sejam tomadas (Lessa *et al.*, 1999; Musick & Bonfil, 2004). Um dos casos mais bem estudados é o de algumas espécies de Rajidae no Mar do Norte (*Dipturus* spp. e *Rostroraja alba*, anteriormente pertencentes ao gênero *Raja*) (Brander, 1981, 1991; Casey & Myers, 1998; Camhi *et al.*, 1998; Dulvy *et al.*, 2000), que sofreram extinção comercial local após algumas décadas de exploração.

As raias de água doce sofrem ainda com os impactos relativos à degradação de seus habitats, tendo em vista que algumas delas são restritas a determinados corpos d'água ou bacias (Charvet-Almeida, 2001; Charvet-Almeida *et al.*, 2002; Compagno & Cook, 1995). As espécies endêmicas são naturalmente mais vulneráveis que as de ampla distribuição.

As raias de água doce também são reconhecidas pela sua importância médica, uma vez que têm contribuído significativamente como responsáveis por lesões causadas por peixes em humanos em rios na Amazônia (Pardal *et al.*, 1993; Pardal *et al.*, 1999; Menezes *et al.*, 2000; Hidaka *et al.*, 2001; Haddad Jr, 2000), tornando-se, em alguns locais, um problema de saúde pública. Apesar de sua importância, há um consenso sobre uma sub-notificação oficial dos acidentes, causados basicamente pela inexistência de atendimento médico, pela falta de recursos para tratamento em diversas localidades e pela substituição freqüente de assistência médica por tratamentos caseiros.

Exemplares da família Potamotrygonidae têm sido largamente explorados nas últimas décadas pelo mercado de peixes ornamentais, não só no Brasil, mas em diversos outros países onde este grupo está presente. Entretanto, o Brasil é o único país do mundo que tenta exercer algum tipo de regulamentação de controle sobre a exportação de exemplares de raias de água doce.

As raias de água doce geralmente não são apreciadas como peixe comestível, sendo consideradas como peixe de terceira qualidade e aproveitadas para fins de consumo somente na falta de uma melhor opção (Charvet-Almeida, 2001).

Poucas são as estatísticas de pesca envolvendo este grupo de organismos como recurso alimentar, justificadas pela dificuldade na obtenção de dados confiáveis e de efetivos processos de fiscalização e controle. Uma das citações é a de Santos *et al.* (1984), quando comentam que as raias (de forma inespecífica, mas certamente relacionada a raias

de água doce) têm grande participação na pesca comercial no rio Tocantins, principalmente a jusante de Tucuruí, onde alcançam cerca de 2,5% da produção pesqueira local.

Particularmente a utilização de raias de água doce para alimentação têm se mostrado uma fonte de preocupação, uma vez que já estão sendo detectadas em determinadas regiões, fortes pressões de captura para algumas espécies com fecundidade bastante reduzida, envolvendo, inclusive, pesca dirigida e utilização industrial do recurso (Charvet-Almeida & Almeida, 2008). A população residente na Bacia Amazônica em geral considera as raias de duas formas distintas: por um lado, os acidentes nas praias comprometem as atividades de turismo local, com conseqüências econômicas negativas; por outro, o uso esporádico das raias como peixe ornamental, aliado ao uso alimentar e medicinal bastante difundido em algumas regiões, geram benefícios financeiros imediatos. De qualquer maneira, para gerar benefícios ou diminuir prejuízos, o aproveitamento local das raias em geral consiste no seu abate ou retirada do ambiente. Assim, de uma maneira ou de outra, o seu manejo se faz necessário.

Entretanto, existem poucos dados (estatísticos ou de fiscalização), envolvendo a captura e utilização de raias de água doce para uso comercial (alimentação, usos medicinais, etc.) ou “pesca negativa”, que para estes elasmobrânquios consiste no abate sem uso pretendido ou da retirada dos esporões / cauda e posterior soltura do animal (Castello, 1975; Compagno, 1990; Araújo, 1998; Charvet-Almeida, 2001) para que os processos de regulamentação sejam realmente implementados.

Não existem até o momento trabalhos publicados que incluam quais espécies de raias de água doce efetivamente são encontradas na ilha de Marajó.

Pouco se conhece sobre as espécies de raias ocorrentes na ilha de Marajó. Poucas coleções nacionais possuem registros de raias de água doce, merecendo destaque neste aspecto a Coleção Ictiológica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), a Coleção Ictiológica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e o Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP). Apesar de possuírem alguns exemplares desta região, a maioria dos animais não está identificada ao nível específico, não está tombada formalmente ou apresenta dados pouco precisos sobre o local de coleta.

Sem dúvida a coleção mais representativa da baía de Marajó é a Coleção Ictiológica do MPEG. Os registros para a ilha de Marajó nesta coleção mostram exemplares armazenados / tombados relacionados a apenas três espécies de raias de água doce, sendo: *Potamotrygon motoro* e *Potamotrygon orbignyi*, consideradas de ampla distribuição nos

Neotrópicos, e alguns exemplares não tombados de uma nova espécie que se encontra em fase de descrição, neste trabalho denominada *Potamotrygon* sp. 2 (marajó). Levantamentos realizados pela internet em outros 27 museus nacionais e internacionais também detectaram poucos lotes específicos da ilha de Marajó.

REPRODUÇÃO

Apesar de serem considerados peixes primitivos, os elasmobrânquios apresentam especializações morfológicas e fisiológicas em alguns de seus sistemas. São rivalizadas por poucos vertebrados vivos (Pough *et al.*, 1999). A reprodução deste grupo de peixes apresenta diversas sofisticções e a forma de regulação endócrina deste grupo já foi sugerida como arquétipo para vertebrados terrestres (Callard *et al.*, 1989).

Segundo a teoria da dinâmica populacional, os elasmobrânquios de modo geral são considerados k-estrategistas, apresentando alta longevidade, baixa taxa de crescimento, maturação sexual tardia, longos períodos de gestação e pequeno número de filhotes (Holden, 1974). Por conta destas características, este grupo apresenta uma grande demora na reposição de perdas populacionais, sendo mais suscetível aos impactos ambientais e sobrepesca (Vooren & Klippel, 2005).

A reprodução das raias de água doce é um assunto que apresenta grandes lacunas de informações (Charvet-Almeida, 2001). Até o momento, constatou-se que elas apresentam uma forma de reprodução denominada viviparidade aplacentária (Thorson *et al.*, 1983), ou viviparidade matrotrofica com trofonemas (Wourms *et al.*, 1988), ou ainda viviparidade com histotrofia matrotrofica (Hamlett *et al.*, 2005). A característica de nutrir o embrião através dos vilos uterinos é considerada uma forma avançada de viviparidade (Wourms, 1993).

Dentro de uma retrospectiva histórico / temporal, os primeiros trabalhos efetivos com este grupo datam da década de 60. São relevantes os trabalhos de Castex (1963) e Castex & Maciel (1965), onde os autores fizeram considerações gerais sobre a cópula, dimorfismo sexual, idade de maturação sexual, presença de ferrões nos embriões e considerações gerais sobre o aparelho reprodutivo de *Potamotrygon motoro*.

Posteriormente, Achenbach & Achenbach (1976) realizaram observações bastante ricas em detalhes e decisivas para o estudo de raias de água doce. Os autores apresentaram informações sobre proporção sexual, fecundidade, posição dos fetos no nascimento e algumas inferências sobre ciclo reprodutivo de *Potamotrygon motoro* e *P. brachyurus* (= *Potamotrygon brachyura*). Além disso, este foi o primeiro trabalho a relatar um tipo de cuidado parental, onde indivíduos neonatos seriam mantidos sobre o dorso da mãe. Entretanto, ainda existem controvérsias sobre a interpretação deste tipo de comportamento.

Os trabalhos realizados na década de 1980 apresentaram informações mais abundantes e com maior detalhamento, destacando-se o de Thorson *et al.* (1983). Nesta

obra, os autores realizaram considerações sobre a reprodução de *Potamotrygon circularis* (= *Potamotrygon constellata*) e *P. motoro*. Observações macroscópicas e medidas de órgãos reprodutivos de machos e fêmeas foram realizadas, assim como foram determinadas algumas características de embriões. Esse trabalho também relatou as primeiras observações sobre a reprodução em cativeiro de *P. motoro*, fornecendo importantes subsídios para o estudo de reprodução desta espécie.

No Brasil, o trabalho de Pinto (1987), realizado no complexo lagunar de Viana (MA) com aspectos gerais da reprodução de *Potamotrygon motoro*, pode ser considerado pioneiro no país.

Estudos publicados por Teshima & Takeshita (1992), com raias da espécie *Potamotrygon magdalenae*, também merecem ser comentados. Nesta obra os autores descreveram aspectos macroscópicos e histológicos da reprodução desta espécie.

Lasso *et al.* (1996) estudando de forma geral espécies de raias na região dos llanos venezuelanos, fizeram observações sobre a biologia e a reprodução de *Paratrygon aiereba* e *Potamotrygon orbignyi*, incluindo aspectos macroscópicos.

Araújo & Chao (1997) apresentaram os primeiros resultados sobre a biologia reprodutiva de uma espécie de *Potamotrygon* da região do rio Negro (AM). Estas informações foram posteriormente complementadas no trabalho de dissertação de mestrado de Araújo (1998). Nesta dissertação a autora abrangeu aspectos da pesca e biologia da reprodução de uma nova espécie presente no rio Negro, que ainda hoje se encontra em processo em descrição (*Potamotrygon* sp. C). A autora incluiu análises macroscópicas e histológicas dos aparelhos reprodutivos e apontou a existência de um período reprodutivo definido e regulado pelo ciclo hidrológico do rio Negro.

Para a espécie *Plesiotrygon iwamae*, Charvet-Almeida (2001) realizou um estudo sobre os aspectos da biologia reprodutiva destas raias na baía de Marajó, especificamente na ilha de Colares (PA). As principais conclusões da autora apontaram uma baixa fecundidade e um ciclo reprodutivo relacionado às variações de parâmetros abióticos da região (ciclo hidrológico).

Posteriormente, analisando exemplares de *Potamotrygon orbignyi* também da baía de Marajó, Maués (2002) realizou um estudo comparativo entre aparelhos reprodutivos de exemplares de diferentes estádios de maturidade sexual, indicando a existência de diferenças nítidas entre os exemplares analisados. Este autor comentou ainda que os valores dos Índices Hepatosomático (IHS) e Gonadosomático (IGS) apresentaram variação ao

longo do ano e foram mais baixos no período da seca. Maués apontou ainda, as praias das ilhas de Colares e Cotijuba como áreas de berçário na região da foz do rio Amazonas.

Uma publicação que inclui mais dados no contexto dos estudos de reprodução de raias de água doce foi a de Charvet-Almeida *et al.* (2005a). Neste trabalho comparativo, que talvez seja o que abrangeu maior número de espécies de raias, os autores realizam uma compilação de informações reprodutivas existentes para algumas espécies com distribuição na bacia amazônica. O trabalho tratou especificamente das espécies *Potamotrygon motoro*, *P. orbignyi*, *P. schroederi*, *P. scobina*, *Potamotrygon* sp., *Paratrygon aiereba* e *Plesiotrygon iwamae*. Os resultados obtidos foram comparados aos de outras pesquisas e indicaram que nesta região o ciclo reprodutivo é diretamente relacionado ao ciclo hidrológico. Todas as espécies analisadas apresentaram a seguinte sequência de eventos reprodutivos: maturação gonadal, cópula, gravidez, parto e repouso. O período de cópula (seca e cheia) variou entre espécies, a fecundidade entre as espécies oscilou de um a oito embriões, e a gestação durou de três a nove meses.

Outras espécies como *Potamotrygon leopoldi*, *P. orbignyi* e *Paratrygon aiereba* foram pesquisadas detalhadamente por Charvet-Almeida (2006) na região do rio Xingu (PA). Neste trabalho, a autora encontrou fecundidades baixas para *P. orbignyi* e *Paratrygon aiereba* e média para *P. leopoldi*. Além disso, foi observado dimorfismo sexual e ciclos reprodutivos diretamente relacionados ao ciclo hidrológico do rio Xingu.

Almeida *et. al* (2006) apresentaram informações reprodutivas de *Potamotrygon scobina* na baía de Marajó. Estes autores comentaram a variação ontogenética dos índices hepatossomáticos e gonadossomáticos (IHS e IGS) e um ciclo reprodutivo associado a variações sazonais de salinidade no estuário amazônico.

Rincon (2006), realizando pesquisas no rio Paranã (alto Tocantins) tratou, dentre outros assuntos, dos aspectos reprodutivos de *Potamotrygon orbignyi*. Assim como notado por outros autores, foi observada uma baixa fecundidade para esta espécie e um ciclo reprodutivo relacionado ao ciclo hidrológico.

Estudos relacionados à reprodução são de fundamental importância para que qualquer medida de manejo de pesca de raias possa ser adotada. A reprodução de raias de água doce tem sido gradativamente conhecida através de estudos pontuais, mas certamente novos trabalhos ainda são necessários para que este aspecto da biologia possa ser melhor compreendido.

ALIMENTAÇÃO

Aspectos relacionados à alimentação (dieta) e estratégias alimentares em peixes têm recebido crescente importância em estudos ictiológicos para saber como funcionam os ecossistemas, a fim de poder administrá-los corretamente (Zavala-Camin, 1996).

Especificamente considerando os elasmobrânquios, o estudo da dieta e de hábitos alimentares através da análise de conteúdo estomacal, tem fornecido subsídios importantes para o estabelecimento do papel trófico deste grupo a um dado ecossistema (Namora *et al.* 2000) e, conseqüentemente, possibilitado a tomada de decisões técnicas ou formulação de políticas públicas condizentes para este grupo animal.

Os elasmobrânquios desempenham um importante papel na transferência de energia entre os níveis tróficos mais elevados (Wetherbee & Cortés, 2004). Entretanto, as alterações ontogenéticas e espaço-temporais presentes neste grupo animal, contribuem para a grande plasticidade de hábitos alimentares e dificultam as descrições de suas dietas.

A avaliação da dieta, baseada na análise de conteúdo estomacal, já se tornou uma prática rotineira no estudo de ecologia de peixes (Hyslop, 1980). Diversas revisões dos métodos de análise de conteúdos estomacais foram efetuadas, e aparentemente existe um consenso de que mais de um tipo de índice deve ser empregado para que os resultados sejam elucidativos e apresentem menos vícios na análise (Hynes, 1950; Windell, 1968; Pinkas *et al.*, 1971; Hyslop, 1980).

Apenas recentemente, Cortés (1997) apresentou a primeira revisão crítica sobre os métodos de estudo de alimentação em peixes baseado na análise de conteúdo estomacal com um enfoque específico para elasmobrânquios, apesar de já existir um número considerável de trabalhos pontuais sobre alimentação deste grupo. Dentre algumas recomendações, ele apontou que os pesquisadores deveriam tentar uma padronização dos métodos para que com o aumento no número de estudos sobre elasmobrânquios, análises comparativas entre espécies pudessem ser efetuadas. Este trabalho também recomendou a utilização do Índice de Importância Relativa (IRI) de Pinkas *et al.* (1971), sua transformação em porcentagem, e sua representação gráfica em três dimensões como sendo uma das mais adequadas.

Os avanços no estudo de hábitos e dietas de raias de água doce no Brasil nos últimos anos utilizando-se uma metodologia padronizada (IRI), permitiram caracterizar as raias e água doce como predadoras. A família Potamotrygonidae apresenta variações na

frequência dos itens alimentares e na dieta, possibilitando, desta forma, classificá-las genericamente como piscívoras, carcinófagas, insetívoras ou malacófagas.

Os estudos sobre alimentação em Potamotrygonidae tiveram um crescente aumento nos últimos anos. De forma geral, os primeiros trabalhos possuíam apenas informações gerais e/ou descritivas sobre as estratégias de alimentação, como os de Schomburgk (1843), que comenta que estes animais permanecem enterrados em fundos arenosos de rios para poderem surpreender e capturar suas presas. Sánchez Labrador (*apud* Castex, 1963), acreditava que as raias de água doce não possuíam dentes e sua dieta estava baseada em pequenos peixes e insetos que eram encontrados na água.

Uma das primeiras referências aos itens alimentares consumidos por Potamotrygonidae foi realizada por Achenbach & Achenbach (1976). Neste trabalho no rio Paraná, os autores relacionaram a morfologia das placas dentárias à dieta das raias, que foram consideradas aptas a triturar conchas e carapaças. Comentaram, ainda, sobre uma eventual alteração de dieta com o desenvolvimento dos animais, descrevendo que, logo após o nascimento, as raias se alimentam de plâncton e que, à medida que crescem, passam a ingerir pequenos moluscos (lamelibrânquios e gastrópodes), crustáceos, larvas de insetos aquáticos (entre outros itens); passando, quando adultas, a se alimentar de caranguejos do gênero *Trichodactylus* e peixes da família Loricariidae. Outro fato interessante diz respeito às observações sobre o comportamento de investir sobre cardumes de *Astyanax* sp. e de *Aphyocharax* sp., mas indicaram que o item alimentar favorito parecia ser um pequeno bagre (*Pimelodella gracilis*). Segundo o relato destes autores, as raias, ao predarem bagres com acúleos, permaneciam indiferentes à ação defensiva destas estruturas.

Mais recentemente o trabalho de descrição da espécie *Plesiotrygon iwamae* (Rosa *et al.*, 1987) considerou-a uma espécie predominantemente piscívora nos rios Napo e Solimões. O estudo de Lasso *et al.* (1996) na Venezuela, demonstrou que para *Paratrygon aiereba* foi observada uma predominância de peixes e camarões, enquanto que *Potamotrygon orbignyi* apresentou uma grande quantidade de insetos no conteúdo estomacal. Ferreira *et al.* (1998) apontaram os potamotrigonídeos do médio Amazonas (Santarém- PA) como sendo consumidores de peixes e crustáceos.

O trabalho de Charvet-Almeida (2001) demonstrou que na região do estuário Amazônico, *Plesiotrygon iwamae* apresentou uma preferência por crustáceos em sua dieta. Pântano-Neto (2001) apresentou a anatomia descritiva e funcional associando-a à alimentação de *Potamotrygon henlei* e *P. motoro* capturadas no rio Cristalino (GO), e indicou que características da musculatura cefálica e do esqueleto visceral poderiam estar

associadas ao tipo de alimentação de cada uma dessas espécies. Os resultados das análises da anatomia oro-branquial associadas a dieta de *P. motoro* e *P. henlei* foram publicados posteriormente (Pântano-Neto & Souza, 2002), e indicaram diferenças que poderiam representar adaptações funcionais distintas ao tipo de presa e comportamento alimentar.

Bragança (2002), analisando raias de Cotijuba (baía de Marajó), comentou que a espécie *Potamotrygon orbignyi* apresenta uma preferência alimentar por crustáceos e insetos, enquanto que, *P. scobina* e *Plesiotrygon iwamae* aparentemente demonstram uma preferência alimentar por crustáceos, especialmente por camarões e piolhos d'água (Isopoda).

Yossa (2004) avaliou o valor nutricional da dieta de *Potamotrygon motoro*, situando as raias como predadoras de topo da cadeia alimentar e indicando que esta espécie apresenta variações ontogenéticas em sua dieta.

Os primeiros resultados sobre aspectos da alimentação de *P. leopoldi* na região do médio rio Xingu foram apresentados por Charvet-Almeida *et al.* (2005b) e indicaram uma predominância de gastrópodes.

Silva *et al.* (2006) no estuário amazônico, apontaram que *Potamotrygon orbignyi* como sendo uma espécie predadora especialista em insetos, com preferência por Ephemeroptera (Polymitarcyidae), tendo uma tática alimentar do tipo fossador ou especulador de substrato.

Rincon *et al.* (2006), estudando animais provenientes do rio Paranã, comentam que raias dos gêneros *Potamotrygon* e *Plesiotrygon* alimentam-se basicamente de invertebrados bentônicos, com algumas espécies podendo predar peixes ocasionalmente. Estas duas espécies foram posicionadas no estudo como consumidoras secundárias dentro da cadeia alimentar dos ambientes onde vivem. Rincon (2006) comenta, ainda, que *Paratrygon aiereba* apresenta uma dieta composta predominantemente de peixes, com ocasionais ocorrências de invertebrados bentônicos, sendo posicionada como consumidora terciária em seu trabalho. Já *Potamotrygon orbignyi* seria basicamente insetívora, alimentando-se principalmente de ninfas de Ephemeroptera e larvas de Díptera e Trichoptera ao longo de toda sua vida.

Charvet-Almeida *et al.* (2006) relatam o primeiro registro de predação entre raias de água doce ocorrido no rio Xingu, por parte de um exemplar de *Paratrygon aiereba* que se alimentou de um exemplar jovem do gênero *Potamotrygon*.

Melo *et al.* (2007), estudando raias de água doce na bacia do Rio Juruá (AC), mostraram que existem diferenças de dieta entre animais capturados nos lagos e na calha do rio, sendo que *Paratrygon aiereba* (coletada na calha) apresentou uma grande variedade de itens alimentares, enquanto que para as espécies coletadas nos lagos (*Potamotrygon motoro*, *P. orbignyi* e *Potamotrygon* sp. E) a dieta foi praticamente restrita a insetos.

Shibuya *et al.* (2007) caracterizaram a dieta de quatro espécies da bacia do rio Negro (AM). Os principais resultados encontrados indicaram que as quatro espécies estudadas (*Potamotrygon motoro*, *P. orbignyi*, *P. cf. hystrix* e *Paratrygon aiereba*) alimentam-se de peixes, crustáceos e insetos em proporções diferentes, comentando ainda que *P. motoro* consumiu mais crustáceos, *P. orbignyi* apresentou insetos como item principal da dieta, *Potamotrygon* cf. *hystrix*, alimenta-se principalmente de crustáceos e peixes, enquanto *Paratrygon aiereba* ingeriu principalmente peixes.

Charvet- Almeida *et al.* (2007) realizaram considerações sobre alimentação da raia de água doce *Potamotrygon leopoldi* da região do médio rio Xingu, concluindo que a espécie apresenta clara preferência por caramujos dulcícolas da família Thiaridae que correspondem a 94,35% da dieta desta espécie. Os autores corroboraram com a indicação de Zuanon (1999) de que esta espécie é malacófaga e utiliza uma tática alimentar do tipo fossadora ou especuladora de substrato.

Lonardoní *et al.* (2006, 2007), estudando os hábitos alimentares de *Potamotrygon falkneri* e *P. motoro*, no rio Paraná, demonstraram que estas espécies possuem uma flexibilidade alimentar, ambas consumindo predominantemente moluscos na estação de cheia, enquanto na estação de seca *P. falkneri* consumiu mais peixes e *P. motoro* mais insetos aquáticos.

Silva & Uieda (2007), estudando a dieta das espécies *Potamotrygon falkneri* e *P. motoro* na região superior do rio Paraná, mostraram que as duas espécies apresentaram dietas diversificadas, compreendendo moluscos, peixes, crustáceos e insetos, sendo mais especializada em *P. motoro* e mais diversificada em *P. falkneri*.

Fica evidente através desta revisão, que com o passar do tempo as análises de dieta tornaram-se comuns neste grupo animal. Especificamente em potamotrigonídeos, os estudos de dieta e hábitos alimentares são importantes, uma vez que estas raias além de possuírem um papel importante nas cadeias tróficas em ambientes naturais, também são comumente explorados como peixes ornamentais. Historicamente estes peixes apresentam problemas referentes à manutenção em cativeiro (principalmente logo após a captura), ou

no início da adaptação junto ao consumidor final / aquarista. A consequência imediata é uma incapacidade / paralisação da alimentação gerada por efeitos de estresse ou por processos de alimentação que não condizem com aquela existente no ambiente natural e com a qual a espécie não está habituada, levando quase sempre o animal à morte.

Dentre todos os fatores de estresse e morte pós captura em raias de água doce, a deficiência alimentar é o mais crítico e o mais comum (Duncan & Araújo, 2002). Deve ficar bem claro que o processo de alimentação para as raias de água doce é primordial para o sucesso de manutenção destes animais em cativeiro, uma vez que este grupo animal possui uma intrínseca e direta relação entre alimentação e reprodução (Charvet-Almeida, 2006). Por possuir um tipo específico de estratégia reprodutiva (viviparidade com matrotrofia trofodermata), todo processo de vitelogênese e nutrição dos embriões pelos vilos uterinos ocorre a partir de reservas localizadas no fígado destes animais, que por sua vez só estarão presentes se a alimentação for adequada e suficiente. Fica mais claro aos pesquisadores a cada dia, que o entendimento / caracterização dos processos de alimentação, estão diretamente ligados ao sucesso da manutenção de raias de água doce em cativeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHENBACH, G. M. & ACHENBACH, S. V. M. 1976. Notas acerca de algunas especies de raya fluvial (Batoidei, Potamotrygonidae) que frecuentan el sistema hidrográfico del Paraná medio en el Departamento La Capital (Santa Fe- Argentina). **Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino**, 8:1-34.
- ALMEIDA, M. P., 2003. **Pesca, Policromatismo e Aspectos Sistemáticos de *Potamotrygon scobina* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) da Região da Ilha de Colares - Baía de Marajó - Pará**: 1-145. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal do Pará & Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- ALMEIDA, M. P., VIANA, A. S., CHARVET-ALMEIDA, P., SILVA, A.J.A. 2006. Reprodução da raia de água doce *Potamotrygon scobina* Garman 1913 (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na região da baía de Marajó (Pará). **V Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL)**, UNIVALI, Itajaí - Santa Catarina.
- ARAÚJO, M. L. G., 1998. **Biologia Reprodutiva e Pesca de *Potamotrygon* sp. C (Chondrichthyes - Potamotrygonidae), no Médio Rio Negro, Amazonas**: 1-171. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia & Universidade do Amazonas, Manaus.
- ARAÚJO, M. L. G. & CHAO, L. N. 1997. Reproductive biology of freshwater stingray *Potamotrygon* sp, in middle rio Negro, Amazonas, Brazil. **Abstracts of the International Symposium on Biology of Tropical Fish**. Manaus, Hotel Tropical, p. 21.
- AYRES, M.; AYRES Jr., M; AYRES, D. L. & SANTOS, A. S. 2003. **BioEstat 3.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém, Sociedade Civil Mamirauá. 291 p.
- BABEL, J. S. 1967. Reproduction, life style and ecology of the round stingray, *Urolophus halleri*. **Bulletin of the California Department of Fisheries**, 137: 1 - 104.
- BARTHEM, R. B., 1985. Ocorrência, distribuição e biologia dos peixes da baía de Marajó, estuário amazônico. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia** 2(1): 49-69.
- BARTHEM, R. B., 2004. **O desembarque na região de Belém e a pesca na foz amazônica**. Ruffino, M.L. (org.). Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. Provárzea, Manaus: p.137-167.

- BARTHEM, R. B. & SCHWASSMANN, H. O. 1994. Amazon river influence on the seasonal displacement of the salt wedge in the Tocantins river estuary, Brazil, 1983 -1985. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia**, **10** (1):119-130.
- BARTHEM R. B. & PETRERE, M. Jr. 1995. Fisheries and population Dynamics of the Freshwater Catfish *Brachyplatystoma vaillantii* (Pimelodidae) in the Amazon Estuary. In: Condition of the World's Aquatic Habitats. **Proceedings of World Fisheries Congress**, Theme I. Armantrout, N. B. (ed) Oxford & IBH Publishing Co. PVT. LTD. New Delhi. p. 329-340.
- BARTHEM R. B. & GOULDING, M. 1997. **Os Bagres Balizadores: ecologia, migração e conservação de peixes amazônicos**. Tefé-AM. Sociedade Civil Mamirauá; Brasília. 130p.
- BAYLEY, P.B. & PETERE-Jr, M. 1989. Amazon fisheries: assessment methods, current status, and management options. In: DODGE, D.P. (Ed). **Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.** Vol 106, p 385-398.
- BRANDER, K. 1981. Disappearance of common skate *Raja batis* from Irish Sea. **Nature**, **290**: 48 - 49.
- BRANDER, K. 1991. Multispecies fisheries of the Irish Sea. In: **Fish Population Dynamics**. Gulland, J. A. (ed.). 2nd ed. London, John Wiley & Sons, p. 308-328.
- BRAGANÇA, A. J. M. 2002. **Observações Sobre a Alimentação das Raias de Água Doce *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon scobina* e *Plesiotrygon iwamae* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na Ilha de Cotijuba -Baía de Marajó -Pará - Brasil**. Monografia de Conclusão de Curso. Belém Universidade Federal do Pará. 33p.
- BROOKS, D. R.; THORSON, T. B. & MAYES, M. A. 1981. Freshwater stingrays (Potamotrygonidae) and their helminth parasites: testing hypotheses of evolution and coevolution. In: **Advances in Cladistics**. Funk, V. A. & Brooks, D. R. (eds.). Proceedings of the First Meeting of the Willi Hennig Society, New York. p. 147-175.
- CALLARD, I. P.; KLOSTERMAN, L. L.; SORBERA, L. A.; FILETI, L. A. & REESE, J. C. 1989. Endocrine regulation of reproduction in elasmobranchs: archetype for terrestrial vertebrates. In: Evolutionary and Contemporary Biology of Elasmobranchs. Hamlett, W. C. & Tota, B. (eds.). **Journal of Experimental Zoology**, **2**: 12 - 22.

