

Universidade Federal de Pernambuco  
Departamento de Zoologia  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal

DINÂMICA POPULACIONAL DA RAIA *Urotrygon microphthalmum* DELSMAN, 1941  
NO NORDESTE DO BRASIL.

JONES SANTANDER NETO

Recife

2015

Universidade Federal de Pernambuco  
Departamento de Zoologia  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal

DINÂMICA POPULACIONAL DA RAIA *Urotrygon microphthalmum* DELSMAN, 1941  
NO NORDESTE DO BRASIL.

JONES SANTANDER NETO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Biologia Animal da Universidade Federal de  
Pernambuco, para obtenção título de Doutor em  
Biologia animal.

Orientadora: Rosângela Lessa

Recife  
2015

Catálogo na Fonte:  
Bibliotecário Bruno Márcio Gouveia, CRB-4/1788

Santander Neto, Jones

Dinâmica populacional da Raia *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 no Nordeste do Brasil / Jones Santander Neto. – Recife: O Autor, 2015.

142. f.: il., fig., tab.

Orientador: Rosângela Paula Teixeira Lessa

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Pós-Graduação em Biologia Animal, 2015.

Inclui bibliografia

1. Raia 2. Dinâmica Populacional I. Lessa, Rosângela Paula Teixeira (orientador) 2. II. Título.

597.35

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2015-103

Universidade Federal de Pernambuco  
Departamento de Zoologia  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal

DINÂMICA POPULACIONAL DA RAIA *Urotrygon microphthalmum* DELSMAN, 1941  
NO NORDESTE DO BRASIL.

JONES SANTANDER NETO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da  
Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção título de Doutor em Biologia animal.

---

Prof(a). Dr(a). Rosângela Paula Teixeira Lessa - Orientadora  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Ricardo de Souza Rosa – Membro externo  
Universidade Federal da Paraíba

---

Prof. Dr. Francisco Marcante Santana da Silva - Membro externo  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Dr(a). Maria Lúcia Góes de Araújo - Membro externo  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof(a). Dr(a). Renata Akemi Shinozaki Mendes - Membro externo  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dr. Rodrigo Augusto Torres - Membro interno  
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho à  
conservação dos elasmobrânquios.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco e, em especial, ao professor André Esteves por estar sempre me auxiliando e me alertando sobre como proceder em todo este período;

À FACEPE pela concessão de bolsa de doutorado (IBPG-0934-2.04/10);

À prof<sup>a</sup>. Rosângela Lessa, por aceitar me orientar mais uma vez e dividir diversos ensinamentos sobre os elasmobrânquios, bem como por me guiar pelo caminho da conservação de uma forma que eu jamais poderia imaginar. Serei sempre grato por esta oportunidade;

Aos parceiros de trabalhos na tese Dante Freitas, Maria Lúcia e Francisco Marcante muito obrigado pelo tempo concedido e pelos diversos ensinamentos, auxílios e discussões, vocês foram fundamentais;

Aos pescadores Diego e Merinho pelo auxílio e coleta de exemplares, além do aprendizado durante esse período;

Aos amigos com quem pude sempre trocar idéias sobre elasmobrânquios e me ensinaram muito nesses momentos: Rodrigo Barreto, Mariana Rêgo, Ana Rita, Bruno Macena, Tiego Costa, Diogo Nunes, Natascha Wosnick, Talita Gomes, Hugo Bornatowski, Bianca Rangel, Vicente Faria e Isabella Simões;

Aos colegas de laboratório Jonas Eloi, Andressa Melo, Aristóteles Philippe, Aislan Miguel, Jonas Eugênio, Wialla Karmen e Kaio Lopes pelos momentos de descontração e apoio e, Esteban Galindo pela ajuda no processamento de material;

À Rita Rodrigues e Alex Souza pela confecção e edição dos mapas;

À Maria Cleide (minha mãe) que sempre me apoiou nas minhas escolhas mesmo quando estas me levavam para longe dela. Eu não tenho como retribuir toda sua entrega ao meu propósito;

Ao Manoel Norberto (meu pai) por estar sempre por perto, mesmo que distante, sendo um entusiasta da minha causa;

E aos que, injustamente, não foram citados.

“A smooth sea never made  
a skilled sailor.”

Provérbio inglês

## RESUMO

Aspectos da dinâmica populacional de *Urotrygon microphthalmum* foram estudados através de espécimes capturados entre março de 2010 e março de 2012 como fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarão na costa do estado de Pernambuco, Brasil. O tamanho de maturidade estimado foi 187,74 e 198,73 mm de CT para machos e fêmeas, respectivamente e a fecundidade foi de 1,85 embriões/fêmea. A gestação foi estimada entre 4 e 5 meses e o ciclo reprodutivo é assincrônico e bianual. O modelo que melhor descreveu o crescimento da espécie foi o de von Bertalanffy. Houve diferenças significativas entre os sexos e os parâmetros de crescimento para machos foi  $L_{\infty} = 249,18$  cm,  $k = 0,5465$ ,  $t_0 = -1,04$  anos e para fêmeas foi  $L_{\infty} = 286,01$  cm,  $k = 0,3457$ ,  $t_0 = -1,41$  anos. A idade de maturidade para machos e fêmeas foi de 1,52 e 2,02 anos, respectivamente. Foram identificados 31 itens alimentares na dieta da espécie, a qual apresenta hábito alimentar invertívoro carcinofágico. As dietas entre machos e fêmeas mostraram-se similares e não foi verificada a mudança ontogenética da dieta. Foram observados indícios de declínio populacional a partir de cenários simulados de impacto antropogênico com níveis de mortalidade por pesca acima de 0,100. Em virtude de não apresentar valor de mercado e não existir captura dirigida a espécie, sugere-se a obrigatoriedade da devolução ao mar de indivíduos ainda vivos para assegurar a conservação da espécie. A raia *U. microphthalmum* é considerada como deficiente de dados segundo avaliação sobre o risco de extinção da fauna brasileira, porém estas informações associadas ao esforço de pesca atual ao qual está submetida a espécie, sugere-se que a espécie seja realocada para a categoria próxima de ameaça.

**Palavras-chaves:** Reprodução, crescimento, alimentação, análise demográfica.

## ABSTRACT

Population dynamics aspects of *Urotrygon microphthalmum* were studied through specimens collected between March 2010 and March 2012 as bycatch of shrimp trawling in state coast of Pernambuco, Brazil. The estimated maturity size was 187.74 and 198.73 mm TL for males and females, respectively and fecundity was 1.85 embryos/female. The pregnancy was between 4 and 5 months and the reproductive cycle is asynchronous and biannual. The model that best described the growth of the species was the von Bertalanffy. There were significant differences between the sexes and the growth parameters for males was  $L_{\infty} = 249.18$  cm,  $k = 0.5465$ ,  $t_0 = -1.04$  years and for females was  $L_{\infty} = 286.01$  cm,  $k = 0,3457$ ,  $t_0 = -1.41$  years. The age of maturity for males and females were 1.52 and 2.02 years, respectively. We identified 31 food items in the diet of the species, which feeds mainly on crustaceans among other invertebrates. Diets between males and females were similar and there was no ontogenetic diet change verified. Evidence of population decline was observed from simulated scenarios of anthropogenic impact with fishing mortality levels above 0.100. Since this species do not show any value to local market and there is no catch directed, we suggest the mandatory discarding of still living individuals to ensure the conservation of the species. *U. microphthalmum* is considered data deficient second evaluation on the risk of extinction of the Brazilian fauna, but these data associated with current fishing effort which is subject to species, suggest that the species can be reallocated to the near threatened category.

**Key-word:** Reproduction, growth, feeding habits, demographic analysis.

## LISTAS DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Introdução Geral.</b>	
Figura 1. Vista dorsal de exemplares de <i>Urotrygon microphthalmum</i> .	16
Figura 2. Mapa do Brasil evidenciando os locais de pesca onde <i>Urotrygon microphthalmum</i> foi capturada. A) Jaboatão dos Guararapes e B) Barra de Sirinhaém.	17
Figura 3. Principais espécies de camarões capturadas na pesca de arrasto de fundo em Pernambuco. A) camarão branco, <i>Litopenaeus schmitti</i> ; B) sete-barbas, <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> e; rosa C) <i>Farfantepenaeus subtilis</i> ; D) <i>F. brasiliensis</i> . Fonte: FAO.	18
<b>Artigo 1.</b>	
Figura 1. Ventral view of male specimens of smalleye roundray, <i>Urotrygon microphthalmum</i> ; a) normal male (TL = 204.15 mm); b) hermaphroditic specimen (TL = 232.4 mm); copulatory organs (claspers) indicated by arrows.	24
Figura 2. Hermaphroditic specimen of smalleyed roundray, <i>Urotrygon microphthalmum</i> , exhibiting a) left ovary with follicles and b) left uterus with ovum.	25
<b>Artigo 2.</b>	
Figura 1. Mapa do Brasil evidenciando o estado de Pernambuco e os locais de pesca onde <i>Urotrygon microphthalmum</i> foi capturada. A) Jaboatão dos Guararapes e B) Barra de Sirinhaém.	35
Figura 2. Distribuição de frequência por classe de comprimento total de <i>Urotrygon microphthalmum</i> . Barras pretas representam machos e barras brancas fêmeas.	39
Figura 3. A) Relação entre o peso dos testículos (PTE) e o comprimento total (CT) de machos de <i>Urotrygon microphthalmum</i> ; B) Relação entre o comprimento do margem interna do cláspere (CC) e o comprimento total (CT) de machos de <i>Urotrygon microphthalmum</i> . Círculo vazio = cláspere não calcificado; triângulo cheio = cláspere calcificado.	40
Figura 4. Curvas de maturidade de <i>Urotrygon microphthalmum</i> . a) machos, baseada apenas no estágio de calcificação do cláspere; b) machos, baseada no	

- estágio de maturação de gonadal e calcificação do cláspere; c) fêmeas, baseada na maturidade gonadal. 41
- Figura 5. Relação entre A) peso do fígado (PF) e o comprimento total (CT); B) peso do ovário (PO) e o comprimento total (CT), de fêmeas de *Urotrygon microphthalmum*. 43
- Figura 6. Variação mensal no comprimento total dos embriões de *Urotrygon microphthalmum*. Linha cinza tracejada indica o comprimento inicial de embriões formados. Linha cinza contínua indica comprimento de nascimento estimado. 46
- Figura 7. Diâmetro do maior folículo ovariano e estágio de desenvolvimento de embriões das fêmeas grávidas de *Urotrygon microphthalmum*. 47
- Figura 8. Variação mensal no A) diâmetro do maior folículo ovariano das fêmeas maduras e; B) índice hepatossomático (IHS) das fêmeas maduras, de *Urotrygon microphthalmum*. 47
- Artigo 3.**
- Figura 1. Distribuição de frequência de comprimentos de *Urotrygon microphthalmum* capturadas no nordeste do Brasil, utilizados neste trabalho (n=347). Barras pretas indicam machos; barras cinzas as fêmeas. 69
- Figura 2. Erro do número de pares de bandas contados de *Urotrygon microphthalmum* capturada no nordeste do Brasil. Linha diagonal cinza indica uma relação de um pra um. 70
- Figura 3. Incremento marginal relativo (IMR) de *Urotrygon microphthalmum* do nordeste do Brasil. 71
- Figura 4. Curvas de crescimento estimadas para *Urotrygon microphthalmum* do nordeste do Brasil. 73
- Figura 5. Distribuição de frequência de idades de *Urotrygon microphthalmum* do nordeste do Brasil, utilizados neste trabalho. Barras pretas são machos; barras cinzas são fêmeas. 74
- Artigo 4.**
- Figura 1. Área de atuação da frota camaroneira frente aos município de A) Jaboatão dos Guararapes e B) Barra de Sirinhaém. 93
- Figura 2. Distribuição em frequência relativa do grau de digestão das presas de *U.*

- microphthalmum* capturada no litoral de Pernambuco, Brasil. 97
- Figura 3. Curva de diversidade trófica de *Urotrygon microphthalmum* capturada no litoral de Pernambuco, Brasil. A linha contínua representa os valores médios do índice de diversidade de Shannon-Wiener. As linhas pontilhadas superiores e inferiores representam os valores médios do índice, acrescidos e decrescidos do desvio padrão, respectivamente. 98
- Figura 4. Análise ecológica tridimensional da dieta de *U. microphthalmum* capturada no litoral de Pernambuco, Brasil. 100
- Artigo 5.**
- Figura 1. Ciclo de vida baseado na idade de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil.  $C_i$  são os indivíduos no estágio  $i$  que sobrevivem, com probabilidade de crescimento para se tornar 1 ano mais velhos e gerar, a partir de uma fertilidade  $F_j$ , novos indivíduos na primeira classe de idade. 123
- Figura 2. Proporção da distribuição de idade estável (barra cinza), valores reprodutivos (barra preta), e elasticidade da fertilidade (linha preta) e sobrevivência (linha cinza tracejada) para o cenário J por idade de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil. 123
- Figura 3. Resultados da elasticidade para cada cenário de mortalidade de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil. Barras pretas, elasticidade da fertilidade; barras cinza claro, elasticidade de juvenis; e barras cinza escuro, elasticidade de adultos. 125

## LISTAS DE TABELAS

	<b>Pág.</b>
<b>Artigo 2.</b>	
Tabela 1. Características macroscópicas usadas para classificar os estágios de maturidade de <i>Urotrygon microphthalmum</i> , modificado de White <i>et al.</i> (2001) e Mejia-Falla <i>et al.</i> (2012).	37
<b>Artigo 3.</b>	
Tabela 1. Modelos de crescimento ajustados aos pares de comprimento e idade.	66
Tabela 2. Comparação entre os modelos de crescimento para sexos agrupados ranqueados com base no critério de informação de Akaike (AIC); $\Delta_i$ = diferença de Akaike; $w_i$ = peso de Akaike. K=número de parâmetros do modelo; MLL= LogVerossimilhança mínimo. $L_\infty$ = comprimento máximo teórico; k= constante de crescimento; $t_0$ = idade teórica onde o comprimento do peixe é zero; $L_0$ =Comprimento estimado na idade 0.	72
Tabela 3. Parâmetros de crescimento e parâmetros estimados para <i>Urotrygon microphthalmum</i> , usando o modelo von Bertalanffy (VBGM). $L_\infty$ = comprimento máximo teórico; k= constante de crescimento; $t_0$ = idade teórica onde o comprimento do peixe é zero; $L_0$ =Comprimento estimado na idade 0; S.E= erro padrão; c.i.= intervalo de confiança.	73
Tabela 4. Comparação entre os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy (VBGM) para espécies das famílias Urotrygonidae e Urolophidae. *CT convertido para LD a partir de Santander-Neto (2015); **LD dos indivíduos mais velhos da amostra.	81
<b>Artigo 4.</b>	
Tabela 1. Porcentagens em frequência de ocorrência (%FO), número (%N) e massa (%M) dos itens alimentares de <i>Urotrygon microphthalmum</i> por ordem de importância (OI) do primeiro (1) ao décimo (10).	99
Tabela 2. Porcentagens em frequência de ocorrência (%FO), número (%N) e massa (%M) dos itens alimentares de <i>U. microphthalmum</i> capturados no litoral de Pernambuco por ordem de importância (OI) do primeiro (1) ao décimo (10) entre as áreas de coleta dos exemplares.	101

**Artigo 5.**

- Tabela 1. Parâmetros biológicos e ambientais utilizados para a modelagem demográfica de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil. 118
- Tabela 2. Métodos de estimativa de mortalidade natural (M) utilizados para a raia *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil. 119
- Tabela 3. Estimativas de mortalidade (M), sobrevivência (S) e parâmetros obtidos através da análise demográfica e tabela de vida de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil. Ver texto para definição dos parâmetros demográficos e unidades. 122
- Tabela 4. Resultado dos cenários impacto antropogênico a partir da mortalidade natural média ( $M_m$ ) de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil. Ver texto para definição dos parâmetros demográficos e unidades. 124
- Tabela 5. Efeitos da variação da fertilidade ( $m_x$ ), a partir do cenário N\*, nos resultados da análise demográfica e elasticidade de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil. Ver texto para definição dos parâmetros demográficos e unidades. 126

## SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO GERAL	15
1.1. Objetivo geral	21
2. ARTIGOS	22
2.1. <b>Hermaphroditic smalleyed roundray (<i>Urotrygon microphthalmum</i>) from north-eastern Brazil.</b>	22
2.2. <b>Biologia reprodutiva de <i>Urotrygon microphthalmum</i> (Batoidea:Urotrygonidae) na costa de Pernambuco, Brasil, Atlântico Oeste Tropical.</b>	31
2.3. <b>Idade e crescimento de <i>Urotrygon microphthalmum</i> capturada como fauna acompanhante da pesca de arrasto: definindo bases biológicas para avaliação de status populacional.</b>	61
2.4. <b>Habito alimentar e ecologia trófica de <i>Urotrygon microphthalmum</i> capturada em Pernambuco, Brasil.</b>	89
2.5. <b>Análise demográfica para avaliação de risco de <i>Urotrygon microphthalmum</i> capturada como fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarão no Nordeste do Brasil.</b>	115
3. COMENTÁRIOS CONCLUSIVOS	137
REFERÊNCIAS	138

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A classe Chondrichthyes compreende os peixes cartilagosos e encontra-se subdivida nas sub-classes Holocephali e Elasmobranchii. A primeira é representada pelas quimeras e a segunda pelos tubarões e raias. As quimeras possuem 4 pares de fendas branquiais recobertas, ao passo que os elasmobrânquios se caracterizam pela presença de 5 a 7 pares de fendas branquiais. Os tubarões são representados por cerca de 500 espécies e as raias por mais de 600 espécies. A principal diferença entre estes morfótipos é que as raias possuem a nadadeira peitoral fundida ao crânio e as fendas branquiais estão dispostas de forma ventral ao corpo e nos tubarões de forma lateral ao corpo (Compagno *et al.*, 2005).

Os elasmobrânquios são considerados importantes componentes tróficos em ecossistemas marinhos, podendo exercer um importante papel no controle das populações de suas presas (Camhi *et al.*, 1998; Heithaus *et al.*, 2010). Desta forma, o equilíbrio e a saúde dos ecossistemas podem depender diretamente da integridade das populações deste grupo, uma vez que a retirada desses organismos podem provocar intensas mudanças no ambiente e na abundância de outras espécies (Heithaus *et al.*, 2008; Baum & Worm, 2009, Bornatowski *et al.*, 2014).

Os elasmobrânquios apresentam uma ampla variedade em suas histórias de vida desde características biológicas que impedem uma alta produtividade, na maioria dos casos, até espécies com crescimento rápido, baixa longevidade e maturação sexual precoce (Cortés, 2000; Frisk *et al.*, 2010). Neste contexto, os elasmobrânquios são vulneráveis às pescarias de larga escala e degradação ambiental de áreas costeiras (Camhi *et al.*, 1998; Dulvy *et al.*, 2014), embora algumas espécies possam apresentar características que permitem que as mesmas se recuperem mais rapidamente à exploração pesqueira (Smith *et al.*, 1998).

A raia *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 ocorre em águas rasas e costeiras do oceano Atlântico Oeste Tropical em profundidades até cerca de 50 m. Tem pequeno porte

e atinge aproximadamente 30 cm de comprimento total (McEachran & Carvalho, 2000). A espécie apresenta superfície dorsal relativamente lisa, coloração variando do cinza ao marrom com nadadeira caudal nitidamente mais escura e superfície ventral esbranquiçada (McEachran e Carvalho, 2000) (Fig. 1). A estratégia reprodutiva adotada pela espécie é a viviparidade matrotrófica, onde um leite rico em lipídeos e proteínas é secretado através de vilosidades chamadas trofonemas (Wourms, 1977; Hamlett *et al.*, 2005).

Sua ocorrência foi registrada na Venezuela, Suriname e Guiana Francesa, e no Brasil tem registro nos estados do Amapá, Pará, Maranhão, Ceará, Paraíba e Pernambuco (Delsman, 1941; Boeseman, 1963; Cervigón & Alcalá, 1999; Almeida *et al.*, 2000; Gadig *et al.*, 2000; Rosa, 2004; Santander-Neto & Lessa, 2013).



