

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Biológicas
Departamento de Biologia
Programa de Pós-Graduação em Ecologia de
Ambientes Aquáticos Continentais

**Morfometria e ecologia de *Potamotrygon motoro* (Natterer in
Mueller & Henle, 1841) e *Potamotrygon falkneri* Castex &
Maciel, 1963 (Chondrichthyes:Potamotrygonidae) da planície
de inundação do alto rio Paraná, Brasil**

Maringá – PR

Março de 2006

Antonio Guilherme Cândido da Silva

**Morfometria e ecologia de *Potamotrygon motoro* (Natterer in
Mueller & Henle, 1841) e *Potamotrygon falkneri* Castex &
Maciel, 1963 (Chondrichthyes:Potamotrygonidae) da planície
de inundação do alto rio Paraná, Brasil**

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Ecologia de
Ambientes Aquáticos Continentais da
Universidade Estadual de Maringá,
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Ciências Ambientais.**

Orientador: Prof. Dr. Erivelto Goulart

Maringá – PR

Março de 2006

Morfometria e ecologia de *Potamotrygon motoro* (Natterer in Mueller & Henle, 1841) e *Potamotrygon falkneri* Castex & Maciel, 1963 (Chondrichthyes:Potamotrygonidae) da planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil

Resumo

Potamotrygonidae constitui o único grupo de Chondrichthyes cujo hábitat está restrito exclusivamente a águas continentais. Na planície de inundação do alto rio Paraná, esta família foi introduzida após o fechamento das comportas da usina hidrelétrica de Itaipu, a jusante. Avaliaram-se morfometricamente indivíduos de *Potamotrygon motoro* (Natterer in Mueller & Henle, 1841) e *Potamotrygon falkneri* Castex & Maciel, 1963 capturados nesta região. Utilizando medidas corporais, foram calculados índices, na forma de porcentagem da largura de disco de cada indivíduo. Também se estimou o tamanho com que os machos atingem a maturidade gonadal e se calcularam os coeficientes de alometria para os caracteres avaliados. Os resultados indicaram, para *P. motoro*, maior tamanho proporcional da cauda, nadadeira pélvica e de estruturas relacionadas com a cavidade oro-branquial. Observaram-se diferenças também entre os sexos de ambas as espécies. Foi feita associação a dados alimentares. Estudos posteriores de morfologia funcional e ecomorfologia poderão esclarecer o significado das diferenças morfométricas para o modo de vida destas espécies.

Palavras-chave: Myliobatiformes, alometria.

Abstract

Potamotrygonidae is the only Chondrichthyes group restricted exclusively to freshwater. This family was introduced in Upper Paraná River system after the closing of Itaipu Dam. Morphometric analysis was made considering Potamotrygon motoro (Natterer in Mueller & Henle, 1841) and Potamotrygon falkneri Castex & Maciel, 1963 sampled in that area. Indexes were calculated based on body measures, as percentage of disc width of each individual. Differential growth was evaluated by allometric coefficients and male size at gonadal maturation was estimated. P. motoro presented larger tail, pelvic fins and structures related to oro-faringean cavity. Gender differences were observed for both species Data related to diet were associated. Posterior studies on functional morphology and ecomorphology are believed to point the meaning of morphometric differences to these species' ecological interactions.

Key words: Myliobatiformes, allometry.

Agradecimento

Agradeço aos que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho: aos pescadores Tião e Alfredo, pelo imprescindível apoio na coleta; ao Prof. Dr. Marcelo R. de Carvalho, pela colaboração na identificação das raias; ao Prof. Dr. Erivelto Goulart e aos colegas Dr. Edson F. de Oliveira e Alessandra P. Lonardoní, pelo valioso apoio em todas as etapas do estudo; ao NUPELIA e à UEM, pelo apoio logístico.

Sumário

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	5
3. Metodologia.....	6
3.1. Área de Estudo.....	6
3.2. Coleta e análise dos dados.....	7
4. Resultados.....	11
4.1. Comparação morfométrica entre <i>Potamotrygon falkneri</i> e <i>P. motoro</i>	11
4.2. Comparação entre machos e fêmeas de <i>Potamotrygon falkneri</i>	13
4.3. Comparação entre machos e fêmeas de <i>Potamotrygon motoro</i>	14
4.4. Coeficientes de alometria.....	16
5. Discussão.....	18
5.1. Abundância e instrumentos de pesca.....	18
5.2. Morfometria de <i>Potamotrygon falkneri</i> e <i>P. motoro</i>	19
5.3. Desenvolvimento pós-natal e crescimento alométrico.....	23
6. Conclusões.....	24
7. Referências.....	25

1. Introdução

Chondrichthyes são caracterizados pelo esqueleto cartilaginoso. Atualmente, o grupo é organizado em duas Subclasses – Elasmobranchii (tubarões e raias) e Holocephali (quimeras) (Orr, 1986; Storer *et al.*, 1991).

Camhi *et al.* (1998) mencionam algumas características do ciclo de vida do grupo: baixa fecundidade, jovens precoces e grandes, crescimento lento, maturidade tardia, vida longa e elevada sobrevivência em todas as classes etárias. O grupo pode, de forma geral, ser caracterizado como K-estrategista. A estratégia reprodutiva, associada à posição de ápice nas cadeias alimentares (Pough *et al.*, 1999), determina a presença destes animais em pequenas densidades nos seus habitats (Camhi *et al.*, 1998). Desta forma, apresentam dificuldade em recuperar-se da redução promovida nos estoques pela exploração ou pela alteração/destruição de habitat (Hoenig e Gruber, 1990). Isto sugere medidas de manejo mais conservadoras, a fim de prevenir a sobrepesca.

Elasmobrânquios são animais predominantemente marinhos. Os que habitam águas continentais apresentam adaptações diversas relacionadas à vida nestes ambientes. Compagno e Cook (1995) agruparam as espécies de ambientes dulcícolas em quatro categorias: 1) marginais; 2) salobra-marginais; 3) eurialinas e 4) obrigatórias de água doce.

Espécies marginais têm habitat predominantemente marinho, na região costeira, mas circulam por águas salobras da foz de rios. Contudo, não são encontrados longe da zona de influência das marés, nos trechos mais altos dos rios. São exemplos tubarões *Glyphis spp.* e a raia *Dasyatis americana*.

Espécies salobra-marginais habitam a foz de rios, na zona de influência das marés. Não toleram ambiente marinho, mas também não são circulam pelos trechos mais altos de rios. *Himantura schmardae* (Dasyatidae) é a única espécie incluída nesta categoria.

Indivíduos de espécies eurialinas estão presentes em ambiente marinho costeiro, na foz de rios, em lagoas conectadas com o mar, e mesmo em trechos altos de rios, distante da influência das marés. Compõem este grupo os tubarões

Carcharhinus leucas e *Glyphis spp.*, os peixes-serras *Pristidae* e algumas raias *Dasyatidae*.

Espécies obrigatórias de água doce são encontradas somente distante da zona de influência das marés, embora algumas possam tolerar água salobra por períodos variáveis. Estão neste grupo algumas raias *Dasyatidae* e possivelmente o tubarão *Glyphis gangeticus* (Muller & Henle) 1839. A única família totalmente incluída nesta categoria é *Potamotrygonidae* (Compagno e Cook, 1995).

As primeiras descrições científicas, do século XIX, incluem as raias continentais nos gêneros marinhos *Raja*, *Pastinaca*, *Trygon*, *Taeniura* ou *Himantura* (Zorzi, 1995). Garman (1877 *apud* Zorzi, 1995) foi o primeiro a discriminar as raias continentais das relacionadas marinhas. Ele propôs a Subfamília *Potamotrygones* (*sic*) baseado na existência de um processo pré-pélvico exclusivo deste grupo. As principais características que distinguem a família são o hábitat exclusivamente continental; o achatamento dorso-ventral do corpo; o desenvolvimento das nadadeiras peitorais, que se unem anteriormente formando um disco; a presença do processo pré-pélvico; incapacidade de retenção de uréia; atrofia da glândula retal e modificação das ampolas de Lorenzini para operação em água doce (Rosa, 1985; Raschi e Mackanos, 1989; Zorzi, 1995; Dingerkus, 1995).

Rosa (1985) fez uma extensa revisão da família e estabeleceu 20 espécies válidas distribuídas em três gêneros – *Potamotrygon*, *Plesiotrygon* e *Paratrygon*, sendo os dois últimos monoespecíficos. Mould (1997) reconhece as espécies estabelecidas por Rosa e cita outras 4 (quatro) não descritas.