- CAMHI, M.; FOWLER, S.; MUSICK, J.; BRÄUTIGAM & FORDJAM, S. 1998. **Sharks and Their Relatives: ecology and conservation**. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission (20), Oxford, Information Press. 39 p.
- CARRIER, J. C.; MUSICK, J. A. & HEITHAUS, M. R. 2004a. **Biology of sharks and their relatives**. CRC Press LLC. London. 596p.
- CARRIER, J. C.; PRATT, H. L. & CASTRO, J. I. 2004b. Reproductive biology of elasmobranchs. *In: Biology of Sharks and Their Relatives*. Carrier, J. C.; Musick, J. A. & Heithaus, M. R. (eds.). Boca Raton, CRC Press. 269 - 286.
- CARVALHO, M. R. de; LOVEJOY, N. R. & ROSA, R. S. 2003. Family Potamotrygonidae (river stingrays). *In: Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Reis, R. E.; Kullander, S. O. & Ferraris Jr., C. J. (orgs.). Porto Alegre, Edipucrs, p. 22 - 28.
- CARVALHO, M. R.; MAISEY, J. G. & GRANDE, L. 2004. Freshwater stingrays of the Green River formation of Wyoming (Early Eocene) with the description of a new genus and species and an analysis of its phylogenetic relationships (Chondrichthyes: Myliobatiformes). **Bulletin of the American Museum of Natural History**, **284**: 1 - 136.
- CASEY, J. M. & MYERS, R. A. 1998. Near extinction of a large widely distributed fish. **Science**, **281**: 690 - 692.
- CASTELLO, H. P. 1975. Hunting for freshwater stingrays. **Tropical Fish Hobbist**, **2** (12): p.19-34.
- CASTEX, M. N. 1963. Observaciones sobre la raya de río *Potamotrygon motoro* (Müller y Henle). **Comunicaciones del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Hidrobiología**, **1**(2): 7 - 14.
- CASTEX, M. N. 1964. Estado actual de los estudios sobre la raya fluvial neotropical. **Revista del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino**, número extraordinario del cincuentenario: p. 9 - 49.
- CASTEX, M. N. & CASTELLO, H. P. 1970. *Potamotrygon leopoldi*, una nueva especie de raya de agua dulce para el río Xingú, Brasil (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). **Acta Científica del Instituto Latinoamericano de Fisiología e y Reproducción (Ilafir)**, **10**: 1 - 16.

CASTEX, M. N. & MACIEL, I. 1965. **Notas Sobre la Familia Potamotrygonidae Garman 1913**. Santa Fé, Dirección General de Recursos Naturales. Publicación Técnica 14:1-23.

CHARVET-ALMEIDA. 2001. **Ocorrência, Biologia e Uso das Raias de Água Doce na baía de Marajó (Pará-Brasil), com ênfase na biologia de *Plesiotrygon iwamae* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará & Museu Paraense Emílio Goeldi. 213 p.

CHARVET-ALMEIDA. 2006. **História Natural e Conservação das Raias de Água Doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), no Médio Rio Xingu, Área de Influência do Projeto Hidrelétrico de Belo Monte (Pará, Brasil)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba. 376 p.

CHARVET-ALMEIDA, P.; ARAÚJO, M. L. G.; ROSA, R. S. & RINCON, G. 2002. Neotropical freshwater stingrays: diversity and conservation status. **IUCN Shark News** 14:1-2.

CHARVET-ALMEIDA, P.; ARAÚJO, M. L. G. & ALMEIDA, P. M. 2005 a. Reproductive aspects of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, 35: 165 - 171.

CHARVET-ALMEIDA, P.; SILVA, A. J. A.; ROSA, R. S. & BARTHEM, R. B. 2005 b. Observações preliminares sobre a alimentação de *Potamotrygon leopoldi* (Potamotrygonidae) no médio rio Xingu - Pará. **III Workshop de Chondrichthyes do Núcleo de Pesquisa e Estudo em Chondrichthyes (NUPEC)**, Santos, Instituto Oceanográfico de Santos.

CHARVET-ALMEIDA, P., SILVA, A. J. A., ALMEIDA, M. P., VIANA, A. S., ROSA, R. S. 2006. Registro de predação entre raias de água doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). **V Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL)**, UNIVALI, Itajaí - Santa Catarina.

CHARVET-ALMEIDA, P., SILVA, A. J. A., VIANA, A. S., ALMEIDA, M. P., ROSA, R. S. 2007. Alimentação da raia de água doce *Potamotrygon leopoldi* Castex & Castello, 1970 (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na região do médio rio Xingu (Pará). **XVII Encontro Brasileiro de Ictiologia (EBI 2007)**. UNIVALI – Itajaí - Santa Catarina.

CHARVET-ALMEIDA, P. & ALMEIDA, M. P., 2008. Contribuição ao Conhecimento, Distribuição e aos Desafios para a Conservação dos Elasmobrânquios (Raias e Tubarões)

no Sistema Solimões-Amazonas. In: ALBERNAZ, A. L. K. M. (Org): **Bases Científicas para a Conservação da várzea: Identificação e Caracterização de regiões biogeográficas**:207-244. IBAMA/PROVÁRZEA, Brasília.

COMPAGNO, L. J. V. 1990. Shark exploration and conservation. In: **Elasmobranch as Living Resources: advances in biology, ecology and systematics, and the status of fisheries**. Pratt, H. L., Gruber, S. H. & Taniuchi, T. (eds.). NOAA Technical Report NMFS: 391- 414.

COMPAGNO, L. J. V. & COOK, S. F. 1995. The exploitation and conservation of freshwater elasmobranchs: status of taxa and prospects for the future. In: *The Biology of Freshwater Elasmobranchs*. Oetinger, M. I. & Zorzi, G. D. (eds.). **Journal of Aquariculture & Aquatic Sciences**, 7:62-90.

CONRATH, C. L. 2004. Reproductive biology. In: **Elasmobranch Fisheries Management Techniques**. Musick, J. A. & Bonfil, R. (eds). Singapore, Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) Fisheries Working Group. p. 133 - 164.

CORTÉS, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 54:726-738.

CRUZ, M. E. M. 1987. **Marajó, essa imensidão de ilha**. São Paulo. 111 p.

CURTIN, T. B. & LEGECKIS, R. V., 1986. Physical observations in the plume region of the Amazon river during peak discharge - I. Surface variability. **Continental Shelf Research**, 6 (1/2): 31-51.

DODD, J. M. 1983. Reproduction in cartilaginous fishes. In: **Fish Physiology**. Hoar, W. S., Randall, D. J. & Donaldson, E. M. (eds.). New York, Academic Press, p. 31-95.

DULVY, N. K.; METCALFE, J. D.; GLANVILLE, J.; PAWSON, M. G.; & REYNOLDS, J. D. 2000. Fishery stability, local extinctions, and shifts in community structure in skates. **Conservation Biology**, 14(1): 283 - 293.

DUNCAN, W. P. & ARAÚJO. M.L.G. 2002. Resultados Preliminares da Organização Metabólica em *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). **III Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL)**, João Pessoa - Paraíba.

EGLER, W. A. & SCHWASSMANN, H. O. 1962. Limnological studies in the Amazon estuary. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, nova série Geologia**, 1: 2-25.

- FERREIRA, E. J. G.; ZUANON, J. A. S. & SANTOS, G. M. dos. 1998. **Peixes Comerciais do Médio Amazonas: região de Santarém, Pará**. IBAMA, Brasília, p. 17 - 22.
- GARMAN, S. 1913. The Plagiostomia (sharks, skates and rays). **Memoirs of the Museum of Comparative Zoology**, **36** : 1 - 575 (reprint 1997).
- GEYER, R. G.; BEARDSLEY, R. C.; CANDELA, J.; CASTRO, B. M.; LEGECKIS, R. V.; LENTZ, S. B.; LIMEBURNER, R.; MIRANDA, L. B. & TROWBRIDGE, J. H. 1991. The physical oceanography of the Amazon outflow. **Oceanography**, **4**: 8-14.
- GIBBS, R. J. 1970. Circulation in the Amazon River Estuary and adjacent Atlantic Ocean. **Journal of the Marine Research**, **28** (2): 113-123.
- GOULDING, M.; BARTHEM, R. B. & FERREIRA, E. 2003. **The Smithsonian Atlas of the Amazon**. Smithsonian books. Washington and London. 253p.
- HACUNDA, J. S. 1981. Trofic relationships among demersal fishes in a coastal area of the Gulf of Maine. **Fish. Bull.** 79:775-788.
- HADDAD, V. Jr. 2000. **Atlas de Animais Aquáticos Perigosos do Brasil. Guia Médico de Diagnósticos e Tratamentos de Acidentes**. São Paulo. Roca Ltda. 145p.
- HAMLETT, W. C. 1999. Male reproductive system. *In*: **Sharks, Skates and Rays: the biology of elasmobranch fishes**. Hamlett, W. C. (ed.). Baltimore, The John Hopkins University Press. 444 - 470.
- HAMLETT, W. C. (ed.) 2005. **Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: sharks, batoids and chimaeras**. Enfield, Science Publishers, Inc. 562 p.
- HAMLETT, W. C.; KORMANIK, G.; STORRIE, M. STEVENS, B. & WALKER, T. I. 2005. Chondrichthyan parity, lecithotrophy and matrotrophy. *In*: **Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: sharks, batoids and chimaeras**. Enfield, Science Publishers, Inc. p. 395 - 434.
- HAMLETT, W. C. & KOOB, 1999. Female reproductive system. *In*: **Sharks, Skates and Rays: the biology of elasmobranch fishes**. Hamlett, W. C. (ed.). Baltimore, The John Hopkins University Press. 398 - 443.
- HIDAKA, A. S.; FRANÇA, J. D. M.; PARDAL, P. P. O.; GUIMARÃES, A. C.; BARROSO, E. & SANTOS, A. X. 2001. Notificação de acidentes com raias no Pará, no período de março de 1998 a março de 2000, no CIT-Belém. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, **34**, (1) 383p. Suplemento.

- HOLDEN, M. J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. In: **Sea Fisheries Research**. Harden - Jones, F. R. (ed) New York. John Wiley & Sons, p. 117-137.
- HYNES, H. B. N. 1950. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. **Journal of Animal Ecology**, **19**(1): 36 - 58.
- HYSLOP, E. J. 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**, **17**: 411 - 429.
- ISAAC, V.J. & BARTHEM, R.B. 1995. Os Recursos Pesqueiros da Amazônia Brasileira. Bol. Mus Para. Emílio Goeldi. Antropologia. Vol 11(2) 295- 339.
- ISAAC, V.J. & RUFFINO, M. R. 2000. A Estatística Pesqueira no Baixo Amazonas: Experiência do Projeto IARA. In: Recursos Pesqueiro do Médio Amazonas, Biologia e Estatística Pesqueira. Edições IBAMA- Brasília. 350p.
- JONHSON, D. H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preferences. **Ecology**, **61**:65- 71.
- LASSO, C. A. 1985. Las rayas de agua dulce. **Natura**, **77**: 6-9.
- LASSO, C. A.; RIAL A. B. & LASSO-ALCALÁ. 1996. Notes on the biology of the freshwater stingrays *Paratrygon aiereba* (Müller & Henle, 1841) and *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Venezuelan llanos. **Aqua Journal of Ichthyology and Aquatic Biology**, **2** (3): 39-52.
- LESSA, R.; SANTANA, F. M.; RINCÓN, G.; GADIG, O. B. F. & EL-DEIR, A. C. A. 1999. **Biodiversidade de Elasmobrânquios no Brasil. In: Relatório e Ações Prioritárias para Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira e Marinha.** (<http://www.bdt.org.br/workshop/costa>).
- LONARDONI, A. P., GOULART, E, OLIVEIRA, E. F., ABELHA, M. C., 2006. Hábitos alimentares e sobreposição trófica das raias *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na planície alagável do alto rio Paraná; Brasil. **Acta Sci. Biol. Sci.** **28** (3):195-202.
- LONARDONI, A. P., OLIVEIRA, E. F., ABELHA, M. C., GOULART, E. 2007. Hábitos alimentares e sobreposição trófica das raias *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na planície alagável do alto rio Paraná; Brasil. **XVII Encontro Brasileiro de Ictiologia (EBI 2007)**. UNIVALI – Itajaí - Santa Catarina.

- LOWE-McCONNELL, R. H. 1998. **Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais**. São Paulo, Edusp, 536 p.
- LOUREIRO, V.R. 1985. Os parceiros do mar. Natureza e conflito social na pesca da Amazônia. Belém. Museu Paraense Emílio Goeldi, 227p.
- MARQUES, F. P. I. 2000. **Evolution of neotropical freshwater stingrays and their parasites: taking into account space and time**. Tese de doutorado. Universidade de Toronto. 325p.
- MAUÉS, R. C. S. 2002. **Aspectos da Biologia Reprodutiva e Padrões de Coloração da Raia de Água Doce *Potamotrygon orbignyi* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na Baía de Marajó - Pará - Brasil**. Monografia de Conclusão de Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Belém, Universidade Federal do Pará. 41 p.
- MELO, S. M. V., LIMA, D. V. M., VIEIRA, L. J. S. 2007. Aspectos da alimentação da família Potamotrygonidae (chondrichthyes: Elasmobranchii) na bacia do rio Juruá, Acre, Brasil. **XVII Encontro Brasileiro de Ictiologia (EBI 2007)**. UNIVALI - Itajaí - Santa Catarina.
- MENEZES, K. P.; SOUZA, J. B.; MAGALHÃES, A. F. A.; VIEIRA, J. L.; ESTEVES, F. & PARDAL, P. O. P. 2000. Acidentes por animais aquáticos notificados e orientados pelo CIT-Belém no período de 30/3/1998 a 09/01/2000. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, **33**, n.1, p.162. Suplemento.
- MILLIMAM, J. D.; SUMMERHAYES, C. P. & BARRETO, H. T., 1975. Quaternary sedimentation on the Amazon continental margin: A model. **Geol. Soc. Amer. Bull.**, **86**: 610-614.
- MIRANDA NETO, 1976. **Marajó - Desafio da Amazônia aspectos da reação a modelos exógenos de desenvolvimento**. Distribuidora Record. Rio de Janeiro. 180p.
- MOULD, B., 1997. **Classification of the Recent Elasmobranchii: a classification of the living sharks and rays of the world**. Disponível em: <<http://ibis.nott.ac.uk/elasmobranch.html>>. Acesso em 02 junho 2008.
- MUSICK, J. A. & BONFIL, R. 2004. **Elasmobranch Fisheries Management Techniques**. Singapore, IUCN, APEC and VIMS. 369 p.
- NAMORA, R. C., MOTTA, F. S., GADIG, O. B. F. 2000. Alimentação de neonatos e jovens de tubarão martelo *Sphyrna lewini*, no litoral sul de São Paulo. **II Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL)**, Santos - São Paulo.

NELSON, J. S. 1994. **Fishes of the World**. 3^a ed. New York, John Wiley & Sons, Inc. p. 57 - 58.

PÂNTANO-NETO, J. 2001. **Estudo Preliminar da Anatomia Descritiva e Funcional Associada à Alimentação em Raias de Água-Doce (Potamotrygonidae, Myliobatiformes, Elasmobranchii)**. Dissertação de Mestrado. São Paulo, Universidade de São Paulo. 93 p.

PÂNTANO-NETO, J. & SOUZA, A. M. 2002. Anatomia da musculatura oro-braquial associada à alimentação de duas espécies de raias de água doce (Potamotrygonidae; Elasmobranchii). **Publicações Avulsas do Instituto Pau Brasil de História Natural**, 5: 53 - 65.

PAULY, D. 1984. **Fish Population Dynamics in Tropical Waters: a manual for use with programmable calculators**. Manila, ICLARM, Living Aquatic Resources Management. 325 p.

PARDAL P. O. P.; COIMBRA, A. S.; SIQUEIRA, M. J. F. & OLIVEIRA, R. H. 1993. Ictismo entre pescadores da Ilha de Mosqueiro, Pará. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 26, n.1, p.306b. Suplemento.

PARDAL, J. S. O.; MIRANDA, A. S. P.; LIMA, I. S.; MIRANDA, J. B. B. & PARDAL P. O. P. 1999. Aspectos epidemiológicos e clínicos dos acidentes por raias fluviais no Estado do Pará. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 32, n.1, p.126 Suplemento.

PEREIRA, N. 1956. **A Ilha de Marajó, Estudo Econômico-social**. Série Estudos Brasileiros (8). Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro. 153p.

PINKAS, L.; OLIPHANT, M. S. & IVERSON, I. L. K. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian waters. **California Fish and Game**, 152:1-105.

PINTO, J. A. 1987. **Biologia de *Potamotrygon motoro* (Pisces; Rajiformes) do complexo lagunar de Viana - Maranhão**. Monografia de Conclusão de Curso de Ciências Biológicas. São Luís, Universidade Federal do Maranhão. 45 p.

PITCHER, T.J. & HART, P.J.B. 1982. **Fisheries Ecology**. Chapman and Hall, London, UK. 414pp

POUGH, F. H.; JANIS, C. M. & HEISER, J. B. 1999. **Vertebrate Life**. 5a ed. New Jersey, Prentice Hall. 733 p.

PRATT, H. L. 1988. Elasmobranch gonad structure: a description and survey. **Copeia**, 3:719-729.

PRATT, H. L. & CASEY, J. G. 1990. Shark reproductive strategies as limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth-parameters. In: Elasmobranch as Living Resources: advances in biology, ecology and systematics, and the status of fisheries. Pratt, H. L., Gruber, S. H. & Taniuchi, T. (eds.). **NOAA Technical Report NMFS**: 97-109.

RINCON, G. 2006. **Aspectos Taxonômicos, Alimentação e Reprodução da Raia de Água Doce *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau) (Elasmobranchii:Potamotrygonidae) no Rio Paranã - Tocantins**. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Campus Rio Claro. 132 p.

RINCON, G. SCALIA, A. N., PETRERE, M. 2006. Estimativas dos níveis tróficos de seis espécies de raia de água doce. (Potamotrygonidae) das bacias dos rios Tocantins/Araguaia e Amazonas. **V Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL)**, UNIVALI, Itajaí - Santa Catarina.

ROSA, R. S. 1985. **A Systematic Revision of the South American Freshwater Stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae)**. Tese de Doutorado. Williamsburg, College of William and Mary. 523 p.

ROSA, R. S.; CASTELLO, H. P. & THORSON, T. B. 1987. *Plesiotrygon iwamae*, a new genus and species of Neotropical freshwater stingray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). **Copeia**, 2: 447-458.

RUFFINO, M. R. 2000. Manejo dos Recursos Pesqueiros no Médio Amazonas. In: Recursos Pesqueiro do Médio Amazonas, Biologia e Estatística Pesqueira. **Edições IBAMA- Brasília**. 350p.

SANTOS, G. M.; JEGU, M. & MERONA, B. 1984. **Catálogo de Peixes Comerciais do Baixo Rio Tocantins - Projeto Tucuruí**. ELETRONORTE / INPA. 1º Edição. Manaus. 83p.

SANYO TECHNO MARINE, 1998. **Draft final report for the fishery resources study of the Amazon and Tocantins River mouth areas in the Federative Republic of Brazil**: 1-334 Sanyo Techno Marine Inc., Tokyo.

SCHOMBURGK, R. H. 1843. Fishes of British Guiana. In: **Naturalist's Library**. Jardine, W. (ed.). vol. 40 (2). Edinburgh, W. H. Lizars, p. 175 - 185.

- SCHÖNENBERG, R. 1994. As formas institucionais e organizacionais de articular interesses na área da pesca no Baixo Amazonas em particular, e na Amazonica em geral. **Relatório Projeto IARA/IBAMA-GOPA/GTZ**, 59p
- SCHWASSMANN, H.O., BARTHEM, R.B., CARVALHO, M.L. 1989. A note on the seasonally shifting zone of high primary production in the bay of Marajó, Pará, Brazil, 1983-1984. **Acta Bot. Bras.**, 2(1):165-174. Suplemento.
- SHIBUYA, A., ZUANON, J. A. S., ARAÚJO, M. L. G. 2007. Composição da dieta de quatro raias da família Potamotrygonidae da bacia do rio Negro, Amazonas, Brasil. **XVII Encontro Brasileiro de Ictiologia (EBI 2007)**. UNIVALI – Itajaí - Santa Catarina.
- SILVA, A. J. A, CHARVET-ALMEIDA, P., VIANA, A. S. ALMEIDA, M. P., ROSA, R. S. 2006. Biologia alimentar de *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na região do médio rio Xingu, Pará. **V Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL)**, UNIVALI, Itajaí - Santa Catarina.
- SILVA, T. B & UIEDA, V. S. 2007. Preliminary data on the feeding habitats of the freshwater stingrays *Potamotrygon falkneri* and *Potamotrygon motoro* (Potamotrygonidae) from the Upper Paraná River basin, Brazil. **Biota Neotropica** V7(n1): 221-226.
- TEIXEIRA, J. F. 1953. O Arquipélago do Marajó. Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Volume III dos Anais do X Congresso Brasileiro de Geografia**. Rio de Janeiro. 96p.
- TESHIMA, K. & TAKESHITA, K. 1992. Reproduction of the freshwater stingray, *Potamotrygon magdalenae* taken from the Magdalena River System in Colombia, South America. **Bulletin of the Seikai National Fisheries Research Institute**, 70:11-27.
- THORSON, T. B.; BROOKS, D. R. & MAYES, M. A. 1983. The evolution of freshwater adaptation in stingrays. **National Geographic Society Research Reports**, 15: 663 - 694.
- VOOREN, C. M. (Org.) ; KLIPPEL, S. (Org.). 2005. **Ações para a conservação de tubarões e raias no sul do Brasil**. 1. ed. Porto Alegre: Igaré, v. 1. 261 p.
- WETHERBEE, B. M. & CORTÉS, E. 2004. Food consumption and feeding habits. *In*: **Biology of Sharks and Their Relatives**. Carrier, J. C.; Musick, J. A. & Heithaus, M. R. (eds.). Boca Raton, CRC Press. 225 - 246.

- WINDELL, J. T. 1968. Food analysis and rate of digestion. *In: Methods for Assessment of Fish Production in Freshwaters*. Ricker, W. E. (ed.). Oxford, Blackwell Scientific Publication, p. 197 - 225.
- WOURMS, J. P. 1977. Reproduction and development in chondrichthyan fishes. **American Zoologist**, **17**: 379 - 410.
- WOURMS, J. P. 1993. Maximization of evolutionary trends for placental viviparity in the spadenose shark, *Scoliodon laticaudus*. **Environmental Biology of Fishes**, **38**:269 - 294.
- WOURMS, J. P.; GROVE, B. D. & LOMBARDI, J. 1988. The maternal-embryonic relationship in viviparous fishes. *In: Fish Physiology*. Hoar, W. S. & Randall, D. J. (eds.). San Diego, Academic Press, p. 1-134.
- YOSSA, M. I. 2004. Nutritional value of *Potamotrygon motoro* diet (Chondrichthyes – Potamotrygonidae). **Biology and Conservation of Elasmobranchs: Short Abstracts**. VI International Congress on the Biology of Fish, American Fisheries Society (Physiology Section), Manaus, Hotel Tropical, p. 76.
- ZAVALA-CAMIN, L. A. 1996. **Introdução aos Estudos sobre Alimentação Natural em Peixes**. EDUEM - Maringá. 129p.
- ZAR, J. H. 1999. **Biostatistical Analysis**. 4^a ed. New Jersey, Prentice Hall, 718p.
- ZORZI, G., 1995. The biology of freshwater elasmobranchs: an historical perspective. *In: OETINGER, M. I. & ZORZI, G. D. (Eds): The Biology of Freshwater Elasmobranchs - A symposium to honor Thomas B. Thorson. Journal of Aquariculture & Aquatic Sciences* **7**: 10 - 31.
- ZUANON, J. A. S. 1999. **História Natural da Ictiofauna de Corredeiras do Rio Xingu, na Região de Altamira, Pará**. Tese de Doutorado. Campinas, Universidade Estadual de Campinas. 199 p.

ARTIGOS
SUBMETIDOS / PUBLICADOS

ARTIGO 1

Factors affecting the distribution and abundance
of freshwater stingrays

(Chondrichthyes: Potamotrygonidae)

in the Marajó Island, mouth of the Amazon River



October 29th, 2008

Dear Prof. Dr. Mauricio P. Almeida,

I am glad to inform you that your manuscript:

Title: 'Factors affecting the distribution and abundance of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) on Marajó Island, mouth of the Amazon River'

Process number: PJ-0849

is now *accepted* for publication in *Pan-American Journal for Aquatic Sciences*.

You will receive the proofs soon for checking before final publication on our website.

Best wishes,

Dr. María Cristina Oddone

The Editors
Pan-American Journal of Aquatic Sciences
ISSN 1809-9009
panamjas@gmail.com
<http://www.panamjas.org>



Factors affecting the distribution and abundance of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) at Marajó Island, mouth of the Amazon River

MAURICIO PINTO DE ALMEIDA¹, RONALDO BORGES BARTHEM², ANDERSON DA SILVA VIANA³ & PATRICIA CHARVET-ALMEIDA⁴

¹ Post-Graduate Program in Zoology, Federal University of Pará (UFPA) and Emilio Goeldi Museum, Pará (MPEG). Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme. CEP: 66077-830 - Belém - PA - Brazil. E-mail: maupalms@gmail.com

² Emilio Goeldi Museum, Pará (MPEG). Zoology Dept. / Ichthyology. P.O. Box: 399. CEP 66017-970. Belém-Pa. E-mail: barthem@superig.com.br

³ Federal University of Pará (UFPA/ICEN). Av. Augusto Correa, 1. CEP: 66075-110. Belém - PA - Brazil. E-mail: andviana@ufpa.br

⁴ Collaborating Researcher, Emilio Goeldi Museum, Pará (MPEG). Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme. CEP: 66077-830 - Belém - PA - Brazil. E-mail: pchalm@gmail.com

Abstract. Experimental fisheries were carried out at Marajó Island in regions with different environmental characteristics and using various fishing gears. A total of 344 specimens belonging to five described species (*Plesiopygon iwamae*, *Paratrygon aiareba*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi* and *Potamotrygon scobina*) and to two undescribed species were captured. The specific abundance and biomass were related with the environmental characteristics of the sampling points. Number of specimens captured, catch per unit effort (CPUE) and total weight values indicated that *Potamotrygon motoro* is the predominant species in this region, especially in the center of the island. Larger specimens of *Potamotrygon motoro* were registered in Arari Lake, while smaller ones were present on the island's bordering areas. As other elasmobranchs, it is suggested that potamotrygonids present habitat occupation and use preferences related to environmental conditions.

Key words: species composition, experimental fishery, potamotrygonids, Amazon estuary.

Resumo: Fatores que afetam a distribuição e abundância de raias de água doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na ilha de Marajó, foz do rio Amazonas. Pescarias experimentais foram efetuadas na ilha de Marajó em regiões com características ambientais distintas e utilizando vários apetrechos de pesca. Um total de 344 espécimes, pertencentes a cinco espécies descritas (*Plesiopygon iwamae*, *Paratrygon aiareba*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi* e *Potamotrygon scobina*) e a duas não descritas foram capturados. A abundância e a biomassa por espécie foram relacionadas com as características ambientais dos pontos amostrais. O número de exemplares capturados, as capturas por unidade de esforço e peso total indicaram *Potamotrygon motoro* como sendo a espécie predominante nesta região, especialmente no centro da ilha. Exemplares maiores de *Potamotrygon motoro* foram registrados no lago Arari, enquanto que os menores estavam presentes nas bordas da ilha. Assim como observado em outros elasmobrânquios, é sugerido que as raias de água doce apresentam preferências quanto à ocupação e uso de habitat associados às condições ambientais.

Palavras-chave: composição de espécies, pesca experimental, potamotrigonídeos, estuário Amazônico.

Introduction

Freshwater stingrays belong to the Potamotrygonidae family, a monophyletic group of elasmobranchs restricted to most river basins of the Neotropical region (Rosa, 1985). The taxonomy and

nomenclature of group remains unsolved but there are approximately 20 described species for the Neotropical region (Rosa 1985, Mould 1997, Carvalho *et al.* 2003, Rosa & Carvalho 2007).

Some Potamotrygonidae species previously considered stenohalines (Brooks *et al.* 1981, Thorson *et al.* 1983), have been observed in brackish waters of the Amazon River mouth region (Charvet-Almeida 2001, Almeida 2003).

Like other elasmobranchs, they have distinct environment occupation and habitat use patterns that include vertical and horizontal movements that may lead to spatial and sexual segregation processes (Carrier *et al.* 2004). Johnson (1980) recognized that habitat selection is a hierarchical process, with different factors acting at different scales. These factors include geographic range, home range, and use of habitats within the home range. Both physical and biotic factors may shape habitat use at all spatial scales (Simpfendorfer & Heupel 2004).