Figura 1. Vista dorsal de exemplares de *Urotrygon microphthalmum*.

O Estado de Pernambuco possui um litoral de 187 km, onde estão localizados 15 municípios costeiros com áreas estuarinas em praticamente toda a costa (IBAMA, 2005). A área de estudo compreende os municípios de Jaboatão dos Guararapes e Barra de Sirinhaém (Fig. 2). As duas regiões possuem uma plataforma continental pouco longa, relativamente plana e terminada por um declive abrupto entre 60 e 80 m e na faixa costeira encontra-se uma região

arenosa com presença de fundos de lama, bem como a presença de fundos com algas calcáreas, onde predomina *Halimeda* sp. (Kempf,1970).

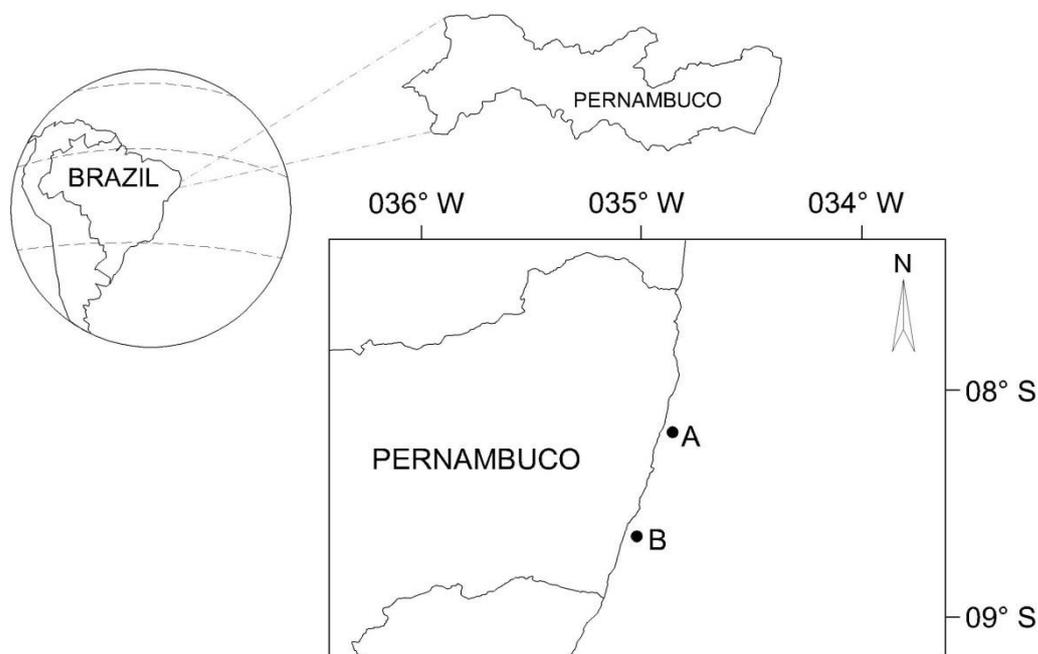


Figura 2. Mapa do Brasil evidenciando os locais de pesca onde *Urotrygon microphthalmum* foi capturada. A) Jaboatão dos Guararapes e B) Barra de Sirinhaém.

A pesca de camarões em Pernambuco é realizada em embarcações de pequeno porte (08 a 12 metros de comprimento), com casco de madeira, propulsão à vela, remo e a motor, enquadrando-se na categoria artesanal (IBAMA, 2005; Dias-Neto, 2011). Na região de estudo, esta pescaria captura principalmente os camarões branco (*Litopenaeus schmitti*), sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e rosa (*Farfantepenaeus subtilis* e *F. brasiliensis*) (Fig. 3).

As raias das famílias Urotrygonidae e Urolophidae, *Urobatis jamaicensis*, *Urobatis halleri*, *Urotrygon chilensis*, *U. rogersi* e inclusive, *U. microphthalmum*, são comumente capturadas como fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarão (Valadez-Gonzalez *et al.*, 2001; Amezcua *et al.*, 2006; Acevedo *et al.*, 2007; Mejía-Falla *et al.*, 2012; Santander-Neto & Lessa, 2013). Estima-se que a rejeição da fauna acompanhante em todos os oceanos seja em torno de quatro vezes maior que a produção de camarão (Gillett, 2008). Esta alta

representatividade da fauna acompanhante se deve a baixa seletividade dos petrechos pesqueiros utilizados pelas frotas de arrasto de camarão que junto com as espécies-alvo capturam grandes quantidades de outras espécies em diferentes fases do ciclo de vida (Broadhurst, 2000).



Figura 3. Principais espécies de camarões capturadas na pesca de arrasto de fundo em Pernambuco. A) camarão branco, *Litopenaeus schmitti*; B) sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*; C) rosa *Farfantepenaeus subtilis*; D) *F. brasiliensis*. Fonte: FAO.

No que diz respeito à reprodução, elasmobrânquios são conhecidos por sua ampla gama de estratégias reprodutivas. Eles são geralmente classificados como espécies ovíparas ou espécies vivíparas, onde as espécies vivíparas são ainda classificados como placentária e aplacentária com diversas espécies aplacentárias exibindo oofagia e pelo menos uma espécie exibindo canibalismo intra-uterino (Walker, 2005). A mais simples categorização entre as espécies lecitotróficas e matrotólicas é baseada nas contribuições relativas para o ganho de massa de embriões durante a gestação a partir do ovo ou por nutrientes fornecidos pela mãe através de uma placenta, trofonema, embriões ou ovulação contínua durante a gravidez (Walker, 2005).

A avaliação de estoques de espécies de Chondrichthyes requer uma abordagem quantitativa para o estudo de reprodução e, juntamente com taxas de mortalidade, são

fundamentais para a avaliação de estoques de espécies exploradas pela pesca e para a avaliação de risco ecológico de espécies capturadas como fauna acompanhante (Walker, 2004).

Informações de idade permitem estimativas de crescimento e de outras taxas vitais como mortalidade natural e longevidade, sendo essenciais para o sucesso do manejo pesqueiro (Goldman, 2005). O conhecimento dos parâmetros de idade e crescimento permite a construção de modelos populacionais baseados na idade e juntamente com outros aspectos da história de vida e taxas de remoção pela pesca, podem levar a avaliação do *status* populacional de uma espécie (Cortés, 2002). Informações sobre o crescimento de espécies das famílias Urotrygonidae e Urolophidae são recentes (White *et al.*, 2001; White *et al.*, 2002; White & Potter, 2005; Hale & Lowe, 2008; Mejia-Falla *et al.*, 2014) e sugerem que estas apresentam crescimento rápido se comparado com espécies da família Rajidae (Frisk, 2010) ou mesmo elasmobrânquios de forma geral (Cortés, 2000).

A biologia alimentar dos elasmobrânquios vem sendo investigada por diversas razões, dentre elas a compreensão da história natural, do papel ecológico das espécies nos ecossistemas marinhos e também do impacto da predação sobre presas ameaçadas ou com algum interesse comercial (Fonteles-Filho, 1989; Vaske-Jr, 2000; Aguiar & Valentin, 2010). Mudanças ocorridas nas abundâncias relativas, principalmente das espécies predadoras de topo da cadeia alimentar, tem resultado em incrementos nas densidades de espécies de menor porte e nível trófico, dando origem a um evento denominado cascata trófica (Bizarro *et al.*, 2007; Navia *et al.*, 2012). Como consequência indireta dessas mudanças na abundância de predadores, desequilíbrios ecológicos e econômicos de magnitudes não previstas podem ocorrer (Friedlander & Demartini, 2002). Estudos de ecologia trófica vêm sendo aplicados como importante ferramenta de conservação, tanto na avaliação de estoques pesqueiros, como na análise do ecossistema como um todo (Zavala-Camin, 1996; Bornatowski, 2010).

Uma das razões para o crescente interesse nas abordagens focadas na história de vida visando o manejo de elasmobrânquios é a ausência de dados para avaliações de estoques convencionais, utilizando dados de captura e esforço (Bonfil, 1994; Walker, 1998; FAO, 2000; Stevens *et al.*, 2000). Outro fator, é que análises demográficas incorporam informações sobre a história de vida, e assim tendem a produzir estimativas mais conservativas e realistas da taxa intrínseca de crescimento populacional do que os modelos de produção geral (Cortés, 1998). Além disso, a resposta de elasmobrânquios à mortalidade elevada, bem como o risco de atingir o status de ameaça ou risco de extinção, é muito dependente da história de vida da população, que pode variar, principalmente quanto aos aspectos reprodutivos (Dulvy & Forrest, 2009).

Objetivou-se com o presente estudo preencher as lacunas de conhecimentos básicos fundamentais para uma correta identificação dos níveis de ameaça aos quais está submetida a espécie e, através de informações relativas aos aspectos reprodutivos, de crescimento e alimentares, realizar uma avaliação do status populacional de *Urotrygon microphthalmum*.

### 1.1. Objetivo geral

Descrever os aspectos da dinâmica populacional da raia *Urotrygon microphthalmum* capturada no nordeste do Brasil quanto aos aspectos reprodutivos, alimentares, de crescimento e realizar análise demográfica para avaliação de risco da espécie.

## **2. ARTIGOS**

### **2.1. Hermaphroditic smalleyed roundray (*Urotrygon microphthalmum*) from north-eastern Brazil**

#### **RESUMO**

In February 2010, a specimen of *Urotrygon microphthalmum* (TL = 232.4 mm; DW = 123.1 mm; TW= 81.97 g) was caught with the external appearance of a male with an abnormality (atrophied left clasper and missing right clasper). Internally, the specimen had only female reproductive organs. The left ovary had yellow follicles ( $\leq 2.7$  mm) and the left uterus had a yellow ovum (5.85 mm). These characteristics indicate that the individual captured was a case of abnormal hermaphroditism, classified as a pseudo-hermaphrodite.

**Palavras-chave:** elasmobranch, anomalies, hermaphroditism, Urotrygonidae.

→ Artigo publicado na revista “Marine Biodiversity Records”.

## INTRODUCTION

The smalleyed roundray, *Urotrygon microphthalmum* (Delsman, 1941), is a small species that reaches a total length of 30 cm (McEachran & Carvalho, 2000) and achieves sexual maturity at around 23 cm (Almeida *et al.*, 2000). This species occurs in shallow, coastal waters of the tropical Western Atlantic, feeding on benthic organisms and plankton, and is considered an opportunistic predator, based on studies of its feeding habits (Almeida *et al.*, 2000). The smalleyed roundray has been recorded in Venezuela, Suriname and French Guyana as well as Brazil, where it occurs off the states of Amapá, Pará, Maranhão, Ceará, Paraíba and Pernambuco (Rosa, 2004; Santander-Neto *et al.*, 2009).

This paper describes a case of hermaphroditism in a specimen of *Urotrygon microphthalmum* caught on the coast of the state of Pernambuco (northeastern Brazil).

## MATERIALS AND METHODS

Seventy-one specimens of the smalleyed roundray, *Urotrygon microphthalmum*, (1.21♀:1♂) were caught between February and May 2010 by artisanal vessels in the municipality of Candeias, state of Pernambuco, Brazil (8°11'43''S/ 34°54'13''W). The coastal zone in which the catches were made is characterized by a narrow, relatively flat continental shelf, with the bottom composed of mud, quartz sand and calcareous algae (Kempf, 1970). The target of the fishery is shrimp, with catches performed with a 10-m bottom gillnet, with a 20-mm mesh in the body and 15-mm in the bag.

The specimens were weighed and sexes, with records of total length (TL, mm), disk width (DW, mm) and total weight (TW, g). The specimens were dissected in the abdominal region and the gonads were removed to determine the development stage.

The classification of the type of hermaphroditism (normal or abnormal) was based on Atz (1964).

## RESULTS

In February 2010, a hermaphroditic specimen of *Urotrygon microphthalmum* (TL = 232.4 mm; DW = 123.1 mm; TW= 81.97 g) was caught with the external appearance of a male with an abnormality: the left clasper was atrophied and no clasper was associated with the right pelvic fin (Figure 1).

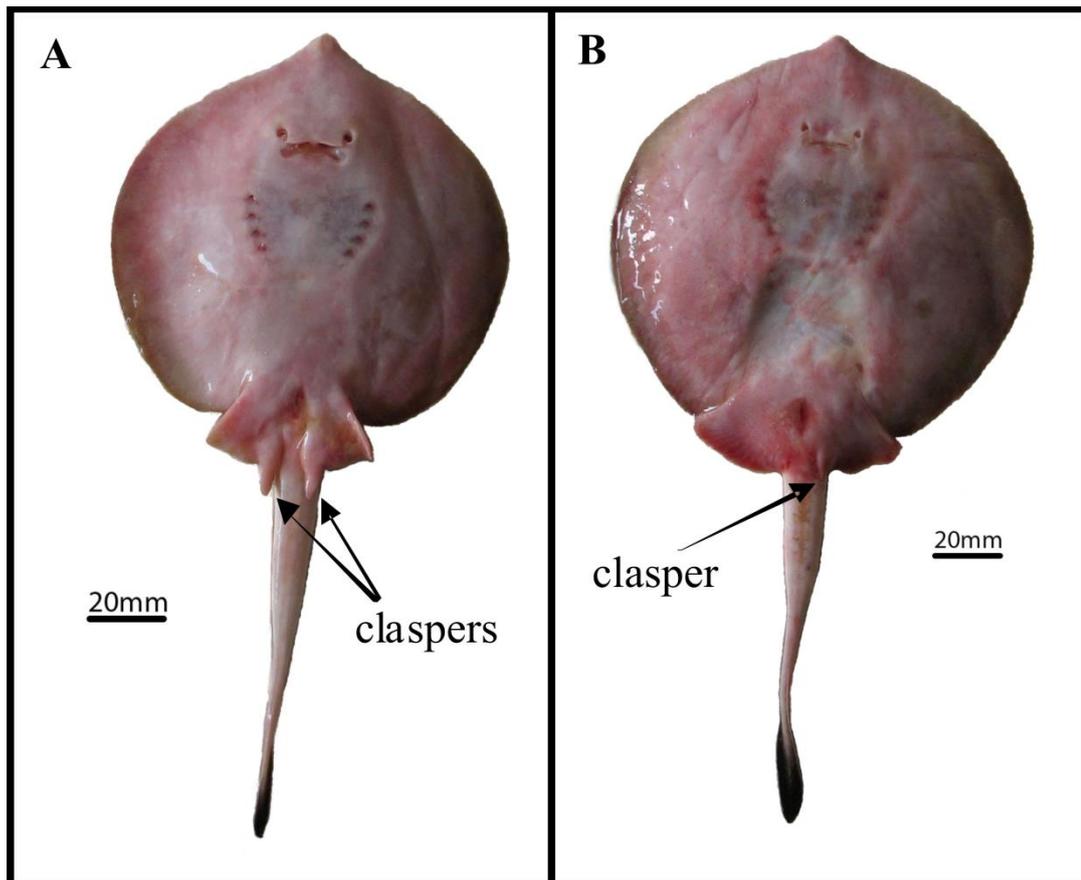


Fig. 1: Ventral view of male specimens of smalleye roundray, *Urotrygon microphthalmum*; a) normal male (TL = 204.15 mm); b) hermaphroditic specimen (TL = 232.4 mm); copulatory organs (claspers) indicated by arrows.

Internally, the specimen had only female reproductive organs. The right ovary was not functional, as reported for some rays in this group (Wourms 1977; Hamlett & Koob, 1999). The left ovary had yellow oocytes ( $\leq 2.7$  mm) (Figure 2a). The left uterus had a yellow ovum (5.85 mm) (Figure 2b), indicating that the individual was in the first stage of pregnancy (White *et al.*, 2001).

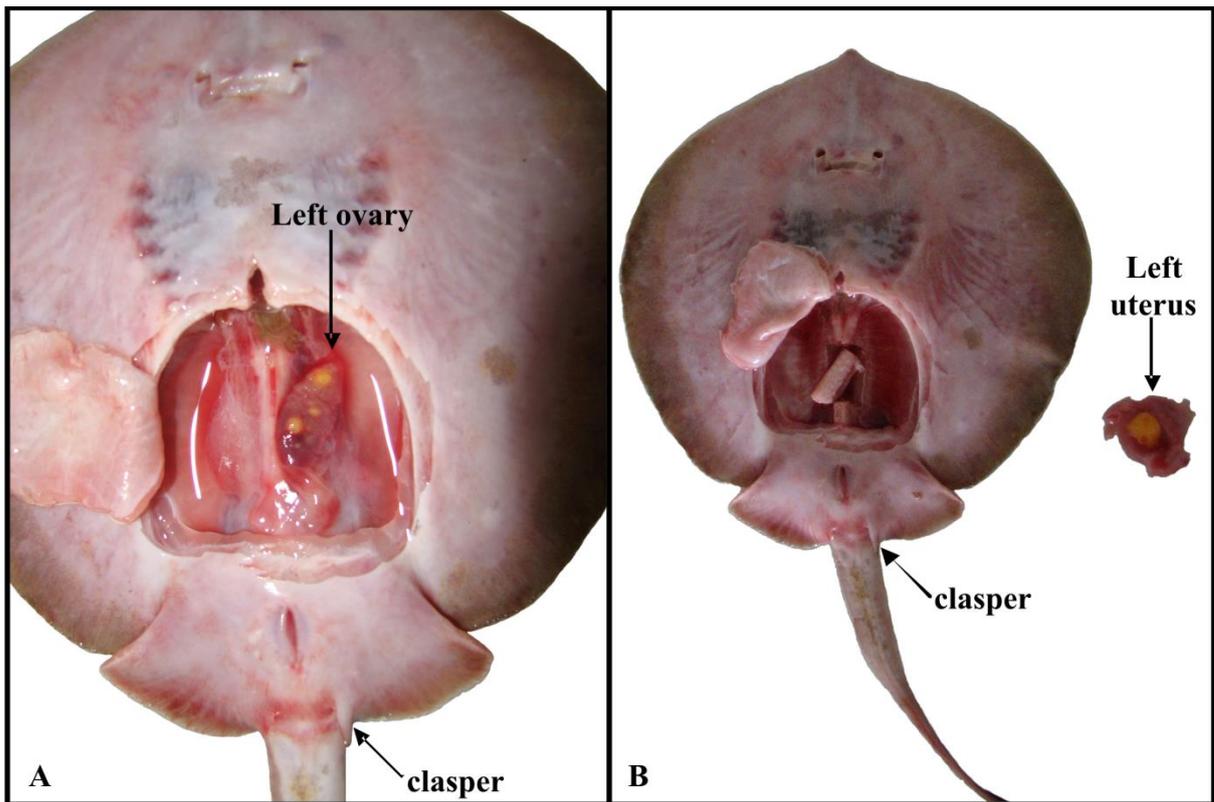


Fig. 2: Hermaphroditic specimen of small-eyed roundray, *Urotrygon microphthalmum*, exhibiting a) left ovary with follicles and b) left uterus with ovum.

## DISCUSSION

Hermaphroditism is defined as the presence of both male and female genitalia in a single individual and is rarely found in elasmobranchs (Atz, 1964), which exhibit a wide variety of means of reproduction, but all considered gonochoristic (Delvin & Nagahama, 2002). “Normal hermaphroditism is that which exists in a uniform manner at some time during the ontogeny of the totality or several members of a species, whereas all other forms of hermaphroditism are, by definition, abnormal” (Atz, 1964).

Based on the external presentation of a clasper and the internal female reproductive tract, the individual was considered a pseudo-hermaphrodite (Harder, 1975).

Elasmobranchs perform internal fertilization and the presence of copulatory organs (claspers) is an exclusive characteristic of males. The presence of a single clasper has been recorded for *Raja miraletus* and *Pteroplatytrygon violacea* (Quignard & Capapé, 1972;

Ribeiro-Prado *et al.*, 2009), whereas the presence of claspers as well as developed ovaries has been recorded in *Rhinobatos horkelii* and *Bathyraja interrupta* (Gianeti & Vooren, 2007; Haas & Ebert, 2008). The presence of claspers indicates that the individual is genetically a male, but the tissue response to hormones at the onset of development may have caused the anomaly through the sexual differentiation of the gonads (Chieffi, 1959; Dodd, 1983).