Os potamotrigonídeos apresentam boca, narinas e fendas branquiais totalmente ventrais e corpo achatado dorso-ventralmente – características compartilhadas com os demais representantes de *Myliobatiformes*. A boca de potamotrigonídeos possui dentes pequenos e pavimentosos (Britski *et al.*, 1999). Os olhos estão inseridos na face superior do disco, voltados lateralmente. Os espiráculos localizam-se ao lado dos olhos, posteriormente. Pelos espiráculos, dorsais, é feita a tomada de água para a câmara branquial.

Não há nadadeiras dorsais nem caudal. As nadadeiras peitorais são carnosas e superdimensionadas, unindo-se anteriormente e formando um disco

circular ou subcircular. As nadadeiras pélvicas têm formato triangular e ficam quase completamente escondidas pelas peitorais quando o animal repousa – exceção feita para *Plesiotrygon iwamae* (Carvalho *et al.*, 2003). Os machos dispõem de um par de cláspes – apêndices das nadadeiras pélvicas utilizados para a introdução do sêmen na cloaca da fêmea, durante a cópula.

Na cauda, superiormente, inserem-se os ferrões, em número variando de um a quatro, todos implantados no mesmo local. Os ferrões têm origem dérmica e parecem ser freqüentemente substituídos (Carvalho *et al.*, 2003). Dispõem de um sulco longitudinal mediano desde a base até a ponta. Nas bordas dos ferrões, lateralmente, há serras cujas pontas voltam-se anteriormente, em sentido oposto ao de entrada do ferrão – penetrando o tecido de outro organismo, o ferrão tem sua saída dificultada por esta estrutura. Os acidentes envolvendo raias continentais necessitam de atenção médica não apenas pela lesão mecânica causada pelo ferrão, mas também pela ação tóxica da peçonha (Haddad Jr., 2003,2004; Haddad Jr. *et al.*, 2004).

Potamotrigonídeos são endêmicos da América do Sul. Das vinte espécies reconhecidas por Rosa (1985), dezenove ocorrem em corpos hídricos brasileiros. De acordo com o autor, *Plesiotrygon iwamae* é restrita ao alto Amazonas. *Paratrygon aiereba* ocorre na maior parte da bacia amazônica, também sendo encontrada na bacia do rio Orinoco, Venezuela. O gênero *Potamotrygon* é o que apresenta a distribuição mais ampla: onze espécies ocorrem na bacia amazônica, incluindo o rio Tocantins; quatro parecem ser endêmicas às bacias de drenagem do rio Paraguai e ao baixo Paraná; *Potamotrygon signata* é aparentemente endêmica à bacia do rio Parnaíba; *P. magdalenae* é restrita às bacias dos rios Madalena e Atrato na Colômbia e *P. yepezi* tem distribuição restrita à bacia do rio Maracaibo na Venezuela.

Nas regiões norte e centro-oeste do Brasil, os estoques sofrem a pressão da pesca para o comércio de peixes ornamentais, somada à pesca negativa, relacionada à remoção de espécimes de praias fluviais exploradas pelo turismo (Araújo *et al.*, 2004a, 2004b).

Na planície de inundação do alto rio Paraná não eram capturados indivíduos de Potamotrygonidae. Os saltos de Sete Quedas, a jusante, agiam como uma barreira para a dispersão do grupo. Com o fechamento das comportas da usina

hidrelétrica de Itaipu, em 1982, esta barreira deixou de existir, possibilitando a migração de diversas espécies de peixes do baixo para o alto trecho do rio Paraná, incluindo três espécies de Potamotrygonidae – *Potamotrygon sp.*, *P. motoro* e *P. falkneri* (Agostinho *et al.*, 1997). Estes autores verificaram a presença de raias somente nas calhas do rio Paraná e dos seus tributários da margem direita, e em ambientes ligados a eles. Foram consideradas raras, sendo *P. motoro* relativamente mais abundante e mais amplamente distribuída – a única capturada em lagoas permanentes e temporárias.

É plausível que duas espécies filogeneticamente próximas, compartilhando o mesmo hábitat, adotem alguma estratégia para minimizar ou eliminar a competição por recursos. Neste caso, é possível que haja diferenças morfológicas entre as espécies, já que a anatomia está relacionada à maneira como os indivíduos relacionam-se entre si e com o ambiente. As relações entre forma e função são bem documentadas em peixes para uma ampla lista de características morfológicas (Gatz Jr., 1979).

Este trabalho teve o objetivo de avaliar morfometricamente algumas estruturas de *Potamotrygon motoro* (Natterer *in* Muller & Henle, 1841) e *Potamotrygon falkneri* Castex & Maciel, 1963, das populações que co-habitam na planície de inundação do alto rio Paraná, bem como associar os dados morfométricos a informações ecológicas relacionadas a alimentação e reprodução, disponíveis em publicações científicas.

2. Objetivos

- i) Caracterizar morfometricamente *Potamotrygon motoro* (Natterer in Muller & Henle, 1841) e *Potamotrygon falkneri* Castex & Maciel, 1963, das populações encontradas na planície de inundação do alto rio Paraná.
- ii) Identificar crescimento diferencial de estruturas durante o desenvolvimento pós-natal de *Potamotrygon motoro* e *P. falkneri*.
- iii) Associar os dados morfométricos a informações ecológicas relacionadas a alimentação e reprodução, disponíveis em referências literárias.

3. Metodologia

3.1. Área de estudo

As coletas aconteceram no sítio de PELD (Pesquisas Ecológicas de Longa Duração) estudado pela Universidade Estadual de Maringá na planície de inundação do alto rio Paraná, entre os estados do Paraná e de Mato Grosso do Sul. A primeira, de 29/07/2004 a 01/08/2004, foi realizada no ponto P-1, de coordenadas geográficas aproximadas $22^{\circ}46'53,59''\text{S}$ / $53^{\circ}21'19,97''\text{W}$, em um canal formado na extremidade sudoeste da ilha Mutum (figura 1). As capturas foram feitas em um trecho até 50m a jusante da ilha. A segunda coleta ocorreu entre os dias 26/01/2005 e 28/01/2005, nos pontos P-2 ($22^{\circ}45'02,27''\text{S}$ / $53^{\circ}18'00,09''\text{W}$) e P-3 ($22^{\circ}44'57,10''\text{S}$ / $53^{\circ}15'37,69''\text{W}$). Os pontos de coleta foram registrados em aparelho de navegação via satélite que opera o sistema de posicionamento global (GPS, sigla em inglês), modelo Garmin XL-12.