Fisheries in the Amazon River mouth are intensive and diversified, and the commercial fishing boats operating in the region (from canoes to trawlers) exploit these resources taken from different types of environments (Barthem 1985, Barthem & Goulding 2007). Freshwater stingrays were not considered a traditional widespread fishery resource in the Amazon (Ferreira *et al.* 1998, Charvet-Almeida 2001). However, the increasing fish demand by the urban and rural population have stimulated commercial fishermen to exploit freshwater stingrays as a food resource and consequently freshwater stingray landings began to appear in the fishing statistics (IBAMA 2002).

Elasmobranchs in general, including freshwaters stingrays, have low growth and fecundity, are long-lived, and mature late in life when compared with most bony fish (Camhi *et al.* 1998, Musick & Bonfil 2004). The sustainability of elasmobranch catches is uncertain and several species are considered threatened by fisheries (Holden 1974, Pratt & Casey 1990, Lessa *et al.* 1999, Musick & Bonfil 2004) and by habitat modification (Compagno & Cook 1995, Charvet-Almeida *et al.* 2002, Martin 2005, Charvet-Almeida 2006).

Adequate fishery management and conservation of freshwater stingray require knowledge on the biology and ecology of each species. Apart from natural history data, the understanding of habitat use and identification of critical habitats at different life stages (e.g. pupping, nursery and mating grounds) are essential too (Camhi *et al.* 1998, Simpfendorfer & Heupel 2004).

The regions in the Amazon River mouth may be grouped according to the predominance of four main water systems, which are: (i) the Amazon River, (ii) the Tocantins River discharge, (iii) the estuary, and (iv) the inner island swamps (Kempf *et*

al. 1967, Mabesoone 1970, Goulding *et al.* 2003, Barthem & Goulding 2007). The present study seeks to understand the relationship between the freshwater stingray species composition and abundance and characteristics of the different habitats in the Amazon River mouth.

Materials and Methods

The Amazon River mouth is formed by the confluence of the Amazon and Tocantins River with the Atlantic coast. The seasonal discharges of those rivers cause a displacement of the salt wedge along the 340 km extension of the river mouth. In this area water becomes brackish in the south during the dry season and freshwater is observed throughout its extension in the rainy season. It is not considered a true delta, however, there are several island aggregations that partially form an internal delta. The Marajó Island is the biggest one, with almost 50,000 km², followed by the Caviana, Mexiana, and Gurupá islands. Large extensions of the Marajó Island lowlands are seasonally flooded by the tide on its borders, or by rainfall in its inner portions, forming temporary and permanent swamps. The rainwater accumulates during the rainy season, in the first half of the year, especially in march, and floods vast areas of grasslands. There are several temporary and permanent lakes, where the biggest one is the Arari Lake. The accumulated water drains to the outside of the island by few meandering rivers. The bad drainage and tide action are factors, which retain the water that contributes to floods swamps and maintain the grass fields flooded along 5-7 months per year. The main discharge of the Amazon River flows towards the north of the Marajo Island, and all discharge of the Tocantins River flows towards the south into the Marajó Bay. The west side of the Marajo Island is crossed by several narrow channels, which connect the Amazon and Tocantins River waters. The estuarine waters influence the east side of the Marajo Island, especially during the dry season, when salinity level reaches over 10 psu (Teixeira 1953, Sioli 1966, Barthem & Schwassmann 1994, Roosevelt 1991, Costa *et al.* 2003, Goulding *et al.* 2003, Barthem & Goulding 2007).

The sampling points were established near four villages at the Marajó Island. These points were chosen considering the four different water systems defined *a priori*. Three points were in the border of the island and one was an inner point. The sampling points were: (1) Afuá (0° 09'S, 50° 23'W), situated in the northwest border of the Marajó Island, at the margin of the Amazon River; (2) Muaná (01° 31'S, 49° 13'W) located in the south border, on the margin

Traps were employed in the tidal zone partially fencing a stream or a beach line (strategies known locally as "pari" and "zangaria"). The "pari"

In this study the fishery unit was considered the fishing activity made by locality and trip. The locality was a place of the region with apparently similar environmental conditions. More than one fishing locality could be visited at the same day and trip. One or more fishing gears were used in each

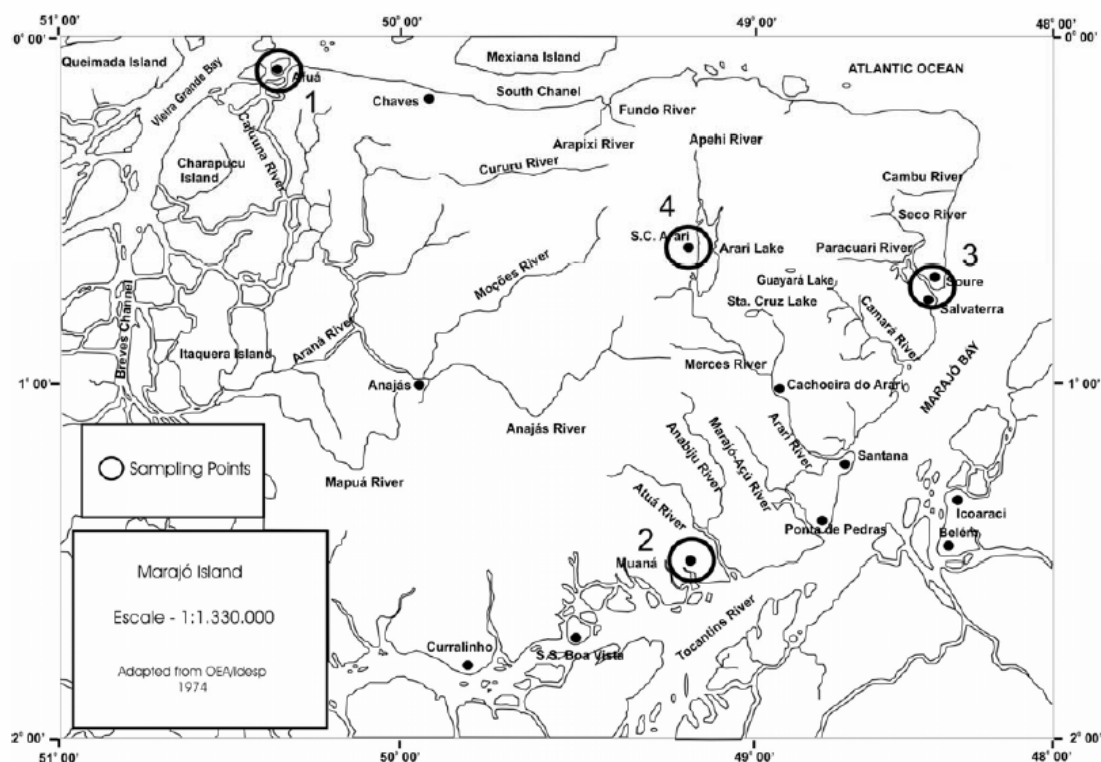


Figure 1 - Marajó Island map indicating the sampling points.

fishery, according the environmental conditions. The fishery effort unit was measured by the number of fishing days of each fishery, independent of the numbers or the kind of fishing gears used.

The geographical position of each fishing gear was taken by a GPS (Garmin MAP76). The water environmental characteristics were measured on each fishing day in terms of temperature, conductivity, salinity (YSI 30), pH (Oakton pH/Con 10 series), and dissolved oxygen (YSI 550A).

All specimens were subject to anesthesia and then had their fresh weight registered using field scales (Ohaus LS2000 and Pesola).

The Analysis of Covariance ANCOVA was used to test the relationship between the number of stingrays caught with the fishing effort and the seasonal and regional factors. The catch and effort variables were transformed into logarithm+1 ($\log+1$) in order to normalize the data. The catch per unit effort (CPUE) was estimated as the ratio between the number of rays caught and number of fishing days.

Freshwater stingrays were the target-species of all fisheries carried out during this study but many other by-catch species were captured (mainly small catfish). Other fish species and invertebrates were neither preserved, nor studied and did not have CPUE values calculated.

The freshwater stingray species associations were determined by a Pearson r correlation coefficient and by cluster analysis using the complete linkage and 1-Pearson r distance.

The CPUE of the most abundant stingray species was correlated with the average, minimum and maximum values of conductivity, salinity, oxygen, temperature and pH measurements taken during the fisheries.

The Analysis of Variance ANOVA was used to test the differences of the stingray size of most abundant species in relation to the sex and sampling point factors. It was used the disc width size logarithm ($\log DW$) as a size measured. The Fisher Least Significant Difference Test (LSD) was used as post-hoc comparison between the means.

Results

During the 17 trips a total of 44 fisheries were carried out. The duration of each trip ranged from 1 to 15 days. The average effort of each fishery was 2.7 fishing days, varying from 1 to 11. In 60% of the fisheries, only one fishing gear was used, whereas the maximum number of fishing gears used by fishery was four. Longline was the most frequent fishing gear used; it was employed in 88% of the 44 fisheries. The fishing localities number within each of the four sampling points was used as an indicator

of the environmental heterogeneity. In total 24 localities were sampled, of which 54% were located in Muaná and 25% in Afuá.

A total of 344 specimens corresponding to 1,567,364 grams of freshwater stingrays were caught during the fisheries carried out in 112 fishing days. They belonged to seven species. Two of these were considered new species and are currently being described: *Potamotrygon* n. sp. 1 and *Potamotrygon* n. sp. 2 (Table I).

Afuá and Muaná were the most diversified regions, with five stingray species each. Arari and Soure presented three species each.

Muaná shared more species with other regions, three with Afuá, three with Arari and two with Soure. Afuá and Arari shared two species and the other combinations shared only one species.

Potamotrygon motoro (50%) and one of the new species *Potamotrygon* n. sp. 2 (33%) were the most abundant in the overall catches. Considering the overall catches in each sampling point, these species were also the most abundant in Afuá (90%), Arari (99%) and Muaná (46%) but were not observed in Soure. On the other hand, *Potamotrygon orbignyi* (11%) and *Potamotrygon scobina* (3%) represented less than 15% of the overall specimens collected. Nevertheless, these two were the most abundant species in Soure (96%) and Muaná (51%). *Paratrygon aiareba*, *Plesiopygion iwamae* and the new specie *Potamotrygon* n. sp. 1 were rarely caught during the fisheries and only 8 specimens were captured.

In terms of weight, about 1.5 tons of stingrays were captured in all experimental fisheries. The sampling point with the highest biomass was Arari Lake and the one with the least was Soure. *Potamotrygon motoro* was the predominant species regarding number of specimens and total weight. *Potamotrygon* n. sp. 1 was the species with the lowest biomass.

The efficiency of the fishing gear was different in the four sampling points. Longlines caught 90% of the stingrays in Arari. However, traps caught 56% of the stingrays in the regions with tidal influence, such as Muaná (74%), Afuá (58%) and Soure (23%). The other fishing gears were responsible for 14% of the total catches.

The catch per unit effort (CPUE) per fishery in each sampling point ranged from 0 to 14.5 stingrays/fishing day, with an average of 2.3 stingrays/fishing day. The CPUE of Arari (average 4.9 stingrays/fishing day) in relation to the others regions was significantly higher (LSD Test, $p < 0.05$). The CPUEs of the other regions were statistically similar: Afuá (2.7 stingrays/fishing day), Soure (1.6

Table I. Number (n) and weight (w, in grams) of freshwater stingrays caught per sampling point.

Species	Number and weight	Sampling Points				Total
		Afuá	Arari	Muaná	Soure	
<i>Paratrygon aiereba</i>	n	1	-	1	-	2
	w	28,000	-	8,400	-	36,400
<i>Potamotrygon n. sp. 1</i>	n	3	-	-	-	3
	w	7,140	-	-	-	7,140
<i>Plesiotrygon iwamae</i>	n	2	-	-	1	3
	w	14,200	-	-	4,900	19,100
<i>Potamotrygon n. sp. 2</i>	n	41	67	7	-	115
	w	81,400	388,260	14,770	-	484,430
<i>Potamotrygon motoro</i>	n	10	150	13	-	173
	w	10,559	909,570	29,252	-	949,381
<i>Potamotrygon orbignyi</i>	n	-	1	16	21	38
	w	-	1,050	11,510	30,810	43,370
<i>Potamotrygon scobina</i>	n	-	-	6	4	10
	w	-	-	3,293	24,250	27,543
Total	n	57	218	43	26	344
	w	141,299	1,298,880	67,225	59,960	1,567,364

stingrays/fishing day) and Muaná (1.2 stingrays/fishing day).

The average CPUEs per species in each sampling point varied from 0 to 3.73. The highest value of a single species and point corresponded to *Potamotrygon n. sp. 2*. The overall highest value was attained by *Potamotrygon motoro* (1.54). The species that presented the lowest overall average CPUE value was *Paratrygon aiereba* (Table II).

The ANCOVA analysis ($p < 0.01$, $r = 0.85$) showed the overall stingray abundance was significantly related to the number of fishing days (as fishing effort) ($p < 0.05$) and to the effect of the sampling points ($p < 0.01$). The seasonal effect and number of gears were not significant ($p > 0.05$) and those variables were not considered in the following analyses (Table III).

Water environmental characteristics variation measured in the fisheries when stingrays were caught are shown in Table IV. Average, minimum

(min.) and maximum (max.) values were calculated. Soure was the sampling point where salinity and conductivity values were higher. The maximum and average conductivity values found in Arari are much higher than the ones observed in Afuá and Muaná. The minimum conductivity value registered in Arari is lower than the minimum values observed in other regions.

The register of occurrence of each species was related to the water environmental characteristics and indicated as a box-plot (Figure 2).

Potamotrygon orbignyi was captured in the highest conductivity/salinity levels, occurring in brackish water (maximum of 20.8 mS/cm conductivity and 12.4 psu salinity), but the average was of 4.7 psu or 8 mS/cm. *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon scobina* and *Potamotrygon n. sp. 2* were sampled in intermediate conductivity/salinity levels, with maximum values between 300-500 μ S/cm or 0.2-0.3 psu. The other species occurred in

Table II. Average CPUE (number of stingrays caught / fishing day) per species in each of the sampling points.

Species	Sampling Points				Total
	Afuá	Arari	Muaná	Soure	
<i>Paratrygon aiereba</i>	0.09	0	0.03	0	0.02
<i>Potamotrygon n. sp. 1</i>	0.27	0	0	0	0.03
<i>Plesiotrygon iwamae</i>	0.18	0	0	0.03	0.03
<i>Potamotrygon n. sp. 2</i>	3.73	1.63	0.24	0	1.03
<i>Potamotrygon motoro</i>	0.91	3.66	0.45	0	1.54
<i>Potamotrygon orbignyi</i>	0	0.02	0.55	0.68	0.34
<i>Potamotrygon scobina</i>	0	0	0.21	0.13	0.09
Total	5.18	5.32	1.48	0.84	3.07
Fishing days	11	41	29	31	112

Table III. Analysis of Covariance (ANCOVA) testing the relationship between the number of stingrays caught with the fishing effort (number of fishing days and fishing gears employed) and the seasonal and regional factors (catch and effort variables transformed into log+1, numbers in bold correspond to statistically significant values).

Results/Tested parameters	Sum of Squares (S)	Degree of freedom	Mean Square (MS)	F value	p
Intercept	0.26677	1	0.266767	0.451458	0.506621
LogDays	3.95301	1	3.953011	6.689795	0.014616
LogGear	0.06627	1	0.066269	0.112150	0.739965
Seasonal Phases	2.41286	1	2.412859	4.083351	0.052018
Sampling Point	14.02767	3	4.675889	7.913142	0.000463
Season*Sampling Point	2.92703	3	0.975676	1.651164	0.197816
Error	18.31795	31	0.590902	-	-

Table IV. Water environmental characteristics measured during the fisheries (Min. = minimum and Max. = maximum).

Environmental Characteristics		Sampling Points			
		Afuá	Arari	Muaná	Soure
Salinity (psu)	Average	0.0	0.1	0.0	8.5
	Min.	0.0	0.0	0.0	0.1
	Max.	0.0	0.3	0.0	12.4
Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Average	57.6	203.8	47.5	14,420.1
	Min.	43.6	29.3	36.9	198.3
	Max.	67.7	523.0	51.1	20,790.0
Oxygen (mg/l)	Average	6.5	5.6	5.7	5.6
	Min.	4.8	1.4	4.2	4.1
	Max.	7.1	7.6	7.0	7.4
pH	Average	8.1	6.4	7.3	7.9
	Min.	6.7	4.9	6.1	6.8
	Max.	8.6	8.6	7.8	8.5
Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Average	29.5	28.6	29.6	29.5
	Min.	27.0	25.2	28.0	28.8
	Max.	31.1	32.9	30.9	29.9

freshwater with less than 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 0 psu. *Potamotrygon motoro* and *Potamotrygon* n. sp. 2 were found in poorly oxygenated and acid waters, with less than 2 mg/l of oxygen and pH 5, while the others species were caught in water with at least 4 mg/l of oxygen and pH 6. The average water temperature where the stingrays were caught ranged between 28-30 $^{\circ}\text{C}$.

The correlation between each species' CPUE and fishery was positive and significant at $p < 0.05$ ($n = 26$) for *Potamotrygon motoro* and *Potamotrygon* n.sp. 2 ($r = 0.43$), *Paratrygon aiereba* and *Plesiotrygon iwamae* ($r = 0.52$), *Plesiotrygon iwamae* and *Potamotrygon* n. sp. 2 ($r = 0.64$), and *Potamotrygon scobina* and *Potamotrygon orbignyi* ($r = 0.65$). The cluster analysis shows the graphic representation of this freshwater stingray association (Figure 3).

The Pearson r correlation of the CPUE of each specie and the water environmental characteristics (average, minimum, and maximum of

conductivity, salinity, oxygen, pH, and temperature) of each fishery were significant at $p < 0.05$ only for the minimal values of conductivity of *Potamotrygon motoro* ($r = 0.53$).

The disc width size of *Potamotrygon motoro* was statistically significantly different in relation to sampling point ($P < 0.01$) but not to sex ($P > 0.10$). The Fisher LSD post-hoc test shows that the Arari disc width size is bigger than the Muaná and Afuá, indicating the smallest specimens are scattering around the island and the largest ones are in the Arari Lake. The disc width size of *Potamotrygon* n. sp. 2 was also statistically different in relation to sampling point ($P < 0.01$) and sex ($p < 0.01$). Females were bigger than males. The LSD post-hoc test indicates the stingrays of Arari Lake were bigger than the ones caught in Afuá and Muaná. On the other hand, there is no influence of the sex and sampling point (Muaná and Soure) on the disc width size of *Potamotrygon orbignyi*.

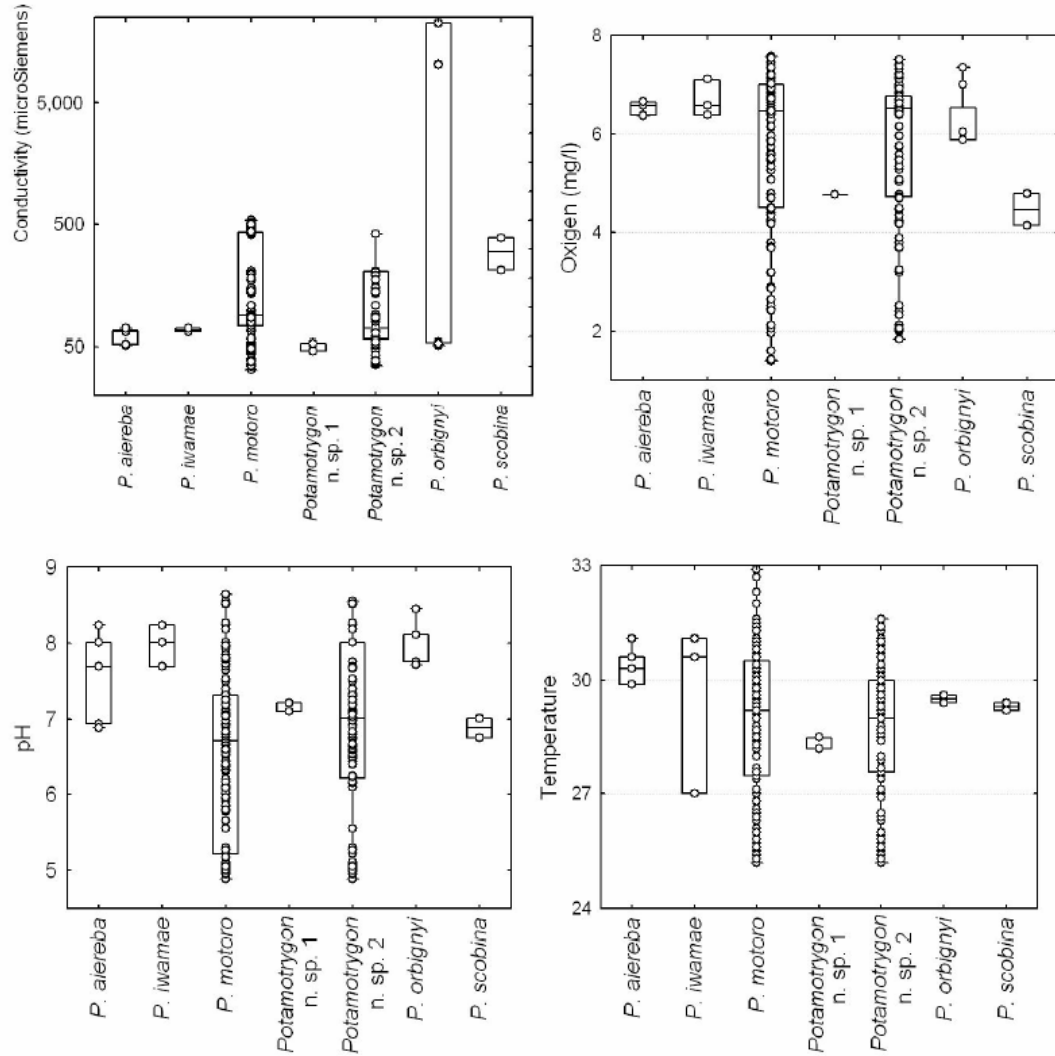


Figure 2. Box-plots indicating the water environmental characteristics in relation to the species occurrence for *Paratrygon alereba*, *Plesiopygion iwamae*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon n. sp. 1*, *Potamotrygon n. sp. 2*, *Potamotrygon orbignyi* and *Potamotrygon scobina*.

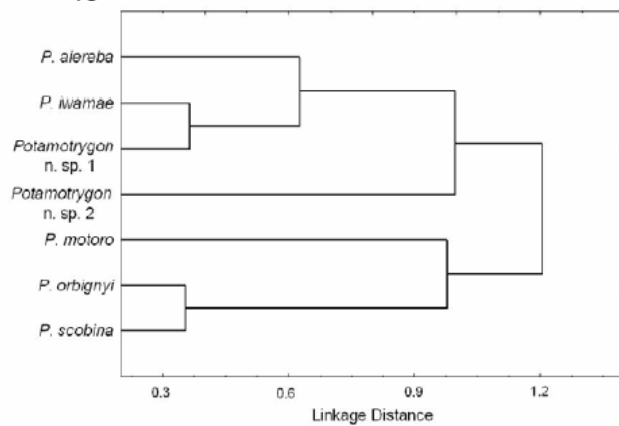


Figure 3. Freshwater stingray association based in the CPUE (number of stingrays caught / fishing day) of each fishery and cluster analysis of the CPUE for *Paratrygon alereba*, *Plesiopygion iwamae*, *Potamotrygon n. sp. 2*, *Potamotrygon n. sp. 1*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi* and *Potamotrygon scobina*.

Discussion

Freshwater stingrays, like other elasmobranchs, seem to have a distinct environmental pattern occupation determined by specie, size and sex factors (Carrier *et al.* 2004). This fact probably affected the fishery results (abundance and diversity) in this and other studies (Charvet-Almeida 2001, 2006, Rincon 2006).

Several factors might interfere in freshwater stingray species composition, such as prey-predator relations, competition, sexual and ontogenetic segregation. In general, temporal factors (diel effects and long-term effects), spatial factors (migratory movements), physical factors (tolerance levels of species) and biotic factors (prey distribution/reproductive aspects) acting isolated or combined in ways that affect elasmobranch distribution (Simpfendorfer & Heupel 2004).

In an area with dynamic environmental conditions, including tidal influence, dry and rainy well-defined seasons, floods and others, it is extremely difficult to isolate and test a single factor that is potentially related to potamotrygonid habitat occupation and distribution. The environments in such regions are heterogeneous, varying from wide and deep bays and channels to narrow and shallow lakes, streams or beaches (Teixeira 1953, Milliman 1973, Miranda-Neto 2005).

The areas influenced by the Amazon and Tocantins discharges (Afuá and Muaná) were the most diversified in number of species, with five species each. On the other hand, the swamp-like region of the Arari Lake was the sampling point where more specimens were capture. The Arari Lake seems to be a differentiated environment, presenting slightly acid waters, highest extreme temperatures and low levels of dissolved oxygen in the rainy season. The Amazon estuary is well-known for its high diversity and unique distribution of fish species (Barthem 1985).

One of the new species sampled (*Potamotrygon* n.sp. 2) was abundant in three of the four sampling points. This only reinforces the lack of knowledge, need of more systematic studies within this group and supports that there are many other species yet to be described (Zorzi 1995, Araújo 1998, Charvet-Almeida 2001, Rincon 2006). The sampling of two new species only highlighted the need of further fieldwork sampling with preservation of specimens to be studied.

One factor that may have contributed to the results observed was the fishing gear characteristics since they presented different sampling efficiency in different habitats. This factor, associated to species segregation processes probably generated

differentiated results.

The fishing gears efficiency was distinct among the sampling points. The longlines were the most important in the lake habitat, while the traps were more effective in the habitats with tidal influence. However, the environmental pattern occupation is yet unclear for freshwater stingrays.

The CPUE analysis did not detect an overall seasonal significant effect, suggesting that there is stability in the stingray abundance among the sampling points. The overall average number of specimens captured in one fishing day (CPUE), considering all sampling points and species, was 3.07. This value was higher than the one (2.76 stingrays/day) observed by Rincon (2006) when using active harpoon fishery at night in the Paran  River.

The highest average CPUE per species was recorded for *Potamotrygon motoro* (1.54). The abundance of this species in the Arari Lake seemed higher than in the other sampling points.

Afu  and Arari were the sampling points with the best capture rates. In Arari this could be explained by the fact that the Arari Lake is an almost closed water system, especially in the dry season. As consequence, this would probably increase the abundance of freshwater stingrays in that area and their probability of being captured in relation to the other points. In Afu  captures were also high due to the habitat conditions that apparently favored a most efficient use of the "pari" fencing fishery. This gear proved to be efficient to capture smaller size stingrays and *Potamotrygon* n.sp. 2 specimens.

The lowest CPUE results were registered in Soure. This point had CPUE values lower than one capture per day for all species. In this sampling point the CPUE values observed for *Potamotrygon orbignyi* (0.68) were much lower than the one of 2.57 specimens/day registered in Paran  River (Rincon 2006) regarding this same species. This reduced CPUE in Soure is probably associated to the fact that *Potamotrygon orbignyi* is not commonly caught using longlines since it feeds predominantly on insects (Charvet-Almeida 2006, Rincon 2006) and was unlikely to be attracted by the fish, shrimp or crab-baited hooks. Apart from this fact, it is important to highlight that the high salinity levels also did not favor the presence of potamotrygonids in this sampling point.

Nevertheless, CPUE values observed were low (0.84 - 5.32) but not very different from ones obtained in other studies (overall range of 1 - 2.3) (Rincon 2006). Freshwater stingray abundance is usually low in most river basins probably because they often occupy a predator role in the trophic

chain, as other elasmobranchs (Charvet-Almeida 2001, 2006). Bait competition and difficulties in operating the longlines in areas with strong tidal effects may have contributed to the low number of specimens caught per day.

Despite the considerable salinity variation in Soure (0.1 - 12.4 psu) possibly associated to dry and rainy periods, no statistically significant differences were noted between seasonal phases on the ANCOVA analysis. This result was possibly caused by the low number of specimens captured (CPUE = 0.84) in this sampling point or by the significance level of the statistical test used ($p < 0.01$).

The highest pH average values were observed in Afuá and are probably related to the water characteristics of the Amazon River discharge. The high pH values registered in Soure are also probably related to the estuarine water influence.

Potamotrygon orbignyi was the most salt resistant specie found in the Amazon mouth. This possible salt tolerance contributed as an important factor to determine its abundance in Soure region, near the influence of estuarine waters, especially during the dry season. *Potamotrygon motoro*, *P. scobina* and *Potamotrygon* n. sp. 2 were sampled at intermediate conductivity/salinity levels and could be considered intermediately salt resistant.

According to the box-plot analysis, the abundance of *Potamotrygon motoro* was clearly associated to low conductivity values.

In Soure interviews with fishermen involving photo-identification of species indicated that *Potamotrygon motoro* and *Potamotrygon scobina* were frequently captured by their artisanal fisheries. The results of this study showed that these two species were collected in small quantities or were not even sampled. Nevertheless, the fishermen also mentioned that these species move to the inner portion of the island and Marajó Bay as the salinity levels rise during the dry season. This displacement is also detected by a seasonal increase in the number of accidents involving stingrays along the beaches.