Hermaphroditism in elasmobranches is considered rare in comparison to teleosts (Atz, 1964). This rarity may reflect the lesser diversity in the former group in relation to the latter group. In most cases of hermaphroditism, one or both claspers are found (developed or not) externally and a variety of forms are found internally, such as the presence of male and female structures in a single gonad, separate male and female gonads on each side of the cavity or only female gonads (Quignard & Capapé, 1972; Yano, 1995; Iglesias *et al.*, 2005; Jones *et al.*, 2005; Gianeti & Vooren, 2007; Scenna *et al.*, 2007; Haas & Ebert, 2008; Ribeiro-Prado *et al.*, 2009; Braccini, 2009; Jones & Potter, 2009). Hermaphroditism different from the majority of cases is reported in *Centroscymnus coelolepis*, with the absence of claspers but both the male and female reproductive tract found internally (Veríssimo *et al.*, 2003).

The only species of elasmobranch reported with normal hermaphroditism is *Apristurus longicephalus*, with 85% of individuals exhibiting this characteristic (Iglésias *et al.*, 2005). *Etmopterus unicolor* is not reported as a normal hermaphrodite, but the relatively high occurrence of this characteristic in one sample (~23%) and the presence of one specimen that contained both ovarian and testicular tissues in the left gonad (Yano & Tanaka, 1989) suggests that this species could be classified as exhibiting normal hermaphroditism as observed by Capapé *et al.* (2012).

In the present study, *Urotrygon microphthalmum* exhibited abnormal hermaphroditism. Along with other records of hermaphroditism in elasmobranches, this finding indicates a need for more detailed investigations into this event in order to determine

the mechanism that causes this anomaly. A number of authors suggest that such events may stem from unfavorable environmental conditions, such as radioactive contamination (Yano & Tanaka, 1989), pollutants that may accumulate in the benthic region, which is the habitat of rays and skates (Ribeiro-Prado *et al.*, 2009), and consanguinity within the population.

The majority of cases of hermaphrodites in chondrichthyans are sharks as noted by Capapé *et al.* (2012) but in Brazil only rays have been recorded with this anomaly until the present. Due to the diversity and abundance of the elasmobranch fauna in Brazil (Lessa *et al.*, 1999), the scarce records of hermaphrodites (*U. microphthalmum*, *Rhinobatos horkelii* and *Pteroplatytrygon violacea*) may be due to the incipient level of knowledge on the subject in the region rather than the low occurrence of this anomaly in the populations studied.

#### ACKNOWLEDGMENTS

The Brazilian Research Council (CNPq) provided a Productivity Research Grant to the senior author (RL) (Proc: 303251/2010-7). The Brazilian fostering agency Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) supplied a Doctor of Science scholarship to JSN. The authors are grateful to the Departamento de Pesca e Aquicultura of the Universidade Federal Rural de Pernambuco for facilities available and to the fishermen of the Pina Association. The authors are also grateful to the referees for useful comments that helped to improve the manuscript.

#### REFERENCES

- Almeida Z.S., Nunes J.S. & Costa C.L. (2000) Presencia de *Urotrygon microphthalmum* (Elasmobranchii: Urolophidae) en aguas bajas do maranhão (Brazil) y notas sobre su biología. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 29, p.67-72.
- Atz, J.W. (1964). Intersexuality in fishes. In Armstrong, C.N. & Marshall, A.J. (eds) *Intersexuality in Vertebrates Including Man*. London: Academic Press, pp. 145–232.

- Braccini, J.M. (2009). An abnormal hermaphrodite piked spurdog, *Squalus megalops*, schooling with mature males. *Marine Biodiversity Records*, Marine Biological Association of the United Kingdom 2; e132.
- Capapé, C., El Kamel-Moutalibi, O., Mnasri, N., Boumaïza, M. & Reynaud., C. (2012). A case of hermaphroditism in Tortonese's stingray *Dasyatis tortonesei* from the Lagoon of Bizerte (northeastern Tunisia, central Mediterranean). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 42(2): 141-149.
- Chieffi, G. (1959). Sex differentiation and experimental sex reversal in elasmobranch fishes. *Archives d'Anatomie Microscopique et de Morphologie Expérimentale*, 48 (Suppl.): 21-36.
- Delvin, R.H. & Nagahama, Y. (2002). Sex determination and sex differentiation in fish. *Aquaculture* 208, 191–364.
- Delsman. (1941). *Urotrygon microphthalmum*. *Mém. Mus. His. Nat. Belg.*, (2) 3 Fasc. 21, 1.
- Dodd, J.M. (1983). Reproduction in cartilaginous fishes (Chondrichthyes). In: *Fish Physiology*. Vol. IX - *Reproduction*, Part A – *Endocrine Tissues and Hormones* (W.S. Hoar, D.J. Randall and E.M. Donaldson eds.), pp 31-95. Academic Press: New York.
- Gianeti, M.D. & Vooren, C.M. (2007). A hermaphrodite guitarfish, *Rhinobatos horkelii* (Müller & Henle, 1841) (Rajiformes: Rhinobatidae), from southern Brazil. *Cahiers de Biologie Marine* 48 : 407-409.
- Haas, D.L. & Ebert, D.A. (2008). First record of hermaphroditism in the bering skate, *bathyraja interrupta*. *Northwestern naturalist* 89:181–185.
- Hamlett, W.C. & Koob, T. (1999). Female reproductive system. In: W.C. Hamlett, Editor, *Sharks, Skates, and Rays*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, pp. 398–443.
- Harder, W. (1975). *Anatomy of fishes*. Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele, Obermiller).
- Iglésias, S.P., Sellos, D.Y. & Nakaya, K. (2005). Discovery of a normal hermaphroditic chondrichthyan species: *Apristurus longicephalus*. *Journal of Fish Biology* 66, 417–428.
- Jones, A.A. & Potter, I.C. (2009). Description of the reproductive tract and gonad histology of a second form of hermaphroditism in the Port Jackson shark *Heterodontus portusjacksoni*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 89(7), 1403–1407.

Jones, A.A., White, W.T. & Potter, I.C. (2005). A hermaphroditic Port Jackson shark, *Heterodontus portusjacksoni*, with complete and separate female and male reproductive tracts. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85, 1171–1172.

Kempf, M. (1970). A plataforma continental de Pernambuco (Brasil): Nota preliminar sobre a natureza do fundo . *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* (67/69): 95-110.

Lessa, R., Santana, F.M., Rincón, G., Gadig, O.B.F. & El-Deir, A.C. (1999). *Biodiversidade de Elasmobrânquios do Brasil*. Relatório para o Programa Nacional da Diversidade Biológica (PRONABIO), – Necton – Elasmobrânquios. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA). Recife, 119 pp.

McEachran, J.D. & Carvalho, M.R. (2000). Urotrygonidae. p: 572-574. In: Carpenter, K.E. (ed.) *The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, FAO, 600p.

Quignard, J.P. & Capapé, C. (1972). Cas d'hermaphrodisme chez *Raja miraletus* L. 1758. *Travaux du Laboratoire de Biologie Halieutique, Université Rennes* 6:133–140.

Ribeiro-Prado, C.C., Oddone, M.C., Amorim, A.F. & Capapé, C. (2009). An abnormal hermaphrodite pelagic stingray *Pteroplatytrygon violacea* (Dasyatidae) captured off the southern coast of Brazil. *Cahiers de Biologie Marine* 50: 91-96.

Rosa, R.S. (2004). *Urotrygon microphthalmum*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 30 September 2011.

Santander-Neto, J., Nunes, D.M. & Lessa, R. (2009). Ocorrência de *Urotrygon microphthalmum* (Delsman, 1941) no Estado de Pernambuco, Brasil. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca (CD-ROM).

Scenna, L.B., Díaz de Astarloa, J.M. & Cousseau, M.B. (2007). Abnormal hermaphroditism in the multispine skate *Bathyraja multispinis* (Chondrichthyes, Rajidae). *Journal of Fish Biology* 71, 1232–1237.

Veríssimo, A., Gordo, L. & Figueiredo, I. (2003). Reproductive biology and embryonic development of *Centroscymnus coelolepis* in Portuguese mainland waters. *ICES Journal of Marine Science* 60, 1335–1341.

White, W.T., Platell, M.E. & Potter, I.C. (2001). Relationship between reproductive biology and age composition and growth in *Urolophus lobatus* (Batoidea:Urolophidae). *Marine Biology* 138, 135-147.

Wourms, J.P. (1977). Reproduction and development in Chondrichthyan fishes, *American Zoologist* 17, pp. 379–410.

Yano, K. (1995). Reproductive biology of the Black dogfish, *Centroscyllium fabricii*, collected from waters off western Greenland. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 75, 285–310.

Yano, K. & Tanaka, S. (1989). Hermaphroditism in the lantern shark *Etmopterus unicolor* (Squalidae, Chondrichthyes). *Japanese Journal of Ichthyology* 16, 338–345.

## 2.2. Biologia reprodutiva de *Urotrygon microphthalmum* (Batoidea:Urotrygonidae) na costa de Pernambuco, Brasil, Atlântico Oeste Tropical.

### RESUMO

A biologia reprodutiva de *Urotrygon microphthalmum* foi estudada através de espécimes capturados entre março de 2010 e março de 2012 como fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarão na costa do estado de Pernambuco, Brasil. Fêmeas atingiram maiores comprimentos totais (CT) e pesos totais (PT) (298,10 mm e 148 g) do que os machos (249,55 mm e 89,9 g). O maior macho imaturo media 201,85 mm de CT e o menor macho maturo media 179,2 mm. A maior fêmea imatura media 211,4 mm de CT e a menor fêmea matura media 180,8 mm. O tamanho de maturidade estimado foi 187,74 e 198,73 mm de CT para machos e fêmeas, respectivamente. A fecundidade uterina variou de 1 a 4 embriões (média de  $1,85 \pm 0,45$ ). O tamanho de nascimento foi estimado em 105 mm de CT. A gestação foi estimada entre 4 e 5 meses e o ciclo reprodutivo é assincrônico e bianual. A pesca atuou predominantemente sobre a parcela adulta da população (71,5%), porém capturou indivíduos em todas as classes de desenvolvimento.

**Palavras chave:** elasmobrânquios; fecundidade; maturidade; Myliobatiformes; tamanho de nascimento.

→ Artigo a ser submetido para publicação na revista “Journal of Fish Biology”.

## INTRODUÇÃO

Os elasmobrânquios são importantes componentes tróficos em ecossistemas marinhos, podendo exercer um papel crucial no controle das populações de suas presas (Camhi *et al.*, 1998; Heithaus *et al.*, 2010). O equilíbrio e a saúde dos ecossistemas podem depender diretamente da integridade das populações deste grupo, uma vez que a retirada desses organismos pode provocar intensas mudanças no ambiente e na abundância de outras espécies (Heithaus *et al.*, 2008; Baum & Worm, 2009, Bornatowski *et al.*, 2014).

Os elasmobrânquios apresentam uma ampla variedade em suas histórias de vida, desde características biológicas que impedem uma alta produtividade, até espécies com crescimento rápido, baixa longevidade e maturação sexual precoce (Cortés, 2000; Frisk *et al.*, 2010). Neste contexto, os elasmobrânquios são vulneráveis às pescarias de larga escala e degradação ambiental de áreas costeiras (Camhi *et al.*, 1998; Dulvy *et al.*, 2014), embora algumas espécies possam apresentar características que permitem que as mesmas se recuperem mais rapidamente da sobreexploração de seus estoques (Smith *et al.*, 1998).

As espécies da família Urotrygonidae são comumente capturadas como fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarão (Valadez-Gonzalez *et al.*, 2001; Amezcua *et al.*, 2006; Acevedo *et al.*, 2007; Mejía-Falla *et al.*, 2012). Estima-se que a rejeição da fauna acompanhante em todos os oceanos seja em torno de quatro vezes maior que a produção de camarão (Gillett, 2008). Esta alta representatividade da fauna acompanhante se deve a baixa seletividade dos petrechos pesqueiros utilizados pelas frotas de arrasto de camarão que junto com as espécies-alvo capturam grandes quantidades de outras espécies em diferentes fases do ciclo de vida (Broadhurst, 2000), como ocorre com *U. microphthalmum* na região costeira de Pernambuco.

A raia *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 ocorre em águas rasas e costeiras do oceano Atlântico Oeste Tropical até cerca de 50 m de profundidade, tendo pequeno porte e

atingindo aproximadamente 30 cm de comprimento total (McEachran & Carvalho, 2000). É registrada na Venezuela, Suriname, Guiana Francesa e no Brasil nos estados do Amapá, Pará, Maranhão, Ceará, Paraíba e Pernambuco (Rosa, 2004; Santander-Neto & Lessa, 2013).

O modo reprodutivo de *U. microphthalmum* é a viviparidade matrotrófica onde um leite uterino rico em lipídeos e proteínas é fornecido ao embrião através de vilosidades chamadas trofonemas, (Wourms, 1977; Hamlett *et al.*, 2005). Aspectos reprodutivos da família Urotrygonidae têm sido avaliados nas últimas décadas para *Urobatis halleri* (Cooper, 1871), *Urobatis jamaicensis* (Cuvier, 1817), *Urotrygon chilensis* (Günther, 1871), *Urotrygon rogersi* (Jordan & Starks, 1895) e *Urotrygon venezuelae* Schultz, 1949 (Babel, 1967; Ordoñez, 2004; Téllez *et al.*, 2006; Fahy *et al.*, 2007; Mull *et al.*, 2008; Rubio, 2009; Mull *et al.*, 2010; Mejia-Falla *et al.*, 2011; Grijalba-Bendeck *et al.*, 2012; Jirik e Lowe, 2012; Mejia-Falla *et al.*, 2012). Entretanto, poucos aspectos da biologia reprodutiva de *U. microphthalmum* são conhecidos (ver Almeida *et al.*, 2000).

Espécies capturadas como fauna acompanhante de pescarias comerciais tendem a apresentar diferentes níveis de resiliência em relação à espécie alvo, porém estas espécies geralmente não são avaliadas, o que pode acarretar no declínio populacional das mesmas. Assim, é de fundamental importância o conhecimento dos parâmetros populacionais das espécies da fauna acompanhante com o intuito de avaliá-las em relação ao nível de exploração a que estão submetidas, permitindo um manejo adequado das pescarias e espécies. O estudo da biologia reprodutiva de uma espécie é uma das etapas necessárias para a compreensão da dinâmica populacional e conseqüente avaliação do status populacional da mesma. Objetiva-se com o presente estudo estimar os parâmetros reprodutivos de *U. microphthalmum* quanto à maturidade, fecundidade, tamanho e proporção sexual no nascimento e ciclo reprodutivo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO E COLETA DE DADOS

Todos os espécimes de *Urotrygon microphthalmum* foram capturados entre março de 2010 a março de 2012 como fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarões branco (*Litopenaeus schmitti*), sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e rosa (*Farfantepenaeus subtilis* e *F. brasiliensis*) no estado de Pernambuco, Brasil (08°11'43"S/ 034°54'13"W; 08°38'44"S/ 035°01'24"W) (Figura 1). A região costeira de Pernambuco se caracteriza por uma estreita plataforma continental relativamente plana e na área de atuação da frota que captura a espécie, o fundo é composto de lama, areia de quartzo e algas calcárias (ver Kempf, 1970). O aparelho de pesca utilizado pela frota foi o arrasto duplo de fundo com tangones, destinado à captura de camarão. Cada rede tem 10 m de comprimento, aproximadamente 6 m na boca e é formada por malhas de 20 mm no corpo da rede e 15 mm no saco. As operações de pesca eram realizadas a uma velocidade média de dois nós e cada arrasto teve duração média de 4 horas. Para cada espécime foi medido o comprimento total (CT, mm) e a largura de disco (LD, mm), o peso total (PT, g), o peso do fígado (PF, g) e o sexo. Para as fêmeas foi registrado somente o peso do ovário esquerdo (funcional) juntamente ao órgão epigonal (PO, g). Para os machos foi registrado o peso dos testículos direito e esquerdo (PTE, g) e o comprimento interno do clássper esquerdo (CC, em mm) (Compagno, 1984; Conrath, 2005).

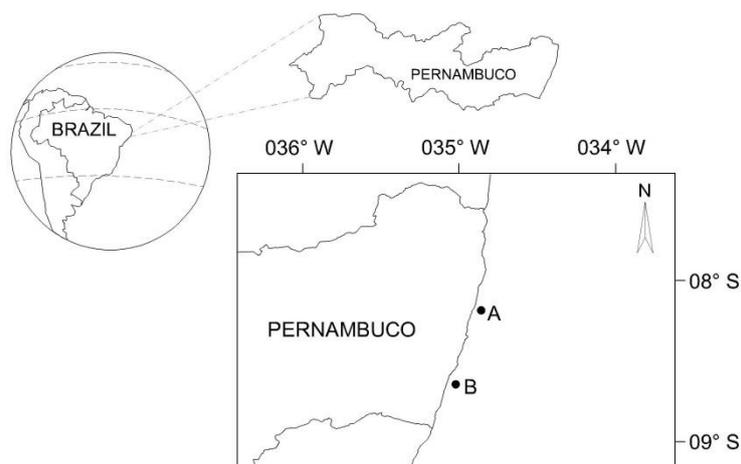


Figura 1. Mapa do Brasil evidenciando o estado de Pernambuco e os locais de pesca onde *Urotrygon microphthalmum* foi capturada. A) Jaboatão dos Guararapes e B) Barra de Sirinhaém.

#### PROPORÇÃO SEXUAL E RELAÇÃO DE PESO-COMPRIMENTO

A proporção sexual esperada de 1:1 foi testada utilizando  $\chi^2$  e as diferenças entre sexos nos parâmetros CT e PT foram testadas utilizando Mann-Whitney. Foram estabelecidas relações entre CT x LD e CT x PT que foram testadas entre os sexos usando ANCOVA ( $\alpha=0.05$ ) (Zar, 2010).

#### ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO

O estágio de maturidade fisiológica foi inferido através da análise macroscópica dos aparelhos reprodutivos baseado nas descrições de White *et al.* (2001) e Mejia-Falla *et al.* (2012), modificadas de acordo com as características de *U. microphthalmum* (Tabela I). Adicionalmente, para os machos foi verificado o estágio de rigidez (calcificação) do cláspere como indício de maturidade funcional (Conrath, 2005).

#### MATURAÇÃO E OGIVAS DE MATURIDADE

Para avaliar o início da maturação em *Urotrygon microphthalmum*, foram utilizados PO e PF para fêmeas e, PTE e CC para machos.

O tamanho de maturidade ( $CT_{50}$ ) foi estimado para ambos os sexos ajustando o modelo de regressão logístico para dados binomiais de maturidade (0, imaturo; 1, maturo) (Mollet *et al.*, 2000). Foi considerado para o modelo binomial como imaturo, os dois primeiros estágios de ambos os sexos (imaturo e maturando) (tabela 1), e o restante dos estágios como maturo. Foi utilizado o modelo logístico:  $P = [1 + e^{-b(CT_i - CT_{50})}]^{-1}$ , onde  $P$  é a proporção de indivíduos maturos em  $CT$ ,  $CT_i$  é a classe de comprimento  $i$  e  $b$  é o parâmetro do modelo. O modelo logístico foi ajustado usando máxima verossimilhança com o programa PopTools (Hood, 2010). Para machos, os parâmetros foram estimados de duas formas: I- Apenas considerando o estágio de calcificação do cláspes (não calcificado, 0; calcificado, 1) e II- Considerando o estágio de maturação e o estágio de calcificação do cláspes, combinados.