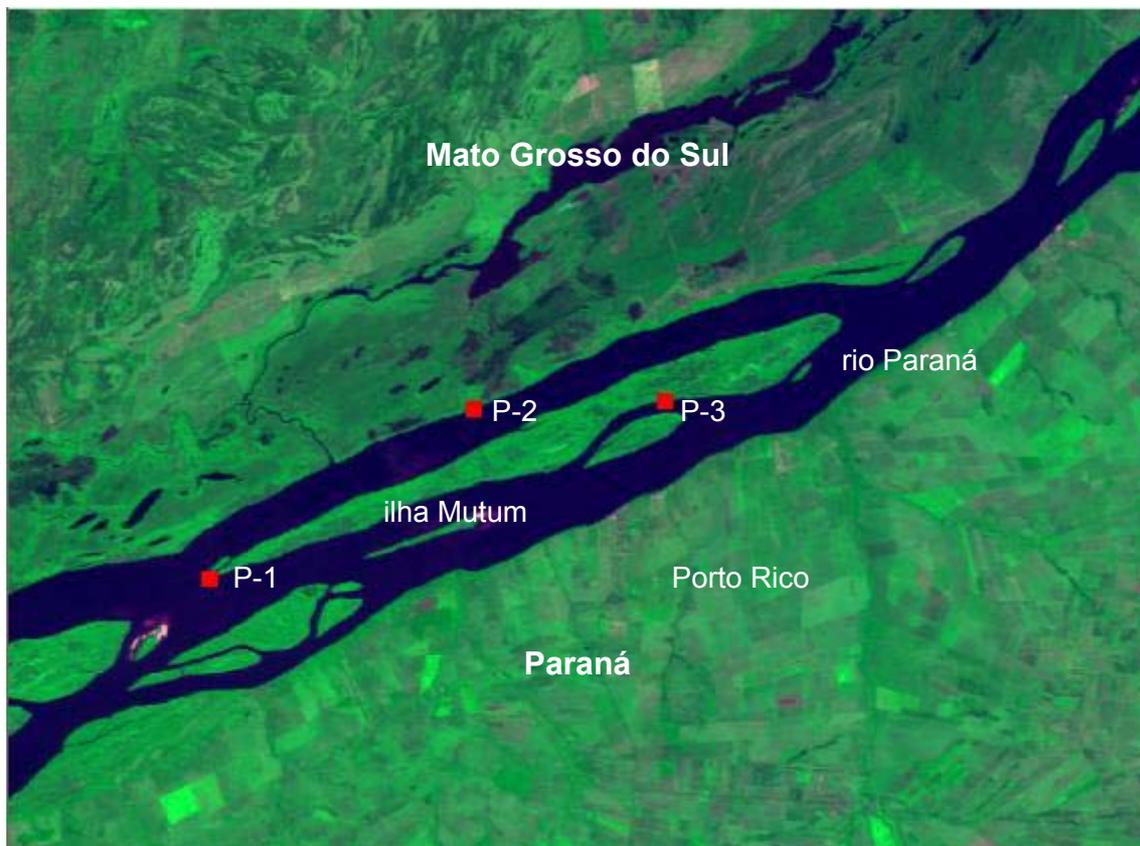


Figura 1. Imagem da região do rio Paraná, na divisa entre os estados do Paraná e de Mato Grosso do Sul, ilustrando os pontos de coleta (composição do satélite CBERS-2, de 27/02/2004, fornecida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE).

3.2. Coleta e análise dos dados

Para a captura das raias foram realizadas pescas embarcadas. No ponto P-1 foi feita pesca com anzol em linha de mão, caniço com molinete e arpão. Nos pontos P-2 e P-3 as capturas foram feitas com anzol em linha de mão, caniço com molinete e espinhel. Para os anzóis e espinhéis utilizaram-se iscas naturais.

Os animais foram identificados conforme Rosa (1985). A identificação foi confirmada pelo Dr. Marcelo R. de Carvalho através de fotografias. A massa dos indivíduos foi aferida em balança eletrônica com precisão de 0,1g. Medidas morfométricas, ilustradas nas figuras 2 e 3, foram tomadas com ictiômetro e paquímetro analógico, com precisão de 1mm. Todas estas e a aferição de massa foram realizadas com os indivíduos ainda frescos. A unidade de medida utilizada foi o centímetro (cm) e a de massa foi o grama (g).

As seguintes características foram anotadas:

Ct = Comprimento total

CDi = Comprimento do disco

LDi = Largura do disco

CEs = Comprimento do espiráculo

LEs = Largura do espiráculo

RoInt = Distância da margem anterior do disco à região interorbital

LBo = Largura da boca

CPel = Comprimento da nadadeira pélvica

LPel = Largura da nadadeira pélvica

DNas = Distância entre narinas

DFeI-V = Distância entre as fendas branquiais I-V

RoLb = Distância da margem anterior do disco à boca

CCa = Comprimento da cauda

CClo = Comprimento da cloaca

CCla = Comprimento do cláster

LCla = Largura do cláster

P = Peso úmido

Visando retirar o efeito do tamanho para a análise morfométrica, índices foram calculados para todas as medidas, convertendo-as para porcentagem da largura do disco (LDi). A análise dos dados foi feita baseada nos índices obtidos a partir

dos dados brutos, buscando-se verificar diferenças morfológicas entre as espécies e entre os sexos da mesma espécie. Para comparação entre médias, foi aplicado teste “t” de Student para amostras independentes, com nível de significância $p=0,05$.

A largura do disco em que machos de ambas as espécies atingem a maturidade gonadal foi estimada pelo tamanho relativo do cláster (considerado como a porcentagem da largura do disco). A proporção observada nos maiores machos foi considerada como sinal de maturidade gonadal. A largura do disco em que os machos atingem a maturidade gonadal foi estabelecida como aquela em que o tamanho proporcional do cláster se estabiliza, sendo o mesmo observado nos maiores machos.

Para avaliar o crescimento diferencial de estruturas nas espécies em pauta, foi calculado o coeficiente de alometria para cada caractere através de regressão linear, segundo o modelo exponencial $Y=a*X^b$, transformado na equação logarítmica $\log Y = \log a + b*\log X$, como proposto por Julian Huxley em 1924 (Gayon, 2000), sendo Y: característica cujo crescimento relativo é avaliado; X: largura do disco (característica de referência); a: valor da origem no eixo das ordenadas e b: coeficiente de alometria. O pacote estatístico utilizado foi o STATISTICA 6.0.

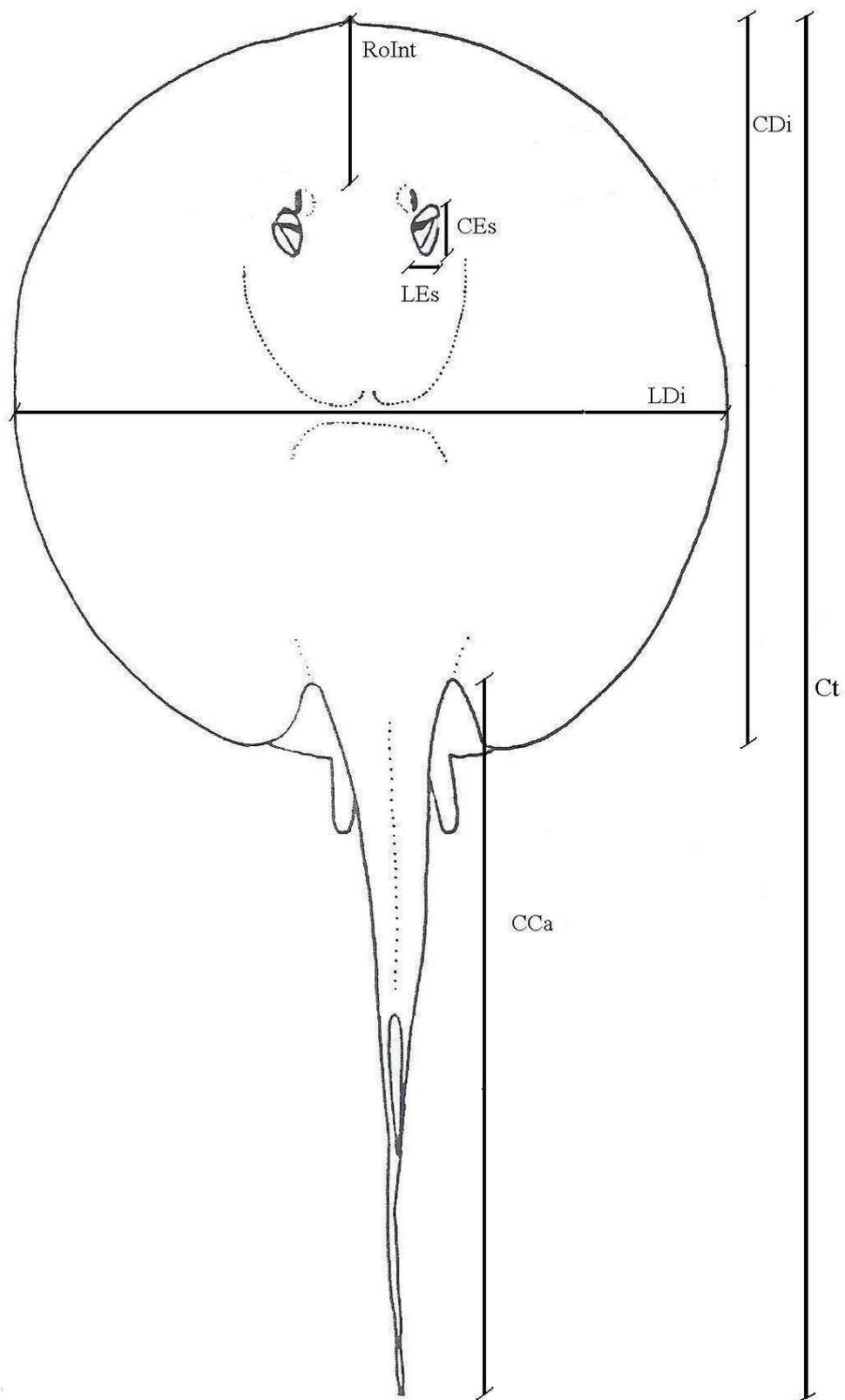


Figura 2. Representação esquemática indicando as medidas tomadas na face dorsal (modificado de Rosa, 1985).