Probably these two species in fact leave the area under greater influence of estuarine waters in the beginning of the dry season looking for better environmental conditions. It is possible that these movements are associated to their reproductive cycle as observed in *Plesiotrygon iwamae* (Charvet-Almeida 2001).

The Arari Lake was expected to have one of the lowest dissolved oxygen and highest average water temperature values. Curiously an opposite situation was observed due to the strong winds that form waves (up to 0.5 m high) mainly in the dry season. These waves revolve the water increasing

the dissolved oxygen levels, lower water temperature and lead to higher conductivity values since the muddy bottom is stirred. Despite this, *Potamotrygon motoro* and *Potamotrygon* n. sp. 2 were found in critical conditions regarding pH, dissolved oxygen concentrations and extreme temperatures in the Arari Lake.

Potamotrygon scobina was found in association with *Potamotrygon orbignyi*, distributed mainly in the south and southeast regions at the Marajó Island. However, no environment factors seemed evident to clearly explain their abundance in these regions. *Potamotrygon scobina* apparently tolerated well low oxygen levels and preferred lower pH values.

The other species were so rare that it was not possible to relate their presence to environmental conditions. *Plesiotrygon iwamae* and *Paratrygon aiereba* were less abundant or captured in smaller proportions in other studies too (Charvet-Almeida 2001, Almeida 2003, Charvet-Almeida 2006, Charvet-Almeida & Almeida *in press*). They seem to prefer deeper channels or areas that are much more difficult to access and sample adequately with experimental fisheries.

The disc width distribution was not homogeneous for *P. motoro* and *Potamotrygon* n. sp. 2. The smaller specimens of these two stingray species apparently live scattered on the island's borders, unlike the larger specimens that were found closer to the center or inner portions at Marajó Island. The Arari Lake is likely to be the breeding grounds for these species, while the borders of the island apparently correspond to nursery areas. The inner areas present swampy conditions where predation and food availability does not seem to favor the permanence of smaller specimens. These factors possibly determine their movement away from the center of the island. At the island's borders the neonates and juveniles are likely to benefit from the daily tidal oscillations to move around and use shallow areas to seek protection and food.

It is unlikely that fishing gear selectivity biased these results since the same equipment was used at all four sampling points. Fishing gear selectivity was reported for other potamotrygonids in river systems and more restricted areas (Charvet-Almeida 2006, Charvet-Almeida & Almeida *in press*).

River beaches have been previously considered nursery grounds for freshwater stingrays (Araújo 1998, Charvet-Almeida 2001, 2006, Martin 2005, Rincon 2006) but size segregation following the island pattern observed in this study had never been recorded before for potamotrygonids.

Acknowledgments

The leading author is grateful to The National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for his doctorate study grant.

The authors are also thankful to the fishermen that helped with the captures and provided helpful information.

References

- Almeida, M. P. 2003. Pesca, Policromatismo e Aspectos Sistemáticos de *Potamotrygon scobina* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) da Região da Ilha de Colares - Baía de Marajó - Pará. **Master Thesis**. Universidade Federal do Pará & Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 145 p.
- Araújo, M. L. G. 1998. Biologia Reprodutiva e Pesca de *Potamotrygon* sp. C (Chondrichthyes - Potamotrygonidae), no Médio Rio Negro, Amazonas. **Master Thesis**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia & Universidade do Amazonas, Manaus, Brasil, 171 p.
- Barthem, R. B. 1985. Ocorrência, distribuição e biologia dos peixes da baía de Marajó, estuário amazônico. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Zoologia**, 15: 49-69.
- Barthem, R. B. & Golding, M. 2007. **An Unexpected Ecosystem: The Amazon revealed by the fisheries**. Lima Amazon Conservation Association (ACA) - Missouri Botanical Garden Press, 241 p.
- Barthem, R. B. & Schwassmann, H. O. 1994. Amazon river influence on the seasonal displacement of the salt wedge in the Tocantins river estuary. Brazil. 1983-1985. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Zoologia**, 10: 119-130.
- Brooks, D.R., Thorson, T.B. & Mayes, M.A. 1981. Freshwater stingrays (Potamotrygonidae) and their helminth parasites: testing hypotheses of evolution and coevolution. **Proceedings of the First Meeting of the Willi Hennig Society**, p. 147-175.
- Camhi, M., Fowler, S., Musick, J., Bräutigam, M. & Fordjam, S. 1998. Sharks and Their Relatives: ecology and conservation. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission (20). **Oxford Information Press**, p. 39.
- Carrier, J. C., Musick, J. A. & Heithaus, M. R. 2004. **Biology of sharks and their relatives**. CRC Press LLC, London, 596 p.
- Carvalho, M. R., Lovejoy, N. R. & Rosa, R. S. 2003. Family Potamotrygonidae (river stingrays). Pp 22-28. *In*: Reis, R. E., Kullander, S. O. & Ferraris Jr., C. J., (Eds). **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**. EDIPUCRS, Porto Alegre, 729 p.
- Charvet-Almeida, P. 2001. Ocorrência, Biologia e Uso das Raias de Água Doce na Baía de Marajó (Pará-Brasil), com ênfase na biologia de *Plesiotrygon iwamae* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). **Master Thesis**. Universidade Federal do Pará & Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Brasil, 213 p.
- Charvet-Almeida, P. 2006. História Natural e Conservação das Raias de Água Doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) no Médio Rio Xingu, Área de Influência do Projeto Hidrelétrico de Belo Monte (Pará, Brasil). **Doctorate Thesis**. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, 475 p.
- Charvet-Almeida, P., Araújo, M. L. G., Rosa, R. S. & Rincon, G. 2002. Neotropical freshwater stingrays: diversity and conservation status. **IUCN Shark News**, 14: 1-2.
- Charvet-Almeida, P. & Almeida, M. P. *in press*. **Contribuição ao Conhecimento, Distribuição e aos Desafios para a Conservação dos Elasmobrânquios (Raias e Tubarões) no Sistema Solimões-Amazonas**. Pp. 207-244. *In*: Albernaz, A. L. K. M. (Org.): Bases Científicas para a Conservação da várzea: Identificação e Caracterização de regiões biogeográficas. IBAMA/PROVÁRZEA. Brasília, 350p.
- Compagno, L. J. V. & Cook, S. F. 1995. The exploitation and conservation of freshwater elasmobranchs: status of taxa and prospects for the future. **Journal of Aquaculture & Aquatic Sciences**, 7: 62-90.
- Costa, M. H., Botta, A. & Cardille, J. A. 2003. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River. Southeastern Amazonia. **Journal of Hydrology**, 283: 206-217.
- Ferreira, E. J. G.; Zuanon, J. A. S. & Santos, G. M. dos. 1998. **Peixes Comerciais do Médio Amazonas: região de Santarém, Pará**. IBAMA, Brasília, p. 17 - 22.
- Goulding, M., Barthem, R. B. & Ferreira, E. J. G. 2003. **The Smithsonian Atlas of the Amazon**. Washington Smithsonian Institution, 253 p.
- Holden, M.J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. Pp. 117-137. *In*: Harder-Jones, F. R. (Ed). **Sea Fisheries Research**. New York: John Wiley & Sons,

- 510 p.
- IBAMA PróVárzea. 2002. **Estatística Pesqueira do Amazonas e Pará-2001**. Ruffino, M. L. (coordenador). Manaus (Brasil), IBAMA PróVárzea, 76 p.
- Jonhson, D. H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preferences. *Ecology*, 61: 65-71.
- Kempf, M., Coutinho, P. N. & Morais, J. O. 1967. Plataforma continental do Norte e Nordeste do Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, 9/11: 9-26.
- Lessa, R.; Santana, F. M.; Rincón, G.; Gadig, O. B. F. & El-Deir, A. C. A. 1999. **Biodiversidade de Elasmobrânquios no Brasil**. In: Relatório e Ações Prioritárias para Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira e Marinha. World Wide Web electronic publication, accessible at http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round6/guias/PERFURACAO/PERFURACAO_R6/refere/Elasmobranquios.pdf. (Accessed 19/08/2008)
- Mabesoone, J. M. & Coutinho, P. N. 1970. Littoral and shallow marine geology of Nothern and Northeastern Brazil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, 12: 1-214.
- Martin, R. A. 2005. Conservation of freshwater and euryhaline elasmobranchs: a review. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85: 1049-1073.
- Milliman, J. D., Barretto, H. T., Barreto, L. A., Costa, M. P. A. & Francisconi, O. 1973. Surficial sediments of the Brazilian continental margin. **Proceedings of the XXVI Congresso Brasileiro de Geologia**: 30-44.
- Miranda-Neto, M. J. 2005. **Marajó: desafio da Amazônia**. EDUFPA, Belém, 218 p.
- Mould, B. 1997. **Classification of the Recent Elasmobranchii: a classification of the living sharks and rays of the world**. World Wide Web electronic publication, accessible at <http://ibis.nott.ac.uk/elasmobranch.html>. (Accessed 19/08/2008).
- Musick, J. A. & Bonfil, R. 2004. **Elasmobranch Fisheries Management Techniques**. IUCN, APEC and VIMS. Singapore, 369 p.
- Pratt, H. L. & Casey, J. G. 1990. Shark reproductive strategies as limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth-parameters. Pp. 97-109. In: Pratt, H. L., Gruber, S. H. & Taniuchi, T., (Eds). **Elasmobranch as Living Resources: advances in biology, ecology and systematics, and the status of fisheries**. NOAA Technical Report. NMFS 90, U. S. Department of Commerce, 518 p.
- Rincon, G., 2006. Aspectos Taxonômicos, Alimentação e Reprodução da Raia de Água Doce *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau) (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) no Rio Paranã - Tocantins. **Doctorate Thesis**. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Rio Claro, 132 p.
- Roosevelt, A. C. 1991. **Moundbuilders of the Amazon: Geophysical Archaeology on Marajo Island, Brazil**. Academic Press. San Diego - California, 495 p.
- Rosa, R.S. 1985. A Systematic Revision of the South American Freshwater Stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). **PhD Thesis**. College of William and Mary, Williamsburg, 523 p.
- Rosa, R. S. & Carvalho, M. R. 2007. Família Potamotrygonidae. Pp 17-18. In: Buckup, P. A., Menezes, N. A., Ghazzi, M. S. (Eds.). **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**. Museu Nacional série livros 23, Rio de Janeiro, 149 p.
- Simpfendorfer, C. A. & Heupel, M. R. 2004. Assessing Habitat Use and Movement. Pp. 553-572. In: Carrier, J. C., Musick, J. A. & Heithaus, M. R. (Eds). **Biology of sharks and their relatives**. CRC Press, New York, 618 p.
- Sioli, H. 1966. General features of the delta of the Amazon. Humid Tropics Research. Scientific Problems of the Humid Tropical Zone Deltas and Their Implications. **Proceedings of the Dacca Symposium**, p.381-390.
- Teixeira, J. F. 1953. **O Arquipélago de Marajó**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 96 p.
- Thorson, T. B., Langhammer, J. K. & Oettinger, M. I. 1983. Reproduction and development of the South American freshwater stingrays, *Potamotrygon circularis* and *P. motoro*. **Environmental Biology of Fishes**, 9 (1): 3-24.
- Zorzi, G. 1995. The biology of freshwater elasmobranchs: an historical perspective. In: Oettinger, M. I. & Zorzi, G. (Eds). **Journal of Aquaculture & Aquatic Sciences**, p. 10-31.

Received August 2008

Accepted October 2008

Published online January 2009

ARTIGO 2

Description of the diet of *Potamotrygon motoro*
(Chondrichthyes: Potamotrygonidae),
on Marajó Island (Pará, Brazil)



São Carlos, 25 de julho de 2008.

AP-B-C080/08

Ref.: BJB-080/08

Título: **Description of the diet of *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), on Marajó Island (Pará, Brazil).**

Prezados Autores: **Maurício Pinto de Almeida, Paulo Marcelo de Oliveira Lins, Patrícia Charvet-Almeida, Ronaldo Borges Barthem.**

Comunicamos o recebimento do manuscrito acima citado e, de acordo com os critérios do *Brazilian Journal of Biology*, o trabalho será submetido ao processo de análise e avaliação.

Sem mais para o momento, despedimo-nos.

Atenciosamente



Prof.ª Dra. Takako Matsumura-Tundisi
Editora-Chefe
Brazilian Journal of Biology

Diet of the freshwater stingray *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) at Marajó Island (Pará, Brazil)

Mauricio Pinto de Almeida¹, Paulo Marcelo de Oliveira Lins², Patricia Charvet-Almeida³, Ronaldo Borges Barthem⁴

¹ Post-Graduate Program in Zoology, Federal University of Pará (UFPA) and Emílio Goeldi Museum, Pará (MPEG). Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme. CEP: 66077- 830 - Belém - PA - Brasil. Eletronic address: maupalms@gmail.com

² Admissions' Program Scientist, Emílio Goeldi Museum, Pará (MPEG). Comitê PIBIC Av. Perimetral N° 1901- Terra Firme. CEP: 66077- 830. Eletronic address: paulomarcelolins@gmail.com

³ Collaborating Researcher, Emílio Goeldi Museum, Pará (MPEG). Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme. CEP: 66077-830 - Belém - PA - Brasil. Eletronic address: pchalm@gmail.com.

⁴ Emílio Goeldi Museum, Pará (MPEG). Zoology Dept. / Ichthyology. P.O.Box: 399. CEP 66017- 970. Belém-Pa. Eletronic address: barthem@superig.com.br

Abbreviated heading title

Diet of *Potamotrygon motoro* at Marajó Island

Figures included

2 Figures and 4 Tables.

Key words

Diet, Potamotrygonidae, *Potamotrygon motoro*, Marajó Island

Dieta, Potamotrygonidae, *Potamotrygon motoro*, Ilha de Marajó

ABSTRACT

The stomach contents of 137 examples of *Potamotrygon motoro* caught in 3 locations (Muaná, Afuá and Lake Arari) at Marajó Island were analyzed. The values of the Index of Relative Importance (IRI) and its respective percentage (%IRI) were calculated. The level of repletion 1 (¼ full) was the most representative for both sexes, as well as for immature and mature specimens. Most of the food items found were well-digested. The

¹ Mauricio Pinto de Almeida. Rua São Pedro 791, casa 4, Cabral, 80035-020, Curitiba, Paraná, Brasil. **E-mail:** maupalms@gmail.com

food items identification indicated the presence of 15 orders, including insects, mollusks, crustaceans, annelids and fish. Differences in diet were observed among the locations studied when comparing %IRI, crustaceans being the most preferred in Afuá, fish in Lake Arari and mollusks in Muaná.

RESUMO

Dieta da raia de água doce *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na ilha de Marajó (Pará, Brazil)

O conteúdo estomacal de 137 exemplares de *Potamotrygon motoro* provenientes de 3 localidades (Muaná, Afuá e Lago Arari) na ilha de Marajó foi analisado. Os valores do Índice Relativo de Importância (IRI) e respectiva porcentagem (%IRI) foram calculados. O nível de repleção 1 (¼ cheio) foi o mais representativo para ambos os sexos, assim como para exemplares imaturos e maduros. A maioria dos itens alimentares analisados encontrava-se bastante digerido. A identificação dos itens alimentares indicou a presença de 15 ordens, incluindo insetos, moluscos, crustáceos, anelídeos e peixes. Diferenças na dieta entre os locais amostrados foram observadas ao se comparar as %IRI, sendo crustáceos o item preferencial em Afuá, peixes no Lago Arari e moluscos em Muaná.

INTRODUCTION

The Amazon Estuary involves the Amazon and Tocantins rivers discharge area, as well as an archipelago of river-ocean islands where the Marajó Island is located. Marajó Island occupies an area of approximately 50 thousand km² and is the largest river-ocean island in the world (Cruz, 1987). This region shelters both marine and freshwater ichthyofauna, including freshwater stingray species (Barthem, 1985; Sanyo Techno Marine, 1998). It presents heterogeneous environments, forming a mosaic of differentiated habitats among its vegetation types. These habitats, such as lakes, lagoons, beaches, streams and mangroves, are important for many fish species including elasmobranchs, since they have differentiated patterns of habitat use and preferences (Carrier *et al.*, 2004).

The Potamotrygonidae family is considered unique among elasmobranchs since its members are completely adapted and restricted to freshwater environments (Thorson *et al.*, 1983; Rosa, 1985). The feeding studies in continental stingrays have shown variations in composition and frequency of certain food items, as well as intra and inter-specific diet

differences according to habitat (Charvet-Almeida, 2001 and 2006; Rincon, 2006). These studies indicate that potamotrygonids could be generically classified as carnivorous, preying on fish, crabs, shrimps, insects and mollusks.

Potamotrygon motoro (Natterer in Müller and Henle, 1841) (Ocellate River Stingray) is a widely distributed specie, present from Orinoco River (Venezuela) down to La Plata River, but is absent from the Atrato-Magdalena (Maracaibo) basin and Paranaíba River (Rosa, 1985). This specie is popular in the ornamental fish trade (Araújo, 1998), is polychromatic (Rosa, 1985), is highly fecund in relation to other potamotrygonids (Charvet-Almeida *et al.*, 2005) and poorly known, with sparse life history and population data available at the present moment (Drioli and Chiaramonte, 2005).

Research on fish feeding habits (diet) and feeding strategies has grown in importance in ichthyologic studies. Such studies provide information for better understanding on how ecosystems function, and consequently manage them correctly (Zavala-Camin, 1996).

Elasmobranchs perform an important role in energy transfer among the higher trophic levels (Wetherbee and Cortés, 2004). Precise descriptions of diets in this group are hampered by the plasticity of their feeding habits that often result in ontogenetic and spatiotemporal shifts (Achenbach and Achenbach, 1976; Wetherbee and Cortés, 2004).

Some aspects of the feeding habits and diet of *Potamotrygon motoro* were previously studied by other authors using varying methodologies (Pântano-Neto, 2001; Pântano-Neto and Souza, 2002; Lonardoni *et al.* 2006; Melo *et al.*, 2007; Shibuya *et al.*, 2007; Lonardoni *et al.* 2007; Silva and Uieda, 2007). Results from these researchers demonstrated that this specie has feeding plasticity and diet variability. Nevertheless, few of them were carried out in the Amazon region and none in the Amazon River mouth region. Taking into account that *P. motoro* is caught as an ornamental and food resource in this region, the understanding of its biology is essential for adequate management and conservation purposes.

The main objective of this study was to characterize the diet of *Potamotrygon motoro* taken from three sampling points at Marajó Island, evaluating possible differences between localities, sexes and sexual maturity stages (immature or juvenile and mature or adult).

MATERIAL AND METHODS

Seventeen sampling periods of approximately seven days each were carried out and distributed along the dry, rainy and transitional seasons, between 2005 and 2007. The specimens were caught with bottom longlines and other fishing gears (seine nets, gillnets, spears, and handlines) mentioned in the literature as being efficient methods for catching freshwater stingrays (Barthem, 1985; Lasso *et al.*, 1996; Charvet-Almeida, 2001 and 2006; Rincon, 2006). Longlines were the main fishery gear used. They were usually set at dusk and recovered at dawn, remaining in the water for a period varying from two to twelve hours. Fishing during daytime was impossible due to the presence of bait competitors (Characidae, mainly *Serrasalmus* spp.). Nets were used only as complementary gears and in a non-standardized way.

The potamotrygonids were caught off three sampling points at Marajó Island, namely: Afuá (0°09'S and 50°23'W), Muaná (01°31'S and 49°13'W) and Lake Arari (0°39'S and 49°10'W) (Figure 1).

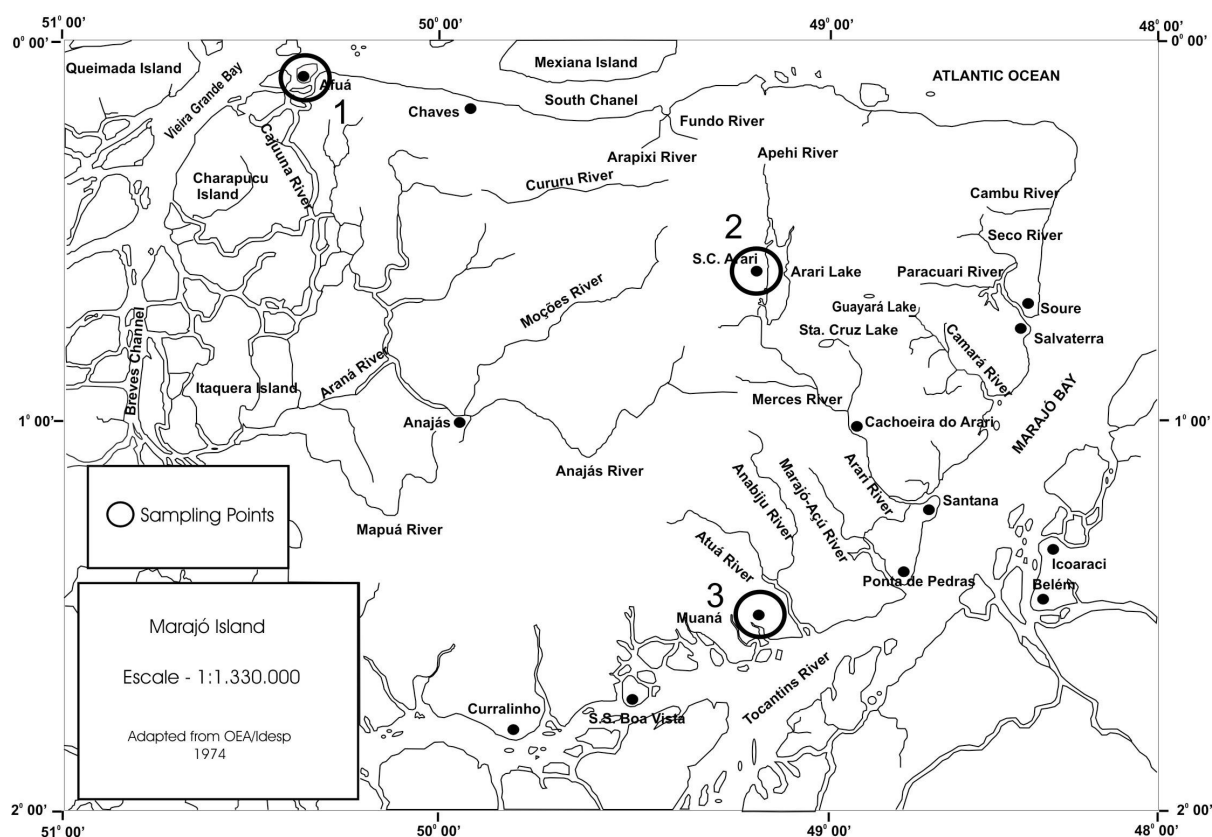


Figure 1 - Marajó Island map depicting the sampling points: (1) Afuá, (2) Arari Lake and (3) Muaná.

Afuá is located on the northwestern portion of the Marajó Island. There are many river channels (depths ranging mostly from 0.5 to 6 m) and islets in this area, which is highly influenced by the Amazon River discharge and by tidal variations. Muana is on the southeastern part of the island, north of the Marajó Bay. There are several river channels (similar depth ranges as in Afuá) and flooded areas, influenced mainly by the Tocantins River discharge. Tidal changes variations are intense. Arari is the largest lake at Marajó Island, located on the central eastern part of the island. Around this lake there are flooded grass fields and many streams that drain towards it. Water level in this environment seasonally varies with rainfall but limited tidal influence was noted in this area. Muddy substrates were predominant in all sampling points.

The freshwater stingrays were anesthetized, killed and eviscerated through a ventral semi-circular incision performed below the scapulocoracoid cartilage. Stomachs had their extremities tied to avoid content loss, were removed, labeled, fixed in formaldehyde buffered (sodium tetraborate) solution and conserved in 70% ethanol.

During laboratory analysis stomach contents were emptied onto a Petri dish and examined under a stereoscopic magnifier (Nikon SMZ-10A). The food items were weighed on a precision scale (0.001g - Sartorius LC621S) but excess liquid was removed with soft paper towels previously to weighing.

The stomach content analysis was carried out using the most specific taxonomic level. Afterwards, the previously identified food items were sent to specialists in each of the groups found to confirm their identification.

The values for each food item were calculated as follows:

- a) Percentage frequency of occurrence ($\% F.O. = 100 \times F_i / n$, where: F_i = number of times the food item occurred; and n = total number of stomachs with food items).
- b) Percentage by number ($\% N = 100 \times N_i / n$, where: N_i = number of items of each taxon; n = total number of items of all taxa).
- c) Percentage by weight ($\% W = 100 \times W_i / n$, where: W_i = total weight of one item (taxon); and n = sum of all the weights of all stomach contents).

The Index of Relative Importance (IRI) (Pinkas *et al.*, 1971) was calculated in a modified way (Hacunda, 1981), where the percentage by volume originally used was substituted for a percentage by weight. This modification was needed owing to the

difficulty in calculating the percentage by volume for very small food items. The IRI modified method was based on the following equation: $IRI = \% F. O. \times (\% P + \% N)$.

The IRI was also transformed into a percentage (% IRI) for a better interpretation of the data in accordance with the recommendations in literature (Cortés, 1997). A three-dimensional graphic representation of the stomach content data was prepared with *Statistica 7.0* (Statsoft, Inc.).

The stages of sexual maturation were obtained from another study in progress on the reproductive characteristics of this specie in the same region (personal observation of M. P. Almeida). In the present study, the sexual maturity stages were divided into immature (juvenile) and mature (adult).

The levels of repletion were observed and the following values were attributed: 0 = empty; 1 = ¼ full; 2 = up to half full; 3 = ¾ full and 4 = full. The degree of digestion of the items followed the scale suggested by Zavalla-Camin (1996), who used the following values: 1 = undigested food; 2 = external parts partially digested; 3 = external parts and muscular mass partially digested; 4 = only the axial skeleton and part of the muscular mass present; and 5 = only fragments are found.

Direct comparisons were made with the calculated %IRI values regarding the diet between sampling points, sexes, and immature and mature specimens. The degrees of repletion between immature and mature specimens and between sexes were compared by using the Chi-Square Test (χ^2 , degree of freedom DF = 1; level of significance $P < 0,05$) (Zar, 1999; Ayres *et al.*, 2003).

Empty stomachs or those containing only amorphous substance were not considered for analysis. The spiral valves were also not taken into account for analysis since they presented contents at a very advanced stage of digestion.

In this study, plant fragments were not considered a food item, since this material is probably incidentally ingested by suction and is unlikely part of the diet of freshwater stingrays (Bragança 2002; Charvet-Almeida, 2001 and 2006).

RESULTS

A total of 137 stomachs was analyzed (81 males / 56 females), from Afuá (n=8), Lake Arari (n=121) and Muaná (n=8). Of the total number of stomachs analyzed, 90% (n=123) contained food items, the rest contained only amorphous substance.

Detailed analysis of the diet verified that about 15 major prey orders were identified among this species' stomach contents. Decapoda was the most representative food item order considering FO, N, W and IRI percentages. The second most important order in terms of %IRI was Siluriformes (Osteichthyes). The remaining orders represented less than 5% (Table 1).

Table 1 - Results of the stomach content analysis for *P. motoro* (n=137) indicating the percentage frequency of occurrence (%FO), percentage by number (%N), percentage by weight (%W), Index of Relative Importance (IRI) and its respective percentage (%IRI) for each taxonomic order identified.

Class	Order	%FO	%N	%W	IRI	% IRI
Oligochaeta	Anelida	0.81	3.83	0	3.10	0.05
Malacostraca	Decapoda	50.81	39.88	43.28	4238.57	67.62
Osteichthyes	Characiformes	10.48	3.26	24.10	286.73	4.57
	Clupeiformes	0.81	0.19	0.09	0.23	0
	Gymnotiformes	0.81	0.57	0.10	0.54	0.01
	Perciformes	14.52	5.36	5.05	151.15	2.41
	Siluriformes	34.68	10.92	18.34	1014.74	16.19
	Unidentified fish	24.19	8.24	2.89	269.23	4.30
Insecta	Coleoptera	1.61	0.38	0.19	0.92	0.01
	Ephemeroptera	12.10	15.13	0.12	184.53	2.94
	Hymenoptera	0.81	0.19	0.00	0.15	0
	Odonata	7.26	1.72	0.07	13.00	0.21
	Orthoptera	2.42	0.57	0.07	1.55	0.02
	Unidentified insects	1.61	0.57	0	0.92	0.01
Gastropoda	Veneroida	0.81	0.19	0.01	0.16	0
	Caenogastropoda	7.26	8.43	5.56	101.57	1.62
	Unionoida	1.61	0.38	0.09	0.76	0.01
	Unidentified molluscs	0.81	0.19	0.04	0.19	0
Total		173.41	100	100	6268.03	100

The numbers in bold correspond to the highest values.

The families that could be identified in the samples were: Hyriidae, Corbiculidae and Ampullaridae (Gastropoda); Grapsidae, Trichodactylidae and Palaemonidae (Malacostraca); Formicidae, Gomphidae, Libellulidae, Gryllotalpidae, Polymitarcyidae and

Scarabeidae (Insecta); Sternopygidae, Acestrorhynchidae, Erythrinidae, Anostomidae, Cynodontidae, Characidae, Pimelodidae, Doradidae, Auchenipteridae, Callichthyidae, Loricaridae, Cichlidae and Engraulidae (Osteichthyes).