#### EMBRIÕES E EFEITO DO COMPRIMENTO DAS FÊMEAS NA REPRODUÇÃO

Os embriões foram contados, medidos, pesados e identificados quanto ao sexo. A proporção sexual esperada de 1:1 dos embriões foi testada para cada útero e combinados através do teste de  $\chi^2$ . O comprimento total assintótico ( $CT_{\infty}$ ) foi calculado de acordo com a seguinte equação:  $CT_{\infty} = CT_{max} \div 0,95$  (Pauly, 1983), onde  $CT_{\infty}$  é o comprimento total assintótico e  $CT_{max}$  é o comprimento do maior indivíduo.

O estágio de desenvolvimento do embrião foi classificado como: formação (iniciando o desenvolvimento, eixo cefalo-caudal formado e visível, disco em fase inicial de formação, saco vitelínico presente, coloração transparente ou pálida, não sendo possível mensurar), inicial (<45mm CT, saco vitelínico ausente, sem pigmentação, disco em formação e não fusionado a cabeça), mediano (entre 45 e 80 mm de CT, pigmentação marrom claro, disco formado e fusionado a cabeça) e formado (acima de 80mm de CT, coloração dorsal completamente marrom), modificado de Mejia-Falla *et al.* (2012).

Tabela I. Características macroscópicas usadas para classificar os estágios de maturidade de *Urotrygon microphthalmum*, modificado de White *et al.* (2001) e Mejia-Falla *et al.* (2012).

Estágio	Características macroscópicas
<b>Fêmeas</b>	
Imatura	Ovários indiferenciados. Úteros finos e filiformes, com tamanhos similares.
Maturando	Ovário esquerdo (funcional) pequeno e sem folículos visíveis. Úteros iniciando a expansão da região posterior, com paredes finas.
Matura não grávida	Ovário esquerdo expandidos lateralmente e com folículos vitelogênicos. Úteros com parede espessa pelo desenvolvimento de trophonema, e parcialmente estreito na região anterior.
Matura grávida	Ovário alargado e vascularizado, com folículos pré-vitelogênicos, folículos atrésicos, e sem folículos vitelogênicos visíveis. Úteros com ovos ou embriões, a mucosa uterina vascularizada apresenta trofonema espessa e bem desenvolvido.
Matura pós parto	Ovário alargado, com folículo pré-vitelogênicos, folículos atrésicos, e sem folículos vitelogênicos visíveis. Úteros aumentados e flácidos, com aspecto hemorrágico, e sem embriões ou ovos.
<b>Machos</b>	
Imaturo	Testículos não diferenciados do órgão epigonal. Vasos deferentes finos. Vesícula seminal fina e translúcida, sem fluido seminal.
Maturando	Testículo diferenciado do órgão epigonal, com início da lobulação evidente. Vaso deferente com parede opaca e começando a enovelar. Vesícula seminal diferenciada, opaca e sem fluido seminal.
Maturo não reprodutivo	Testículos desenvolvidos e com lóbulos visíveis. Vaso deferente levemente enovelado. Vesícula seminal alargada e sem fluido seminal.
Maturo em atividade sexual	Testículos desenvolvidos, vascularizados e lobulados. Vaso deferente alargado e altamente enovelado. Vesícula seminal com parede opaca e espessa; com presença de fluido seminal.
Maturo pós atividade sexual	Testículos desenvolvidos, flácidos e com aspecto hemorrágico. Vaso deferente altamente enovelado. Vesícula seminal com parede opaca e espessa, sem ou com pouco fluido seminal.

Para avaliar se a fecundidade aumenta com o tamanho da fêmea e, portanto, se há efeito do tamanho da fêmea na fecundidade, o número de embriões formados foi relacionado com o CT

das fêmeas e verificado qual regressão (linear, exponencial, logarítmica ou geométrica) melhor se ajustava aos dados. O CT máximo de embrião (CTEmax) por classe de comprimento total das fêmeas grávidas também foi analisado para verificar a relação entre o tamanho dos embriões e das fêmeas grávidas.

## CICLO REPRODUTIVO

Para avaliar a frequência reprodutiva das fêmeas, o estágio de desenvolvimento do embrião foi plotado em função do diâmetro do maior folículo ovariano, em fêmeas contendo ambos os descritores.

A condição reprodutiva das fêmeas maduras foi avaliada em função do índice hepatossomático (IHS) (Conrath, 2005; Grijalba-Bendeck *et al.*, 2008):  $IHS = (PF/PT)*100$ . A variação mensal do diâmetro dos folículos ovarianos foi analisada. A variação mensal no IHS e tamanho do embrião foram avaliadas usando o teste de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0,05$ ).

## RESULTADOS

### PROPORÇÃO SEXUAL E RELAÇÕES DE PESO E COMPRIMENTO

Foram coletados e analisados 356 espécimes de *Urotrygon microphthalmum* durante o período, sendo 191 fêmeas e 165 machos. A proporção sexual encontrada na amostra foi de 1♂:1,16♀ não diferindo do esperado ( $\chi^2 = 1,899$ , d.f = 1,  $P = 0,1682$ ). O CT diferiu entre os sexos ( $Z = 7,458$ , d.f = 354,  $P < 0,0001$ ) com as fêmeas variando entre 86,15 e 298,10 mm e machos entre 81,60 e 249,55 mm. O PT também diferiu entre os sexos ( $Z = 7,285$ , d.f = 348,  $P < 0,0001$ ) com as fêmeas variando entre 3,81 e 148 g e os machos variando entre 3,64 e 89,9 g. Através da distribuição de frequência de CT pôde-se observar a presença de uma marcante classe modal entre 240 e 260 mm para fêmeas e entre 220 e 240 mm para machos (Figura 2). Foi possível observar também que as fêmeas atingem comprimentos superiores aos machos.

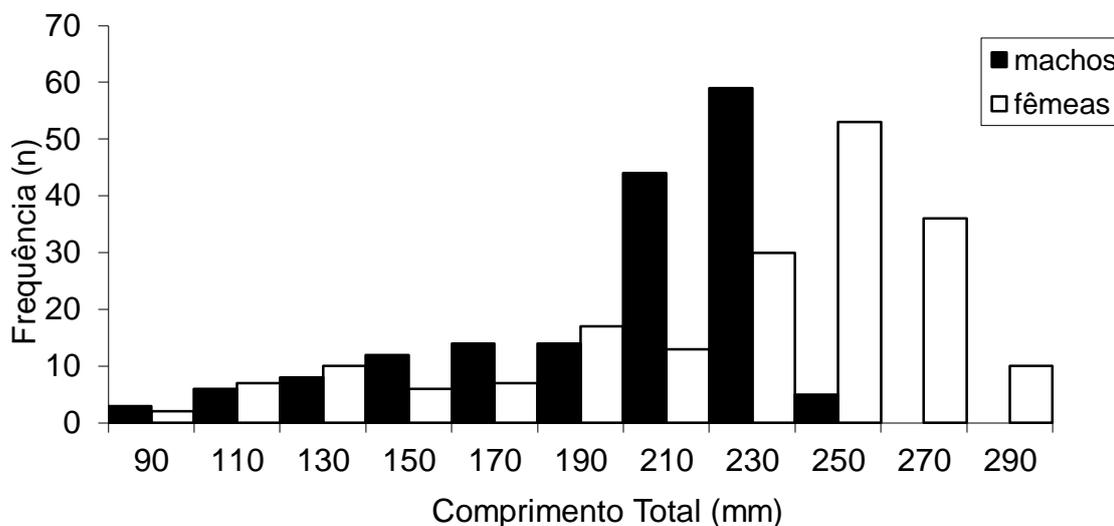


Figura 2. Distribuição de frequência por classe de comprimento total de *Urotrygon microphthalmum*. Barras pretas representam machos e barras brancas fêmeas.

Para a relação entre LD e CT foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre fêmeas e machos ( $F=6136,72$ ; g.l.=2;  $p<0,0001$ ). A equação que descreve a relação para as fêmeas é  $CT = 2,0274LD - 12,243$  ( $R^2 = 0,9765$ ;  $n=172$ ) e para machos é  $CT = 2,0896LD - 16,926$  ( $R^2 = 0,9647$ ;  $n=152$ ). Para a relação entre CT e PT, fêmeas e machos diferiram estatisticamente ( $F=773,36$ ; g.l.=2;  $p<0,0001$ ) e a equação que descreve a relação para as fêmeas é  $PT = 3 \times 10^{-6}CT^{3,1053}$  ( $R^2 = 0,9274$ ;  $n=185$ ) com coeficiente de alometria positivo, e para machos  $PT = 5 \times 10^{-6}CT^{2,9855}$  ( $R^2 = 0,9167$ ;  $n=156$ ) com coeficiente de alometria negativo.

#### MATURAÇÃO E OGIVAS DE MATURIDADE

Os pesos dos testículos esquerdo e direito diferiram estatisticamente ( $Z= 2,41$ ; g.l.=143;  $p=0,0079$ ), com o esquerdo variando entre 0,01 e 0,61 g, e com valor mediano de 0,13 g ao passo que o direito variou entre 0,01 a 0,37 g e valor mediano de 0,08 g. Na análise realizada com testículos agrupados, ocorreu uma dispersão dos pontos a partir de aproximadamente 158 mm de CT que aumenta até um máximo de PTE de 0,98 g referente ao maior macho coletado com 249,55 mm de CT (Figura 3A).

O comprimento do cláspes variou entre 3,4 a 21 mm para indivíduos entre 112,55 e 233,2 mm de CT, respectivamente. Na relação entre CT e CC observa-se aumento no tamanho do cláspes em função do comprimento total a partir do indivíduo de 147,8 mm de CT. A ocorrência gradual de machos com cláspes calcificados foi observado a partir de 170,4 mm de CT (CC=14,9 mm) até um indivíduo com 201,85 mm de CT (CC=15,2 mm), que foi o maior macho com cláspes não calcificados (Figura 3B).

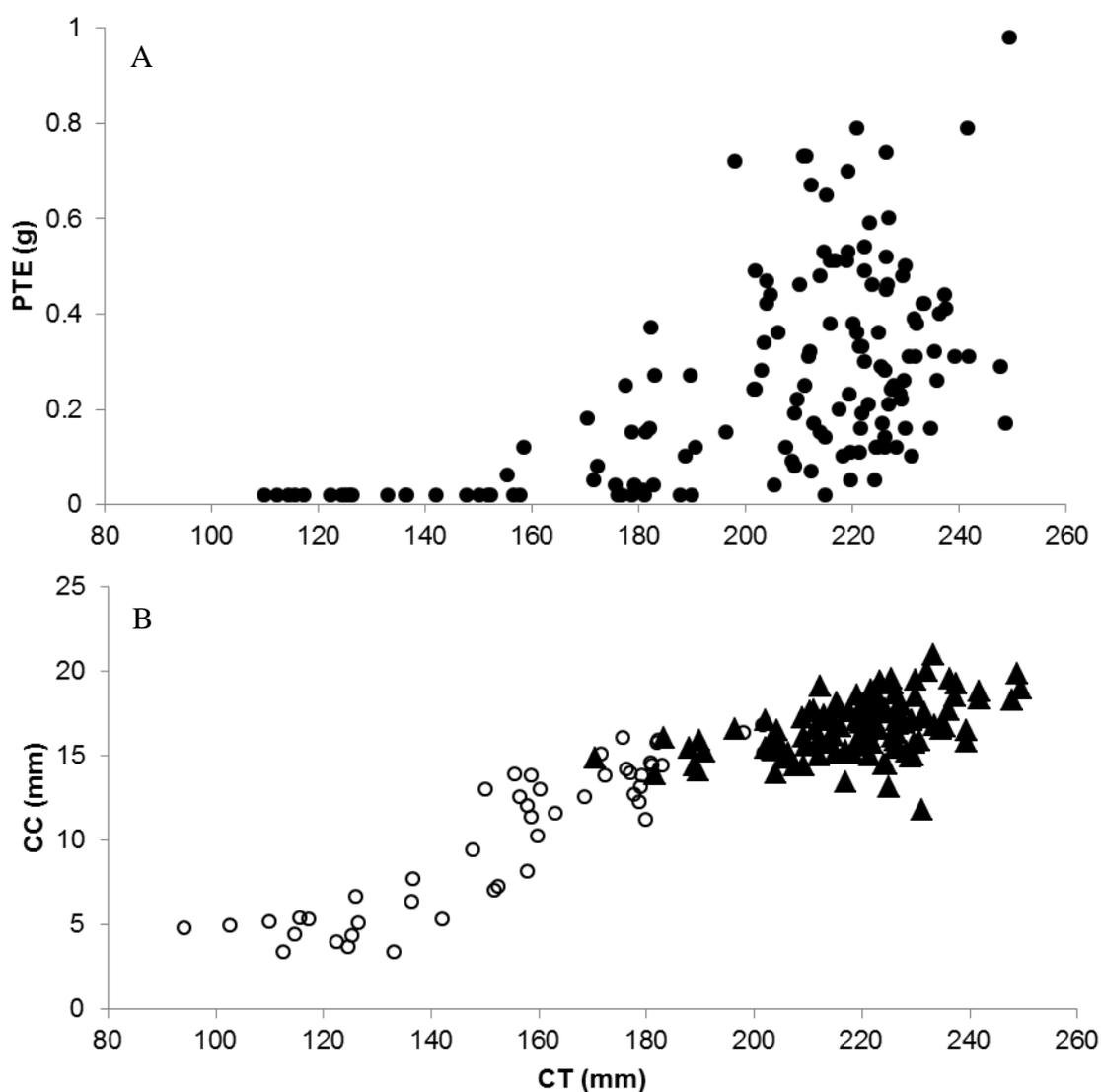


Figura 3. A) Relação entre o peso dos testículos (PTE) e o comprimento total (CT) de machos de *Urotrygon microphthalmum*; B) Relação entre o comprimento do margem interna do cláspes (CC) e o comprimento total (CT) de machos de *Urotrygon microphthalmum*. Círculo vazio = cláspes não calcificados; triângulo cheio = cláspes calcificados.

O comprimento de maturidade ( $CT_{50}$ ) estimado para os machos considerando apenas o estágio de calcificação do cláster foi de 183,49 mm (95% I.C.= 182,52 – 184,46 mm) (Figura 4a). O comprimento de maturidade ( $CT_{50}$ ) estimado para os machos considerando o estágio de maturação e o estágio de calcificação do cláster foi de 187,74 mm (95% I.C.= 186,31 – 189,17 mm) (Figura 4b).

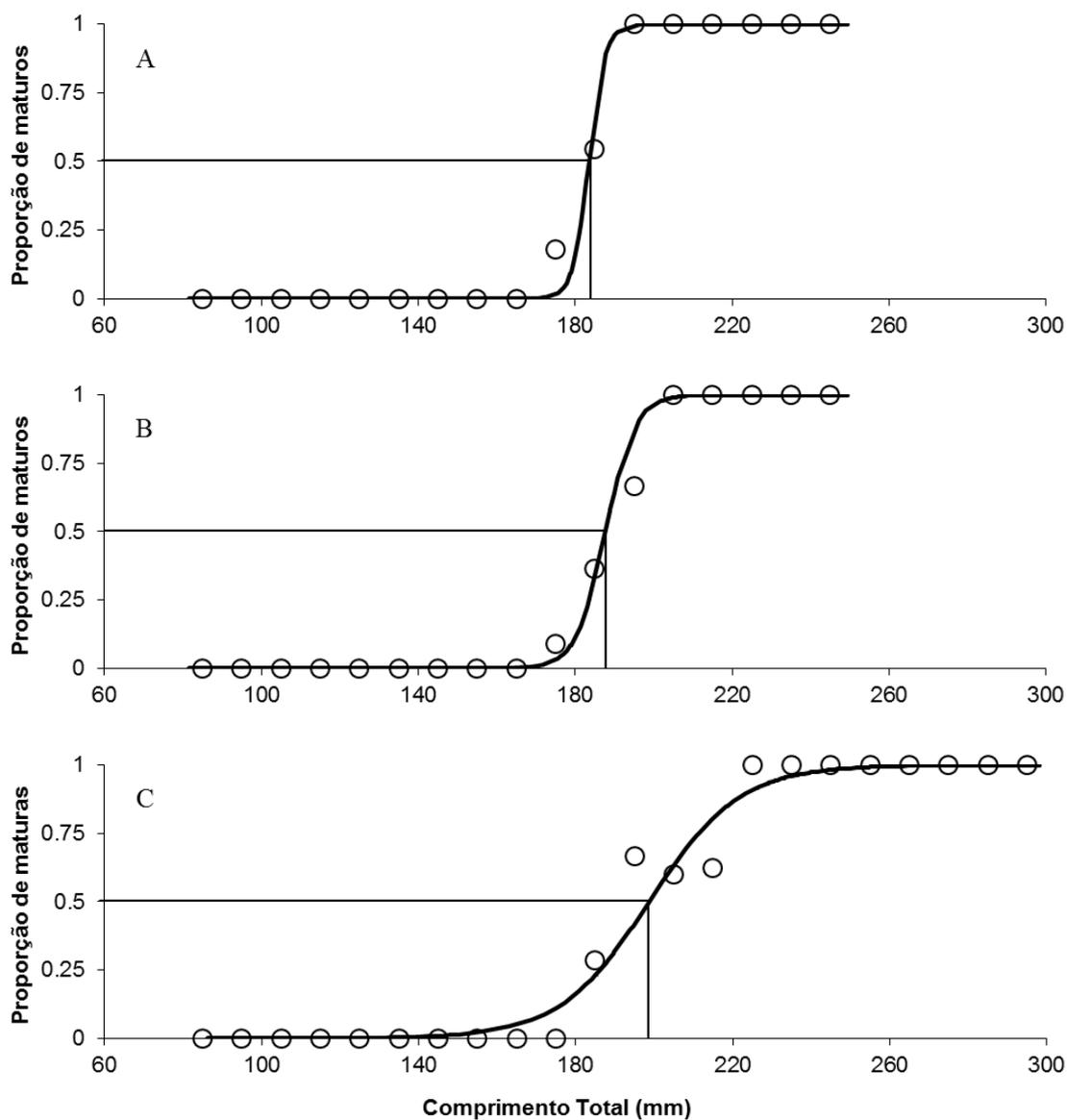


Figura 4. Curvas de maturidade de *Urotrygon microphthalmum*. A) machos, baseada apenas no estágio de calcificação do cláster; B) machos, baseada no estágio de maturação de gonadal e calcificação do cláster; C) fêmeas, baseada na maturidade gonadal.

Uma vez que o CT50 estimado a partir apenas do cláspes foi inferior ao CT50 baseado no estágio de maturação e calcificação do cláspes, adotou-se o segundo como comprimento de maturidade para os machos. O maior macho imaturo media 201,85 mm de CT ao passo que o menor macho maturo media 179,2 mm de CT. O CT50 dos machos corresponde a 75,23% do comprimento total do maior macho da amostra.

Para fêmeas, pode-se observar uma dispersão dos pontos para a relação entre o CT e PF, a partir de um indivíduo com 172 mm de CT, sugerindo o início da aquisição da maturidade. Esta dispersão aumenta até um peso do fígado máximo de 10,09 g referente a uma fêmea com 278,05 mm de CT (Figura 5A).

Na análise do peso do ovário (PO) pode-se observar o início do processo de maturação gonadal através da dispersão dos pontos e do aumento do CT das fêmeas. Esta dispersão no PO inicia-se a partir de fêmeas com aproximadamente 175 mm de CT até um PO máximo de 0,69 g para uma fêmea com 268,8 mm de CT (Figura 5B).

A menor fêmea matura media 180,8 mm de CT e a maior fêmea imatura media 211,4 mm de CT. O comprimento de maturidade (CT50) estimado para as fêmeas foi de 198,73 mm (95% I.C= 194,85 – 202,61 mm) (Figura 4C). O CT50 das fêmeas corresponde a 66,7% do comprimento total da maior fêmea da amostra.

Em toda a amostra, 95 indivíduos (26,7%) eram imaturos e 261 (73,3%) maturos. Dentre as fêmeas, 48 (25,1%) eram imaturas e 143 (74,9%) maduras e, entre os machos, 43 (28,5%) eram imaturos e 118 (71,5%) maturos.