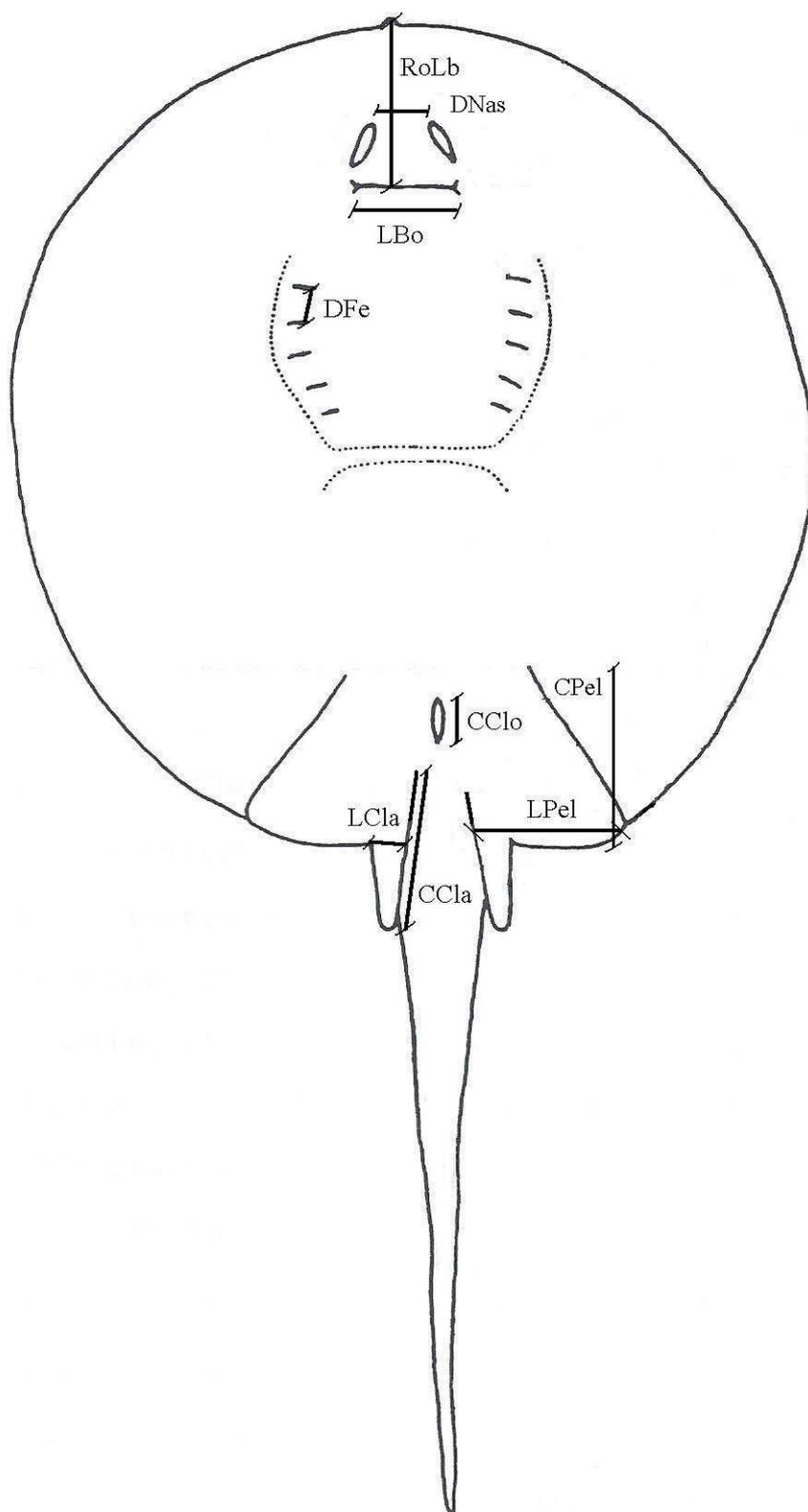


Figura 3. Representação esquemática indicando as medidas tomadas na face ventral (modificado de Rosa, 1985).

4. Resultados

4.1. Comparação morfométrica entre *Potamotrygon falkneri* e *P. motoro*.

Foram capturados e analisados 31 indivíduos na primeira viagem a campo (julho – agosto de 2004) e 36 na segunda (janeiro de 2005), dos quais 50 de *Potamotrygon falkneri* e 17 de *Potamotrygon motoro* (figura 4), o que revelou maior abundância relativa de *P. falkneri* nas amostras – 74,63% em número e 87,03% em massa.

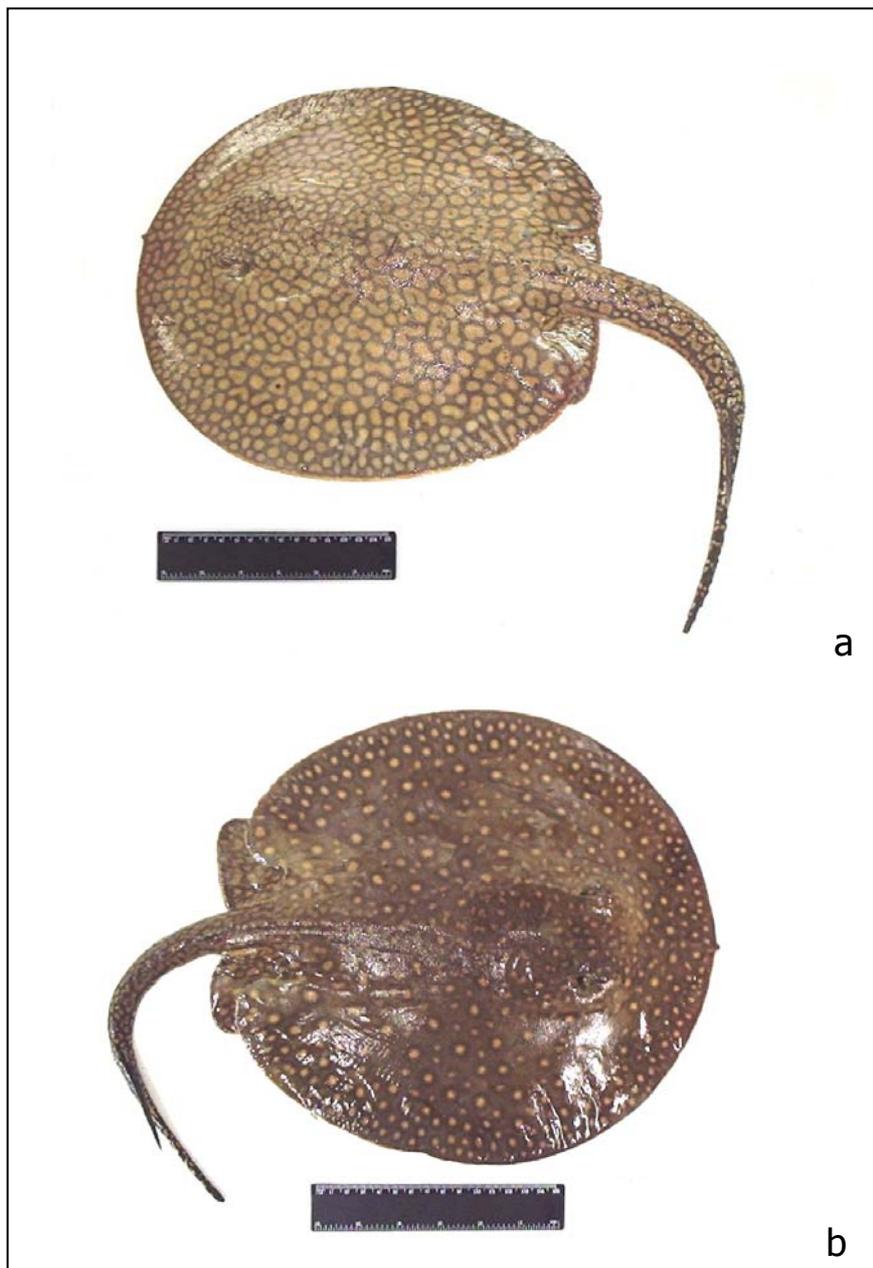


Figura 4. Exemplos coletados na planície de inundação do alto rio Paraná. a) *Potamotrygon falkneri*; b) *Potamotrygon motoro* (escala = 15cm).