It was also possible to identify some items to a taxonomic level of genus or specie, such as: *Diplodon* sp., *Corbicula* sp. and *Pomaceae* sp. (gastropods); *Dilocarcinus pagei*, *Macrobrachium* sp. (arthropods) and *Eigenmannia* sp., *Acestrorhynchus* sp., *Hoplias* sp., *Leporinus* sp., *Pygocentrus natterei*, *Serrasalmus altispinnis*, *Pimelodus* sp. and *Trachydoras* sp. (Osteichthyes). Among these, the ones representing the greatest %IRI were: *Pomacea* sp. (gastropods); *Dilocarcinus pagei* (Malacostraca); Polymitarciidae (Insecta) and Callichthyidae (Osteichthyes). In Oligochaeta a more specific identification other than class was impossible to be achieved.

According to the three-dimensional graphic representation of the %IRI, the dominant food items in the diet of *P. motoro* at Marajó Island were fish and crustaceans (Figure 2).

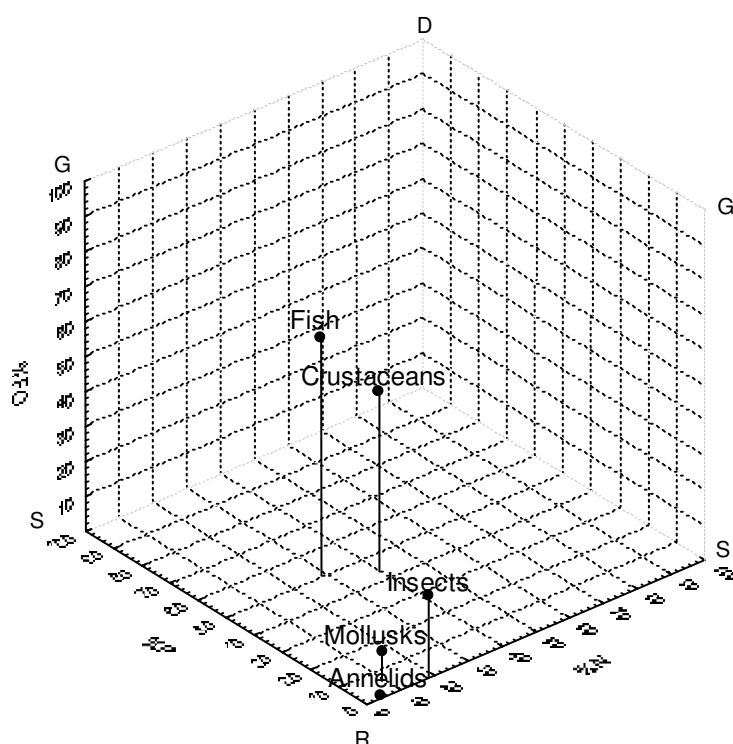


Figure 2 - Three-dimensional graphic representation of the Percentage of the Index of Relative Importance (%IRI) obtained for the food items of *P. motoro* at Marajó Island, where: D= dominant food category and R= rare food category (referring to the prey), and G = generalized diet and S= specialized diet (referring to the predator).

The IRI ranked five groups of food items considering the location and sex (Table 2). The dominant items were different for the different sampling points, crustaceans were predominant in Afuá (IRI=97%), fish in Arari Lake (64%) and mollusks in Muaná (58%). The main food item was the same for both sexes within each sampling point. Nevertheless, when considering the sampling points altogether, IRI values for fish and crustaceans were dominant in the diet of *Potamotrygon motoro*.

Table 2 - Percentage Index of Relative Importance (%IRI) calculated for the food item groups of *P. motoro* by location (1, 2 and 3 and overall total) and sex (M and F).

Food item / sex	Afuá (1)			Arari Lake (2)			Muaná (3)			Total - Marajó Island (1+2+3)		
	M (n=4)	F (n=2)	Total (n=6)	M (n=42)	F (n=68)	Total (n=110)	M (n=2)	F (n=6)	Total (n=8)	M (n=76)	F (n=48)	Total (n=124)
Crustaceans	95.04	92.48	97.15	24.29	33.00	30.84	36.35	42.18	39.22	43.39	31.79	41.92
Insects	0.00	6.42	0.63	1.61	7.20	4.93	-	3.15	1.86	4.85	0.71	4.42
Mollusks	0.81	1.10	0.91	-	0.01	0.00	63.65	52.49	57.65	1.47	0.16	1.19
Fish	4.15	-	1.31	74.10	59.79	64.23	-	-	-	50.24	67.34	52.44
Annelids	-	-	-	-	-	-	-	2.18	1.27	0.05	-	0.03
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

The numbers in bold correspond to the highest values.

In Afuá and Lake Arari there were no diet variations when comparing immature and mature specimens. However, in Muaná the dominant food item for immature specimens was crustaceans, whilst the sexually mature potamotrygonids preferred mollusks. At Marajó Island (locations altogether) the dominant food item for immature stingrays was crustaceans and fish for mature specimens (Table 3).

Table 3 - Percentage Index of Relative Importance (%IRI) calculated for the food item groups of *Potamotrygon motoro* by location (1, 2 and 3 and overall total) and stage of sexual maturity.

Food Item / Sexual Maturity Stage	Afuá (1)		Arari Lake (2)		Muaná (3)		Total - Marajó Island (1+2+3)	
	Immature (n=4)	Mature (n=2)	Immature (n=3)	Mature (n=107)	Immature (n=4)	Mature (n=4)	Immature (n=11)	Mature (n=113)
Crustaceans	95.1	95.6	22.1	31.1	79.5	17.6	78.5	33.9
Insects	0.0	3.3	1.7	5.0	8.1	0.3	2.3	4.8
Mollusks	0.8	1.1	x	0.0	8.2	82.1	3.4	0.7
Fish	4.1	0.0	76.2	63.9	x	x	14.3	60.6
Annelids	x	0.0	x	0.0	4.2	x	1.5	x
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

The numbers in bold correspond to the highest values.

Repletion level 1 was the main result obtained for females (69%), males (64%), immature (46%) and mature specimens (69%). The Chi-Square Test (χ^2 , degree of freedom DF = 1; level of significance $P < 0.05$) indicated significant differences in repletion levels 0, 1 and 2 when comparing immature and mature classes (Table 4).

Table 4 - Chi-Square Test (χ^2) comparing stomach repletion levels to sex and sexual maturity.

Repletion level	Sex (n)		χ^2	p	Sexual maturity (n)		χ^2	p
	Female	Male			Immature	Mature		
0	4	7	0,818	0,547	1	10	7,364	0,016
1	56	36	4,348	0,048	6	86	69,565	0,000
2	13	9	0,727	0,522	4	18	8,909	0,006
3	8	3	2,273	0,228	2	9	4,455	0,070
4	0	1	1,00	1,000	0	1	1,00	1,000
Total	81	56			13	124		

The numbers in bold correspond to statistically significant values.

Most of the food items were well-digested, pertaining to category 4 (31%) and 5 (37%). This characteristic posed a problem to precisely identify the food items. A digestion degree 5 was more frequent when females (34%) and males (46%) were considered separately. The most frequent results were degree 4 (40%) for the immature specimens and degree 5 for the sexually mature specimens (39%).

DISCUSSION

Feeding habits and diet studies have been through various revisions and proposals of new methodologies to analyze data in different animal groups in the recent past. Cortés (1997) presented the first critical revision on the study methods used in fish feeding based on a stomach content analysis with a specific approach for elasmobranchs. It recommended the use of the Index of Relative Importance (IRI) (Pinkas *et al.*, 1971), its percentage and also indicated the use of a three-dimensional graphic representation, as being the most appropriate (Cortés, 1997).

When considering the relative environment similarity and the wide distribution range of *P. motoro* in the Neotropical region (Rosa, 1985), little or no diet variation was expected. The greatest variety in food items found for *P. motoro* at Marajó Island occurred with the bony fish and insect categories, both of them with at least 5 different orders. Despite this large variety, insects always showed low %IRI values, and never represented more than 3% of the samples taken.

Until now *P. motoro* seems to be the freshwater stingray species that displays the most varied feeding habits. This affirmation is based on the results available from this and other studies. Pântano-Neto (2001) in the Cristalino River (Goiás) region identified a diet based on insects, mainly Chironomidae (Diptera); Melo *et al.* (2007) on the Juruá River Basin (Acre) indicated this specie to be insectivorous; Shibuya *et al.* (2007) showed that the preferential food item were crustaceans in the Negro River Basin (Amazonas); Lonardoni *et al.* (2006 and 2007) showed that *P. motoro* preferred mollusks in the flood season and insects in the dry season in the Paraná River (Paraná) and Silva and Uieda (2007) demonstrated that this specie fed on both insects and fish in the Paraná River (São Paulo and Mato Grosso). Results from these authors demonstrate that this specie has feeding plasticity and diet variability.

Certainly the feeding plasticity of *P. motoro* has contributed to its wide geographical distribution and favors its expansion into new areas/habitats. *P. motoro* is considered an invading species in the Paraná River (Agostinho *et al.*, 1997; Lonardoni *et al.*, 2006; Garrone-Neto *et al.* 2007) and probably it is capable of adapting to the food items available in its new distribution range.

Few other species of freshwater stingrays have had their feeding habits studied in such detail. In comparison to the diet variability of *P. motoro*, some other species usually exhibit a far more stable feeding preference. This stability was seen in *Paratrygon aiereba* that seems to be an exclusively fish eating specie (Lasso *et al.*, 1996; Charvet-Almeida, 2006; Shibuya *et al.*, 2007); *Potamotrygon orbignyi* is considered an insectivorous specie (Lasso *et al.*, 1996; Bragança, 2002; Silva *et al.*, 2006; Rincon, 2006; Melo *et al.*, 2007; Shibuya *et al.*, 2007) and *Potamotrygon leopoldi* is a specie that feeds predominantly on gastropods (Charvet-Almeida, 2006).

Differences in the diet between sexes were expected, as observed in *Potamotrygon leopoldi* in the Xingu River region (Charvet-Almeida, 2006). In this group of stingrays the reproductive strategy (matrotrophic viviparity with *trofodermata* - Charvet-Almeida *et al.*, 2005) depends on lipid reserves accumulated in the female liver (Baldridge, 1970; Craik, 1978) and therefore is directly related to the feeding process. However, the dominant item in the diet of *P. motoro* was the same for both sexes at Marajó Island.

Several elasmobranch species have diet changes associated to ontogeny and sexual maturity (Lowe *et al.*, 1996; Alonso *et al.*, 2001; Muto *et al.*, 2001). Some diet differences were noted between immature and mature specimens. These were observed in Muaná and in the overall results. According to the overall data, immature stingrays seemed to prey mainly on crustaceans, while mature specimens on fish. However, this predominance varied among sampling points and is possibly associated to prey availability in each area. In Paraná River (Tocantins River drainage) an ontogenetic diet shift was registered for *Potamotrygon orbignyi* (Rincon, 2006). Rincon (2006) pointed that a higher diversity of food items (mainly insects) was consumed by larger stingrays and that this shift was not associated to sexual maturity.

The presence of plant fragments in potamotrygonid species stomach content analysis (Charvet-Almeida, 2001 and 2006; Rincon, 2006; Lonardoni *et al.*, 2006) contribute to the idea that these stingrays present speculative habits, as indicated by Zuanon (1999). The presence of small quantities of these fragments in the stomachs also suggest

that these particles actually are not part of these stingray's diet, but are probably ingested accidentally by suction during the feeding process (Bragança, 2002).

Despite being highly regarded, the IRI (Pinkas *et al.*, 1971) holds the premise that the analysis should be performed with all items at the same identification level in order to avoid results distortions. Since food items found in elasmobranchs are usually highly digested, the results almost always require higher taxa groupings (*e.g.* insects, crustaceans, etc.).

In the present study, it was observed that the food items examined were well-digested, and therefore it was difficult to identify the samples at more specific taxonomic levels. Given the condition of items, at higher taxa grouping *P. motoro* ingested predominantly fish and crustaceans. However, when the food item analysis was performed at an order level, the crustacean group became the most representative, followed by fish. Producing, therefore, an inversion in importance of the main food items observed. Crustaceans were represented by a single order (Decapoda), while fish comprised of at least five orders. If fish were grouped under a single taxonomic category (*e.g.* teleosts), the %FO and %P and consequently IRI values would be higher than the ones calculated for crustaceans. Cortés (1997) considered IRI efficient to describe species diets, however, he also recognized that that IRI values depend a lot on the taxonomic resolution levels attained in the analysis.

The occurrence of high percentages of empty stomachs, or stomachs with low levels of repletion, was evident in the sample studied and is a common characteristic observed among marine stingrays (Wetherbee *et al.*, 1990), as well as in other freshwater stingray species (Charvet-Almeida, 2001; Bragança, 2002; Bragança *et al.*, 2004; Rincon, 2006; Charvet-Almeida, 2006). These results suggest that potamotrygonids possibly feed on small quantities, perhaps, several times a day. An hourly sampling standardization throughout a 24-hour period to check precisely the feeding time could not be done since daytime fisheries were impracticable due to bait competitors. This way, results obtained in the present study corresponded mainly to nighttime sampling. The same problems with daytime fisheries and similar methodologies were adopted by other freshwater stingray diet researchers in the Amazon region (Bragança, 2002; Bragança *et al.*, 2004; Charvet-Almeida, 2006; Rincon, 2006).

Results demonstrated that in the different environments studied *P. motoro* varied its feeding habits and always displayed differentiated diets with main food items %IRI values higher than 50%. This variability in feeding can be related to the abundance/availability of

specific food items in each sampling point or to a specific feeding behavior expressed in different locations.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the specialists consulted to help identify the food items in their respective specialization: Dr. Luiz Ricardo Simone, (MZUSP - mollusks); Dr. Dr. Jansen S. Zuanon (INPA - fish); Dr. Célio Magalhães (INPA - crustaceans) and Dr. Bento Mascarenhas (MPEG - insects). The leading author is thankful to the National Counsel of Technological and Scientific Development for the doctoral grant.

REFERENCES

- ACHENBACH, GM. and ACHENBACH, SVM., 1976. Notas acerca de algunas especies de raya fluvial (Batoidei, Potamotrygonidae) que frecuentan el sistema hidrográfico del Paraná medio en el Departamento La Capital (Santa Fe - Argentina). *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino*, vol. 8, p. 1-34.
- AGOSTINHO, AA., HAHN, NS., GOMES, LC., BINI, LM., 1997. Estrutura trófica. In VAZZOLER, AEAM., AGOSTINHO, AA., HAHN NS., (eds.). *A Planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômico*. EDUEM .Maringá, p. 229-248.
- ALONSO, MK., CRESPO, EA., GARCIA, NA., PEDRAZA, SN., MARIOTTI, PA., BERÓN-VERA, B., MORA, NJ., 2001. Food habits of *Dipturus chilensis* (Pisces: Rajidae) off Patagonia, Argentina. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 58, p. 288 - 297.
- ARAÚJO, MLG., 1998. *Biologia Reprodutiva e Pesca de Potamotrygon sp. C (Chondrichthyes - Potamotrygonidae), no Médio Rio Negro, Amazonas*. Master Thesis. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia and Universidade do Amazonas, Manaus.
- AYRES, M., AYRES Jr., M., AYRES, DL., SANTOS, AS., 2003. *BioEstat 3.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*, Sociedade Civil Mamirauá, Belém.
- BALDRIDGE Jr., HD., 1970. Sinking factors and average densities of Florida sharks as functions of liver buoyancy. *Copeia*, vol. 4, p. 744-754.

BARTHEM, RB., 1985. Ocorrência, distribuição e biologia dos peixes da baía de Marajó, estuário amazônico. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia*, vol. 2, no. 1, p. 49-69.

BRAGANÇA, AJM. 2002., *Observações Sobre a Alimentação das Raias de Água Doce Potamotrygon orbignyi, Potamotrygon scobina e Plesiotrygon iwamae (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na Ilha de Cotijuba -Baía de Marajó -Pará - Brasil*. Undergraduate Monograph. Universidade Federal do Pará, Belém.

BRAGANÇA, AJM., CHARVET-ALMEIDA, P., BARTHEM, RB., 2004. Preliminary observations on the feeding of the freshwater stingrays *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon scobina* and *Plesiotrygon iwamae* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Cotijuba Island region - Pará - Brazil. In: *Biology and Conservation of Elasmobranchs: Symposium Proceedings. VI International Congress on the Biology of Fish*, Manaus, AM, p. 49 - 59.

CARRIER, JC., PRATT, HL., CASTRO, JL., 2004. Reproductive biology of elasmobranchs. In CARRIER, JC., MUSICK, JA. and HEITHAUS, MR. (eds.). *Biology of Sharks and Their Relatives*. CRC Press, Boca Raton, p. 269 - 286.

CHARVET-ALMEIDA, P., 2001. *Ocorrência, Biologia e Uso das Raias de Água Doce na baía de Marajó (Pará-Brasil), com ênfase na biologia de Plesiotrygon iwamae (Chondrichthyes: Potamotrygonidae)*. Master Thesis. Universidade Federal do Pará and Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.

CHARVET-ALMEIDA, P., 2006. *História Natural e Conservação das Raias de Água Doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), no Médio Rio Xingu, Área de Influência do Projeto Hidrelétrico de Belo Monte (Pará, Brasil)*. PhD Thesis. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

CHARVET-ALMEIDA, P., SILVA, AJA., ROSA, RS., BARTHEM, RB., 2005. Observações preliminares sobre a alimentação de *Potamotrygon leopoldi* (Potamotrygonidae) no médio rio Xingu - Pará. In: *Proceedings of III Workshop de Chondrichthyes do Núcleo de Pesquisa e Estudo em Chondrichthyes (NUPEC)*, Santos, SP, CD-ROM.

CORTÉS, E., 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol.54, p. 726-738.

- CRAIK, JCA., 1978. The lipids of six species of sharks. *J. Mr. Biol. Ass. U. K.*, vol. 58, p. 913-921.
- CRUZ, MEM., 1987. *Marajó, essa imensidão de ilha*. CRUZ, São Paulo.
- DRIOLI, M. and CHIARAMONTE, G., 2005. Ocellate river stingray *Potamotrygon motoro* (Natterer, in Müller & Henle, 1841). In FOWLER, S., CAVANAGH, RD., CAMHI, M., BURGESS, GH., CAILLIET, GM., FORDHAM, SV., SIMPFENDORFER, CA., MUSICK, JA. (eds.). *Sharks, Rays and Chimaeras: the Status of the Chondrichthyan Fishes*. ICNS/SSC Shark Specialist Group. Cambridge, p. 345-346.
- GARRONE-NETO, D., HADDAD-JR. V., VILELA, MJA. and UIEDA, VS., 2007. Registro de ocorrência de duas espécies de potamotrigonídeos na região do Alto Rio Paraná e algumas considerações sobre sua biologia. *Biota Neotropica*, vol.7, no. 1, p. 205-208.
- HACUNDA, JS., 1981. Trofic relationships among demersal fishes in a coastal area of the Gulf of Maine. *Fish. Bull.*, vol.79, p. 775-788.
- LASSO, CA., RIAL AB., LASSO-ALCALÁ, O., 1996. Notes on the biology of the freshwater stingrays *Paratrygon aiereba* (Müller & Henle, 1841) and *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Venezuelan llanos. *Aqua Journal of Ichthyology and Aquatic Biology*, vol. 2, no. 3, p. 39-52.
- LONARDONI, AP., GOULART, E., OLIVEIRA, EF., ABELHA, M., 2006. Hábitos alimentares e sobreposição trófica das raia *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na planície alagável do alto rio Paraná; Brasil. *Acta Sci. Biol. Sci.* vol. 28, no. 3, p. 195-202.
- LONARDONI, AP., OLIVEIRA, EF., ABELHA, MC., GOULART, E., 2007. Hábitos alimentares e sobreposição trófica das raia *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na planície alagável do alto rio Paraná; Brasil. In: Proceedings of XVII Encontro Brasileiro de Ictiologia (EBI 2007), Itajaí, SC, p. 326.
- LOWE, CG., WETHERBEE, BM., CROW, GL., TESTER, AL., 1996. Ontogenetic dietary shifts and feeding behavior of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, in Hawaii waters. *Environmental Biology of Fishes*, vol. 47, p. 203 - 211.
- MELO, SMV., LIMA, DVM., VIEIRA, LJS., 2007. Aspectos da alimentação da família Potamotrygonidae (chondrichthyes: Elasmobranchii) na bacia do rio Juruá, Acre, Brasil. In: Proceedings of XVII Encontro Brasileiro de Ictiologia (EBI 2007), Itajaí, SC, p. 153.

- MUTO, EY., SOARES, LSH., GOITEIN, R., 2001. Food resource utilization of the skates *Rioraja agassizi* (Muller & Henle, 1841) and *Psammobatis extenta* (Garman, 1913) on the continental shelf off Ubatuba, South-Eastern Brazil. *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology*, vol. 61, no. 2, p. 217 - 238.
- PÂNTANO-NETO, J., 2001. *Estudo Preliminar da Anatomia Descritiva e Funcional Associada à Alimentação em Raias de Água-Doce (Potamotrygonidae, Myliobatiformes, Elasmobranchii)*. Master Thesis. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- PÂNTANO-NETO, J. and SOUZA, AM., 2002. Anatomia da musculatura oro-braquial associada à alimentação de duas espécies de raias de água doce (Potamotrygonidae; Elasmobranchii). *Publicações Avulsas do Instituto Pau Brasil de História Natural*, vol. 5, p. 53 - 65.
- PINKAS, L., OLIPHANT, MS., IVERSON, ILK., 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian waters. *California Fish and Game*, vol. 152, p. 1-105.
- RINCON, G., 2006. *Aspectos Taxonômicos, Alimentação e Reprodução da Raia de Água Doce Potamotrygon orbignyi (Castelnau) (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) no Rio Paranã - Tocantins*. PhD Thesis. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Rio Claro.
- ROSA, RS., 1985. *A Systematic Revision of the South American Freshwater Stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae)*. PhD Thesis. College of William and Mary, Williamsburg.
- SANYO TECHNO MARINE., 1998. *Draft final report for the fishery resources study of the Amazon and Tocantins River mouth areas in the Federative Republic of Brazil*. Sanyo Techno Marine Inc., Tokyo.
- SILVA, AJA., CHARVET-ALMEIDA, P., VIANA, AS., ALMEIDA, MP., ROSA, RS., 2006. Biologia alimentar de *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na região do médio rio Xingu, Pará. In: *Proceedings of V Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL)*, Itajaí, Sc, p. 19.
- SILVA, TB and UIEDA, VS., 2007. Preliminary data on the feeding habitats of the freshwater stingrays *Potamotrygon falkneri* and *Potamotrygon motoro* (Potamotrygonidae) from the Upper Paraná River basin, Brazil. *Biota Neotropica*, vol. 7, no. 1, p. 221-226.

- SHIBUYA, A., ZUANON, JAS., ARAÚJO, MLG., 2007. Composição da dieta de quatro raias da família Potamotrygonidae da bacia do rio Negro, Amazonas, Brasil. In: Proceedings of XVII Encontro Brasileiro de Ictiologia (EBI 2007), Itajaí, SC, p. 201.
- THORSON, TB., BROOKS, DR., MAYES, MA., 1983. The evolution of freshwater adaptation in stingrays. *National Geographic Society Research Reports*, vol. 15, p. 663-664.
- WETHERBEE, BM., GRUBER, SH., CORTÉS, E., 1990. Diet, feeding habits, digestion and consumption in sharks, with special reference to the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. In PRATT, HL., GRUBER, SH. and TANIUCHI, T. (eds.). *Elasmobranch as Living Resources: advances in biology, ecology and systematics, and the status of fisheries*. NOAA Technical Report, p. 29 - 47.
- WETHERBEE, BM. and CORTÉS, E., 2004. Food consumption and feeding habits. In CARRIER, JC., MUSICK, JA. and HEITHAUS, MR. (eds.). *Biology of Sharks and Their Relatives*. CRC Press, Boca Raton, p. 225 - 246.
- ZAVALA-CAMIN, LA., 1996. *Introdução aos Estudos sobre Alimentação Natural em Peixes*. EDUEM, Maringá.
- ZAR, JH., 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey.
- ZUANON, JAS., 1999. *Historia Natural da Ictiofauna de Corredeiras do Rio Xingu, na Região de Altamira, Pará*. PhD Thesis. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ARTIGO 3

Diversidade de raias de água doce
(Chondrichthyes: Potamotrygonidae)
do estuário amazônico

DIVERSIDADE DE RAIAS DE ÁGUA DOCE (CHONDRICHTHYES: Potamotrygonidae) NO ESTUÁRIO AMAZÔNICO

Freshwater stingray diversity (Chondrichthyes Potamotrygonidae) in the Amazon estuary

Maurício Pinto de Almeida¹, Ronaldo Borges Barthem², Anderson da Silva Viana³, Patrícia Charvet-Almeida⁴

RESUMO

Um levantamento sobre registros de ocorrência de raias de água doce (Potamotrygonidae) no estuário amazônico foi realizado utilizando-se dados bibliográficos, informações de coleções científicas disponíveis on-line e amostragens de campo. Os resultados indicaram a presença de oito espécies nominais: *Plesiotrygon iwamae*, *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon humerosa*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon cf. ocellata*, *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon scobina* e *Potamotrygon aff. hystrix*. Apenas cinco destas espécies são atualmente consideradas cientificamente válidas. Adicionalmente a estas, foram identificadas ao menos mais duas espécies e um gênero novo que no momento estão em processo de descrição. O número de espécies ocorrentes no estuário amazônico ainda é incerto, podendo variar de cinco a dez dependendo dos avanços e revisões sistemáticos que venham a ser realizados neste grupo de elasmobrânquios.

Palavras-chaves: raias de água doce, Potamotrygonidae, distribuição geográfica, estuário amazônico.

ABSTRACT

A survey of the occurrence reports on the freshwater stingrays (Potamotrygonidae) in the Amazon estuary was carried out as from the literature, on-line scientific collection databanks and field sampling. The results indicated the presence of eight nominal species: *Plesiotrygon iwamae*, *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon humerosa*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon cf. ocellata*, *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon scobina* and *Potamotrygon aff. hystrix*. Only five of these are presently considered scientifically valid. Additionally, at least two other species and a genus are currently being described. The total number of species in the Amazon estuary is uncertain and may vary between five and ten depending on the systematic advances and revisions that will take place in this elasmobranch group.

Key words: freshwater stingrays, Potamotrygonidae, geographic distribution, Amazon estuary.

¹ Programa de Pós-Graduação em Zoologia. Convênio Universidade Federal do Pará (UFPA) / Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Av. Perimetral, 1901. Terra Firme. CEP: 66077- 830. Belém - PA - Brasil. E-mail: maupalms@gmail.com;

² PR-MCT / Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Depto de Zoologia / Ictiologia. Caixa Postal: 399. CEP: 66017- 970. Belém-PA-Brasil. E-mail: barthem@superig.com.br;

³ Universidade Federal do Pará (UFPA/ICEN). Av. Augusto Correa, 01, CEP: 66075- 110. Belém - PA - Brasil. E-mail: andviana@ufpa.br;

⁴ Pesquisadora Colaboradora, Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Rua São Pedro 791 casa 4. Cabral. CEP: 80035-020. Curitiba - PR - Brasil. E-mail: pchalm@gmail.com.

INTRODUÇÃO

A América do Sul apresenta um grande número de espécies de peixes tropicais de água doce (Lowe-McConnell, 1998), dentre os quais encontramos também uma grande variedade de raias tanto marinhas, quanto continentais. As raias de água doce pertencem à família Potamotrygonidae, considerada monofilética (Marques, 2000; Carvalho *et al.*, 2004) e possuem a capacidade de se reproduzir e osmorregular de maneira eficiente no ambiente de água doce (Thorson *et al.*, 1983).

As populações desses elasmobrânquios seguem padrões ecológicos inerentes a animais k-estrategistas, possuindo grande longevidade, pequena taxa de crescimento, maturação sexual tardia, baixa fecundidade e longos períodos de gestação, apresentando desta forma uma capacidade reduzida de recuperação a impactos negativos (Holden, 1974; Pratt & Casey, 1990). Além disso, são vulneráveis a impactos de natureza antrópica devido à sua distribuição restrita e degradação crescente de seus habitats (Compagno & Cook, 1995; Charvet-Almeida, 2001; Charvet-Almeida *et al.*, 2002).

As raias de água doce eventualmente são utilizadas como recurso alimentar e apresentam importância médica e econômica por sua utilização como recurso ornamental (Pardal *et al.*, 1993 e 1999; Araújo, 1998; Menezes *et al.*, 2000; Haddad Jr., 2000; Hidaka *et al.*, 2001; Charvet-Almeida, 2001 e 2006; Rincon, 2006).