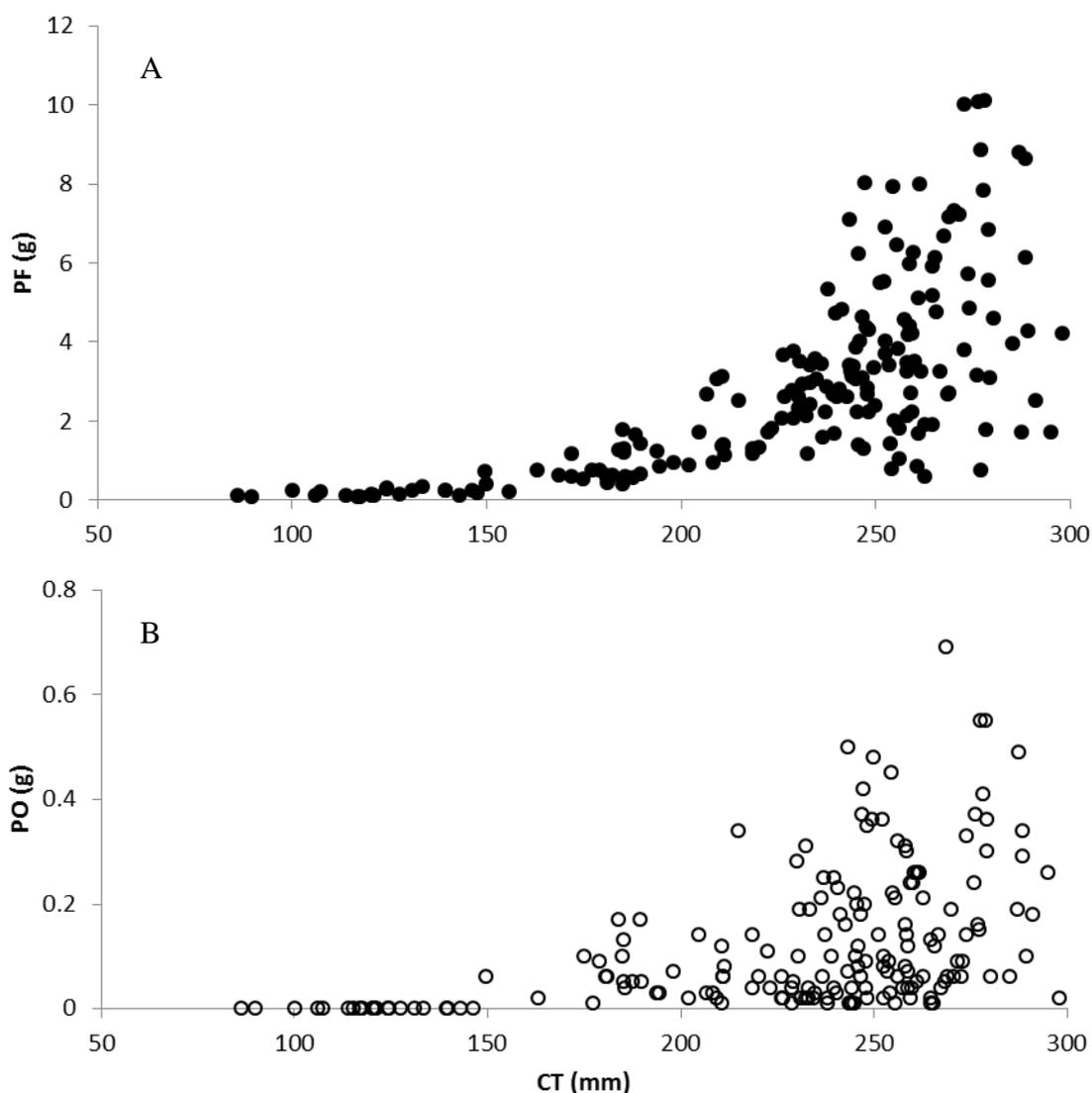


Figura 5. Relação entre A) peso do fígado (PF) e o comprimento total (CT); B) peso do ovário (PO) e o comprimento total (CT), de fêmeas de *Urotrygon microphthalmum*.

#### FOLÍCULOS OVARIANOS, EMBRIÕES E EFEITO DO COMPRIMENTO DAS FÊMEAS NA REPRODUÇÃO

Com exceção de duas fêmeas em que o ovário funcional foi o direito, fêmeas de *U. microphthalmum* apresentaram apenas o ovário esquerdo funcional. Quando houve a presença de folículos ovarianos, estes variaram entre um e 16 (média  $\pm$  d.p =  $3,95 \pm 2,45$ ) e o diâmetro do maior folículo ovariano variou entre 0,9 e 11,2 ( $4,11 \pm 2,18$  mm). Apenas uma fêmea

apresentou 16 folículos e todas as restantes até nove folículos vitelogênicos. O menor indivíduo com folículo ovariano foi uma fêmea de 179,15 mm de CT.

Foram analisadas 59 fêmeas grávidas contendo de um a quatro embriões registrando-se um total de 109 embriões em ambos os úteros, o que corresponde a uma fecundidade uterina de  $1,85 \pm 0,45$  embriões/fêmea grávida. Os embriões estavam divididos em: 49 machos, 42 fêmeas e 18 de sexo indeterminado, com CT variando entre 15,45 e 129,65 mm. A proporção de  $1,17\text{♂}:1\text{♀}$  não diferiu do esperado ( $\chi^2 = 0,538$ , d.f. = 1,  $p=0,4631$ ). Não houve diferenças significativas no tamanho entre os sexos dos embriões ( $t = -1,1645$ ; d.f. = 89;  $p=0,2473$ ). Entretanto, diferença estatística ( $\chi^2 = 28,582$ ; d.f. = 1;  $p<0,0001$ ) foi observada na fecundidade uterina, sendo o útero esquerdo mais fecundo com 1,46 embriões/útero, ao passo que o útero direito teve uma fecundidade de 0,39 embriões/útero. Por sua vez, não houve diferença estatística na proporção sexual nos úteros esquerdo ( $1,54\text{♂}:1\text{♀}$ ;  $\chi^2 = 3,169$ ; d.f. = 1;  $p=0,075$ ) e direito ( $2,33\text{♀}:1\text{♂}$ ;  $\chi^2 = 3,2$ , d.f. = 1,  $p=0,0736$ ), este último tendo uma dominância de fêmeas, o contrário do encontrado para o útero esquerdo.

Considerando o menor indivíduo de vida livre encontrado na amostra (81,60 mm de CT) e o maior embrião (129,65 mm de CT), considerou-se um tamanho médio de nascimento em torno de 105 mm de CT. Este tamanho de nascimento corresponde a 33,5% do comprimento total assintótico ( $CT_{\infty}$ ) para fêmeas e 40% para os machos. O incremento de massa úmida do embrião a partir da média do peso médio do maior folículo vitelogênico e peso dos ovos no útero ( $0,0725 \pm 0,0472\text{g}$ ) até a média de peso do embrião com tamanho médio de nascimento ( $4,92 \pm 1,11\text{g}$ ) indica c. 6786% de incremento de massa úmida e ao peso do maior embrião (6,92g), c. 9545%.

Na relação entre o número de embriões formados (a termo) e o CT das fêmeas, não foi possível observar o aumento da fecundidade com o comprimento das fêmeas através da regressão logarítmica ( $Y = -4,8097 + 1,1735 * \ln(X)$ ;  $R^2 = 0,0118$ ;  $p = 0,5482$ ).

Na relação entre as classes de CT das fêmeas grávidas e o comprimento total máximo do embrião (CTEmax) na classe, observou-se uma relação positiva significativa ( $CTEmax = 0,4925CT - 14,925$ ;  $R^2 = 0,7851$ ), indicando que o tamanho dos embriões tende a aumentar com o aumento no tamanho das fêmeas grávidas.

### CICLO REPRODUTIVO

Em todos os meses do ano foi observada a presença de embriões com diferentes tamanhos e em diferentes fases de desenvolvimento embrionário, bem como diferenças significativas na média do CT entre os meses (Kruskal-Wallis  $H_{10,102} = 28,76$ ;  $p=0,0014$ ), sugerindo um ciclo reprodutivo assincrônico. A amostra apresentou dois picos no CT dos embriões no decorrer do ano (Figura 6) com o primeiro pico em fevereiro, seguido de um segundo pico estendido de julho a outubro, uma vez que não foi possível observar uma queda no CT dos embriões abaixo do estágio formado de desenvolvimento, até os meses de novembro e dezembro. Logo, é provável que haja dois períodos com maior número de partos durante o ano e, estes sejam entre fevereiro e março e, de junho a outubro.

Embora apenas 15 das 59 fêmeas grávidas (~25%) tinham folículos macroscopicamente visíveis, foi possível observar na relação entre o diâmetro dos folículos e o estágio de desenvolvimento embrionário, que o início e o final deste desenvolvimento (estágios formação e formado) continham os maiores diâmetros dos folículos (Figura 7), indicando que fêmeas podem estar aptas para a próxima gestação logo após o término da anterior, indicando mais de uma gestação por ano.

Através da análise do diâmetro do maior folículo ovariano no decorrer dos meses foi possível observar 2 picos nos meses de março e junho/julho (Figura 8A), com a média dos diâmetros apresentando uma diminuição discreta a partir de junho/julho até dezembro e, aumento de janeiro a março. No entanto, não foram observadas diferenças significativas na média do diâmetro dos folículos entre os meses analisados (Kruskal-Wallis  $H_{9,42} = 5,82$ ;  $p=0,7576$ ),

reforçando a evidência do ciclo reprodutivo ser assincrônico. A presença de apenas 3 fêmeas com ovos no útero pode indicar que o desenvolvimento do embrião a partir do ovo seja bastante rápido.

O IHS mostrou diferenças estatísticas significativas ao longo do ano (Kruskal-Wallis  $H_{11,137} = 78,19$ ;  $p < 0,0001$ ) com a presença de dois picos, o primeiro com valor máximo em janeiro seguido de queda com mínimo em abril/maio e voltando aumentar lentamente até um segundo pico entre setembro e outubro com uma queda abrupta no índice em novembro e novo aumento já em dezembro (Figura 8B), indicando haver um ciclo bianual para a espécie.

Baseado num rápido desenvolvimento embrionário, na diferença mensal no diâmetro dos folículos ovariano e IHS e, nos meses em que o nascimento foi observado, o período de gestação foi estimado em cerca de quatro a cinco meses para *U. microphthalmum*.

De acordo com os resultados apresentados é sugerido um ciclo reprodutivo assincrônico bianual para a espécie *Urotrygon microphthalmum*.

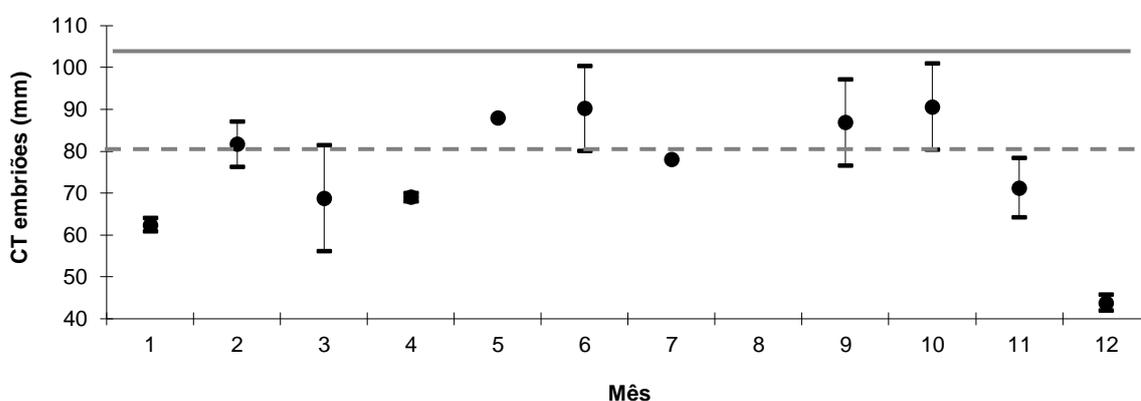


Figura 6. Variação mensal no comprimento total dos embriões de *Urotrygon microphthalmum*. Linha cinza tracejada indica o comprimento inicial de embriões formados. Linha cinza contínua indica comprimento de nascimento estimado.

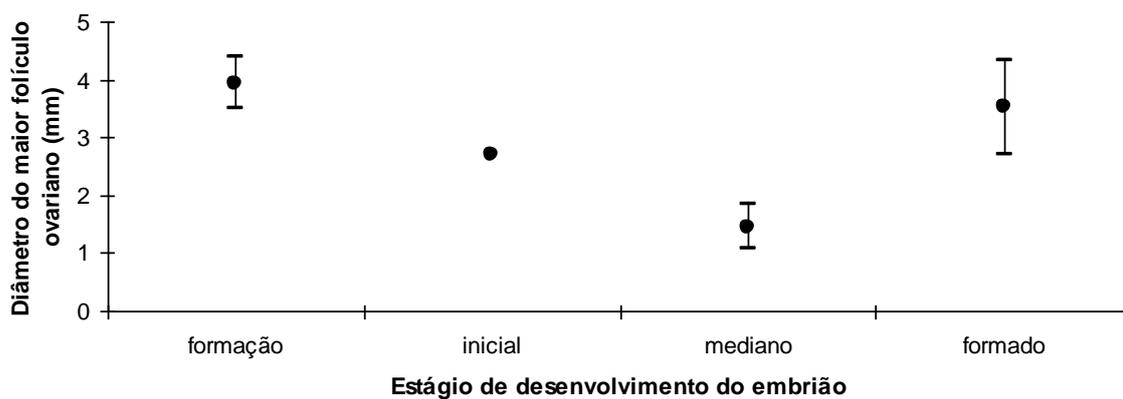


Figura 7. Diâmetro do maior folículo ovariano e estágio de desenvolvimento de embriões das fêmeas grávidas de *Urotrygon microphthalmum*.

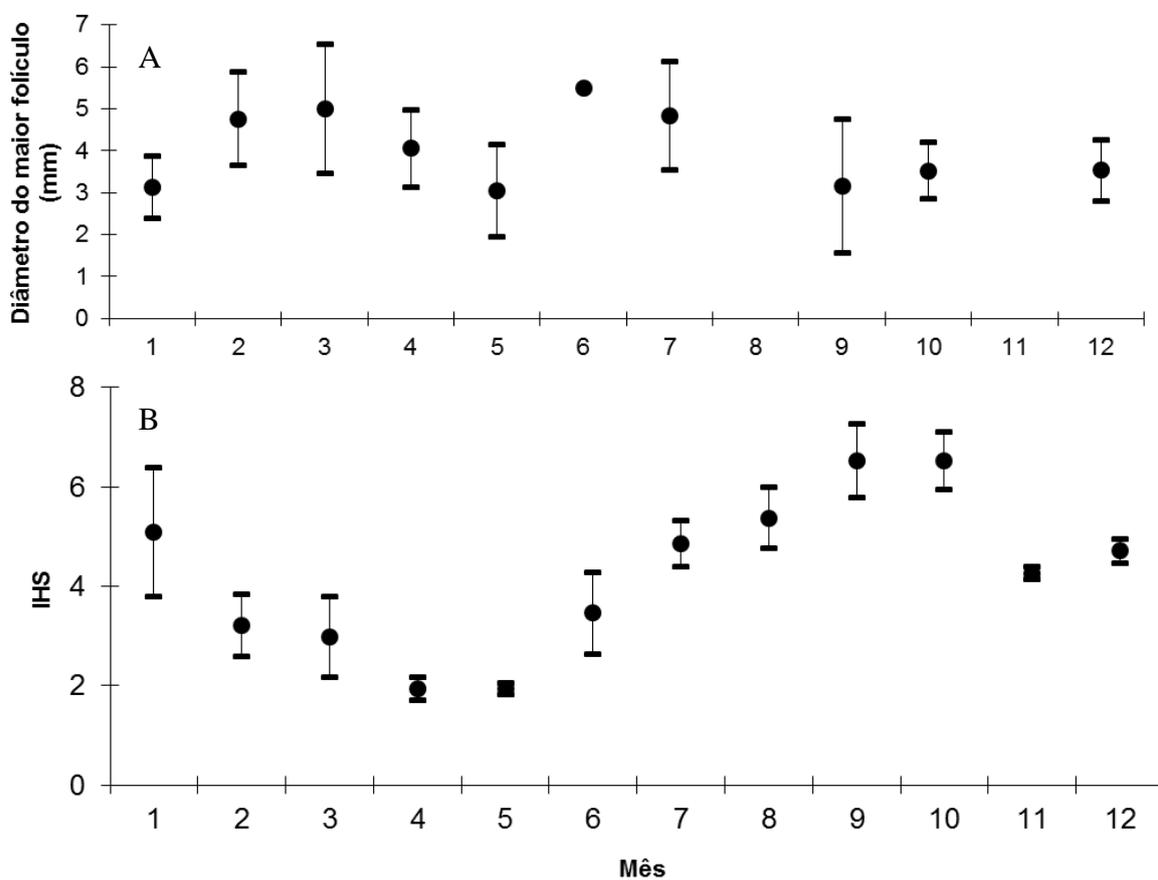


Figura 8. Variação mensal no A) diâmetro do maior folículo ovariano das fêmeas maduras e; B) índice hepatossomático (IHS) das fêmeas maduras, de *Urotrygon microphthalmum*.

## DISCUSSÃO

### PROPORÇÃO SEXUAL E RELAÇÕES DE PESO E COMPRIMENTO

O tamanho máximo registrado de *Urotrygon microphthalmum* (298,10 CT) encontra-se próximo ao reportado na literatura (30 cm CT) (Almeida *et al.*, 2000; McEachran & Carvalho, 2000; Rosa, 2004). Desta forma, acredita-se que a parcela adulta da espécie esteja bem representada na amostra.

Dimorfismo sexual de tamanho em elasmobrânquios é bem documentado e pode ser evidenciado nas distribuições de frequência de comprimentos, na relação peso-comprimento e no tamanho de maturidade (Cortés, 2000; Frisk, 2010). Fêmeas de *U. microphthalmum* atingiram tamanhos e pesos superiores aos machos, tal como suas congêneres *U. rogersi* e *U. chilensis* e outras Myliobatiformes como *Gymnura micrura* (Bloch & Schneider, 1801), *Dasyatis pastinaca* (Linnaeus, 1758) e *D. say* (Lesueur, 1871) (Snelson *et al.*, 1989; Ismen, 2003; Rubio, 2009; Mejia-Falla *et al.*, 2012; Yokota *et al.*, 2012).

No Maranhão, a estrutura de comprimentos de *U. microphthalmum* se mostrou de forma diferente com machos atingindo o mesmo tamanho que as fêmeas (~300 mm de CT) (Almeida *et al.*, 2000). A existência dessa diferença na estrutura de comprimentos pode ser devido captura dependente da pesca de arrasto de camarão, e a fatores, tais como: amostragem limitada devido à preferência de habitat entre sexos na fase adulta; mortalidade por pesca diferencial entre os sexos; diferentes estoques sujeitos a diferentes condições ambientais.

Diferenças nos parâmetros populacionais já foram observadas para outros elasmobrânquios (Lombardi-Carlson *et al.*, 2003; Carlson & Sulikowski, 2006; Frisk & Miller, 2006; Lincadeo & Cerna, 2007; McPhie & Campana, 2009), logo, é possível que haja diferentes estoques ao longo da distribuição de *U. microphthalmum*. No entanto, estudos populacionais e genéticos mais detalhados são necessários para comprovar ou refutar essa hipótese.

Dimorfismo sexual de comprimentos é comum em animais e reflete uma adaptação aos diferentes modos reprodutivos (Fairbain, 1997). A explicação para este fenômeno pode ser bastante complexa envolvendo diversos fatores como sucesso de cópula, fecundidade, crescimento e sucesso no forrageamento. Porém, é bastante claro que maiores tamanhos consistem numa vantagem (Blanckenhorn, 2005), neste caso, em favor das fêmeas. Esta vantagem está geralmente associada ao sucesso reprodutivo com fêmeas podendo gerar uma prole com indivíduos maiores, como observado para *U. microphthalmum*, o que garante uma maior taxa de sobrevivência de neonatos (Cortés, 2000; Frisk, 2010).