A distribuição por classe de tamanho das duas espécies é exibida na figura 5. *Potamotrygon motoro* foi maioria entre os indivíduos menores, com largura de disco variando entre 16,0 e 22,5 cm. Contudo, desta espécie não foram capturados indivíduos com largura de disco superior a 35,5 cm.

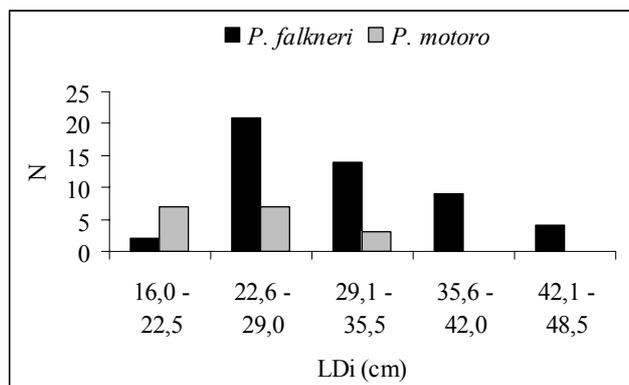


Figura 5. Distribuição, por classe de tamanho, de *Potamotrygon motoro* e *Potamotrygon falkneri* coletados na planície de inundação do alto rio Paraná.

A observação da figura 5 indica que indivíduos de *Potamotrygon falkneri* são maiores, considerando as amostras obtidas. Esta indicação se confirma pela aplicação do teste estatístico “t” de Student (tabela I).

Tabela I. Valores médios de largura de disco e de massa de *Potamotrygon motoro* e *Potamotrygon falkneri*, analisados com teste “t” de Student (gl=65).

Variável (média)	<i>P. motoro</i>	<i>P. falkneri</i>	Valor de t
Largura do disco (cm)	23,98	31,55	t = -4,22 p = 0,00
Peso úmido (g)	711,58	1.623,08	t = -3,09 p = 0,00

Os índices calculados para ambas as espécies a partir dos dados morfométricos foram comparados, e os valores que apresentaram diferença significativa estão relacionados na tabela II. O erro padrão das médias foi maior para *P. motoro* devido, pelo menos em parte, ao menor número de indivíduos coletados. Também estão relacionados os índices que, julgou-se, apresentaram um indicativo de diferença entre as espécies, embora o valor estatístico de “p” tenha superado o nível de significância previamente estabelecido.

Tabela II. Médias dos índices calculados a partir dos dados morfométricos de *Potamotrygon falkneri* e *P. motoro*, analisados com teste “t” de Student (gl=65).

Variável	<i>P. motoro</i>	<i>P. falkneri</i>	Valor de t	
CCa	0,9754	0,9290	t=2,18	p=0,03
LBo	0,0871	0,0826	t=1,45	p=0,15
CPel	0,2399	0,2314	t=1,57	p=0,12
CClo	0,0489	0,0526	t=1,48	p=0,14
DNas	0,0846	0,0789	t=5,72	p=0,00
CEs	0,0676	0,0585	t=3,63	p=0,00
LEs	0,0441	0,0370	t=3,20	p=0,00
DFeI-V	0,1599	0,1512	t=2,86	p=0,01

4.4. Comparação entre machos e fêmeas de *Potamotrygon falkneri*.

Considerando somente *Potamotrygon falkneri*, observou-se que a proporção de captura entre os sexos foi de 50% de machos para 50% de fêmeas. O tamanho, considerando a largura do disco, variou entre 18,9 e 40,3 cm para os machos e entre 23,5 e 48,2 cm para as fêmeas. O peso úmido dos machos variou entre 298,5 e 3.019,2 g e o das fêmeas, entre 538,3 e 6.230,0 g.

A figura 6 mostra que para as amostras coletadas, as fêmeas foram maioria nas classes de maior tamanho. Observe-se que na classe de maior tamanho aparecem apenas fêmeas.

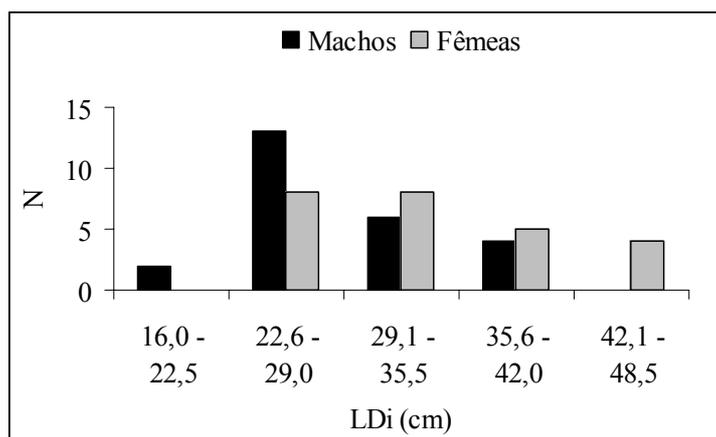


Figura 6. Distribuição, por classe de tamanho e por sexo, dos indivíduos de *Potamotrygon falkneri* coletados na planície de inundação do alto rio Paraná.

Notou-se diferença de tamanho entre os machos e fêmeas desta espécie, observada na tabela III, que apresenta os valores médios de largura do disco e de peso úmido para *P. falkneri*.

Tabela III. Valores médios de largura de disco e de massa de *Potamotrygon falkneri*, separados por sexo e analisados com teste “t” de Student (gl=48).

Variável (média)	Machos	Fêmeas	Valor de t	
LDi (cm)	28,58	34,52	t = -3,3415	p = 0,0016
P (g)	1.129,83	2.116,32	t = -3,1820	p = 0,0026

Para os machos menores (com largura do disco variando entre 18,9 e 24,9 cm) o tamanho relativo médio do cláspere foi de 11,22% (Tabela IV). O valor médio para os indivíduos maiores (largura do disco variando entre 26,8 e 40,3 cm) foi de 19,99%, sendo considerado característico de machos sexualmente maduros.

Tabela IV. Tamanho médio do cláspere de *Potamotrygon falkneri* em relação à largura do disco.

Largura do disco (cm)	Comprimento médio do cláspere (cm)	Tamanho relativo do cláspere (%)
18,9 – 24,9	2,61	11,22
26,8 – 40,3	6,24	19,99

A utilização dos índices objetivou identificar diferenças morfológicas entre machos e fêmeas, visando eliminar a influência do tamanho. Os valores médios para *Potamotrygon falkneri*, bem como o resultado, com significância, do teste “t” de Student aplicado, são apresentados na tabela V.

Tabela V. Médias dos índices calculados a partir dos dados morfométricos de *Potamotrygon falkneri*, separados por sexo e analisados com teste “t” de Student (gl=48).

Variável	Machos	Fêmeas	Valor de t	
RoLb	0,2306	0,2237	t=2,92	p=0,0
CClo	0,0476	0,0575	t=-5,04	p=0,0
DNas	0,0805	0,0774	t=3,73	p=0,0
LEs	0,0344	0,0395	t=3,47	p=0,0

4.3. Comparação entre machos e fêmeas de *Potamotrygon motoro*.

Considerando somente *Potamotrygon motoro*, observou-se que a proporção entre os sexos, para as duas coletas, foi de 70,59% de machos para 29,41%

de fêmeas. O tamanho, considerando a largura do disco, variou entre 16,4 e 32,9 cm para os machos e entre 17,0 e 29,5 cm para as fêmeas. O peso úmido dos machos variou entre 243,7 e 1.488,9 g e o das fêmeas, entre 238,3 e 985,3 g.

A figura 7 mostra que os machos foram maioria em todas as classes de tamanho da amostra.

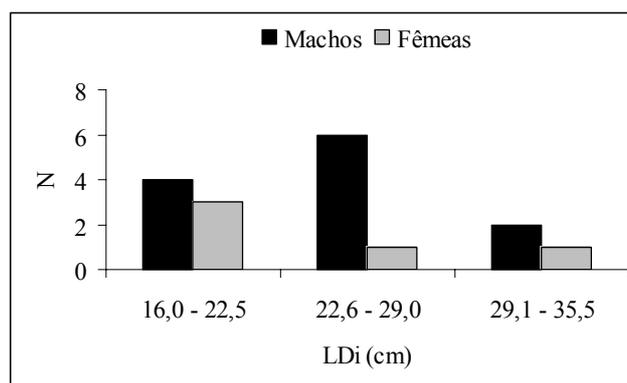


Figura 7. Distribuição, por classe de tamanho e por sexo, dos indivíduos de *Potamotrygon motoro* coletados na planície de inundação do alto rio Paraná.