O conhecimento da taxonomia e da nomenclatura deste grupo, apesar dos avanços científicos recentes, ainda é bastante polêmico e confuso, sendo comuns denominações diferentes para uma mesma espécie (Zorzi, 1995). Historicamente, o número de trabalhos envolvendo questões sistemáticas ou ecológicas de raias na região do estuário amazônico é restrito, apesar da crescente importância social e econômica deste grupo de Elasmobrânquios para região. Dentre os poucos trabalhos sobre registros de ocorrência de espécies nesta região geográfica, pode-se citar o de Barthem & Charvet-Almeida (2000), que indica a captura de exemplares de *Plesiopygion iwamae* na região estuarina da foz dos rios Amazonas e Tocantins.

Rosa (1985), em uma revisão da família Potamotrygonidae que foi parcialmente publicada, apontou a existência de três gêneros válidos na região Neotropical (*Paratrygon*, *Plesiopygion* e *Potamotrygon*), sendo *Paratrygon* e *Plesiopygion* monoespecíficos, e *Potamotrygon* contendo 20 espécies, das quais 18 seriam consideradas válidas e as outras duas de validade ainda a ser verificada.

Mould (1997) disponibilizou por meio eletrônico um levantamento e classificação de elasmobrânquios recentes, e incluiu uma lista de 20 espécies válidas, distribuídas em três gêneros. Segundo os dados deste trabalho, no Brasil, são conhecidas até o momento 15 espécies pertencentes aos três gêneros, o que indica que no país encontra-se um importante reservatório da diversidade deste grupo.

Carvalho *et al.* (2003) indicaram a ocorrência de três gêneros e 18 espécies válidas para a família Potamotrygonidae. Destas, 15 espécies possuem distribuição no território brasileiro. Rosa & Carvalho (2007) em uma lista das espécies de peixes de água doce do Brasil, comentam sobre a existência de 16 espécies válidas para a família Potamotrygonidae, distribuídas em três gêneros.

Pode-se afirmar, entretanto, que o número de espécies, ou mesmo de gêneros, ainda é um tanto incerto já que novas espécies (Rosa *et al.*, 1987; Charvet-Almeida, 2001; Carvalho *et al.*, 2003) e até mesmo um gênero não descrito (Ishihara & Taniuchi, 1995; Charvet-Almeida, 2001; Charvet-Almeida & Rosa, 2001) têm sido encontrados tanto na bacia Amazônica, quanto na bacia do Paraná e no sistema do rio da Prata (Araújo, 1998; Charvet-Almeida, 2001; Charvet-Almeida *et al.*, 2002; Almeida, 2003; Rincon, 2006). Uma prova deste possível incremento no número de espécies pode ser verificado, quando consideramos as duas novas espécies descritas recentemente: *Potamotrygon marinae* (Deynat, 2006) e *Potamotrygon boesemani* (Rosa *et al.*, 2008).

O estuário amazônico geograficamente envolve a desembocadura dos rios Amazonas e Tocantins, e um arquipélago de ilhas flúvio-marinhas onde se destaca a ilha de Marajó com seus diversos ambientes e habitats. Esta é uma região de alta produtividade primária (Barthem, 1985) e baixa variabilidade sazonal da temperatura, mas as alterações na salinidade pela influência de correntes marinhas/marés (evidenciada pela ocorrência de manguezais na região) parecem ser determinantes para explicar boa parte da dinâmica espaço-temporal das comunidades bióticas e da presença/ausência de espécies (Pauly, 1984). Esta região é uma ambiente de ocorrência tanto de raias marinhas como raias continentais (Sanyo Techno Marine, 1998).

Maués (2002) indica a ocorrência de *Potamotrygon orbignyi* em seu trabalho sobre aspectos da biologia reprodutiva e padrões de coloração com animais coletados nas ilhas de Colares e Cotijuba na Baía de Marajó. Bragança (2002) indica a ocorrência de *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon scobina* e *Plesiopygion iwamae* em seu trabalho sobre alimentação com animais coletados na ilha de Cotijuba. Charvet-

Almeida *et al.* (2005) comenta a existência de *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon scobina* e *Plesiotrygon iwamae* no estuário amazônico, quando analisou os aspectos reprodutivos de raias de água doce na bacia amazônica brasileira.

Cabe salientar, entretanto, que apesar dos diversos trabalhos envolvendo raias de água doce no estuário amazônico, até o momento não existe uma lista atualizada dessas espécies na região, sendo este o objetivo primordial deste trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

Coletas de campo foram efetuadas através de pescarias experimentais entre os anos de 2000 e 2008 em diversas localidades do estuário amazônico.

Aliada a esta metodologia, uma pesquisa bibliográfica foi realizada tentando identificar trabalhos que mencionassem este grupo de peixes na abrangência geográfica proposta. Paralelamente, também foi efetuado um levantamento de espécies/espécimens em 27 museus nacionais e internacionais (Tabela I), através de suas bases de dados on-line e de animais tombados em coleções que foram listados por Rosa (1985).

Neste trabalho foram considerados apenas os exemplares que possuíam registros confiáveis de coleta na área do estuário amazônico, já que muitos exemplares armazenados/tombados apresentaram indefinições de localizações de coleta. Para as coleções, foram utilizados apenas animais formalmente tombados e descartados eventuais registros sem respectivo número tombo ou animais apenas armazenados aguardando tombamento.

Tabela I - Coleções nacionais e internacionais consultadas (bases on-line) para verificação da ocorrência de raias de água doce no estuário amazônico.

Sigla da coleção	Denominação da coleção	Endereço eletrônico da base on-line
AMNH	American Museum of Natural History - New York	Citado por Rosa (1985)
ANSP	Academy of Natural Sciences of Philadelphia - Philadelphia	http://data.acnatsci.org/biodiversity_databases/fish.php
BMNH	British Museum (Natural History) - London	http://www.nhm.ac.uk/jdsml/research-curation/projects/fish/indexddown.dsm
DZSJRP	Coleção de Peixes DZSJRP Universidade Estadual Paulista - UNESP	http://splink.cria.org.br/centralized_search
FMNH	Field Museum of Natural History - Chicago	http://emuweb.fieldmuseum.org/fish/entire_database.php
FPR	Fundación Puerto Rastrojo - Colombia	http://splink.cria.org.br/centralized_search
FSM	Florida State Museum - Gainesville	http://emuweb.fieldmuseum.org/fish/entire_database.php
Ib USP	Coleção do Laboratório de Helminologia Evolutiva, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo	http://www.ib.usp.br/hpc/hpc_index.htm
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia - Manaus	http://splink.cria.org.br/centralized_search?criaLANG=pt
IRSNB	Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique - Bruxelas	http://www.naturalsciences.be/darwin/darwin/Search/form
LACM	Natural History Museum of Los Angeles County - Los Angeles	http://www.fishnet2.net/portal-presentation/fishnet2portal?action=home
LIRP	Coleção de Peixes do Laboratório de Ictiologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo	http://splink.cria.org.br/centralized_search
MCZ	Museum of Comparative Zoology, Harvard University - Cambridge	http://collections.oeb.harvard.edu/Fish/FishSearch.htm
MCP	Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS	http://www.mruj.ufjf.br/pronex/
MHNCI	Coleção de Peixes do Museu de História Natural Capão da Imbuia	http://splink.cria.org.br/centralized_search
MNHN	Museum National d'Histoire Naturelle - Paris	http://coldb.mnhn.fr/colweb/form.do?model=GICIM.wwichtyo.wwichtyo.wwichtyo
MPEG	Coleção Ictiológica do Museu Paraense Emílio Goeldi - Belém	Visita à coleção
MFA	Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino - Santa Fé	http://www.unl.edu.ar/santafe/museocn/catalog10.htm

MZUSP	Museu de Zoologia - Universidade de São Paulo - São Paulo	http://splink.cria.org.br/centralized_search?criaLANG=pt
NUP	Coleção Ictiológica do Nupélia Universidade Estadual de Maringá	http://splink.cria.org.br/centralized_search
SOSC	Smithsonian Institution Oceanographic Sorting Center - Washington D.C.	http://nhb-acsmith2.si.edu/emuwebvzfishesweb/pages/rumh/vz/DtlQueryFishes.php
UFPB	Universidade Federal da Paraíba - João Pessoa	Informações de ib USP
UMMZ	University of Michigan Museum of Zoology - Ann Arbor	http://141.211.243.52/umzmz/form.php?function=show_search_form&table_name=umzmz
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro	http://www.mmrj.ufrj.br/pronex/
USNM	U.S. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution - Washington D. C.	http://nhb-acsmith2.si.edu/emuwebvzfishesweb/pages/rumh/vz/DtlQueryFishes.php
ZMH	Zoologisches Institut und Zoologisches Museum - Hamburgo	Citado por Rosa (1985)
ZUEC - PIS	Coleção de Peixes do Museu de Zoologia, Universidade Estadual de Campinas	http://splink.cria.org.br/centralized_search

A identificação do material coletado foi efetuada através das descrições e chaves de identificação encontradas em Garman (1913), Castex (1964), Castex & Castello (1970), Rosa (1985), Rosa *et al.* (1987), Charvet-Almeida (2001 e 2006) e Rincon (2006), sendo que fotos ou animais foram enviados a especialistas para confirmação das identificações obtidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos levantamentos realizados em trabalhos escritos e nas coleções foram identificados 1.429 espécimes da família Potamotrygonidae (Tabela II), que estão descritos em oito referências

textuais: Sanyo Techno Marine (1998), Charvet-Almeida (2001), Maués (2002), Bragança (2002), Pardal (2002), Almeida (2003), Charvet-Almeida *et al.* (2005) e Charvet-Almeida & Almeida (2008). Além disso, foram identificados exemplares da família Potamotrygonidae com distribuição para o estuário amazônico em oito coleções: Coleção Ictiológica do Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG; Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo - MZUSP; Coleção do Laboratório de Helmintologia Evolutiva do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo - IbUSP; Coleção Ictiológica da Universidade Federal da Paraíba - UFPB; Coleção Ictiológica da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ; Museum of

Tabela II - Espécies e número de exemplares de raia de água doce identificados para o estuário amazônico.

Espécies	Fontes de dados																Total
	Bibliografia							Pesca	Coleções/Museus								
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7		P1	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
<i>Potamotrygon</i> sp	-	-	-	-	-	-	1	118	-	-	24	15	-	-	-	-	158
Novo gênero	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Potamotrygon orbignyi</i>	-	281	-	49	40	7	-	38	8	-	26	-	-	1	-	1	421
<i>Potamotrygon motoro</i>	-	-	1	-	-	-	9	173	4	1	44	1	1	-	1	-	235
<i>Potamotrygon</i> aff. <i>hystrix</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Potamotrygon scobina</i>	-	398	10	-	8	31	-	10	1	-	18	-	1	-	-	1	478
<i>Plesioptrygon iwamae</i>	6	40	-	-	4	15	3	3	-	-	16	-	-	-	-	-	87
<i>Paratrygon aiareba</i>	-	2	-	-	-	-	3	2	-	-	3	2	-	-	-	-	13
<i>Potamotrygon</i> cf. <i>ocellata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	3
<i>Potamotrygon humerosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Total	6	723	11	49	52	53	16	344	15	2	133	18	2	1	2	2	1429

Convenção: B1 = Sanyo Techno Marine (1998); B2 = Charvet-Almeida (2001) e Almeida (2003); B3 = Pardal (2002); B4 = Maués (2002); B5 = Bragança (2002); B6 = Charvet-Almeida *et al.* (2005); B7 = Charvet-Almeida & Almeida (2008); P1 = pesca experimental; C1 = MPEG; C2 = MZUSP; C3 = IbUSP; C4 = UFPB; C5 = MCZ; C6 = ZMH; C7 = UFRJ; C8 = AMNH.

Comparative Zoology / Harvard University - MCZ; Zoologisches Institut und Zoologisches Museum - ZMH e American Museum of Natural History - AMNH. A pesca experimental resultou na captura de 344 exemplares de sete diferentes espécies, sendo duas delas ainda não descritas.

Os exemplares encontrados pertencem a oito espécies nominais consideradas válidas nos levantamentos recentes (Rosa, 1985; Mould, 1997; Carvalho et al., 2003; Rosa & Carvalho, 2007) e incluíram animais não identificados até o nível específico (*Potamotrygon* spp.). Fortes evidências a partir da análise do material mostram que estes pertencem a um gênero novo já anteriormente comentado por diversos autores e, pelo menos, a duas espécies novas de raias de água doce que incrementariam desta forma o número de espécies com distribuição para o estuário amazônico. Atualmente estas novas espécies já se encontram em processo de descrição por diferentes grupos de pesquisa.

Diversos exemplares identificados e com ocorrência confirmada para a região estuarina da foz do Rio Amazonas, encontram-se no presente momento em processo de tombamento em diversas instituições nacionais e certamente o número total de raias tombadas terá um incremento considerável num futuro próximo. Considera-se, entretanto, que três (*Potamotrygon* cf. *ocellata*, *Potamotrygon humerosa* e *Potamotrygon hystrix*) destas oito espécies consideradas válidas possuem arranjos sistemáticos diversos, sendo sinonimizadas com outras espécies em algumas publicações (Carvalho et al., 2003) ou sendo apenas desconsideradas em outras (Rosa & Carvalho, 2007). Existe consenso geral sobre o status taxonômico/sistemático em apenas cinco (*Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon scobina*, *Plesiotrygon iwamae* e *Paratrygon aiareba*) das oito espécies identificadas.

A distribuição neotropical de exemplares da família Potamotrygonidae está restrita apenas às bacias hidrográficas que drenam para o Atlântico e o Caribe (Rosa, 1985). Neste trabalho de revisão sistemática da família, o autor comentou que as espécies *Plesiotrygon iwamae*, *Paratrygon aiareba* e onze espécies gênero *Potamotrygon* (*P. castexi*, *P. constellata*, *P. dumerilii*, *P. henlei*, *P. humerosa*, *P. leopoldi*, *P. motoro*, *P. ocellata*, *P. orbignyi*, *P. schroederi* e *P. scobina*) possuem distribuição amazônica (incluindo o Rio Tocantins), e que quatro destas espécies poderiam ocorrer em outras bacias de drenagem. Quatro espécies do gênero *Potamotrygon* (*P. brachyura*, *P. falkneri*, *P. histrix*, *P. schuemacheri*) aparentemente são endêmicas do Rio Paraguai e região do baixo Rio Paraná. *Potamotrygon yapezi* é endêmica da bacia do Rio Maracaibo (Vene-

zuela); *P. magdalenae* é endêmica das drenagens dos rios Magdalena e Atrato (Colômbia) e, finalmente, *P. signata* é aparentemente endêmica da região de drenagem do Rio Parnaíba (Piauí).

Apesar do trabalho de Rosa (1985) ser a única revisão formal da família Potamotrygonidae, contendo análises de características externas e anatomia interna detalhadas de um número considerável de exemplares, o arranjo proposto pelo autor nessa revisão tem sofrido constantes alterações. Estas modificações estão basicamente relacionadas à utilização de novas técnicas e metodologias de análise de dados, formação de novos grupos de pesquisa com conseqüente intensificação das amostragens biológicas em locais inexplorados.

Apesar destes avanços, os aspectos sistemáticos/taxonômicos envolvendo raias de água doce continuam confusos porque algumas descrições são incompletas e muitas vezes não possuem ilustrações, e muitas delas foram feitas com base em um só espécime ou em poucos exemplares (Brooks et al., 1981). A ocorrência de variabilidade intraespecífica em padrões de coloração (policromatismo), a ausência de coletas e coleções intensivas e representativas em nível nacional, e a possível existência de exemplares híbridos (Castex & Maciel, 1965; Lasso, 1985) colaboram para a problemática na identificação do grupo. Descrever atualmente novas espécies sem solucionar as questões sistemáticas duvidosas existentes, mostra-se uma prática que requer muito cuidado.

Considerando a relevância e relação direta dos aspectos sistemáticos na obtenção de dados ecológicos (alimentação, reprodução, crescimento, distribuição), o número de trabalhos envolvendo discussões sobre questões de nomenclatura com raias de água doce ainda é bastante reduzido. Praticamente as informações atuais existentes restringem-se a listas de espécies (check-lists) (Carvalho et al., 2003, Rosa & Carvalho, 2007), que mesmo não tendo valor real de revisão sistemática (representando na maioria dos casos visões particulares dos autores), têm sido amplamente utilizadas como documentos norteadores para as raias de água doce.

Comparando a única revisão existente da família (Rosa, 1985) que foi parcialmente publicada, com as mais atuais listas de espécies podem-se identificar modificações dos arranjos sistemáticos neste grupo de peixes. Em muitos destes rearranjos é incorporado o comentário de que o status taxonômico da espécie é duvidoso necessitando de estudos adicionais.

Considerando as treze espécies com distribuição amazônica comentadas por Rosa (1985) e as informações das mais recentes check-lists (Carvalho

et al., 2003; Rosa & Carvalho, 2007), conclui-se que *P. castexi*, *P. constellata*, *P. dumerilii*, *P. henlei*, *P. leopoldi* e *P. schroederi* apresentam uma distribuição geográfica fora do estuário amazônico ou que o status taxonômico de algumas espécies é duvidoso e necessita de estudos adicionais como em *P. constellata* e *P. dumerilii*. Desta forma, pelo cruzamento de dados presentes na literatura, as espécies *Plesiogryzon iwamae*, *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon humerosa*, *P. motoro*, *P. ocellata*, *P. orbignyi* e *P. scobina* teriam consenso para ocorrência no estuário amazônico.

Deve-se ainda admitir que *P. humerosa* foi indicada como um sinônimo de *P. orbignyi* por Carvalho et al. (2003), mas Rosa & Carvalho (2007) posteriormente alteraram seu status para o de uma espécie realmente válida com distribuição na bacia do baixo Amazonas (entre os rios Tapajós e Pará). Analisando os exemplares presentes em coleções, aqueles que mais de adequam à descrição original de *P. humerosa* (já que ainda existem problemas na identificação correta da espécie) só foram encontrados na região do Rio Tapajós e não no estuário amazônico, mas esta constatação necessita de maiores estudos e coletas representativas.

Uma outra espécie válida nas duas *check-lists* (Carvalho et al., 2003; Rosa & Carvalho, 2007) foi *P. ocellata*. Em 2003, os autores indicaram que esta espécie poderia ser um sinônimo de *P. motoro*, já que o único exemplar descrito possuía coloração similar com *P. motoro*, mas em 2007 estes reafirmam esta situação apontando que o status taxonômico da espécie é duvidoso e necessita de estudos adicionais para confirmação da validade da espécie. Desta forma, excluindo estas duas dúvidas, as espécies *Plesiogryzon iwamae*, *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon motoro*, *P. orbignyi* e *P. scobina*, reconhecidamente e por consenso geral, seriam as espécies presentes no estuário amazônico.

Comparando as informações da literatura com os espécimes tombados em coleções, pode-se verificar que existe uma similaridade de espécies entre os dois levantamentos. Entretanto, para algumas outras espécies provavelmente existiram problemas de identificação, como no caso de *P. hystrix*, a qual foi sinonimizada com *P. orbignyi* em Carvalho et al. (2003) e não consta na *check-list* publicada por Rosa & Carvalho (2007), provavelmente porque não possui distribuição no território brasileiro (Rosa, 1985), ou foi sinonimizada com outra espécie (Carvalho et al., 2003).

É importante salientar ainda que os animais identificados como *Potamotrygon* sp., formalmente tombados em coleções, representam espécies válidas não identificadas, mas certamente também contemplam pelo menos duas espécies novas para ciência

(atualmente em processo final de descrição), além de um gênero novo. Futuramente, com a descrição formal das mesmas, estas novas espécies deverão ser adicionadas às listas de ocorrência para este estuário.

Os problemas sistemáticos encontrados em raias de água doce mostram relações históricas com outros fatores. É um grupo de peixes pouco estudado devido à dificuldade de sua captura, ao número reduzido de grupos de pesquisa atuantes, ao desinteresse de algumas instituições em manter grupos de pesquisa com este grupo da ictiofauna, e a graves problemas relacionados ao tombamento e manutenção de exemplares em coleções, uma vez que ocupam amplos espaços e utilizam líquidos conservantes/fixadores em larga escala.

Considerando todos os entraves associados aos estudos da família Potamotrygonidae, certamente os problemas envolvendo a nomenclatura das espécies somente serão solucionados a partir de uma nova e urgente revisão sistemática.

CONCLUSÃO

De acordo com todos os levantamentos realizados no estuário amazônico, foi constatado o registro da ocorrência de oito espécies nominais. Existe consenso quanto à ocorrência das espécies *Plesiogryzon iwamae*, *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon humerosa*, *P. orbignyi* e *P. scobina*, mas ainda há três espécies consideradas válidas cujo status taxonômico é duvidoso (*P. humerosa*, *P. ocellata* e *P. hystrix*), e outras que atualmente se encontram em processo de descrição. Assim sendo, a lista de espécies de raias de água com ocorrência confirmada para esta região ainda apresenta algumas situações a serem resolvidas considerando a existência de variações nas informações disponíveis na literatura, problemas de identificação de exemplares em coleções, presença de espécies em processo de descrição e necessidade de um maior número de estudos nesta região.

Agradecimentos - Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de uma bolsa de doutorado e aos curadores das coleções contatadas pelo envio de informações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, M.P. Pesca, policromatismo e aspectos sistemáticos de *Potamotrygon scobina* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) da região da Ilha de Colares - Baía de Marajó - Pará. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Zoologia, Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi, 145 p., Belém, 2003.

- Araújo, M.L.G. *Biologia reprodutiva e pesca de Potamotrygon sp. (Chondrichthyes - Potamotrygonidae), no médio Rio Negro, Amazonas*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas, 171 p., Manaus, 1998.
- Barthem, R.B. Ocorrência, distribuição e biologia dos peixes da baía de Marajó, estuário amazônico. *Bol. Museu Par. Emílio Goeldi, série Zoologia*, Belém, v.2, n.1, p. 49-69, 1985.
- Barthem, R.B. & Charvet-Almeida, P. Captura e distribuição de Elasmobrânquios durante um estudo de recursos pesqueiros realizado na região estuarina da foz dos rios Amazonas e Tocantins, p. 26, in *XIV Encontro Brasileiro de Ictiologia*, São Leopoldo, 2000.
- Bragança, A.J.M. *Observações sobre a alimentação das raias de água doce Potamotrygon orbignyi, Potamotrygon scobina e Plesioptrygon iwamae (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na Ilha de Cotijuba - Baía de Marajó - Pará - Brasil*. Monografia de Graduação, Universidade Federal do Pará, 33 p., Belém, 2002.
- Brooks, D.R.; Thorson, T.B. & Mayes, M.A. Freshwater stingrays (Potamotrygonidae) and their helminth parasites: testing hypotheses of evolution and coevolution. p. 147-175, in Funk, V.A. & Brooks, D. R. (eds.), *Advances in cladistics*. Willi Hennig Society, 250 p, New York, 1981.
- Carvalho, M.R.; Lovejoy, N.R. & Rosa, R.S. Family Potamotrygonidae (river stingrays), p. 22-28, in Reis, R.E.; Kullander, S.O. & Ferraris Jr., C.J. (orgs.), *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. EDIPUCRS, 742 p., Porto Alegre, 2003.
- Carvalho, M.R.; Maisey, J.G. & Grande, L. Freshwater stingrays of the Green River formation of Wyoming (Early Eocene) with the description of a new genus and species and analysis of its phylogenetic relationships (Chondrichthyes: Myliobatiformes). *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, New York, v.284, n.1, p.136, 2004.
- Castex, M.N. La raya fluvial: notas historico-geograficas. Librería y Editorial Castell, vi+119 p., Santa Fé, 1963.
- Castex, M.N. & Maciel, I. Notas sobre la familia Potamotrygonidae Garman 1913. *Publ. Téc. Dir. Gen. Rec. Nat.*, Santa Fé, v.14, n.1, p. 23, 1965.
- Castex, M.N. & Castello, H.P. *Potamotrygon leopoldi*, una nueva especie de raya de agua dulce para el río Xingú, Brasil (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). *Acta Cient. Inst. Latinoamer. Fisiol. Repr.*, Buenos Aires, v.10, n.1, p.16, 1970.
- Charvet-Almeida, P. *Ocorrência, biologia e uso das raias de água doce na Baía de Marajó (Pará, Brasil), com ênfase na biologia de Plesioptrygon iwamae (Chondrichthyes: Potamotrygonidae)*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi, 213 p., Belém, 2001.
- Charvet-Almeida, P. *História natural e conservação das raias de água doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), no médio Rio Xingu, área de influência do Projeto Hidrelétrico de Belo Monte (Pará, Brasil)*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal da Paraíba, 376 p., João Pessoa, 2006.
- Charvet-Almeida, P. & Almeida, M.P. Contribuição ao conhecimento, distribuição e aos desafios para a conservação dos Elasmobrânquios (raias e tubarões) no sistema Solimões-Amazonas, p.207-244, in Albernaz, A.L.K.M. (org.), *Bases científicas para a conservação da várzea: identificação e caracterização de regiões biogeográficas*. IBAMA/PROVÁRZEA, Brasília, 2008.
- Charvet-Almeida, P.; Araújo, M.L.G. & Almeida, P.M. Reproductive aspects of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Brazilian Amazon basin. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, Dartmouth, v.35, n. 165, p.165-171, 2005.
- Charvet-Almeida, P.; Araújo, M.L.G.; Rosa, R.S. & Rincon, G. Neotropical freshwater stingrays: diversity and conservation status. *IUCN Shark News*, Newbury, v.14, p.1-2, 2002.
- Charvet-Almeida, P. & Rosa, R.S. A new genus and species of freshwater stingray (Potamotrygonidae) from the lower Amazon drainage, p. 58, in *Proceedings 2001 Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists*, 143 p., State College, 2001.
- Compagno, L.J.V. & Cook, S.F. The exploitation and conservation of freshwater elasmobranchs: status of taxa and prospects for the future, p. 62-90, in Oettinger, M.I. & Zorzi, G.D. (eds.), *The biology of freshwater Elasmobranchs - a symposium to honor Thomas B. Thorson*. J. Aquar. Aquat. Sci., Parkville, v.7, p.1-162, 1995.
- Deynat, P. *Potamotrygon marinae* n. sp., une nouvelle espèce de raias d'eau douce de Guyane (Myliobatiformes, Potamotrygonidae). *C.R.Biologies*, Paris, v.329, n.7, p.483-493, 2006.
- Garman, S. The Plagiostomia (sharks, skates and rays). *Mem. Mus. Comp. Zool.*, Cambridge, v. 36, p.1-515, 1913.
- Haddad Jr., V. *Atlas de animais aquáticos perigosos do Brasil. Guia médico de diagnósticos e tratamentos de acidentes*. Roca Ltda, 145 p., São Paulo, 2000.
- Hidaka, A.S.; França, J.D.M.; Pardal, P.P.O.; Guimarães, A.C.; Barroso, E. & Santos, A.X. Notificação de

- acidentes com raias no Pará, no período de março de 1998 a março de 2000, no CIT-Belém. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, Uberaba, v.34, n.1, p.383, 2001.
- Holden, M.J. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions, p.117-137, in Harden-Jones, F. R. (ed.), *Sea fisheries research*. John Wiley & Sons, 506 p., New York, 1974.
- Ishihara, H. & Taniuchi, T. A strange potamotrygonid ray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) from the Orinoco River system, p. 91-97, in Oettinger, M.I. & Zorzi, G.D. (eds.), *The Biology of freshwater Elasmobranchs - a symposium to honor Thomas B. Thorson*. J. Aquar. Aquat. Sci., Parkville, v.7, p.1-162, 1995.
- Lasso, C. A. Las rayas de agua dulce. *Natura*, Caracas, v.77, p.6-9, 1985.
- Lowe-McConnell, R.H. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. EDUSP, 536 p. São Paulo, 1998.
- Marques, F.P.L. *Evolution of neotropical freshwater stingrays and their parasites: taking into account space and time*. Doctorate Thesis, Department of Zoology, University of Toronto, 525 p., Toronto, 2000.
- Maués, R.C.S. *Aspectos da biologia reprodutiva e padrões de coloração da raias de água doce Potamotrygon orbignyi (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na Baía de Marajó - Pará - Brasil*. Monografia de Graduação, Universidade Federal do Pará, 41 p., Belém, 2002.
- Menezes, K.P.; Souza, J.B.; Magalhães, A.F.A.; Vieira, J.L.; Esteves, F. & Pardal, P.O.P. Acidentes por animais aquáticos notificados e orientados pelo CIT-Belém no período de 30/3/1998 a 09/01/2000. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, Uberaba, v.33, n.1, p.162, 2000.
- Mould, B., 1997. *Classification of the Recent Elasmobranchii: a classification of the living sharks and rays of the world*. Disponível em: <<http://ibis.nott.ac.uk/elasmobranch.html>>. Acesso em 02 junho 2008.
- Pardal P.O.P.; Coimbra, A.S.; Siqueira, M.J.F. & Oliveira, R.H. Ictismo entre pescadores da Ilha de Mosqueiro, Pará. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, Uberaba, v.26, n.1, p.306, 1993.
- Pardal, J.S.O.; Miranda, A.S.P.; Lima, I.S.; Miranda, J.B.B. & Pardal, P.O.P. Aspectos epidemiológicos e clínicos dos acidentes por raias fluviais no Estado do Pará. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, Uberaba, v.32, n.1, p.126, 1999.
- Pardal P.O.P. *Aspectos clínicos e epidemiológicos dos acidentes por arraias nos distritos de Mosqueiro e Outeiro, Belém - Pará - Brasil*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação do Núcleo de Medicina Tropical, Universidade Federal do Pará, 74 p., Belém, 2002.
- Pauly, D. *Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators*. ICLARM, 325 p., Manila, 1984.
- Pratt, H. L. & Casey, J. G. Shark reproductive strategies as limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth-parameters, p.97-109, in Pratt, H.L.; Gruber, S.H. & Taniuchi, T. (eds.), *Elasmobranch as living resources: advances in biology, ecology and systematics, and the status of fisheries*. NOAA Technical Report, 518 p., Seattle, 1990.
- Rincon, G. *Aspectos taxonômicos, alimentação e reprodução da raias de água doce Potamotrygon orbignyi (Castelnau) (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) no Rio Paraná-Tocantins*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", 132 p., Rio Claro, 2006.
- Rosa, R.S. *A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae)*. Doctorate Thesis, College of William and Mary, 523 p., Williamsburg, 1985.
- Rosa, R.S. & Carvalho, M.R. Família Potamotrygonidae, p. 17-18, in Buckup, P.A.; Menezes, N.A. & Ghazzi, M.S. (orgs.), *Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil*. Museu Nacional, Série Livros 23, 195 p., Rio de Janeiro, 2007.
- Rosa, R.S.; Carvalho, M.R. & Wanderley, C.A. *Potamotrygon boesemani* (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae), a new species of Neotropical freshwater stingray from Surinam. *Neotrop. Ichthyol.*, Porto Alegre, v.6, p.1-8, 2008.
- Rosa, R.S.; Castello, H.P. & Thorson, T.B. *Plesiotrygon iwamae*, a new genus and species of neotropical freshwater stingray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Copeia*, Lawrence, v.1987, n.2, p. 447-458, 1987.
- Sanyo Techno Marine. *Draft final report for the fishery resources study of the Amazon and Tocantins River mouth areas in the Federative Republic of Brazil*. Sanyo Techno Marine Inc., 334 p., Tokyo, 1998.
- Thorson, T.B.; Langhammer, J.K. & Oettinger, M.I. Reproduction and development of the South American freshwater stingrays, *Potamotrygon circularis* and *P. motoro*. *Environ. Biol. Fish.*, Amsterdam, v.9, n.1, p.3-24, 1983.
- Zorzi, G.D. The biology of freshwater elasmobranchs: an historical perspective, p.10-31, in Oettinger, M.I. & Zorzi, G.D. (eds.), *The biology of freshwater Elasmobranchs - a symposium to honor Thomas B. Thorson*. J. Aquar. Aquat. Sci., Parkville, v.7, p.1-162, 1995.