A proporção sexual encontrada não diferiu do esperado 1:1 e foi semelhante à encontrada para *U. rogersi*, *U. chilensis*, *Dasyatis sabina* (Lesueur, 1871) e *Gymnura micrura* (Snelson *et al.*, 1988; Rubio, 2009, Mejia-Falla *et al.*, 2012; Yokota *et al.*, 2012). Em *U. venezuelae* (Téllez *et al.*, 2006) houve uma dominância de machos (2♂:1♀) porém não é possível afirmar se é um padrão em função do reduzido tamanho da amostra. Já no caso de *D. say* a predominância de fêmeas (2,43♀:1♂) (Snelson *et al.*, 1989) é justificada provavelmente em função da arte de pesca ter selecionado apenas os maiores indivíduos de *D. say* e como existe um grande dimorfismo sexual com fêmeas maturando tardiamente e atingindo tamanhos superiores, a arte de pesca selecionou mais fêmeas do que machos (Snelson *et al.*, 1989). É importante ressaltar que os resultados encontrados e as inferências feitas, são baseadas apenas na porção da população que foi susceptível ao aparelho de pesca e, portanto, podem não refletir de forma exata os aspectos populacionais.

#### MATURAÇÃO E OGIVAS DE MATURIDADE

Foi possível identificar o início de maturação dos machos em cerca de 150 mm de CT através do aumento do peso dos testículos e aumento mais acentuado do comprimento dos cláspers em função do comprimento total. Os intervalos de confiança dos tamanhos de maturidade estimados para machos não se sobrepuseram devido a presença de indivíduos com cláspers

calcificado e vaso deferente não apresentando enovelamento de um indivíduo maduro, o que nos leva a crer que, diferente do encontrado para *U. rogersi* (Mejia-Falla *et al.*, 2012), não sendo possível afirmar sobre o estágio de maturação baseado apenas no estágio de calcificação do cláster para *U. microphthalmum*.

A maturidade dos machos foi estimada em 187,74 mm de CT, diferindo do encontrado em menores latitudes, mais precisamente no estado do Maranhão, que foi de 219 mm de CT (Almeida *et al.*, 2000). A explicação para estas diferenças pode ser devido a possibilidade de existirem diferentes estoques, diferenças latitudinais acentuadas por diferentes condições ambientais ou devido aos machos nas diferentes localidades terem sido submetidos a diferentes níveis de mortalidade alterando os tamanhos máximos e de maturidade. O tamanho de maturidade estimado corresponde a 75% do tamanho do maior macho da amostra, que foi próximo ao reportado para *U. chilensis* (70%) e *Dasyatis chrysonota* (Smith, 1828) (74%) porém superior as congêneres *U. rogersi* (62%) e *U. venezuelae* (54%) e as seguintes Myliobatiformes: *Dasyatis sabina* (61%), *D. say* (63%), *Urolophus lobatus* McKay, 1966 (67%), *Urolophus bucculentus* MacCleay, 1884 (62%) e *Urobatis halleri* (58%) (Babel, 1967; Snelson *et al.*, 1988; Snelson *et al.*, 1989; White *et al.*, 2001; Téllez *et al.*, 2006; Ebert & Cowley, 2009; Rubio, 2009; Mejia-Falla *et al.*, 2012; Trinnie *et al.*, 2012). Se considerarmos um tamanho máximo para machos em cerca de 300 mm (Almeida *et al.*, 2000) em virtude de possíveis problemas com a amostra de machos adultos, os machos maturam com 62,5% do tamanho máximo, reforçando o valor sugerido para elasmobrânquios (60%; Holden, 1974).

O processo de maturação das fêmeas foi facilmente identificado através do aumento no peso do ovário e peso fígado quando comparados com o comprimento total e, em ambos os critérios, o tamanho no qual foi possível observar o início do processo de maturação ocorreu em cerca de 175 mm de CT. O aumento na massa do fígado foi apontado como um dos motivos (juntamente com massa do ovário, ovos e embriões no útero) pelos quais em algumas

espécies o peso de uma fêmea madura é maior que o peso de um macho maduro. Também é esse o motivo pelo qual o peso de uma fêmea grávida é maior que o de uma não grávida (Walker, 2005), indicando que a flutuação no peso do fígado desempenha um papel relevante na reprodução de alguns elasmobrânquios (Ranzi, 1935).

As condições reprodutivas, que são divididas em maturidade, gravidez e maternidade (Walker, 2005), tendem a apresentar diferentes resultados quando se trata de espécies de ciclo reprodutivo sazonal e longo e, quando ignoradas, acarretam em modelos populacionais que superestimam as taxas de recrutamento e conseqüentemente geram avaliações de estoque com um erro embutido (Braccini *et al.*, 2006). Em virtude de *U. microphthalmum* apresentar um período de gestação curto e ciclo bianual, estas três condições não apresentam valores diferentes, como observado para *U. rogersi* (Mejia-Falla *et al.*, 2012). Assim, a avaliação da dinâmica reprodutiva foi baseada na maturidade.

O tamanho de maturidade estimado para as fêmeas foi de 198,73 mm de CT, que coincide com a presença de fêmea grávida a partir de 190 mm (McEachran & Carvalho, 2000), considerando que o início da maturação ocorre em 175 mm. O tamanho de maturidade estimado corresponde a 67% do comprimento máximo encontrado para as fêmeas, sendo este valor muito próximo do encontrado para a mesma espécie (68%; McEachran & Carvalho, 2000) e superior ao encontrado para *U. venezuelae*, *U. chilensis* e *U. rogersi* (56%, 57% e 53%; Téllez *et al.*, 2006; Rubio, 2009; Mejia-Falla *et al.*, 2012).

#### FOLÍCULOS OVARIANOS, EMBRIÕES E EFEITO DO COMPRIMENTO DAS FÊMEAS NA REPRODUÇÃO

Entre espécies dos gêneros *Urotrygon*, *Urolophus* e *Urobatis*, tem sido comum a observação de um único ovário (esquerdo) sendo funcional (Wourms, 1977; White & Potter, 2005; Rubio, 2009; Mejia-Falla *et al.*, 2012) e apenas *Urotrygon venezuelae* tem ambos ovários funcionais (Téllez *et al.*, 2006). Para *U. microphthalmum* observa-se o ovário esquerdo funcional, exceto

em dois casos onde as fêmeas apresentaram o ovário direito funcional em detrimento do esquerdo. Uma vez que esta condição só foi observada em apenas 1,04% das fêmeas, acredita-se que esta observação consista em anomalia anatômica e, considerando que já foi observada a presença de hermafroditismo para a espécie na mesma região (Santander-Neto & Lessa, 2013), é possível que esta população esteja sujeita a níveis de poluição ainda desconhecidos.

*Urotrygon microphthalmum* tem os dois úteros funcionais, característica comum para o grupo e encontrada em *U. venezuelae*, *U. chilensis*, *U. rogersi* e *Urobatis jamaicensis* (Téllez *et al.*, 2006; Fahy *et al.*, 2007; Rubio, 2009; Mejia-Falla *et al.*, 2012), o que sugere um padrão com a exceção de *Urolophus paucimaculatus* Dixon, 1969 em que apenas o útero esquerdo é funcional (White & Potter, 2005).

A fecundidade uterina média observada foi de 1,85 (1 a 4) embriões foi próximo ao encontrado para *U. chilensis* (1,8; 1 a 5) e *Urobatis jamaicensis* (2; sem aborto, cativo), maior que *Urotrygon rogersi* (1,37; 1 a 3) e menor que *U. venezuelae* (2,6; 1 a 5) (Téllez *et al.*, 2006; Fahy *et al.*, 2007; Rubio, 2009; Mejia-Falla *et al.*, 2012). A medida de fecundidade pode ser fortemente influenciada por abortos podendo subestimar a fecundidade em alguns casos.

O tamanho de nascimento dos embriões de *U. microphthalmum* foi estimado em 105 mm de CT que é equivalente a 33% e 40% do tamanho máximo para fêmeas e machos, respectivamente. Essa alta proporção do tamanho de nascimento explica a baixa fecundidade encontrada no útero, bem como garante uma maior sobrevivência dos recém-nascidos. O tamanho proporcional de nascimento das fêmeas foi superior a *U. chilensis* e inferior *U. rogersi*, *Urobatis lobatus* e *Urobatis bucculentus* que apresentaram proporções bastante próximas (White *et al.*, 2001; Rubio, 2009; Mejia-Falla *et al.*, 2012; Trinnie *et al.*, 2012), o que sugere um maior investimento das fêmeas grávidas na nutrição dos embriões das espécies cuja proporção é maior.

Embora a fecundidade observada seja baixa, a quantidade de embriões nas raias desse grupo não é baixa se considerarmos o tamanho máximo atingido pelas mesmas (Mejia-Falla *et al.*, 2012) e o tamanho de nascimento desses embriões.

A proporção sexual dos embriões não diferiu do esperado (1:1) (Karlin & Lessard, 1983) e reforça o encontrado para diversos Myliobatiformes (Snelson *et al.*, 1988; Snelson *et al.*, 1989; Henningsen, 2000; Rubio, 2009; Mejia-Falla *et al.*, 2012; Trinnie *et al.*, 2012; Yokota *et al.*, 2012).

O incremento de massa úmida de *U. microphthalmum* (6786%) foi uma das maiores porcentagens média já observadas dentro dos Myliobatiformes. Outras espécies que mais se aproximaram dos valores encontrados foram *Urolophus bucculentus* (6250-7200%), *Urolophus viridis* (3800-5400%), *Urolophus cruciatus* (4000-4375%) e *Gymnura micrura* (3564%) (Fahy *et al.*, 2007; Yokota *et al.*, 2012). A alta taxa de incremento de massa úmida deste grupo é provavelmente resultado da redução do tamanho do ovo em função da evolução na eficiência de nutrição dos embriões promovida pela histotrofia lipídica (Wourms, 1977).

#### CICLO REPRODUTIVO

O tempo de gestação sugerido para raias vivíparas das famílias Urolophidae e Urotrygonidae é de cerca de 4 meses (Wourms, 1977; Hamlett & Koob, 1999), o que coincide com o encontrado para *U. microphthalmum* (4-5 meses). Outras espécies de Myliobatiformes que apresentaram o mesmo tempo de gestação foram: *U. chilensis*, *U. rogersi*, *Dasyatis centroura*, *D. sabina* e *Urobatis halleri* (Babel 1967; Snelson *et al.*, 1988; Johnson & Snelson, 1996; Mull *et al.*, 2010; Rubio, 2009; Mejia-Falla *et al.*, 2012). *Urobatis jamaicensis* e *D. americana* com cerca de 6 meses de gestação foram outras espécies que apresentam tempo de gestação curto e mais de um pico reprodutivo durante o ano (Henningsen, 2000; Fahy *et al.*, 2007). Outros dasiatídeos e urolófídeos que apresentaram um tempo de gestação mais prolongado foram *D. chrysonota* (9 meses), *Urolophus lobatus* (10 meses) e *Urolophus*

*bucculentus* (15-19) (White *et al.*, 2001; Ebert & Cowley, 2009; Trinnie *et al.*, 2012). Possíveis explicações sobre as diferenças encontradas no tempo de gestação são o tamanho de nascimento destas espécies (Mejia-Falla *et al.*, 2012), a temperatura da água, onde águas mais quentes podem diminuir o tempo de gestação (Mull *et al.*, 2008) e o tempo que dura o processo de formação do embrião em função do grau de nutrição envolvido no processo como citado anteriormente.

O ciclo reprodutivo bianual de *U. microphthalmum* foi coincidente com *U. chilensis*, *Urobatis jamaicensis*, *D. americana* e possivelmente *D. centroura* (Capapé, 1993; Henningsen, 2000; Fahy *et al.*, 2007; Rubio, 2009), cujo período de gestação é curto (4-6 meses) e, diferindo de *U. rogersi* que apresentou um ciclo triannual (Mejia-Falla *et al.*, 2012). No ciclo reprodutivo de *U. microphthalmum* foi possível observar dois períodos de nascimento, com o primeiro auxiliando na observação do tempo de gestação (4-5 meses) coincidindo com a estação seca (outubro a março) e o segundo com os nascimentos mais bem distribuídos em quatro meses observados após o início do período chuvoso (abril a setembro), onde o aporte de nutrientes vindo dos estuários é maior. A maior distribuição dos nascimentos no segundo período pode ser devido a disponibilidade de machos maduros na região durante todo o ano, permitindo que a cópula seja feita no momento mais apropriado para a fêmea de acordo com as condições ambientais mais favoráveis ou escolha de um melhor parceiro. É possível que algumas espécies de regiões com baixas latitudes tendam a exibir ciclos assíncronicos como apontado para *Gymnura micrura* (Yokota *et al.*, 2012), em virtude da ausência de estações do ano bem definidas.

*Urotrygon microphthalmum* é uma espécie vivípara matrotrofica com nutrição de embriões através do saco vitelínico nos estágios iniciais de desenvolvimento e histotrofia através do leite uterino (Hamlett *et al.*, 2005). Sua reprodução é caracterizada por baixa fecundidade, tamanho de nascimento elevado, desenvolvimento embrionário rápido, curto período de

gestação e ciclo reprodutivo assincrônico. São ainda necessários estudos de crescimento para avaliar se a reprodução é precoce ou tardia. A espécie foi capturada na região em todas as etapas do ciclo de vida, desde neonatos até indivíduos adultos, passando pela presença de fêmeas em diversos estágios de gravidez o que sugere que a região consiste num habitat essencial para a espécie. O conhecimento dos parâmetros populacionais desta espécie se faz necessário para a utilização em modelos de avaliação de estoques e demografia com o intuito de determinar o status da população e propor medidas de manejo com o objetivo de evitar a depleção deste estoque.

## REFERÊNCIAS

- Acevedo, K., Bohórquez-Herrera, J., Moreno, F., Moreno, C., Molina, E., Grijalba-Bendeck, M. & Gómez-Canchong, P. (2007). Tiburones y rayas (subclase Elasmobranchii) descartados por la flota de arrastre camaronero en el Caribe de Colombia. *Acta Biologica Colombiana*, **12**(2): 7-81.
- Almeida, Z., Nunes, J. & Costa, C. (2000). Presencia de *Urotrygon microphthalmum* (Elasmobranchii: Urolophidae) en aguas bajas de Maranhão (Brasil) y notas sobre su biología. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* **29**, 67 – 72.
- Amezcuca, F., Madrid-Vera, J. & Aguirre-Villaseñor, H. (2006). Efecto de la pesca artesanal de camarón sobre la ictiofauna en el sistema lagunar de Santa María la Reforma, suroeste del Golfo de California. *Ciencias Marinas* **32**, 97 – 109
- Babel, J. S. (1967). Reproduction, life history and ecology of the round stingray *Urolophus halleri* Cooper. *Fishery Bulletin* **137**, 1 – 104.
- Baum, J. K. & Worm, B. (2009). Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundances. *Journal of Animal Ecology*, **78**: 699–714.
- Blanckenhorn, W. U. (2005). Behavioral causes and consequences of sexual size dimorphism. *Ethology* **111**: 977-1016.
- Bornatowski, H., Navia, A. F., Braga, R. R., Abilhoa, V. & Corrêa, M. F. M. (2014). Ecological importance of sharks and rays in a structural foodweb analysis in southern Brazil. – *ICES Journal of Marine Science*, doi.10.1093/icesjms/fsu025.
- Braccini, J. M., Gillanders, B. M. & Walker, T. I. (2006). Determining reproductive parameters for population assessments of chondrichthyan species with asynchronous ovulation and parturition: piked spurdog (*Squalus megalops*) as a case study. *Marine and Freshwater Research* **57**, 105 – 119.

Broadhurst, M. K. (2000). Modifications to reduce by-catch in prawn trawls: a review and framework for development. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **10**, 27–60.

Camhi, M., Fowler, S. L., Musick, J. A., Bräutigam, A. & Fordham, S. V. (1998). *Sharks and their Relatives – Ecology and Conservation*. IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. iv + 39 pp

Capapé, C. (1993). New data on the reproductive biology of the thorny stingray, *Dasyatis centroura* (Pisces: Dasyatidae) from the Tunisian coast. *Environmental Biology of Fishes* **38**:73-80.

Carlson, J. K. & Sulikowski, J. R. (2006). Do differences in life history exist for blacktip sharks, *Carcharhinus limbatus*, from the United States South Atlantic Bight and Eastern Gulf of Mexico? *Environmental Biology of Fishes* **77**, pp. 279–292.

Compagno, L.J.V. (1984) FAO species catalogue. Vol. 4. *Sharks of the world*. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes. FAO Fish Synop.,(125) Vol.4, Pt.1: 249 p.

Conrath, C. (2005). Reproductive biology. In: Musick J, Bonfil R. (ed). *Management techniques for elasmobranch fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper 474 pp. 1-251.

Cortés, E. (2000). Life history patterns and correlations in sharks. *Reviews in Fisheries Science* **8**, 299 – 344.

Costa, C. L. & Almeida, Z. S. (2003). Hábito alimentar de *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 (Elasmobranchii, Urolophidae) em Tutóia-Maranhão. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, São Luís, v.16, p.47-54.

Delsman, H. C. (1941). *Urotrygon microphthalmum*. *Mémoires du Musée Royal d'Histoire Naturelles de Belgique* (Serie 2), 47–82.

Dulvy, N.K., Fowler, S.L., Musick, J.A., Cavanagh, R.D., Kyne, P.M., Harrison, L.R., Carlson, J.K., Davidson, L.N.K., Fordham, S.V., Francis, M.P., Pollock, C.M., Simpfendorfer, C.A., Burgess, G.H., Carpenter, K.E., Compagno, L.J.V., Ebert, D.A., Gibson, C., Heupel, M.R., Livingstone, S.R., Sanciangco, J.C., Stevens, J.D., Valenti, S. & White, W.T. (2014). Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLife*; 3:e00590. 34p. DOI: 10.7554/eLife.00590

Ebert, D. A. & Cowley, P. D. (2009). Reproduction and development of the blue stingray, *Dasyatis chrysonota*, in southern African waters. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, **89**(4): 809-815.

Fahy, D. P., Spieler, R. E. & Hamlett, W. C. (2007). Preliminary observations on the reproductive cycle and uterine fecundity of the yellow stingray, *Urobatis jamaicensis* (Elasmobranchii: Myliobatiformes: Urolophidae) in southeast Florida. *Raffles Bulletin of Zoology* **14**,131 – 139.