Não houve diferença de tamanho entre os sexos para os indivíduos coletados, como mostra a tabela VI.

Tabela VI. Valores médios de largura de disco e de massa de *Potamotrygon motoro*, separados por sexo e analisados com teste “t” de Student (gl=15).

Variável (média)	Machos	Fêmeas	Valor de t	
LDi (cm)	24,47	22,80	t = 0,6838	p = 0,5045
P (g)	757,36	601,72	t = 0,8060	p = 0,4329

Para os machos menores (com largura do disco variando entre 16,4 e 24,9cm) o tamanho relativo médio do cláasper foi de 14,25% (Tabela VII). O valor médio para os indivíduos maiores (largura do disco variando entre 28,8 e 32,9cm) foi de 21,12%, sendo considerado característico de machos sexualmente maduros.

Tabela VII. Tamanho médio do cláasper de *Potamotrygon motoro*, em relação à largura do disco.

Largura do disco (cm)	Comprimento médio do cláasper (cm)	Tamanho relativo do cláasper (%)
16,4 – 24,9	3,22	14,25
28,8 – 32,9	6,47	21,12

A utilização dos índices buscou identificar diferenças morfológicas entre machos e fêmeas, eliminando a influência do tamanho. Os valores médios para *Potamotrygon motoro*, bem como os resultados próximos do nível de significância do teste “t” de Student aplicado são apresentados na tabela VIII.

Tabela VIII. Médias dos índices calculados a partir dos dados morfométricos de *Potamotrygon motoro*, separados por sexo e analisados com teste “t” de Student (gl=15).

Variável	Machos	Fêmeas	Valor de t	
CClo	0,0463	0,0554	t=1,97	p=0,0
RoLb	0,2617	0,2691	t=1,59	p=0,1

4.4. Coeficientes de alometria.

As tabelas IX e X apresentam os coeficientes de alometria para as populações amostradas de *P. motoro* e *P. falkneri*. Observa-se a indicação de mudanças na forma dos indivíduos de ambas as espécies durante o processo de crescimento. Valores maiores que 1 refletem crescimento alométrico positivo, indicando que a estrutura em questão cresce mais que o corpo todo. Coeficientes de alometria inferiores a 1 indicam crescimento alométrico negativo, e os iguais a 1, crescimento isométrico.

Tabela IX. Coeficientes de alometria de *P. motoro*, calculados em relação à largura do disco.

Caractere	Coeficiente de alometria
CDi	1,02
CCa	0,93
LBo	1,31
RoInt	0,95
RoLb	0,91
CPel	1,31
LPel	0,84
CClo	1,19
DNas	0,91
CEs	1,06
LEs	0,87
DFeI-V	0,84

Para *P. motoro* observou-se crescimento alométrico positivo para comprimento de disco, largura de boca, comprimento da nadadeira pélvica, comprimento da cloaca e comprimento do espiráculo. Notou-se crescimento alométrico negativo para comprimento da cauda, distância entre margem anterior do disco e boca, distância margem anterior do disco e região interorbital, largura da nadadeira pélvica, distância entre as narinas, largura do espiráculo e distâncias entre as fendas branquiais I e V.

Tabela X. Coeficientes de alometria de *P. falkneri*, calculados em relação à largura do disco.

Caractere	Coefficiente de alometria
CDi	1,04
CCa	0,83
LBo	1,30
RoInt	1,00
RoLb	0,91
CPel	1,07
LPel	0,94
CClo	1,29
DNas	0,92
CEs	1,00
LEs	1,37
DFeIV-V	1,04

Para *P. falkneri* observou-se crescimento alométrico positivo para comprimento de disco, largura de boca, comprimento da nadadeira pélvica, comprimento da cloaca, largura do espiráculo e distâncias entre as fendas branquiais I e V. Notou-se crescimento alométrico negativo para comprimento da cauda, distância entre margem anterior do disco e boca, largura da nadadeira pélvica e distância entre as narinas. Crescimento isométrico foi anotado para distância entre margem anterior do disco e região interorbital e para comprimento do espiráculo.

5. Discussão

5.1. Abundância e instrumentos de pesca

Agostinho *et al.* (1997) caracterizaram a ictiofauna da planície de inundação do rio Paraná, dentro do sítio do PELD (Pesquisas Ecológicas de Longa Duração), e utilizaram como aparelhos de pesca espinhéis, redes de espera e arrasto. Citaram a ocorrência de três espécies de raias (*Potamotrygon falkneri*, *Potamotrygon motoro* e *Potamotrygon sp.*), sendo todas consideradas raras pelos autores, com maior abundância relativa de *P. motoro*.

Luz *et al.* (2002) também avaliaram a composição ictiofaunística desta região, e a única espécie coletada durante o estudo foi *P. motoro*, a qual foi associada principalmente a canais e lagoas. Agostinho *et al.* (1997) também notaram que esta espécie foi a única capturada nestes ambientes.

A indicação destas espécies como raras certamente foi baseada em coletas com aparelhos que não selecionavam este grupo. Durante as expedições a campo feitas em julho/agosto de 2004 e janeiro de 2005 também foram coletadas três espécies (dezessete indivíduos de *Potamotrygon motoro*, cinquenta de *Potamotrygon falkneri* e um de *Potamotrygon hystrix*). A pesca foi realizada com anzol em linha de mão, caniço com molinete, fisga (arpão) e espinhel. A facilidade com que espécimes de *Potamotrygon falkneri* e *P. motoro* foram capturados indica que o *status* destas espécies como raras deve ser revisto. Apesar de não ter sido testada a seletividade de cada aparelho, é razoável inferir que o tamanho do anzol esteja diretamente relacionado ao tamanho do indivíduo capturado. Indivíduos maiores, em média, foram capturados pelos espinhéis, nos quais foram utilizados anzóis maiores. A pesca com arpão, por motivos claros, só é possível em ambientes rasos e com elevada transparência.

A falta de susceptibilidade de Potamotrygonidae às redes de espera pode ser explicada em parte pela forma do corpo. O formato discóide, com amplas expansões laterais, dificulta ou impede a passagem do animal pela malha. Além disto, estas raias têm potencial para realizar movimentos laterais sobre um eixo vertical quando tocam uma rede. Desta forma, somente redes com grande distância entre nós poderiam capturar indivíduos pequenos, ainda assim com eficácia questionável.

A diferença na abundância de Potamotrygonidae observada quase dez anos depois do trabalho de Agostinho *et al.* (1997) pode ser justificada pela diferença dos instrumentos de pesca utilizados. Mas, além disto, a estratégia reprodutiva geral dos Chondrichthyes (do tipo “K”) pode indicar a tendência de crescimento populacional lento de raias em ambiente não habitado anteriormente. É possível e bastante razoável que a densidade populacional de *Potamotrygon spp.* naquela região da planície de inundação do alto rio Paraná fosse menor há dez anos.

Thorson *et al.* (1983) anotaram a proporção sexual da prole de *Potamotrygon motoro* e *P. constellata* em amostras de indivíduos selvagens e de nascidos em cativeiro. Observaram um número relativamente maior de machos para ambas as espécies (55,6% para *P. motoro* e 56 % para *P. constellata*). Além disto, estes autores mencionam os dados de Babel (1967) e Breder e Krumholz (1941), que encontraram resultados semelhantes para algumas espécies marinhas dos gêneros *Dasyatis* e *Urolophus*.

Não foram feitas observações sobre a proporção sexual da prole de *P. motoro* e *P. falkneri*. Contudo, foi possível verificar a proporção sexual na amostra. Para os 50 indivíduos de *P. falkneri*, a distribuição dos sexos foi de 50% de machos e o mesmo de fêmeas. A proporção para *P. motoro* foi de 75% de machos e 25% de fêmeas, mas para esta espécie a pequena amostragem e os dados citados de Thorson *et al.* (1983) levam a questionar a representatividade da amostra.