ARTIGO 4

Reproduction of the Freshwater Stingray

Potamotrygon motoro

(Elasmobranchii: Potamotrygonidae)

on Marajó Island (Pará, Brazil)



Ecology of **FRESHWATER FISH**



[Main Menu](#) [Author Dashboard](#) [Submission Confirmation](#)

You are logged in as Mauricio Almeida

Thank you for submitting your manuscript to Ecology of Freshwater Fish.

Manuscript ID: EFF-08-0108

Title:

Reproduction of the Freshwater Stingray *Potamotrygon motoro*
(Elasmobranchii:Potamotrygonidae) on Marajó Island (Pará, Brazil)

Authors:

Almeida, Mauricio

Viana, Anderson

Barthem, Ronaldo

Charvet-Almeida, Patricia

Date Submitted: 21-Jul-2008

Manuscript Central™ v4.10 (patent #7,257,767 and #7,263,655). © ScholarOne, Inc., 2007. All Rights Reserved.

Manuscript Central is a trademark of ScholarOne, Inc. ScholarOne is a registered trademark of ScholarOne, Inc.

[Terms and Conditions of Use](#) - [ScholarOne Privacy Policy](#)

**Reproduction of the Freshwater Stingray *Potamotrygon motoro*
(Elasmobranchii: Potamotrygonidae) on Marajó Island (Pará, Brazil)**

Mauricio Pinto de Almeida¹; Anderson da Silva Viana; Ronaldo Borges Barthem and Patricia Charvet-Almeida

¹Electronic address: maupalms@gmail.com.

Present address: Rua São Pedro 791 casa 4. CEP 80035-020. Curitiba - Paraná - Brazil.

Phone / Fax: +55 41 30398268

Short title

Reproduction of *Potamotrygon motoro* on Marajó Island (Pará, Brazil)

Keywords

Reproduction, freshwater stingray, *Potamotrygon motoro*, Marajó Island, Amazon

Abstract

A total of 138 specimens (56 males and 82 females) of *Potamotrygon motoro* was captured on Marajó Island and analyzed. These stingrays were caught in the dry, rainy and transitional seasons, between 2005 and 2007. Adult females exhibited disc width significantly larger than males, characterizing sexual dimorphism. The average ovarian fecundity was 13 and the uterine 6.8. A significant and positive correlation was observed between the ovarian and uterine fecundity and female disc width. The size (disc width) at maturity was estimated to be of 361 mm for males and 345.7 mm for females. The hepatossomatic and gonadossomatic index values exhibited seasonal variations associated to the hydrologic cycle. The average gestation period was around four months and the offspring size 101.2 mm. The reproductive cycle was estimated to be annual, with copulation and gestation taking place in the dry season, whilst birth and resting was in the rainy season.

Introduction

The family Potamotrygonidae Garman 1877 is unique among the elasmobranchs to have completely adapted to living in water with salinity levels of less than 3 ppt (Brooks *et*

al., 1981; Rosa, 1985; Compagno & Cook, 1995). The 21 valid species of freshwater stingrays (Martin, 2005) belong to this family, whose habitat is restricted to Neotropical drainage basins (Rosa, 1985).

Potamotrygonidae have been investigated for different purposes, but only recently has research been carried out into aspects of their biology and abundance. Until now, only 10 species have had their reproductive cycles studied at uneven scales of detail (Castex, 1963a; Castex, 1963b; Castex & Maciel, 1965; Achenbach & Achenbach, 1976; Thorson *et al.*, 1983; Pinto, 1987; Teshima & Takeshita, 1992; Lasso *et al.*, 1996; Araújo, 1998; Charvet-Almeida, 2001; Maués, 2002; Charvet-Almeida *et al.*, 2005; Rincon, 2006 and Charvet-Almeida, 2006). These studies have shown that freshwater stingrays have a reproductive mode known as aplacental viviparity (Thorson *et al.*, 1983) or matrotrophic viviparity with *trofodermata* (Wourms *et al.*, 1988).

Knowledge of the reproductive cycle is crucial in developing responsible management and conservation strategies for elasmobranchs (Leonard *et al.*, 1999). However, there are still huge lacunae in the available information concerning the reproductive biology of freshwater stingrays (Charvet-Almeida, 2001).

Potamotrygon motoro (Natterer in Muller & Henle, 1841) is a wide distributed species found in diverse freshwater environments in South America. Given its distribution, *P. motoro* is one of the best known Potamotrygonidae in science. Aspects on the reproductive biology of this specie have already been reported in different drainage systems in South America (Castex, 1963a; Castex, 1963b; Castex & Maciel, 1965; Achenbach & Achenbach, 1976; Thorson *et al.*, 1983; Pinto, 1987 and Charvet-Almeida *et al.*, 2005).

The Amazon Estuary shelters continental and marine species of stingrays (Barthem, 1985; Sanyo Techno Marine, 1998). The islands in this region are lowlands that have insufficient drainage in their interior, forming extensive wetlands that flood during the rainy period (Cruz, 1987).

Marajó Island belongs to this system, being the largest fluvio-marine island in the world. It is located in Northern Brazil, between the parallels 0° and 2° S and the meridians 48° and 51° W. By occupying an area of approximately 50 thousand km², this island is considered to shelter huge fish species diversity (Cruz, 1987). However, the stingrays in this region have been relatively under-explored and are considered to be non-commercial fish (Barthem & Goulding, 1997).

This present study provided the first comprehensive study on the reproductive biology of *Potamotrygon motoro* on Marajó Island.

Material and Methods

The specimens of *P. motoro* were caught with experimental fisheries carried out in three localities on Marajó Island: (1) Afuá (0°09'S and 50°23'W); (2) Muaná (01°31'S and 49°13'W) and (3) Arari (0° 39'S and 49°10'W). These catches were done between 2005 and 2007 considering the main hydrologic seasonal variations in the region: rainy (January, February, March, and April), transitional rainy-dry (May, June), dry (July, August, September, and October) and transitional dry-rainy (November, December). The fishing gear used included bottom longlines (divided into 4 independent lines with 25 hooks each), beach seines, gillnets and spears. These types of fishing gear were indicated in literature as being the most suitable for catching potamotrygonids (Charvet-Almeida, 2001 and 2006; Rincon, 2006).

Specimens were killed by excessive anesthesia and were eviscerated. The total weight, liver weight, eviscerated weight and the disc width (DW) were obtained in the field from fresh stingrays. All the weights were taken in grams (g) and the morphometric measurements in millimeters (mm). The reproductive organs were removed and immediately fixed in a 10% buffered (sodium tetraborate) formaldehyde solution. The organs analysis was carried out in laboratory.

The sexual ratio was compared by Chi-square test (χ^2) with Yate's correction for continuity, and the disc widths of the male and females were compared by Student t-test.

The terminology used in the analysis was adapted from Dodd (1983) and observations were made according to Thorson *et al.*, (1983), Wourms *et al.* (1988), Peres & Vooren (1991), Charvet-Almeida *et al.*, (2005). The terminology used to describe the reproductive system and the criteria for maturity were adapted from Babel (1967), Wourms (1977), Dodd (1983), Pratt (1988) and Peres & Vooren (1991).

The reproductive organs of both sexes were measured to assist in determining stages of sexual maturity. Only macroscopic aspects were considered.

The morphometric data taken of the males was as follows: width, length and weight of the right and left testicles; length and width of the right and left epididymis; width of the right and left Leydig glands; section width of the right and left seminal vesicle and length

of the right and left seminal vesicles. Furthermore, in the males, the total length of the claspers was measured, noting their calcification degree on a scale where: 0 = non calcified; 1 = intermediately calcified and 2 = well calcified. The presence of semen was observed in the field during dissection of the samples and also during laboratory analysis.

The following parts of the females were measured: diameter and weight of the largest ovarian follicle; width of the right and left eggshell gland; width and length of the right and left uterus; weight of the right and left ovary; length and width of the right and left oviduct, and average size of uterine vili. The total weight, disc width and external morphological characteristics of the embryos were noted.

All measurements taken of the reproductive organs were tested against a Pearson's Correlation Matrix in order to determine the main differences in terms of sexual maturity. The reproductive variations were always analyzed in relation to the disc width, conforming to the proposition of Hubbs & Ishiyama (1968) for Rajidae species.

The ovarian fecundity was determined by the count of viable maturing ovarian follicles in adult females. The uterine fecundity was determined by the uterine egg or embryos count in pregnant females (Conrath, 2005; Peres & Vooren, 1991).

The size at maturity (DW50) was calculated using the logistic model: $P(t) = 1/(1+e^{a+bt})$, where: P = proportion of mature individuals in a disc width class; t = median point of the disc width class; a e b = model parameters. The mean size at first maturity (DW50) was obtained from the relationship $-a/b$, corresponding to the size where 50% of the population attained sexual maturity, or maturity ogives (Conrath & Musick, 2002; Conrath, 2005; Oddone & Vooren, 2005).

The Hepatosomatic Index (HSI) was calculated considering the liver weight (LW) and the eviscerated weight of the specimen (EW), in the equation: $HSI = LW/EW \times 100$. The Gonadosomatic Index (GSI) was calculated taking into account the gonadal weight (GW) and the eviscerated weight of the specimen (EW), in the equation: $GSI = GW/EW \times 100$.

The reproductive cycle was established from the variation in these indexes, embryo development stages and macroscopic characteristics of the reproductive organs.

Results

A total of 138 specimens of *Potamotrygon motoro* were analyzed (82 females and 56 males). Of these, 19 were caught during the rainy season (9 F, 10 M), 18 during the transition of the rainy-dry period (10 F, 8 M), 40 in the dry season (26 F, 14 M) and 61 in the transition from the dry-rainy season period (37 F, 24 M). The χ^2 test indicated a significant difference (Yate's correction = 4.52; $p < 0.05$) in the total proportions of the females and males. The overall sexual ratio was of 1:1.46 favoring females.

The males had smaller disc width values at all stages of maturity when compared to females (Figure 2). However, the Student t-test showed a statistically significant difference in size, only in the adult stage ($t = -3.51$; $p < 0.05$; DW mean female = 490.42 mm; DW mean male = 440.91 mm).

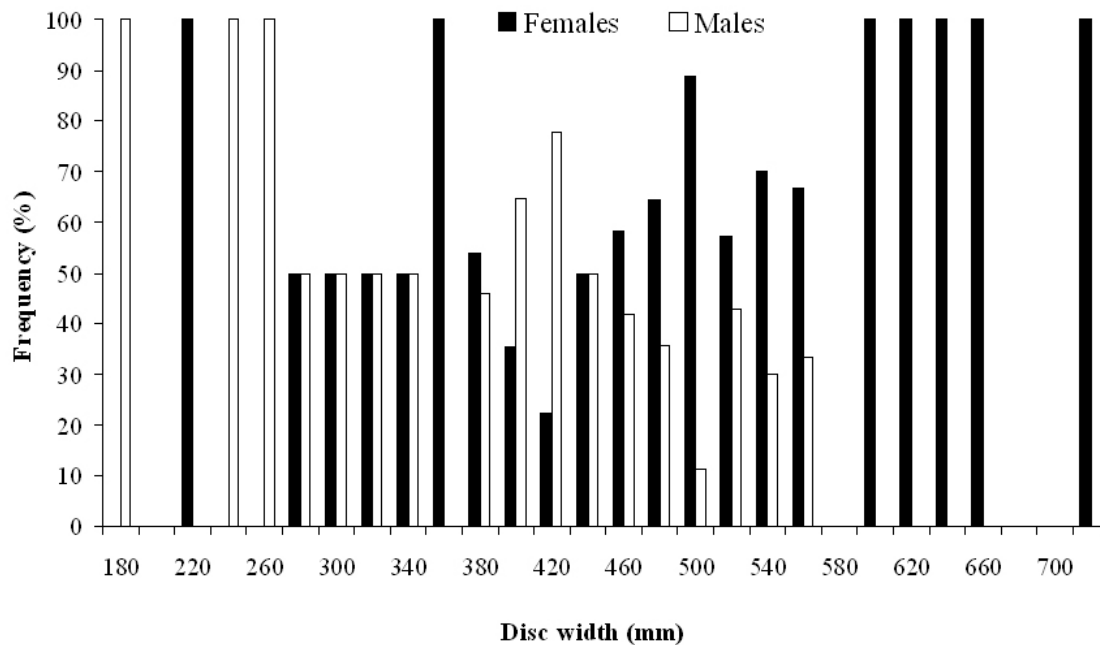


Figure 1 - Size (disc width) structure of the analyzed specimens of *P. motoro*.

The Pearson Correlation Matrix of the male reproductive organs measurements showed a significant correlation ($p < 0.05$; $DF = 47$; r critical value = 0.28) for all the variables considered. However, the measurements that disclosed the highest r values in relation to disc width were the total size of the claspers ($r = 0.86$) and the right ($r = 0.81$) and left ($r = 0.84$) epididymis widths.

The total clasper length in males was represented as a percentage of the disc width, as an external characteristic to help define sexual maturity. In the present study, this

measurement corresponded to 12.86% of the disc width in the young, 23.62% in the sub-adults and to 29.06% in adults.

These various morphological and morphometric analyses enabled the characterization of three different stages of maturity for males: juveniles ($n = 1$), including totally immature individuals; sub-adults ($n = 8$), formed by individuals in the process of sexual maturation; and adults ($n = 47$), constituted of individuals able to reproduce (Table 1).

Table 1 - Summary of the main male sexual maturity stages characteristics of *P. motoro* (measurements indicated in mm or g). **I**

Characteristics	Stages of sexual maturity average ($\pm$ standard deviation)		
	Juveniles	Sub-adults	Adults
Disc width	171.10	306.50 (± 44.06)	440.91 (± 52.26)
Testicles aspects	not lobulated	little lobulated	lobulated
Testicles weight	0.18 (± 0.04)	7.74 (± 4.66)	35.28 (± 17.32)
Testicles length	17.24 (± 2.15)	61.82 (± 13.84)	107.31 (± 23.11)
Testicles width	8.20 (± 0.77)	22.93 (± 5.74)	36.74 (± 7.44)
Testicles vascularization	not evident	barely visible	very evident
Epididymis aspect	not coiled	slightly coiled	intensely coiled
Epididymis length	7.45 (± 1.69)	24.25 (± 6.49)	38.24 (± 7.53)
Epididymis width	1.20 (± 0.24)	7.60 (± 3.43)	16.03 (± 3.98)
Leydig glands width	1.31 (± 0.11)	8.18 (± 3.09)	14.74 (± 2.69)
Number of sections of the seminal vesicles	1	1 or 2	3
Length of the seminal	12.66 (± 2.00)	24.74 (± 9.13)	32.13 (± 5.74)
Width of the seminal	1.57 (± 0.09)	5.39 (± 1.58)	8.20 (± 1.52)
Semen in the of the	absent	small quantity	present
Claspers calcification	0	1	2
Claspers total length	22.00	90.12 (± 16.12)	127.51 (± 12.04)
Claspers total length in	12.86%	23.62% (± 5.00)	29.06% (± 2.58)

The Pearson Correlation Matrix of the female reproductive organs measurements indicated a significant correlation ($p < 0.05$; $DF = 46$; r critical value = 0.28) for all measures taken. However, the measurement that disclosed the highest r value in relation to disc width was the egg shell gland width ($r = 0.87$).

The mean ovarian fecundity was 12.96 (± 8.873 ; $n = 61$; varying from 0 to 36), whilst uterine fecundity was 6.83 (± 4.53 ; $n = 54$; varying from 1 to 21). The Student t-test showed a significant difference between the average ovarian and uterine fecundities ($t = -4.59$; $p < 0.05$). Both fecundities also showed a significant correlation in relation to disc width, indicating that in *P. motoro* larger females are more fecund (Figure 2).

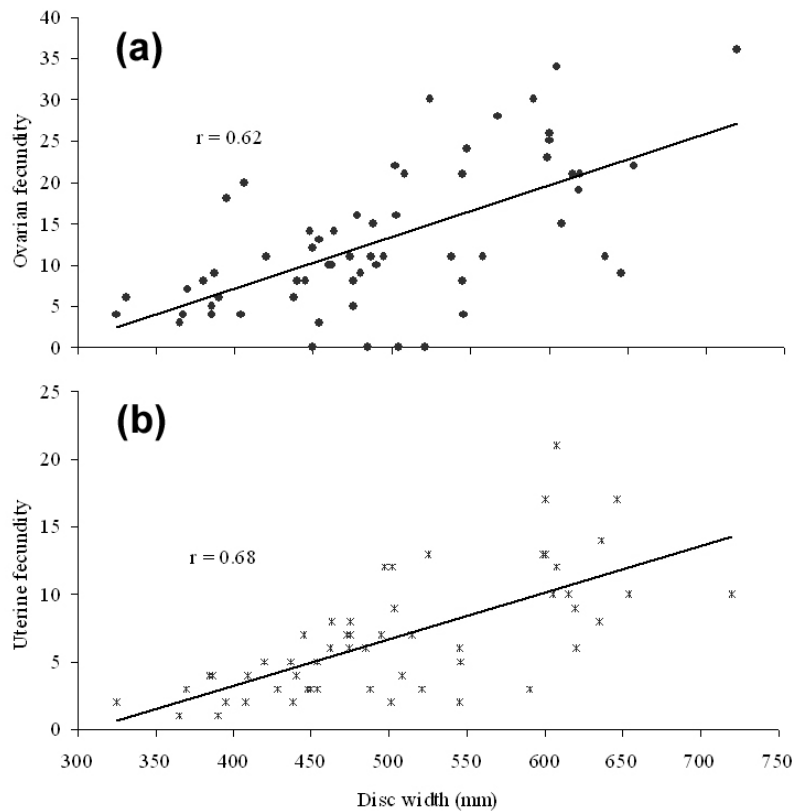


Figure 2 - Ovarian (a) and uterine fecundity (b) in relation to females disc width.

These various morphological and morphometric analyses enabled the characterization of three different stages of maturity for females: juveniles ($n = 1$), constituted of totally immature individuals; sub-adults ($n = 4$), formed by individuals in the process of sexual maturation; and adults ($n = 77$), including individuals able to reproduce (Table 2).

Table 2 - Summary of the main female sexual maturity stages characteristics of *P. motoro* (measurements indicated in mm or g).

Characteristics	Stages of sexual maturity average ($\pm$ standard deviation)		
	Juveniles	Sub-adults	Adults
Disc width	223.00	300.00 (± 13.36)	490.00 (± 87.30)
Ovaries vascularization	not evident	barely visible	very evident
Ovaries weight	1.13 (± 0.01)	1.99 (± 0.97)	19.83 (± 18.25)
Ovarian follicles	undifferentiated	rare and not evident	evident
Oviduct length	24.97 (± 0.21)	55.22 (± 25.69)	76.80 (± 20.38)
Oviduct width	1.80 (± 0.11)	3.07 (± 1.01)	5.18 (± 1.05)
Uteri length	7.87 (± 0.05)	13.21 (± 7.86)	44.04 (± 18.04)
Uteri width	3.36 (± 0.07)	9.28 (± 6.16)	33.64 (± 14.87)
Egg shell gland width	3.25 (± 0.05)	5.75 (± 1.33)	10.52 (± 2.28)
Egg shell gland shape	filiform	oval	cordiform
Egg shell gland color	uniform	uniform	bicolor
Uterine vili length	0.12	1.90	14.59

The size (disc width) at maturity (DW50) of *P. motoro* was estimated and the maturity ogives indicated values of 322.02 mm for males and 322.51 mm for females (Figure 3).

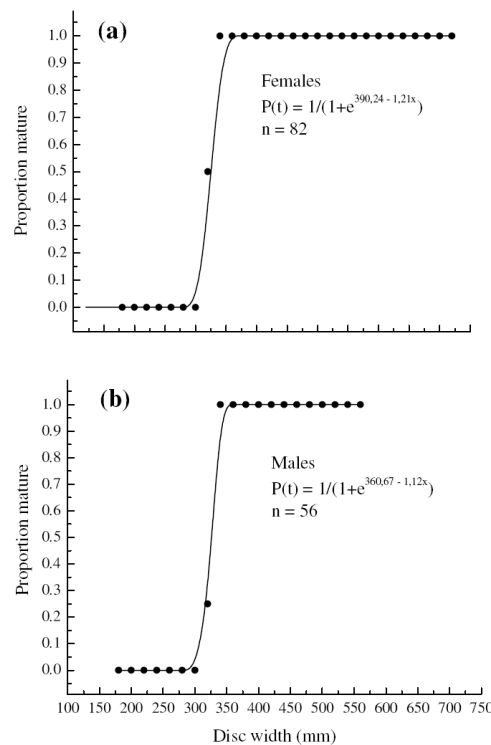
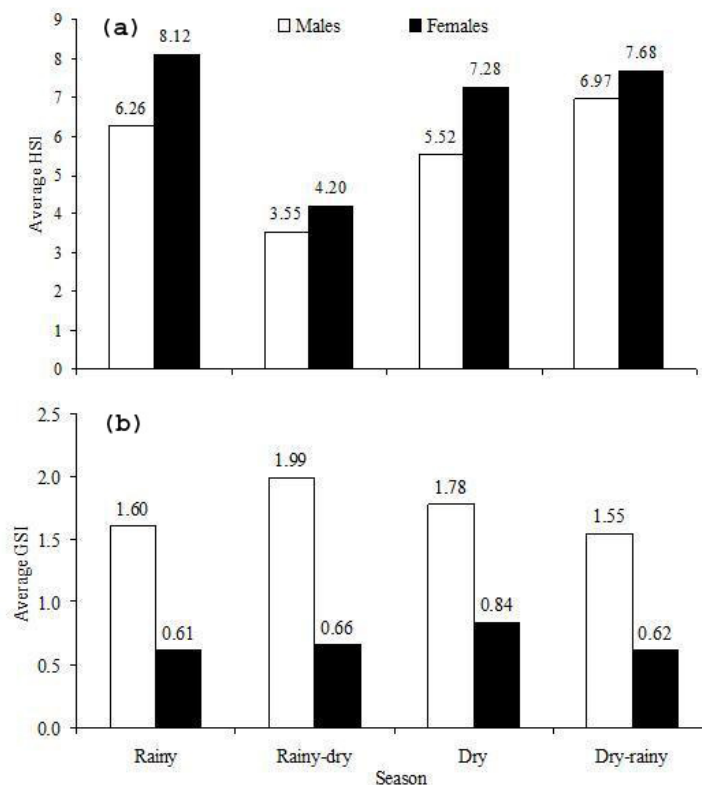


Figure 3 - Maturity ogives indicating the relation between disc width (DW) and proportion of mature females (a) and males (b) of *P. motoro*.

The HSI and GSI values for males and females showed seasonal variations (Figure 4). The minimal HSI values (3.55 for males) were observed during the transitional rainy-dry season, more specifically between May and June. This index gradually increased during the dry season and reached its maximum values during the rainy season (8.12 for females). The GSI index behaved inversely, the highest values were observed during the transitional rainy-dry period (1.99 for females). GSI values then decreased during the dry season and reached its minimum during the rainy period (0.61 for males).

Figure
variations of
Hepassomatic



4 - Seasonal
the
(a) and

Gonadosomatic (b) Indexes of *P. motoro*.

The diameter of the largest ovarian follicle also oscillated throughout the year. The highest measurement was taken during the transitional rainy-dry season (16.31 mm) and the lowest during the rainy season (10.78 mm).

The embryos observed ($n = 369$) were categorized in five different stages of development (Table 3). The only uterine egg observed was registered in May (transitional rainy-dry season), weighing 3.06 g and with a 16.04 mm diameter. The embryo disc width average varied throughout the year, exhibiting a maximum value during the transitional dry-rainy season (87.70 mm), in November and December. The minimum value was verified during the transitional rainy-dry period (80.55 mm).

Birth size (disc width) was estimated at 101.21 mm, considering the mean disc width value of the most developed or near term embryos at stage 5.

Table 3 - Main characteristics of the *P. motoro* embryos that were analyzed.

Stages	Pectoral fins fusion to head	Gills	Characteristics		
			Pigmentation	Average weight (g)	Average disc width (mm)
Stage 1 (n = 8)	not fused	externalized	absent	0.83	20.99
Stage 2 (n = 36)	fused	externalized	absent	5.58	47.06
Stage 3 (n = 69)	fused	internal	absent	13.99	69.90
Stage 4 (n = 79)	fused	internal	light colored	29.32	85.50
Stage 5 (n = 177)	fused	internal	well-defined (intense)	61.37	101.21

The reproductive cycle events of *P. motoro* was obtained analyzing morphometric measurements, HIS and GSI values, ovarian follicles diameter and embryo development. Apparently, the reproductive cycle of this specie is annual (Figure 5). Copulation seems to take place during the transitional rainy-dry season (May-June) and gestation lasts throughout the dry period (June through October). The gestation period was estimated to be of about four to five months. The birth season coincides with the beginning of the rainy season (November-December) and lasts about four months.

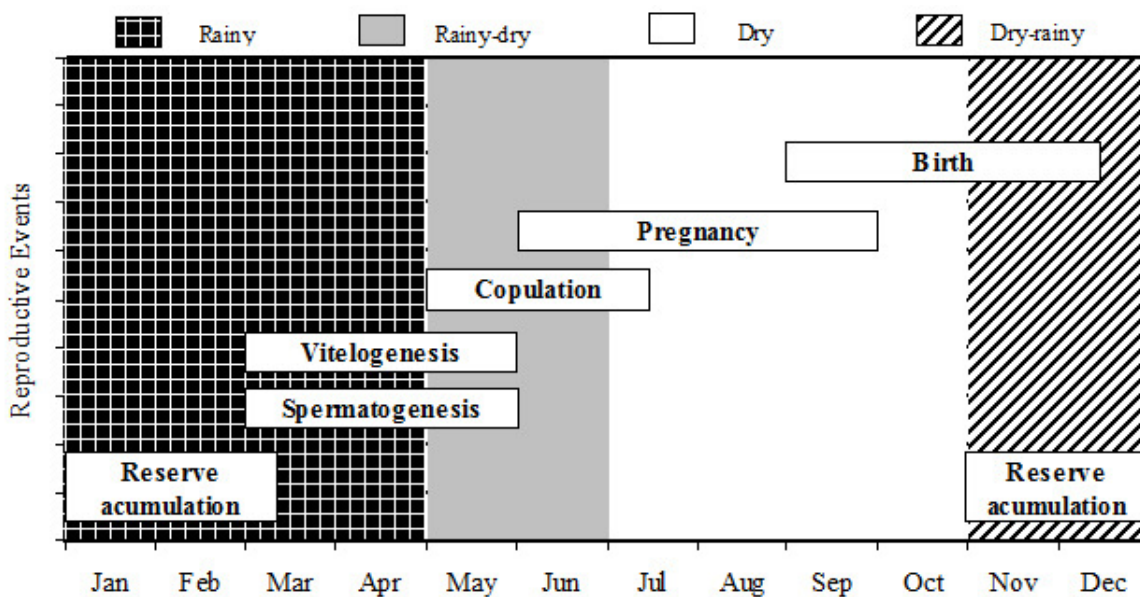


Figure 5 - Reproductive cycle of *P. motoro* and its main steps throughout the year.