- Fairbairn, D. J. (1997). Allometry for sexual size dimorphism: Pattern and process in the coevolution of body size in males and females. *Annual Review of Ecology and Systematics* **28**: 659-687.
- Frisk, M. G. & Miller, T. J. (2006) Age, growth, and latitudinal patterns of two Rajidae species in the north-western Atlantic: little skate (*Leucoraja erinacea*) and winter skate (*Leucoraja ocellata*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **63**: 1078–1091.
- Frisk, M. G. (2010). Life history strategies of batoids. Pp. 283-316. In: Carrier, J. C.; J. A. Musick & M. R. Heithaus (Eds). *Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology and conservation*. CRC Press, New York, USA.
- Gillett, R. (2008). Global study of shrimp fisheries. *FAO Fisheries Technical paper* 475. 359 p.
- Grijalba-Bendeck, M., Acero, A. P. & Gonzalez, E. (2008). Biología reproductiva de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) (Batoidea: Rajiformes) en el Caribe colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* **43**: 469-481.
- Grijalba-Bendeck, M., Polo-Silva C. J., Acevedo K., Moreno F. & D. Mojica. (2012). Aspectos tróficos y reproductivos de algunos batoideos capturados en Santa Marta, Mar Caribe de Colombia. *Latin American Journal of Aquatic Research*, **40**(2): 300-315.
- Hamlett, W. C. & Koob, T. J. (1999). Female reproduction system. In *Sharks, Skates and Rays: The Biology of Elasmobranchs Fishes* (Hamlett, W. C., ed.), pp. 398 – 443. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- 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*. (Hamlett, W. C., ed.), pp. 395 – 434. Enfield, NH: Science Publishers.
- Heithaus, M. R., Frid, A., Wirsing, A. J. & Worm, B. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology and Evolution*, **23**: 202–210.
- Heithaus, M. R., Frid, A., Vaudo, J. J., Worm, B. & Wirsing, A. J. (2010) Unraveling the ecological importance of Elasmobranchs. In *Sharks and Their Relatives*, Vol.II (Carrier, J. C., Musick, J. A. & Heithaus, M. R., eds), pp. 607 – 634. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Henningsen, A. D. (2000). Notes on reproduction in the southern stingray, *Dasyatis americana* (Chondrichthyes: Dasyatidae), in a captive environment. *Copeia*, 826-828.
- 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.), pp. 117 – 137. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Hood, G.M. (2010). PopTools Version 3.2.5, Available on the internet: <http://www.poptools.org>

- Ismen, A. (2003). Age, growth, reproduction and food of common stingray (*Dasyatis pastinaca* L., 1758) in Iskenderun Bay, the eastern Mediterranean. *Fisheries Research* **60**:169-176.
- Jirik, K. E. & Lowe, C. G. (2012). An elasmobranch maternity ward: female round stingrays *Urobatis halleri* use warm, restored estuarine habitat during gestation. *Journal of Fish Biology*, **80** (5): 1227-1245.
- Johnson, M. R. & Snelson, F. F. Jr. (1996). Reproductive life history of the Atlantic stingray, *Dasyatis sabina* (Pisces, Dasyatidae), in the freshwater St. Johns River, Florida. *Bulletin of Marine Science* **59**(1):74-88.
- Karlin, S. & Lessard, S. (1983). On the optimal sex-ratio. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **80**, 5931-5935.
- Kempf, M. (1970). A plataforma continental de Pernambuco (Brasil): nota preliminar sobre a natureza do fundo. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* **67/69**, 95–110.
- Licandeo, R. & Cerna, F. T. (2007). Geographic variation in life-history traits of the endemic kite skate *Dipturus chilensis* (Batoidea : Rajidae), along its distribution in the fjords and channels of southern Chile. *Journal of Fish Biology* **71**: 421–440.
- Lombardi-Carlson, L. A., Cortés, E., Parsons, G. R. & Manire, C. A. (2003). Latitudinal variation in life-history traits of bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo*, (Carcharhiniformes, Sphyrnidae), from the eastern Gulf of Mexico. *Marine and Freshwater Research* **54**:875–883.
- McEachran, J. D. & Carvalho, M. R. (2000). Urotrygonidae. In Carpenter K.E. (ed.) *The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome: FAO, pp. 572–574.
- McPhie, R. P. & CAMPANA, S. E. (2009). Reproductive characteristics and population decline of four species of skate (Rajidae) off the eastern coast of Canada. *Journal of Fish Biology*, **75** (1): 223-246.
- Mejía-Falla, P. A., Navia, A. F. & Muñoz, L. A. (2011). First record of Morphological abnormality in embryos of *Urotrygon rogersi* (Myliobatiformes: Urotrygonidae) in the Pacific Coast of Colombia. *Latin American Journal of Aquatic Research* **39**,184 – 188.
- Mejía-Falla, P. A., Navia, A. F. & Cortés, E. (2012). Reproductive variables of *Urotrygon rogersi* (Batoidea: Urotrygonidae): a species with a triannual reproductive cycle in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*. **80**: 1246- 1266.
- Mollet, H. F., Cliff, G., Pratt, H. L. Jr. & Stevens, J. D. (2000). Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, with comments on the embryonic development of lamnoids. *Fishery Bulletin* **98**,299 – 318.

Mull, C. G., Lowe, C. G. & Young, K. A. (2008). Photoperiod and water temperature regulation of seasonal reproduction in male round stingrays (*Urobatis halleri*). *Comparative Biochemistry and Physiology A* **151**,717 – 725.

Mull, C. G., Lowe, C. G. & Young, K. A. (2010). Seasonal reproduction of female round stingrays (*Urobatis halleri*): steroid hormone profiles and assessing reproductive state. *General and Comparative Endocrinology* **166**,379 – 387.

Ordoñez, J. (2004). Aspectos reproductivos y alimenticios de la raya pinta *Urotrygon chilensis* (Günther, 1871) (Pisces: Urolophidae) en el Pacífico central mexicano. B.Sc. thesis, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Pauly, D. (1983). *Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Documento técnico de pesca* **234**.

Ranzi, S. (1935). Risultati di ricerche su varie forme di gestazione, *Bolletino di Zoologia* 6:1, 153-157.

Rubio, M. S. (2009). Aspectos reproductivos de la raya *Urotrygon chilensis* (Günther, 1871) en las costas de Sinaloa, México. B.Sc. thesis, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Santander-Neto, J. & Lessa, R. (2013). Hermaphroditic small-eyed roundray (*Urotrygon microphthalmum*) from north-eastern Brazil. *Marine Biodiversity Records*. Vol. **6**; e60; 4p. doi:10.1017/S1755267213000353.

Smith, S. E., Au, D. W. & Show, C. (1998). Intrinsic rebound potentials of 26 species of Pacific sharks. *Marine and Freshwater Research*, 49(7): 663–678.

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*, 729 – 739.

Snelson Jr., F. F., Williams-Hooper, S. E. & Schmid, T. H. (1989). Biology of the bluntnose stingray, *Dasyatis sayi*, in Florida coastal lagoons. *Bulletin of Marine Science* **45**:15–25.

Téllez, L., Vargas, C. & Grijalba-Bendeck, L. M. (2006). Algunos aspectos biológicos de *Urotrygon venezuelae* Schultz, 1949 (Elasmobranchii: Rajiformes, Urolophidae), capturadas en Playa Salguero, Santa Marta, Caribe de Colombia. *Revista científica U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica* **9**,75 – 88.

Trinnie, F. I., Walker, T. I., Jones, P. L. & Laurenson, L. (2012). Biennial reproductive cycle in an extensive matrotrophic viviparous batoid: the sandyback stingaree *Urolophus bucculentus* from south-eastern Australia. *Journal of Fish Biology* **80**, 1267–1291.

Valadez-González, C., Aguilar-Palomino, B. & Hernández-Vázquez, S. (2001). Hábitos alimentarios de la raya *Urobatis halleri* (Cooper 1863) (Chondrichthyes: Urolophidae) capturada en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*. **27**: 91–104.

Walker, T. I. (2005). Reproduction in fisheries science. In *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras* (Hamlett, W. C., ed.), pp. 81 – 127. Enfield, NH: Science Publishers.

White, W. T. & Potter, I.C. (2005). Reproductive biology, size and age compositions and growth of the batoid *Urolophus paucimaculatus*, including comparisons with other species of the Urolophidae. *Marine and Freshwater Research*, **56** (1). p. 101.

White, W. T., Platell, M. E. & Potter, I. C. (2001). Relationship between reproductive biology and age composition and growth in *Urolophus lobatus* (Batoidea: Urolophidae). *Marine Biology* **138**, 135 – 147.

Wourms, J. P. (1977). Reproduction and development in chondrichthyan fishes. *American Zoologist* **17**, 379 – 410.

Yokota, L., Goitein, R., Gianeti, M. D. & Lessa, R. T. P. (2012). Reproductive biology of the smooth butterfly ray *Gymnura micrura*. *Journal of Fish Biology*, v. **81**, p. 1315-1326.

Zar, J.H. (2010). *Biostatistical Analysis*, 5th ed. Prentice Hall. 946p.

#### Referências eletrônicas

Rosa, R. S. (2004). *Urotrygon microphthalmum*. In *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2013.1. Available at: [www.iucnred-list.org](http://www.iucnred-list.org) (accessed 29 October 2013).

### 2.3. Idade e crescimento de *Urotrygon microphthalmum* capturada como fauna acompanhante da pesca de arrasto: definindo bases biológicas para avaliação de status populacional.

#### RESUMO

A idade e o crescimento de *Urotrygon microphthalmum* foram estudados através de espécimes capturados entre março de 2010 e março de 2012 como fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarão na costa do estado de Pernambuco, Brasil. Foram lidas 347 vértebras, sendo 161 de machos (81,6 - 249,55 mm) e 186 de fêmeas (86,15 e 298,1 mm). O índice de porcentagem de erro médio (IAPE) estimado variou de 0,71% a 4,33% (média= 2,51%) nas vértebras de espécimens com 1 e 6 pares de bandas, respectivamente. Ao analisar o incremento marginal relativo (IMR) foram observadas diferenças significativas entre maio e setembro e, entre maio e outubro ( $p=0.0223$  e  $p=0.0187$ , respectivamente) indicando a formação de anéis em maio. O melhor modelo para descrever o crescimento foi de von Bertalanffy (VBGM). Houve diferenças significativas ( $p=0.009$ ) entre os sexos. Os parâmetros de crescimento para machos foram  $L_{\infty} = 249,18$  mm,  $k = 0,5465$ ,  $t_0 = -1,04$  anos e para fêmeas foram  $L_{\infty} = 286,01$  mm,  $k = 0,3457$ ,  $t_0 = -1,41$  anos. A idade de maturidade para machos e fêmeas foi de 1,52 e 2,02 anos, respectivamente e, a idade máxima observada foi de 5,5 e 8,5 anos, respectivamente.

**Palavras-chave:** Elasmobrânquios, batóideos, Myliobatiformes, longevidade.

→ Artigo a ser submetido para publicação na revista “Marine & Freshwater Research”.

## INTRODUÇÃO

A diversidade de espécies de raias é maior que a de tubarões (Compagno *et al.*, 2005), porém essa maior riqueza de espécies não se reflete na quantidade de estudos sobre idade e crescimento disponíveis, nem tampouco sobre outros aspectos da biologia, com raias recebendo menor atenção dentre os elasmobrânquios. Adicionalmente, entre os batóideos as raias Myliobatiformes (dentre elas, família Urotrygonidae) têm sido menos estudadas que as Rajiformes (Cailliet & Goldman, 2004).

A raia *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 ocorre em águas rasas e costeiras do oceano Atlântico Oeste Tropical em profundidades até cerca de 50 m. Tem pequeno porte e atinge 30 cm de comprimento total (McEachran & Carvalho, 2000). Sua ocorrência foi registrada na Venezuela, Suriname, Guiana Francesa e no Brasil, onde há registros nos estados do Amapá, Pará, Maranhão, Ceará, Paraíba e Pernambuco (Delsman, 1941; Boeseman, 1963; Cervigón & Alcalá, 1999; Almeida *et al.*, 2000; Gadig *et al.*, 2000; Rosa, 2004; Santander-Neto & Lessa, 2013). A espécie caracteriza-se pela viviparidade matrotrofica com nutrição de embriões através do saco vitelínico nos estágios iniciais de desenvolvimento e histotrofia lipídica. Sua reprodução é marcada por baixa fecundidade, tamanho de nascimento elevado, desenvolvimento embrionário rápido, curto período de gestação e ciclo reprodutivo assincrônico bianual (Santander-Neto, 2015).

As raias das famílias Urotrygonidae e Urolophidae, *Urobatis jamaicensis*, *Urobatis halleri*, *Urotrygon chilensis*, *U. rogersi* e inclusive, *U. microphthalmum*, são comumente capturadas como fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarão (Valadez-Gonzalez *et al.*, 2001; Amezcua *et al.*, 2006; Acevedo *et al.*, 2007; Mejía-Falla *et al.*, 2012; Santander-Neto & Lessa, 2013), modalidade que captura uma grande quantidade e diversidade de fauna acompanhante, em diferentes fases do ciclo de vida, devido a baixa seletividade dos petrechos de pesca utilizados (Broadhurst, 2000). Na região de estudo, esta pescaria tem como alvo a

captura de camarões branco (*Litopenaeus schmitti*), sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e rosa (*Farfantepenaeus subtilis* e *F. brasiliensis*). Ao contrário das espécies alvo, que são geralmente bem estudadas, espécies capturadas como fauna acompanhante são também impactadas por estas pescarias, porém os aspectos das histórias de vida necessários para um manejo pesqueiro adequado são geralmente mais escassos, o que pode acarretar no declínio populacional.

Informações de idade permitem estimativas de crescimento e de outras taxas vitais como mortalidade natural e longevidade, sendo essenciais para o sucesso do manejo pesqueiro (Goldman, 2005). O conhecimento dos parâmetros de idade e crescimento permite a construção de modelos populacionais baseados na idade e juntamente com outros aspectos da história de vida e taxas de remoção pela pesca, podem levar a avaliação do *status* populacional de uma espécie (Cortés, 2002). Informações sobre o crescimento de espécies das famílias Urotrygonidae e Urolophidae são recentes (White *et al.*, 2001; White *et al.*, 2002; White & Potter, 2005; Hale & Lowe, 2008; Mejia-Falla *et al.*, 2014) e sugerem que estas apresentam crescimento rápido se comparado com espécies da família Rajidae (Frisk, 2010) ou mesmo elasmobrânquios de forma geral (Cortés, 2000).

Não existem na literatura informações sobre abundância de *Urotrygon microphthalmum* nas pescarias e, considerando o seu *status* deficiente de dados de acordo a avaliação de risco de extinção da fauna brasileira (Subirá *et al.*, 2012), é fundamental o conhecimento de aspectos biológicos como reprodução e crescimento para uma correta avaliação do seu *status* populacional. Assim, o objetivo deste estudo foi estimar os parâmetros de crescimento de *U. microphthalmum* através de uma inferência em multi-modelos, bem como inferir idade máxima observada e estimar a longevidade e a idade de maturidade da espécie.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os espécimes de *Urotrygon microphthalmum* foram capturados entre março de 2010 a março de 2012. O aparelho de pesca utilizado pela frota foi o arrasto duplo de fundo com tangones. Cada rede tinha 10 m de comprimento, 6 m na boca com malhas de 20 mm no corpo da rede e 15 mm no saco. Esta pescaria teve como objetivo a captura de camarões branco (*Litopenaeus schmitti*), sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e rosa (*Farfantepenaeus subtilis* e *F. brasiliensis*) nos municípios de Jaboatão dos Guararapes e Barra de Sirinhaém no estado de Pernambuco, Brasil (08°11'43"S/ 034°54'13"W; 08°38'44"S/ 035°01'24"W).

A região costeira de Pernambuco se caracteriza por uma estreita plataforma continental relativamente plana e, tomando como base as informações contidas em Kempf (1970), na área de atuação da frota que captura a espécie, o fundo é composto de lama, areia de quartzo e algas calcárias.

De cada indivíduo foi registrado o sexo e o comprimento total (CT, mm), e um bloco contendo cinco vértebras foi retirado da região abdominal. Em laboratório, após a remoção do excesso de tecido, as vértebras foram fixadas em formaldeído 4% por 24 h e preservadas em etanol 70% (Gruber & Stout, 1983). Posteriormente, uma das vértebras foi emblocada em resina poliéster transparente e então foi cortada em serra metalográfica de baixa velocidade com disco de corte diamantado (Goldman, 2005). Em cada vértebra, foi realizado um corte longitudinal (Casey *et al.*, 1983) para obter um corte com espessura aproximada de 0,3 mm, passando pelo foco (Cailliet & Goldman, 2004). Cada corte foi montado numa lâmina de vidro para microscopia com cola termoplástica e polido para melhor visualização das bandas de crescimento.

Seguindo a metodologia proposta por Cailliet *et al.* (2006), foram considerados dois tipos de bandas de crescimento nos Cortés, sendo uma banda opaca mais larga e uma banda translúcida mais fina (Cailliet *et al.*, 1983). Cada par de bandas foi considerado um anel. A

marca de nascimento foi considerada como uma banda a partir da mudança no ângulo do corpus calcareum (Cailliet & Goldman, 2004).

A contagem dos pares de bandas foi realizada em microscópio estereoscópico, com um aumento de 5X numa ocular de aumento 10X, utilizando-se luz refletida. Com o auxílio de uma ocular micrométrica, foram contados os pares de bandas, e medidas as distâncias do foco da estrutura à cada banda translúcida bem como a distância do foco à borda da vértebra.

As relações entre o raio da vértebra e o comprimento total foram ajustadas para os sexos separados e comparadas utilizando ANCOVA ( $\alpha=0,05$ ) (Zar, 1996).

Foram realizadas duas leituras independentes sem conhecimento prévio do CT e do número de anéis de cada indivíduo estimados em leituras anteriores.

Para avaliar a precisão e o erro entre as leituras foram utilizados os seguintes métodos: Porcentagem de concordância entre leituras (PC = número de concordâncias/número de vértebras lidas \*100) (Goldman, 2002); Gráfico de erro por idade do número de bandas contadas na 1ª leitura vs bandas contadas na 2ª leitura e; O índice de porcentagem do erro médio (IAPE) (Beamish & Fournier, 1981) que foi calculado como segue:

$$IAPE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n \left( \frac{1}{R_j} \sum_{i=1}^n \left( \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right) \right) 100$$

Onde N = número de vértebras;  $R_j$  = número de leituras do indivíduo j;  $X_{ij}$  = idade i determinada do indivíduo j;  $X_j$  = idade média calculada para o indivíduo j.

Para avaliar a periodicidade da formação dos grupos etários foi utilizada a análise do incremento marginal relativo (IMR) (Natanson *et al.*, 1995), com o intuito de estimar o período em que um novo anel começa a ser formado, através da equação:

$$IMR = \frac{RV - R_n}{R_n - R_{(n-1)}}$$

Onde, RV = raio da vértebra;  $R_n$  = raio do último par de banda formado;  $R_{(n-1)}$  = raio do penúltimo par de banda formado.

Diferenças significativas entre os meses foram analisadas usando o teste de Kruskal-Wallis (número de bandas  $\geq 2$ ) com nível de significância de 0,05 e quando encontradas diferenças, foi utilizado o post-hoc de Dunn.

Foram ajustados aos comprimentos observados os seguintes modelos: von Bertalanffy (VBGM; Beverton, 1954); modificado de von Bertalanffy que fixa o início da curva ao tamanho de nascimento ( $L_0$ , em cm) de acordo com o estimado para a espécie (105 mm; Santander-Neto, 2015) (VBGMb; Simpfendorfer, 2000 após Fabens, 1965); von Bertalanffy para duas fases (VBGMtp; Araya & Cubillos, 2006); Richards (Schnute, 1981); Gompertz (Campana e Jones, 1992); e logístico (Schnute, 1981) (Tab. 1).

Tabela 1. Modelos de crescimento ajustados aos pares de comprimento e idade.

Modelo	Equação
VBGM	$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$
VBGMb	$L_t = L_0 + (L_\infty - L_0)[1 - e^{(-k)t}]$
VBGMtp	$L_t = L_\infty [1 - e^{-kA_t(t-t_0)}] \therefore A_t = 1 - \frac{h}{(t-t_h)^2 + 1}$
Richards	$L_t = \frac{L_\infty}{[1 + e^{(-kt+b)}]^m}$
Gompertz	$L_t = L_\infty e^{[-ae^{(-kt)}]}$
Logístico	$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^{-1}$

Onde,  $L_t$  é comprimento na idade  $t$ ;  $L_\infty$  é comprimento máximo teórico que o indivíduo pode atingir;  $k$  é a constante de crescimento;  $t$  é a idade do indivíduo;  $t_0$  é a idade teórica do tamanho zero;  $a$  e  $b$  parâmetros da regressão;  $m$  é uma constante;  $A_t$  é um fator que modifica  $k$  quando a idade aumenta;  $t_h$  é a idade em que ocorre a transição entre as duas fases e  $h$  determina a magnitude da diferença máxima da idade-comprimento entre VBGM e VBGMtp no ponto  $t_h$ .

Os dados foram ajustados inicialmente para sexos agrupados considerando a sazonalidade reprodutiva (Harry *et al.*, 2010; Mejia-Falla *et al.*, 2014) e idade relativa referente ao tempo adicional após a formação do anel de crescimento. Na região de estudo  $U$ .