5.2. Morfometria de *Potamotrygon falkneri* e *P. motoro*

Futuros estudos de morfologia funcional destas espécies, através de observações de campo e experimentos, servirão para testar todas as tendências e inferências sobre o desempenho das espécies no ambiente, baseadas nas diferenças morfológicas listadas.

A observação dos dados indicou algumas diferenças morfométricas entre as espécies. Nas amostras estudadas, os indivíduos de *P. falkneri* mostraram-se significativamente maiores que os de *P. motoro*. Mas os dados relacionados à diferença de tamanho entre os indivíduos das duas espécies devem ser

considerados com cautela, porque a amostragem de *P. motoro* foi reduzida e é possível que não represente a população de forma adequada.

A comparação morfométrica entre as duas espécies, baseada nos índices aplicados, sugeriu diferença no tamanho da câmara oro-branquial. Os índices (medidos como porcentagem da largura do disco) calculados a partir dos valores de distância longitudinal entre as fendas branquiais foram significativamente maiores em *P. motoro*. Esta tendência foi acompanhada pela medida da largura da boca. Contudo, a diferença observada não foi significativa, de acordo com o teste estatístico aplicado.

É plausível que duas espécies filogeneticamente próximas, compartilhando o mesmo hábitat, adotem alguma estratégia para minimizar ou eliminar a competição por recursos. Uma alternativa é a diferenciação de itens alimentares consumidos. Neste caso, é esperado que haja diferenças morfológicas entre as espécies, já que características morfológicas estão relacionadas à forma como os indivíduos relacionam-se entre si e com o ambiente. Relações entre forma e função são bem documentadas em peixes (Gatz Jr., 1979).

Pantano Neto (2001) avaliou a anatomia funcional relacionada à alimentação em *Potamotrygon motoro* e *P. henlei* capturadas no rio Cristalino, afluente do rio Araguaia, em sua margem esquerda, na região nordeste de Mato Grosso. O autor relatou capturar estas espécies no mesmo ponto, portanto no mesmo ambiente, tendo encontrado diferenças no hábito alimentar e descreveu algumas diferenças anatômicas do trato digestório entre *P. motoro* e *P. henlei*. A análise do conteúdo estomacal evidenciou que *P. motoro* se alimenta principalmente de organismos pequenos, como larvas de Chironomidae. A dieta de *P. henlei* é composta por organismos relativamente maiores, predominantemente Gastropoda, Actinopterygii e ninfas de Gomphidae (Odonata). Também relatou diferenças morfo-anatômicas entre os tratos digestórios de *Potamotrygon motoro* e *P. henlei*. Houve diferença significativa da largura da boca e da massa muscular envolvida na alimentação entre as espécies avaliadas. Em *P. henlei*, que se alimenta de presas maiores e mais rígidas, verificou maior largura de boca e a hipertrofia dos músculos envolvidos na compressão ou trituração da presa; em *P. motoro*, que se alimenta de presas menores, observou hipertrofia de músculos envolvidos na sucção das presas.

As diferenças de tamanho da câmara oro-branquial (indicado pela distância entre as fendas branquiais I e V) e da largura da boca podem indicar diferença na estratégia de obtenção de alimento entre *P. motoro* e *P. falkneri*. Lonardoni *et al.* (2005) analisaram o conteúdo estomacal dos mesmos indivíduos avaliados neste estudo. Observaram variação sazonal na dieta e também diferenças entre as espécies, registrando predomínio de peixes na alimentação de *P. falkneri* e de insetos aquáticos na de *P. motoro*. Os dados para esta espécie foram semelhantes aos observados por Pantano Neto (2001).

Também foram observadas diferenças significativas nos comprimentos proporcionais da cauda e da cloaca. A representatividade desta informação para a sistemática do grupo precisa de melhor avaliação, com amostras maiores de *P. motoro*. A partir da avaliação de mais indivíduos, o comprimento proporcional da cauda pode constituir um caráter discriminante entre as duas espécies.

Os dados também indicaram que *Potamotrygon motoro* têm espiráculos proporcionalmente maiores que os de *P. falkneri*. Thorson *et al.* (1983) atestaram que as populações de *P. motoro*, na Amazônia, têm espiráculos menores que os de *P. constellata*.

Características macroscópicas, como tamanho e nível de consolidação da cartilagem do cláster, são critérios aplicáveis à determinação da maturidade gonadal de elasmobrânquios machos (Thorson *et al.*, 1983; Braccini e Chiaramonte, 2002; Stobutzki *et al.*, 2002).

Thorson *et al.* (1983) estabeleceram o tamanho em que os machos de *Potamotrygon motoro* e *P. circularis* (sinonímia de *P. constellata*) atingem a maturidade gonadal, baseando-se no tamanho relativo do cláster (calculado como porcentagem da largura do disco) e na consolidação da sua estrutura cartilaginosa. Os autores lembram que esta característica pode ser facilmente observada e medida, sendo a melhor forma de determinação da maturidade gonadal de machos da maioria dos elasmobrânquios. Eles utilizaram para análise espécimes de populações selvagens da bacia amazônica, coletados no extremo oeste do Brasil e no sul da Colômbia, nas décadas de 1960 e 1970, e estabeleceram que machos de *P. constellata* atingem a maturidade gonadal com largura de disco variando entre 32 e 42 cm. Para os machos de

P. motoro, Castex (1963) *apud* Thorson *et al.*, (1983) observou que ocorreu a maturação gonadal em indivíduos com largura de disco de aproximadamente 31,9 cm. Contudo, Thorson *et al.* (1983) observaram um macho nascido em cativeiro que copulou e produziu prole com 25,5cm de largura de disco e 43 meses de idade. Considerando este fato e o tamanho proporcional do cláspere dos indivíduos coletados por eles, os autores estimaram que a maturação gonadal de machos de *P. motoro* aconteça com largura de disco entre 20 e 25 cm.

Seguindo o mesmo princípio, o tamanho em que os machos de *Potamotrygon falkneri* e *P. motoro* de populações selvagens da planície de inundação do alto rio Paraná atingem a maturidade gonadal foi preliminarmente estimado pela análise dos dados coletados. De acordo com os resultados já apresentados, é plausível considerar que machos de *Potamotrygon falkneri* da população avaliada atingem a maturidade gonadal com largura do disco variando entorno de 26 cm. Os dados para *P. motoro* indicaram a maturidade dos machos quando estes atingem largura do disco variando entorno de 28 cm. Estes dados estão próximos do estabelecido por Castex (1963 *apud* Thorson *et al.*, 1983). Contudo, dois espécimes, com largura de disco 22,4 e 24,1 cm dispunham de cláspere proporcionalmente grande e cuja estrutura cartilaginosa aparentemente permitiria a cópula. Estas medidas são semelhantes às apontadas por Thorson *et al.* (1983), podendo-se sugerir que a maturação gonadal dos machos de *P. motoro* da planície do alto rio Paraná ocorre entorno de 23 cm de largura de disco.

No presente estudo de *Potamotrygon falkneri* e *P. motoro* do alto rio Paraná não foram feitas avaliações do estágio de maturação das gônadas, não sendo possível fazer inferência sobre o tamanho em que as fêmeas destas espécies atingem a maturidade gonadal na área de estudo. Porém, Figueiredo (1977) observou que fêmeas de Chondrichthyes, em geral, atingem a maturidade gonadal com maior tamanho que os machos. Os dados de Thorson *et al.* (1983) confirmam esta informação para as populações de *Potamotrygon motoro* e *P. constellata* avaliadas por eles.

A comparação entre os sexos de *P. falkneri* baseada no teste “t” indicou que as fêmeas têm cloacas e espiráculos maiores que os machos. Estes têm maiores distâncias entre as narinas e entre a borda anterior do disco e a boca. Também, observou-se na amostra que as fêmeas eram significativamente maiores que os machos,

em média. Além disto, verificou-se um caractere qualitativo que pode compor dimorfismo sexual secundário para esta espécie – as fêmeas avaliadas apresentaram séries de espinhos nas laterais da cauda, em sua extremidade posterior. Em indivíduos menores, estes são dificilmente observados a olho nu, mas perceptíveis pelo tato. Nas maiores fêmeas capturadas, os espinhos não ultrapassaram um milímetro. Nos machos da espécie não foram encontrados os espinhos.

As diferenças morfométricas entre os sexos de *P. motoro* não foram significativas. Os dados apontaram para o maior comprimento da cloaca, bem como para a maior distância proporcional entre a margem anterior do disco e a boca nas fêmeas.