Discussion

The numerical predominance of females over males occurred in practically every location examined in this study. The predominance of females was previously reported in other studies involving freshwater stingrays (Araújo, 1998; Charvet-Almeida, 2006 and Rincon, 2006).

This asymmetry in sexual proportions could be related to the following factors: (1) differences in the population structure among the locations examined; (2) selectivity of the fishing gear used or (3) some form of spatial segregation between the sexes. The movements associated to sexual segregation processes are common among elasmobranchs and pointed as factors that could influence reproductive success (Pratt & Carrier, 2005).

The tests carried out indicated significant statistical differences in size (disc width) when comparing *P. motoro* adult males and females. Freshwater stingrays are viviparous and consequently females need sufficient internal (ventral) space to accommodate the embryos, a factor which may also restrict fecundity (Holden, 1974). The occurrence of sexual dimorphism favoring the size of viviparous females has already been reported in previous studies on elasmobranchs (Babel, 1967; Lessa, 1982; Snelson *et al.*, 1988; Capapé, 1993; Garayzar *et al.*, 1994; Lasso *et al.*, 1996, Charvet-Almeida, 2006 and Rincon, 2006).

The Pearson Correlation Matrices of the male and female reproductive measurements indicated statistically significant correlations between all structures. These results reveal that along the sexual maturation process there is a simultaneous development in these structures. The observations regarding morphological differences in the reproductive organs separated well the three main sexual maturity stages and were very similar to those previously reported by Araújo (1998), Charvet-Almeida (2001; 2006) and Rincon (2006) for other potamotrygonids species.

Thorson *et al.* (1983) and Lasso *et al.* (1996) pointed that the representation of clasper length as a percentage of disc width was the best external indicator of sexual maturity for males. Lasso *et al.* (1996) observed that in *P. orbignyi* total clasper length values in relation to disc width were around 15.85% for the young, 24.63% for the sub-adults and 28.05% for adults. Rosa *et al.* (1987) has indicated that *Plesiotrygon iwamae* reached sexual maturity with a clasper size representing 20.45% of disc width. Later on, Charvet-Almeida (2001) showed that *P. iwamae* males reached sexual maturity with a clasper size representing approximately 21.25% of the disc width. When studying the

freshwater stingrays of the Xingu River (PA), Charvet-Almeida (2006) registered total clasper length as representing about 13% of the disc width in the young and 28% in adults of *P. leopoldi*. Considering all the results registered so far, it is clear that this parameter varies among species and within the same species according to the locations sampled. Despite being the most prevalent external indicator of sexual maturity in literature, the authors believe that this parameter should be used with caution and be associated to other macroscopic analysis data whenever possible. The bottleneck is that sometimes preliminary sexual maturity information is needed for live specimens, such as the ones in the ornamental trade. In this sense then, the proportion of clasper length in relation to disc width still remains a useful characteristic.

The great majority of *P. motoro* females exhibited the left ovarian as functional in terms of ovarian follicles production. A similar situation was reported for other freshwater stingray species (Castex 1963a; Castex & Maciel, 1965; Achenbach & Achenbach, 1976; Thorson *et al.*, 1983; Pratt, 1988; Lasso *et al.*, 1996; Araújo & Chao, 1997; Araújo, 1998; Charvet-Almeida, 2001; Charvet-Almeida *et al.*, 2005; Charvet-Almeida, 2006 and Rincon, 2006). The right ovaries analyzed were very evident, could easily be weighted, and were not only rudimental as observed for *P. circularis* (= *P. constellata*) (Thorson *et al.*, 1983). Nonetheless, eight specimens exceptionally exhibited both ovaries as functional. This fact had been previously registered only in *Potamotrygon leopoldi* (Charvet-Almeida, 2006).

Potamotrygon motoro exhibited an average ovarian fecundity that could be considered high for potamotrygonids and a much lower uterine fecundity. In some cases the lower values of uterine fecundity could have been derived from natural abortions which are frequent in this group. The occurrence of these abortions among species of the Potamotrygonidae family has been previously documented by Schomburgk (1843), Achenbach & Achenbach (1976), Charvet-Almeida (2001; 2006) and Charvet-Almeida *et al.* (2005).

The fecundities of *P. motoro* found on Marajó Island were far higher than those previously cited for this species in literature. Charvet-Almeida *et al.* (2005) observed the ovarian fecundity for this species between 6 and 11 ovarian follicles. Achenbach & Achenbach (1976) reported a uterine fecundity varying between 9 and 15 embryos, Thorson *et al.* (1983) observed between 6 and 7 embryos, whilst Charvet-Almeida *et al.* (2005) indicated a uterine fecundity of between 4 and 11 embryos for this species.

The maximum number of embryos (n = 21) encountered in a single female of *P. motoro* during this study is considered the highest uterine fecundity value yet registered for

freshwater stingrays. Previously, the largest number registered, was by Achenbach & Achenbach (1976) who observed up to nineteen young in *Potamotrygon brachyura*.

The division of the embryos into developmental stages, similar to that adopted by Charvet-Almeida (2006), facilitated the understanding of the reproductive cycle general steps, providing important indirect information on the birth period. The results showed that the probable birth size (disc width) would be around 101.21 mm, a value close to that observed in literature for other Potamotrygonidae (Araújo, 1998; Charvet-Almeida, 2001 and 2006).

The size (disc width) at maturity for *P. motoro* on Marajó Island was different from values previously indicated in literature for this specie. Thorson *et al.* (1983) estimated the maturity in males between 200 and 250 mm of disc width and between 240 and 320 mm in females. Charvet-Almeida *et al.* (2005) indicated that disc width at maturity was far higher in this specie, suggesting values of around 390 mm for males and 440 mm for females. Variations in maturity size are regularly found among freshwater stingrays and apparently can be accounted for reproductive differences between populations and variations in study regions (sampling locations).

The HSI and GSI indexes were essential in estimating the reproductive cycle of *P. motoro*. All evidences indicate that this species presents an annual cycle. The lowest values of HSI and the highest values of GSI occur simultaneously in the rainy-dry season transition (May-June). In this season, uterine eggs were observed along with the largest ovarian follicles diameter, both considered good indicators of vitellogenesis and copulation. In July, the lowest female GSI values were observed, indicating the end of the copulation period and the start of, or continuation of, the gestation period.

During this same month the lowest values of ovarian follicle diameter were encountered (coinciding with low GSI indexes). In September various females with fully-developed embryos (ready for birth) were observed. Considering this, it was understood that the gestation/birth period would take place between June and December. Birth probably occurs in the transitional rainy-wet season (November-December) or at the beginning of the rainy period, when the stingrays use the flooded areas as nurseries, for protection and development of their newborns.

In November the lowest male GSI values were recorded, females were observed to be at rest (post birth) or still bearing fully-developed embryos (eminent birth), characterizing well the end of the birth period for this particular specie on Marajó Island. Towards the end of December HSI values reached their highest values for both males and

females, indicating that these animals had already accumulated reserves in their livers to restart a new reproductive cycle.

Considering the two main events of the reproductive process (copulation and birth), one can conclude that *P. motoro* on Marajó Island uses the transitional rainy-dry season for copulation and the transitional dry-rainy season for giving birth to their offspring. Obviously, the reproductive cycle of all the individuals of this population is not perfectly synchronized and slight variations in the beginning and end of each step may occur. Due to this reason some overlapping of reproductive steps takes place along the reproductive process.

Acknowledgements

The leading author is grateful to The National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for his doctorate study grant.

References

- Achenbach, G.M. & Achenbach, S.V.M. 1976. Notas acerca de algunas especies de raya fluvial (Batoidei, Potamotrygonidae) que frecuentan el sistema hidrográfico del Paraná medio en el Departamento La Capital (Santa Fe- Argentina). Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino 8: 1-34.
- Araújo, M.L.G. 1998. Biologia Reprodutiva e Pesca de Potamotrygon sp. C (Chondrichthyes - Potamotrygonidae), no Médio Rio Negro, Amazonas. Master Thesis. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia & Universidade do Amazonas. 171 pp.
- Araújo, M.L.G. & Chao, L.N. 1997. Reproductive biology of freshwater stingray Potamotrygon sp, in middle rio Negro, Amazonas, Brazil. Proceedings of the International Symposium on Biology of Tropical Fish: 21.
- Babel, J.S. 1967. Reproduction, life history, and ecology of the round stingray, *Urolophus halleri* Cooper. The California Department of Fish and Game's Fish Bulletin 137: 1-104.
- Barthem, R.B. 1985. Ocorrência, distribuição e biologia dos peixes da baía de Marajó, estuário amazônico. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia 2 (1): 49-69.

- Barthem, R.B. & Goulding, M. 1997. Os Bagres Balizadores: ecologia, migração e conservação de peixes amazônicos. Brasília: Sociedade Civil Mamirauá. 130 pp.
- Brooks, D.R., Thorson, T.B. & Mayes, M.A. 1981. Freshwater stingrays (Potamotrygonidae) and their helminth parasites: testing hypotheses of evolution and coevolution. *Proceedings of the First Meeting of the Willi Hennig Society*: 147-175.
- Capapé, C. 1993. New data on the reproductive biology of the thorny stingray, *Dasyatis centroura* (Pisces: Dasyatidae) from off the Tunisian coasts. *Environmental Biology of Fishes* 38: 73-80.
- Castex, M.N. 1963a. La Raya Fluvial: notas historico-geograficas. Santa Fé: Librería y Editorial Castellví. 119 pp.
- Castex, M.N. 1963b. Observaciones sobre la raya de río *Potamotrygon motoro* (Müller y Henle). *Comunicaciones del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Hidrobiologia* 1 (2): 7-14.
- Castex, M.N. & Maciel, I. 1965. Notas Sobre la Familia Potamotrygonidae Garman 1913. *Dirección General de Recursos Naturales, Publicacion Tecnica* 14: 1-23.
- Charvet-Almeida, P. 2001. Ocorrência, Biologia e Uso das Raias de Água Doce na baía de Marajó (Pará-Brasil), com ênfase na biologia de *Plesiotrygon iwamae* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Master Thesis. Belém: Universidade Federal do Pará & Museu Paraense Emílio Goeldi. 213 pp.
- Charvet-Almeida, P. 2006. História Natural e Conservação das Raias de Água Doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) no Médio Rio Xingu, Área de Influência do Projeto Hidrelétrico de Belo Monte (Pará, Brasil). . PhD Thesis. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba. 475 pp.
- Charvet-Almeida, P., Araújo, M.L.G. & Almeida, M.P. 2005. Reproductive aspects of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Brazilian Amazon Basin. *Journal Of Northwest Atlantic Fishery Science* 35: 165-171.
- Compagno, L.J.V. & Cook, S.F. 1995. The exploitation and conservation of freshwater elasmobranchs: status of taxa and prospects for the future. *Journal of Aquaculture & Aquatic Sciences* 7: 62-90.
- Conrath, C.L. 2005. Reproductive biology. In: Musick, J.A. & Bonfil, R., eds. *Management techniques for elasmobranch fisheries Rome (Italy): FAO Fisheries Technical Paper (FAO)*, pp. 103-126.

- Conrath, C.L. & Musick, J.A. 2002. Reproductive biology of the dusky smooth-hound, *Mustelus canis*, in the northwest atlantic ocean. *Environmental Biology of Fishes* 64: 367-377.
- Cruz, M.E.M. 1987. Marajó, essa imensidão de ilha. São Paulo 111 pp.
- Dodd, J.M. 1983. Reproduction in cartilaginous fishes. In: Hoar, W.S., Randall, D.J. & Donaldson, E.M., eds. *Fish Physiology*. New York: Academic Press, pp. 31-95.
- Garayzar, C.J.V., Hoffmann, C.D. & Melendez, E.M. 1994. Tamaño y reproducción de la raya *Dasyatis longus* (Pisces: Dasyatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical* 42 (1): 375-377.
- Holden, M.J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. In: Harder-Jones, F.R., ed. *Sea Fisheries Research*. New York: John Wiley & Sons, pp. 117-137.
- Hubbs, C.L. & Ishiyama, R. 1968. Methods for the taxonomic studies and description of skates (Rajidae). *Copeia* 3: 483-491.
- Lasso, C.A., Rial, A.B. & Lasso-Alcalá, O. 1996. Notes on the biology of the freshwater stingrays *Paratrygon aiereba* (Müller & Henle, 1841) and *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Venezuelan llanos. *Aqua Journal of Ichthyology and Aquatic Biology* 2 (3): 39-52.
- Leonard, B.K., Summers, A.P. & Koob, T.J. 1999. Metabolic rate of embryonic little skate, *Raja erinacea* (Chondrichthyes: Batoidea): the cost of active pumping. *Journal of Experimental Zoology* 283: 13-18.
- Lessa, R.P.T. 1982. Biologie et dynamique des populations de *Rhinobatos horkelli* (Müller & Müller, 1841) du Plateau Continental du Rio Grande do Sul (Brésil). PhD Thesis. Paris: Université de Bretagne Occidentale. 238 pp.
- Martin, R.A. 2005. Conservation of freshwater and euryhaline elasmobranchs: a review. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85: 1049-1073.
- Maués, R.C.S. 2002. Aspectos da Biologia Reprodutiva e Padrões de Coloração da Raia de Água Doce *Potamotrygon orbignyi* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na Baía de Marajó - Pará - Brasil. Undergraduate monograph. Belém: Universidade Federal do Pará. 41 pp.
- Oddone, M.C. & Vooren, C.M. 2005. Reproductive biology of *Atlantoraja cyclophora* (Regan 1903) (Elasmobranchii, Rajidae) off southern Brazil. *Journal of Marine Science* 62 (6): 1095-1103.

- Peres, M.B. & Vooren, C.M. 1991. Sexual development, reproductive cycle and fecundity of the school shark *Galeorhinus galeus* off southern Brazil. *Fishery Bulletin* 89: 655 - 667.
- Pinto, J.A. 1987. *Biologia de Potamotrygon motoro* (Pisces; Rajiformes) do complexo lagunar de Viana - Maranhão. Undergraduate monograph. São Luis: Universidade Federal do Maranhão. 45 pp.
- Pratt, H.L. 1988. Elasmobranch gonad structure: a description and survey. *Copeia* 3: 719-729.
- Pratt, H.L. & Carrier, J.C. 2005. Elasmobranch courtship and mating behavior. *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: sharks, batoids and chimaeras*. Enfield, Science Publishers, Inc., pp. 129-169.
- Rincon, G. 2006. Aspectos taxonômicos, alimentação e reprodução da raia de água doce *Potamotrygon orbignyi* Castelnau (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) no rio Paranã-Tocantins. PhD Thesis. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. 98 pp.
- Rosa, R.S. 1985. A Systematic Revision of the South American Freshwater Stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). PhD Thesis. Williamsburg: College of William and Mary. 523 pp.
- Rosa, R.S., Castello, H.P. & Thorson, T.B. 1987. *Plesiotrygon iwamae*, a new genus and species of Neotropical freshwater stingray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Copeia* 2: 447 - 458.
- Sanyo Techno Marine. 1998. Draft final report for the fishery resources study of the Amazon and Tocantins River mouth areas in the Federative Republic of Brazil. Tokyo: Sanyo Techno Marine, 334 pp.
- Schomburgk, R.H. 1843. Fishes of British Guiana. In: Jardine, W., ed. *Naturalist's Library*. Edinburgh: W. H. Lizars, pp. 175-185.
- Snelson, F.F., Williams-Hooper, S.E. & Schmid, T.H. 1988. Reproduction and ecology of the Atlantic stingray *Dasyatis sabina*, in Florida coastal lagoons. *Copeia* 3: 729-739.
- Teshima, K. & Takeshita, K. 1992. Reproduction of the freshwater stingray, *Potamotrygon magdalenae* taken from the Magdalena River System in Colombia, South America. *Bulletin of the Seikai National Fisheries Research Institute* 70: 11-27.
- Thorson, T.B., Langhammer, J.K. & Oetinger, M.I. 1983. Reproduction and development of the South American freshwater stingrays, *Potamotrygon circularis* and *P. motoro*. *Environmental Biology of Fishes* 9(1): 3-24.

Wourms, J.P. 1977. Reproduction and development in chondrichthyan fishes. *American Zoologist* 17: 379-410.

Wourms, J.P., Grove, B.D. & Lombardi, J. 1988. The maternal-embryonic relationship in viviparous fishes. In: Hoar, W.S. & Randall, D.J., eds. *Fish Physiology*. San Diego: Academic Press, pp. 1-134.

CONCLUSÕES GERAIS ATINGIDAS PELA INTEGRAÇÃO DOS ARTIGOS

Potamotrygonidae caracteriza-se por ser um dos grupos de elasmobrânquios com maior crescimento no número de trabalhos efetuados recentemente e grupos de pesquisa atuantes no país. Apesar disso, infelizmente, caracteriza-se também historicamente, por ser um grupo com poucos trabalhos efetivamente publicados, apesar da quantidade de informações científicas existentes atualmente.

As informações científicas sobre raias de água doce, encontram-se no momento dispersas em diversas dissertações de mestrado, teses de doutorado, resumos de congressos científicos, relatórios internos de instituições e outros documentos não publicados. Estima-se que os dados formalmente publicados até o momento, não representem nem 1/3 dos dados atuais existentes para as diversas espécies. Especificamente para o estuário amazônico, existem raras publicações que tratam especificamente da família Potamotrygonidae.

Desta forma, a submissão / publicação de artigos científicos em periódicos especializados, mostra-se bastante relevante para o conhecimento atual do grupo nesta região geográfica.

O número de publicações possíveis provenientes dos resultados desta tese de doutorado é superior ao número de trabalhos apresentados neste documento. É importante citar que as características biológicas de reprodução e alimentação foram realizadas para as sete espécies capturadas durante o desenvolvimento desta tese. Infelizmente, por problemas de número amostral baixo, optou-se neste momento por não publicar todas as informações, mas sim agrupá-las com dados de outros autores em trabalhos futuros mais consistentes. Além disso, encontra-se em andamento a descrição das duas novas espécies amostradas no presente estudo, assim como a publicação dos resultados sobre usos e acidentes com raias de água doce, cujas informações também foram provenientes desta tese e que não estão sendo apresentadas neste documento.

Como parte desta tese, são apresentados quatro manuscritos científicos:

1. Diversidade de raias de água doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) do estuário amazônico: a lista mais atualizada até o momento citando quais as espécies de raias de água doce ocorrentes no estuário amazônico. Relevante do ponto de vista sistemático e taxonômico, já que traz como um dos resultados o registro da ocorrência de duas novas espécies e um novo gênero para ciência. As duas espécies

novas foram coletadas (resultados diretos) nas amostragens desta tese de doutorado e no momento se encontram em processo de descrição em colaboração com outros autores.

2. Reproduction of the Freshwater Stingray *Potamotrygon motoro* (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) on Marajó Island (Pará, Brazil): Um trabalho de elevada importância, já que não existem dados publicados sobre esta espécie com ampla distribuição geográfica, interesse médico e ornamental na ilha do Marajó. Indubitavelmente as características de reprodução deste grupo mostram-se os “gargalos” para ações efetivas de conservação. Os resultados apresentados neste trabalho propiciaram determinar a estrutura de tamanho da população analisada, determinar os tamanhos de primeira maturação, caracterizar os estádios de maturidade sexual e de desenvolvimento embrionário, demonstrar a importância de características dos aparelhos reprodutivos na determinação do ciclo reprodutivo, e, principalmente, descrever detalhadamente o ciclo reprodutivo desta espécie na região. Este trabalho gera informações biológicas atualizadas (com metodologias de análise modernas) que poderão auxiliar na formação de políticas públicas e ações de conservação para a espécie.
3. Description of the diet of *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) on Marajó Island (Pará, Brazil): Este trabalho constitui o primeiro estudo sobre aspectos alimentares de raias de água doce no estuário amazônico. Como resultados mais importantes poder-se-ia citar a importância da utilização de uma metodologia descrita como sendo a mais adequada para o estudo de alimentação em elasmobrânquios (Índice Relativo de Importância de Pinkas - IRI). Como resultado principal o trabalho demonstrou a plasticidade alimentar de *P. motoro* na ilha de Marajó, traçando um paralelo com os processos de adaptação aos ambientes característicos desta espécie.
4. Fatores que afetam a distribuição e abundância das raias na ilha do Marajó, foz do rio Amazonas: este trabalho mostra os resultados obtidos pela pescaria experimental na ilha de Marajó, com variadas artes de pesca e em diferentes regiões. Entre outros detalhes, relaciona variáveis ambientais (salinidade, oxigênio dissolvido, condutividade, pH e temperatura) com a distribuição das espécies na ilha de Marajó.

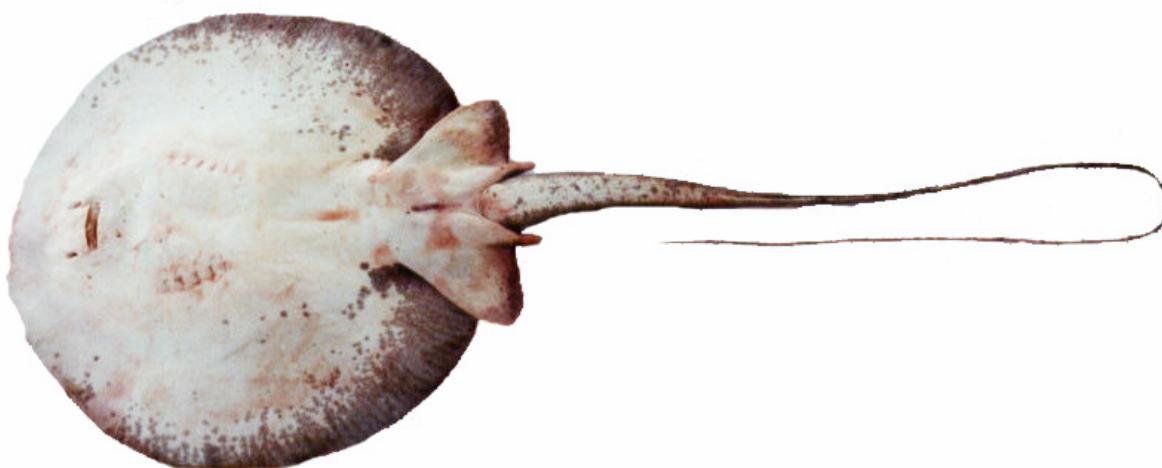
Traz como principais resultados a captura de uma quantidade expressiva de raias, tanto em número como em diversidade, capturando inclusive duas espécies novas para ciência. O trabalho demonstra que existe uma diversificação de espécies, assim como uma diferença de eficiência de captura entre os locais amostrados. Análises estatísticas mostraram que o número de dias (esforço) e efeitos intrínsecos às regiões estudadas são determinantes na abundância de raias de água doce capturadas. Os resultados mostram também que ocorreram diferenças em tamanho (largura de disco) para a espécie *Potamotrygon motoro* entre os locais amostrados, indicando que animais de menor porte aparentemente se concentram nas áreas marginais externas da ilha de Marajó, enquanto que aqueles de maior porte e em processo de reprodução têm sua distribuição mais relacionada aos ambientes internos da ilha de Marajó (Lago Arari). Uma significativa contribuição deste trabalho é demonstrar que a família Potamotrygonidae, assim como outros elasmobrânquios, apresenta padrões de ocupação e uso de habitats diferenciados, efetuando tanto movimentos verticais como horizontais.

Assim sendo, a integração dos artigos submetidos traz uma contribuição relevante ao conhecimento sobre raias de água doce da ilha de Marajó. Além disso, outros dados gerados pela presente tese ainda serão futuramente publicados, incrementando o número de informações sobre estas raias.

ANEXOS

Anexo1 - Fotografias dorsais e ventrais ilustrativas das espécies de raias de água doce capturadas no presente estudo.

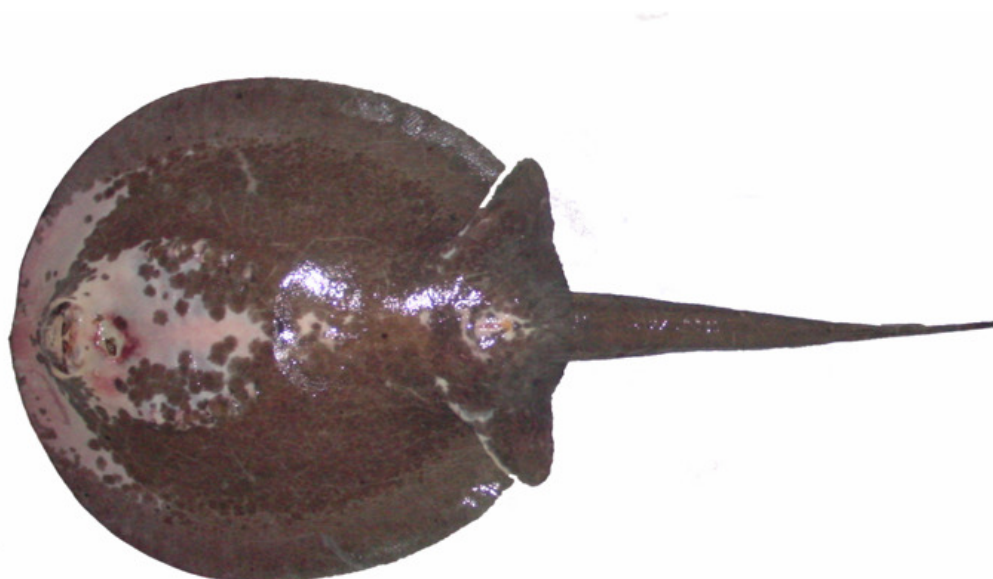
Anexo 1.1. Vista dorsal e ventral da espécie *Plesiotrygon iwamae*, capturada no presente estudo.



Anexo 1.2. Vista dorsal e ventral da espécie *Paratrygon aiereba*, capturada no presente estudo.



Anexo 1.3. Vista dorsal e ventral da espécie *Potamotrygon* sp1 (barriga-preta), capturada no presente estudo.



Anexo 1.4. Vista dorsal e ventral da espécie *Potamotrygon* sp2 (marajó), capturada no presente estudo.



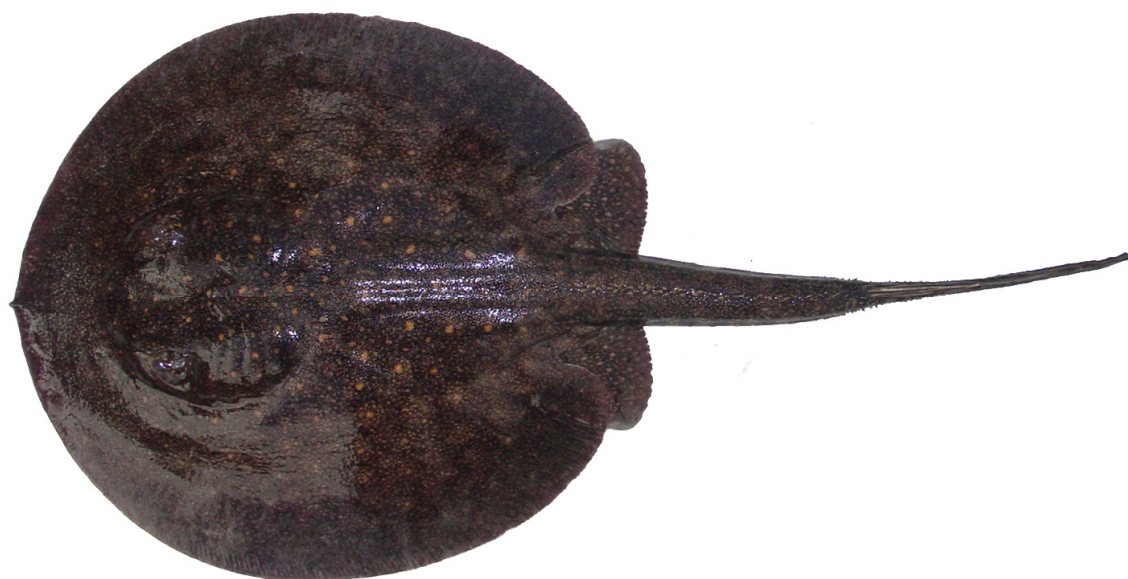
Anexo 1.5. Vista dorsal e ventral da espécie *Potamotrygon orbignyi*, capturada no presente estudo.



Anexo 1.6. Vista dorsal e ventral da espécie *Potamotrygon motoro*, capturada no presente estudo.



Anexo 1.7. Vista dorsal e ventral da espécie *Potamotrygon scobina*, capturada no presente estudo.



Anexo3- Mapa Planialtimétrico da ilha de Marajó.