A constatação da existência de diferenças morfométricas entre os sexos sugere que a eventual identificação dos indivíduos baseada em medidas corporais deve considerar as variações intra-específicas relacionadas ao sexo.

5.3. Desenvolvimento pós-natal

O termo alometria foi estabelecido por Julian Huxley e Georges Teissier em 1936 (Gayon, 2000) e refere-se ao crescimento diferencial de partes do corpo de um organismo, em relação ao todo.

Grandes transformações morfométricas, bastante conspícuas, ocorrem durante o desenvolvimento pré-natal dos indivíduos (Thorson *et al.*, 1983), embora alterações mais sutis durante o crescimento sejam indicadas pelos dados. O crescimento alométrico positivo da cloaca pode estar relacionado ao processo de maturidade gonadal. Thorson *et al.* (1983) discutem a redução proporcional da cauda de potamotrigonídeos, indicando-a como resultado de pequenas mutilações na extremidade posterior causada por peixes predadores. Notou-se, nas populações estudadas e de acordo com a metodologia empregada, diferença entre as espécies, relacionada ao crescimento alométrico dos caracteres considerados.

6. Conclusões

Sugere-se que o *status* de espécies raras conferido a *P. motoro* e *P. falkneri* seja reconsiderado, já que os aparelhos de pesca utilizados nos estudos anteriores possivelmente apresentam restrições de captura de Potamotrygonidae.

As diferenças morfométricas relacionadas à boca e à cavidade oro-branquial parecem se relacionar à dieta diferente das espécies.

Os dados indicaram que fêmeas de *P. falkneri* são maiores que os machos da espécie, na área do estudo. Também são apontadas outras diferenças, como maior comprimento da cloaca das fêmeas e a presença de fileiras laterais de espinhos na cauda delas. O pequeno número amostrado de *P. motoro* não permitiu afirmar neste sentido.

É razoável considerar que machos de *P. falkneri* da população avaliada atingem a maturidade gonadal com largura do disco variando entorno de 26 cm. Os dados para *P. motoro* indicaram a maturidade gonadal dos machos quando estes atingem largura do disco variando entorno de 23 cm.

Estudos de morfologia funcional e ecomorfologia são recomendáveis para a melhor compreensão do significado das diferenças morfométricas encontradas entre as espécies.

7. Referências:

- Agostinho, A.A.; Júlio Jr., H. F.; Gomes, L. C.; Bini, L. M.; Agostinho, C. S. 1997. Composição, abundância e distribuição espaço-temporal da ictiofauna. *In: Vazzoler, A. E. A. M.; Agostinho, A. A.; Hahn, N. S. (eds.). A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.* Maringá, EDUEM, 179-208.
- Araújo, M.L.G.; Charvet-Almeida, P.; Almeida, M.P.; Pereira, H. 2004a. Freshwater stingrays (Potamotrygonidae): status, conservation and management challenges. Disponível em <www.cites.org/common/cttee/ac/20/E20-inf-08.pdf>. Acesso em 06/08/2004.
- Araújo, M.L.G.; Charvet-Almeida, P.; Almeida, M.P.. 2004b. Conservation status of freshwater stingrays (Chondrichthyes:Potamotrygonidae) in Brazilian Amazon. *In: Martin, R.A.; MacKinley, D. (eds.). Biology and Conservation of Freshwater Elasmobranchs. International Congress on the Biology of Fish Proceedings.* Disponível em <www-heb.pac.dfo-mpo.gc.ca/congress/2004/Elasmo/9AraujoConservationl.DOC>. Acesso em 30/08/2004.
- Braccini, J.M.; Chiaramonte, G.E. 2002. Biología de la raya *Psammobatis extensa* (Garman, 1913). **Revista Chilena de Historia Natural**, 75:179-188.
- Britski, H.A.; Silimon, K.Z.S.; Lopes, B.S. 1999. **Peixes do Pantanal. Manual de identificação.** Brasília, Embrapa - SPI. 184p.
- Camhi, M.; Fowler, S.; Musick, J.; Bräuntingam, A.; Fordham, S. 1998. **Sharks an their relatives – ecology and conservation.** IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 43p.
- Carvalho, M.R.; Lovejoy, N.R.; Rosa, R.S. 2003. Family Potamotrygonidae (river stingrays). *In: Reis, R. E.; Kullander, S. O. & Ferraris Jr., C. J. (Orgs.). Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America.* Porto Alegre, Edipucrs, 22-28.
- 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 and Aquatic Sciences**, VII:62-90.
- Dingerkus, G. 1995. Relationships of potamotrygonin stingrays (Chondrichthyes:Batiformes: Myliobatidae). **Journal of Aquaculture and Aquatic Sciences**, VII:32-37.
- Figueiredo, J.L. 1977. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. Introdução. Cações, raias e quimeras.** São Paulo, 104p.
- Gatz Jr., A. J. 1979. Ecological morphology of freshwater stream fishes. **Tulane Studies in Zoology and Botany**, 21(2):91-124.

- Gayon, J. 2000. History of the concept of allometry. **American Zoologist**, 40:748-758.
- Haddad Jr., V. 2003. Animais aquáticos de importância médica no Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 36(5):591-597.
- Haddad, Jr., V. 2004. Infecções cutâneas e acidentes por animais traumatizantes e venenosos ocorridos em aquários comerciais e domésticos no Brasil: descrição de 18 casos e revisão do tema. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, 79(2):157-167.
- Haddad Jr., V.; Neto, D.G.; Neto, J.B.P.; Marques, F.P.L.; Barbaro, K.C. 2004. Freshwater stingrays: study of epidemiologic, clinic and therapeutic aspects based on 84 envenomings in humans and some enzymatic activities of the venom. **Toxicon**, 43:287-294.
- Hoening, J.M., and S.H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. In: Pratt, Jr., H.L.; Gruber, S.H.; Taniuchi, T (eds.). **Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of fisheries**. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS 90, 1-16.
- Lonardoní, A.P.; Goulart, E.; Oliveira, E.F.; Abelha, M.C.F. 2005. Dieta de raias (Chondrichthyes – Potamotrygonidae) na planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. In: **XIV Encontro Anual de Iniciação Científica, Guarapuava - PR**. Anais. Guarapuava:UNICENTRO.
- Luz, K.D.G.; Oliveira, E.F.; Petry, A.C.; Julio Jr., H.F.; Pavanelli, C.S.; Gomes, L.C. 2002. Composição ictiofaunística da planície de inundação do alto rio Paraná. In: **II Workshop PELD, Maringá - PR**. Anais do II Workshop PELD, 2:102-106.
- 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 04/07/2004.
- Orr, R.T. 1986. **Biologia dos vertebrados**. São Paulo, Editora Roca. 508 p.
- Pantano Neto, J.P. 2001. Estudo preliminar da anatomia descritiva e funcional associada à alimentação em raias de água-doce (Potamotrygonidae, Myliobatiformes, Elasmobranchii). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo. 92p.
- Pough, F.H.; Heiser, J.B.; McFarland, W.N. 1999. **A vida dos vertebrados**. São Paulo, Editora Atheneu, 2ª ed. 798p.
- Raschi, W.; Mackanos, L. A. 1989. The structure of the Ampullae of Lorenzini in *Dasyatis garouaensis* and its implications on the evolution of the freshwater electroreceptive system. **Journal of Experimental Zoology**, Suppl. 2:101-111.
- Rosa, R.S. 1985. A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes:Potamotrygonidae). Tese de doutorado, College of William and Mary, Williamsburg. 523p.

- Stobutzki, I.C.; Miller, M.J.; Heales, D.S.; Brewer, D.T. 2002. Sustainability of elasmobranchs caught as bycatch in a tropical prawn trawl fishery – shrimp. **Fishery Bulletin**, 100:800-821.
- Storer, T.; Usinger, R.L.; Stebbins, R.C.; Nibakken, J.W. 1991. **Zoologia geral**. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 6ª edição. 816p.
- Thorson, T.B.; Langhammer, J.K.; Oetinger, M.I. 1983. Reproduction and development of the South American freshwater stingrays, *Potamotrygon circularis* e *P. motoro*. **Environmental Biology of Fishes**, 9(1):3-24.
- Zorzi, G.D. 1995. The biology of freshwater elasmobranchs: an historical perspective. **Journal of Aquaculture and Aquatic Sciences**, VII:10-31.