*microphthalmum* apresenta dois picos de nascimento, um em fevereiro e o outro que se estende de junho a outubro (Santander-Neto, 2015). Para o período de formação do primeiro anel considerou-se a média entre a idade de formação da primeira banda dos indivíduos nascidos em agosto (mês médio entre junho e outubro) e fevereiro, assim, a formação da primeira banda ocorre com 3 e 9 meses, respectivamente. Desta forma a idade de formação da primeira banda (IFPB) de 0,5 anos foi ajustada para a população.

Os comprimentos observados foram ajustados aos modelos de crescimento de acordo com IFPB e IFPB + idade relativa.

Os parâmetros para todos os modelos foram obtidos usando a função Solver do programa Excel, que utiliza verossimilhança. A ferramenta de verossimilhança e a função de iteração bootstrap do programa PopTools (Hood, 2010) foram usadas para gerar intervalos de confiança para cada parâmetro, baseado na mínima verossimilhança.

Os resultados dos modelos foram avaliados segundo o AIC (Critério de Informação de Akaike) (Akaike, 1973), de acordo com a equação:

$$AIC = -2\log(\theta) + 2K$$

Onde,  $\theta$  = mínima verossimilhança; K= número de parâmetros do modelo.  
omitido;

A diferença entre os valores de AIC ( $\Delta_i = AIC_i - AIC_{\min}$ ) de cada modelo foi estimada. Como critério para avaliar o suporte estatístico de cada modelo, foram adotadas as premissas observadas em Burnham & Anderson (2002), onde  $\Delta_i > 10$  o modelo não tem suporte estatístico e pode ser omitido;  $\Delta_i < 2$ , o modelo tem suporte substancial;  $4 < \Delta_i < 7$ , o modelo tem pouco suporte. Adicionalmente o peso de Akaike ( $w_i$ ) foi utilizado para quantificar cada modelo em relação ao ajuste de dados.

$$w_i = \frac{e^{(-0.5\Delta_i)}}{\sum_{i=1}^n e^{(-0.5\Delta_i)}}$$

O método baseado em mínima verossimilhança que utiliza a distribuição de qui-quadrado foi utilizado para comparações das curvas de crescimento entre sexos, como proposto por Kimura (1980).

Usando a curva de crescimento de von Bertalanffy invertida (Sparre e Venema, 1997), a idade de maturidade foi estimada para os tamanhos de 187,74 e 198,73 mm (Santander-Neto, 2015) de machos e fêmeas, respectivamente. A longevidade ( $\omega$ ) foi estimada utilizando a fórmula proposta por Cailliet *et al.* (2006) para elasmobrânquios:

$$t_x = \frac{1}{k} \ln[(L_\infty - L_0)/(L_\infty(1 - 0,95))]^k$$

Onde,  $t_x$ = tempo em que a espécie atinge a fração  $x$  do  $L_\infty$ ;  $k$ = constante de crescimento;  $L_0$ = tamanho de nascimento;  $L_\infty$ = comprimento máximo teórico.

## RESULTADOS

Foram coletados 360 espécimes (167 machos e 197 fêmeas) para o estudo de crescimento de *Urotrygon microphthalmum*. Dentre as vértebras utilizadas, foi possível realizar a leitura em 347 (96,39%) vértebras, sendo 161 de machos e 186 de fêmeas. Destes, o comprimento total dos machos variou entre 81,6 e 249,55 mm e das fêmeas entre 86,15 e 298,1 mm (Fig. 1).

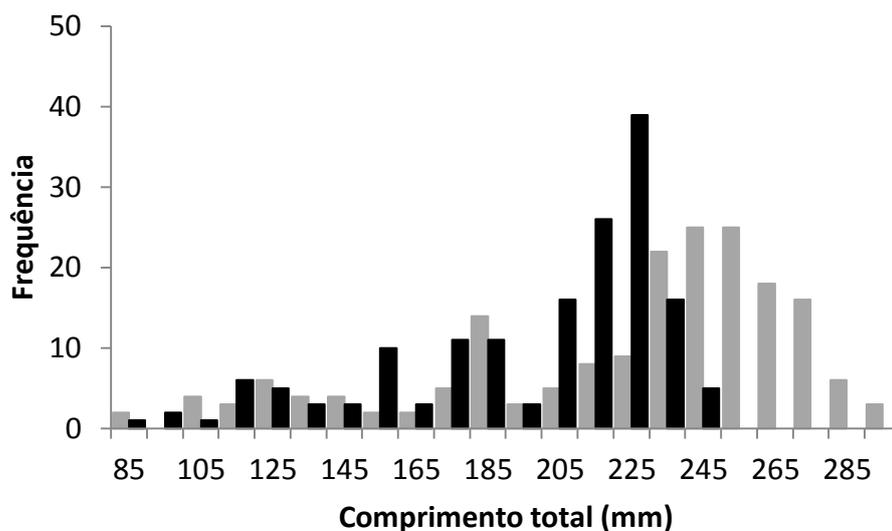


Figura 1. Distribuição de frequência de comprimentos de *Urotrygon microphthalmum* capturadas no nordeste do Brasil, utilizadas neste trabalho (n=347). Barras pretas indicam os machos; barras cinzas as fêmeas.

Foram utilizadas vértebras com raio de 0,34 a 1,7 mm. Para fêmeas, o raio das vértebras variou de 0,34 a 1,7 mm e 1 a 9 pares de bandas. Para machos, o raio das vértebras variou de 0,38 a 1,14 mm e 1 a 6 pares de bandas.

Nas relações entre o raio da vértebra (RV) e o comprimento total (CT) para machos e fêmeas foram observadas diferenças significativas entre os sexos ( $F= 1367.370$ ,  $g.l.=2$ ,  $p<0.001$ ). Assim, foram ajustadas relações não lineares significativas entre RV e CT para machos ( $CT = 141,77 \cdot \ln(RV) + 227,44$ ,  $R^2 = 0,894$ ) e fêmeas ( $CT = 133,91 \cdot \ln(RV) + 223,54$ ,  $R^2 = 0,929$ ), indicando que as vértebras são estruturas adequadas para determinação da idade.

O índice de porcentagem de erro médio (IAPE) calculado foi de 2,51% e a variação ao longo das classes foi de 0,71% para a primeira banda de crescimento e 4,33% para a sexta banda. A porcentagem de concordância (PC) entre as leituras foi de 74,8%, sendo os valores de  $PC \pm 1$  e  $PC \pm 2$  iguais a 98% e 99,6%, indicando que a discordância entre as leituras é pequena. Foi possível verificar que nas classes iniciais a concordância entre as leituras é

maior (número de bandas < 4) que nas classes finais (Figura 2) indicando uma maior variação, mas ainda assim, juntamente com as análises apresentadas, indicam um alto nível de reprodutibilidade entre as duas leituras.

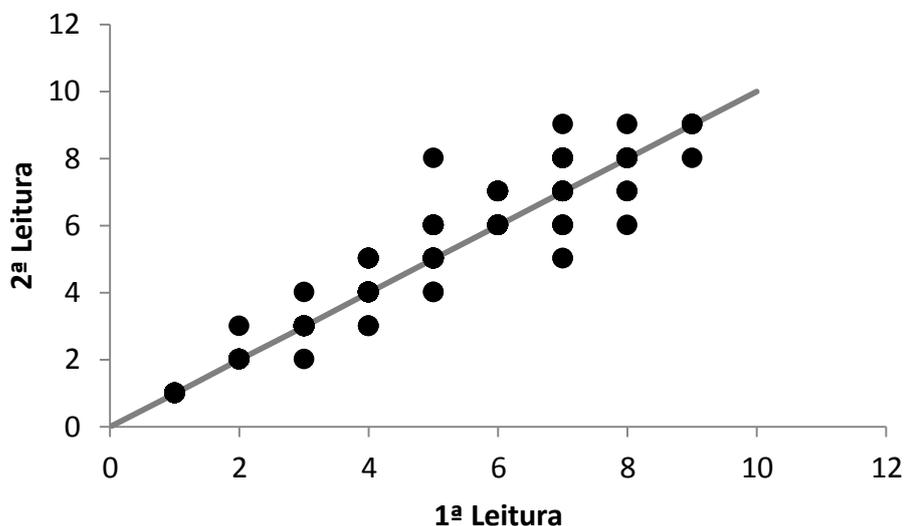


Figura 2. Erro do número de pares de bandas contados de *Urotrygon microphthalmum* capturada no nordeste do Brasil. Linha diagonal cinza indica uma relação de um pra um.

A análise mensal do incremento marginal relativo (IMR) apresentou diferenças significativas ( $H_{11,295}=20,44625$ ;  $p=0,0396$ ) entre os meses de maio e setembro/outubro ( $p=0,0223$  e  $p=0,0187$ , respectivamente) indicando que o período de formação de anéis ocorra em maio (Fig. 3). Sendo assim, ao longo do texto os pares de bandas são tratados como idades.

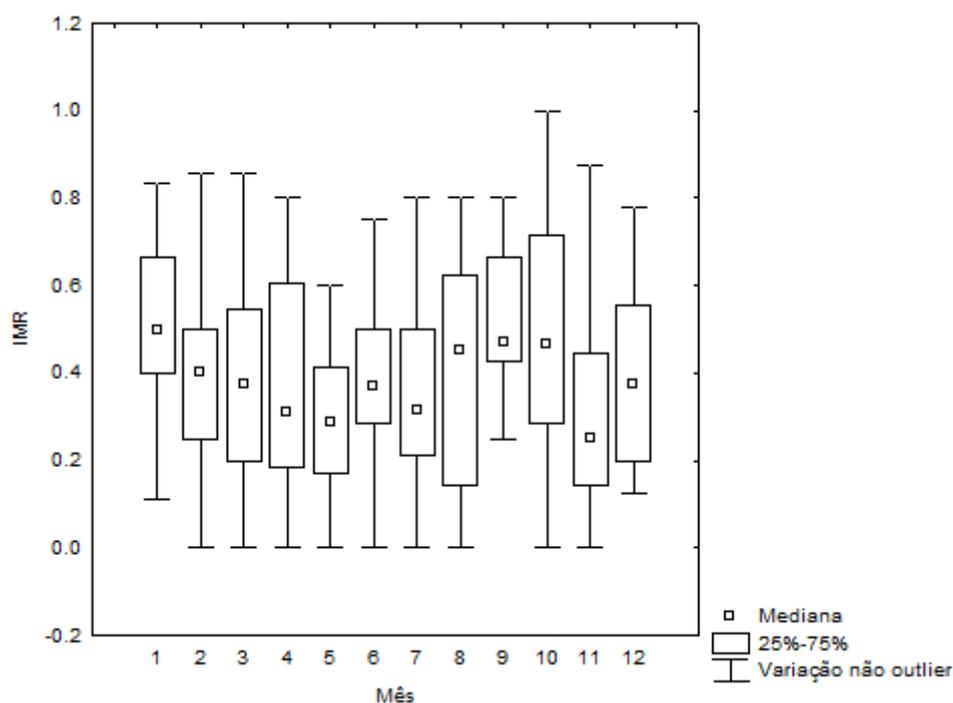


Figura 3. Incremento marginal relativo (IMR) de *Urotrygon microphthalmum* do nordeste do Brasil.

Dentre as formas para se estimar os parâmetros de crescimento dos sexos agrupados, a que utilizou IFPB e idade relativa apresentou os maiores valores de AIC para todos os modelos de crescimento se comparadas com a forma que utilizou apenas IFPB, indicando que a utilização de idade relativa apresentou menor suporte estatístico aos dados para *U. microphthalmum* (Tab. 2)

O menor valor de AIC e maior peso de Akaike ( $w_i$ ) foram estimados através de IFPB para o VBGMB (Tab. 2), sendo então considerados a melhor forma e o melhor modelo para descrever o crescimento de *Urotrygon microphthalmum*, seguido pelos modelos VBGMB e VBGMTp, com elevado suporte estatístico. Estes melhores ajustes foram seguidos por Gompertz e Richards com relevância moderada e Logístico que não apresentou suporte dos dados, sendo portanto omitidos.

O VBGMTp apresentou o menor valor de verossimilhança entre os modelos sendo então penalizado no AIC pela quantidade de parâmetros, com apenas o terceiro melhor ajuste

para os dados. Os modelos que tiveram os menores valores de verossimilhança, VBGMtp e VBGM apresentaram parâmetros de crescimento muito próximos entre si e com os maiores valores de  $L_\infty$ , que se aproximam dos maiores indivíduos encontrados na amostra, e menores valores de  $k$ . Estes modelos tiveram ainda os valores de  $L_0$  mais próximos ao tamanho de nascimento, exceto por VBGMb que fixa o tamanho de nascimento no modelo. O modelo que apresentou o maior valor de verossimilhança e AIC subestimou o valor de  $L_\infty$  e superestimou o valor de  $k$  em relação aos demais.

Tabela 2. Comparação entre os modelos de crescimento para sexos agrupados ranqueados com base no critério de informação de Akaike (AIC);  $\Delta i$ = diferença de Akaike;  $w_i$ = peso de Akaike.  $K$ =número de parâmetros do modelo; MLL= LogVerossimilhança mínimo.  $L_\infty$ = comprimento máximo teórico;  $k$ = constante de crescimento;  $t_0$ = idade teórica onde o comprimento do peixe é zero;  $L_0$ =Comprimento estimado na idade 0.

Dados	Modelo	K	MLL	AIC	$\Delta i$	$w_i$	$L_\infty$	$k$	$t_0$	$L_0$
IFPB	<b>VBGM</b>	<b>4</b>	<b>1459.836</b>	<b>2927.672</b>	<b>0.00</b>	<b>68.78</b>	<b>281.39</b>	<b>0.3636</b>	<b>-1.39</b>	<b>111.33</b>
	VBGMb	3	1462.383	2930.766	3.09	14.64	277.35	0.3972		105
	VBGM tp	6	1459.61	2931.219	3.55	11.67	282.76	0.3594	-1.33	110.03
	Richards	5	1463.029	2936.058	8.39	1.04	271.86	0.5167		114.43
	Gompertz	4	1462.729	2933.459	5.79	3.81	272.32	0.5059		114.16
	Logístico	4	1466.887	2941.774	14.10	0.06	266.89	0.6509	0.39	116.8
IFPB + Idade relativa	VBGM	4	1495.476	2998.953	5.18	5.97	287.02	0.3161	-1.24	92.92
	VBGMb	3	1499.825	3005.651	11.88	0.21	297.77	0.2648		105
	VBGM tp	6	1490.885	2993.77	0.00	79.64	285.83	0.2946	-1.85	107.64
	Richards	5	1497.529	3005.059	11.29	0.28	266	0.6679		104.85
	Gompertz	4	1494.82	2997.639	3.87	11.50	274.93	0.4593		98.56
	Logístico	4	1496.388	3000.776	7.01	2.40	268.5	0.5998	0.78	103.41

Determinada a melhor forma de estimar os parâmetros (IFPB) e o melhor modelo (VBGM), os dados foram também ajustados para sexos separados, observando-se diferenças significativas no crescimento entre machos e fêmeas ( $\chi^2 = 11,61$ ; g.l. = 3;  $p = 0,009$ ) (Tab. 3; Fig.4). Para machos, o valor de  $L_\infty$  foi próximo ao maior indivíduo da amostra e apresentou o maior valor para a constante de crescimento. Fêmeas tiveram o menor valor para constante de crescimento e o maior valor de  $L_\infty$ , porém ainda inferior aos maiores comprimentos na amostra. O modelo gerou uma boa estimativa de  $L_0$  para machos e fêmeas.

Tabela 3. Parâmetros de crescimento e parâmetros estimados para *Urotrygon microphthalmum*, usando o modelo von Bertalanffy (VBGM).  $L_{\infty}$ = comprimento máximo teórico;  $k$ = constante de crescimento;  $t_0$ = idade teórica onde o comprimento do peixe é zero;  $L_0$ =Comprimento estimado na idade 0; S.E= erro padrão; c.i.= intervalo de confiança.

	$L_{\infty}$	S.E	c.i. (-/+)	$k$	S.E	c.i. (-/+)	$t_0$	S.E	c.i. (-/+)	$L_0$
sexos agrupados	281.39	4.47	272.64/290.14	0.3636	0.0228	0.3189/0.4083	-1.39	0.09	-1.57/-1.20	111.33
machos	249.18	7.19	235.09/263.27	0.5465	0.0672	0.4147/0.6782	-1.04	0.13	-1.29/-0.78	107.97
fêmeas	286.01	6.36	273.54/298.49	0.3457	0.0336	0.2799/0.4115	-1.41	0.15	-1.71/-1.12	110.62

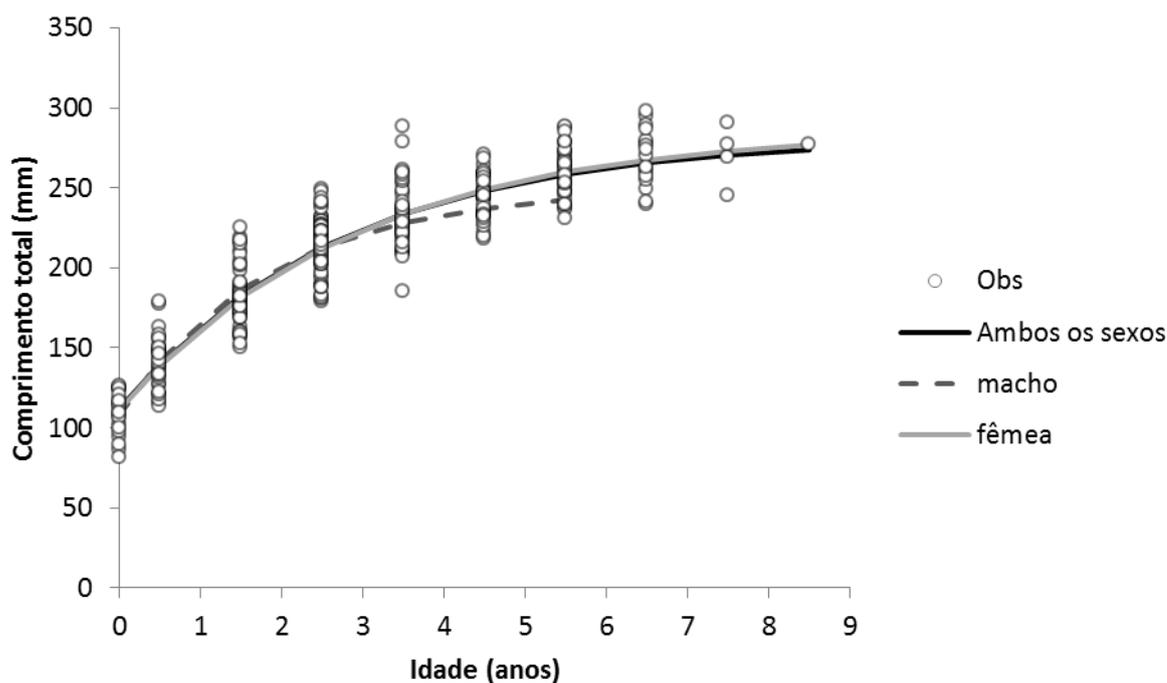


Figura 4. Curvas de crescimento estimadas para *Urotrygon microphthalmum* do nordeste do Brasil.

A idade de maturidade estimada para machos e fêmeas utilizando os parâmetros obtidos a partir de sexos agrupados foram 1,64 e 1,98 anos, respectivamente e utilizando os parâmetros obtidos para sexos separados, machos atingem a maturidade com 1,52 anos e fêmeas com 2,02 anos. A amostra é composta basicamente por indivíduos adultos (Fig. 5), com machos sendo mais abundantes na classe de 2,5 anos e fêmeas nas classes de 4,5 e 5,5 anos.

A idade com que a espécie atinge 95% do  $L_{\infty}$  (longevidade) estimada machos foi 4,48 anos e fêmeas 7,34 anos. Considerando os parâmetros para sexos agrupados a longevidade

estimada foi de 6,96 anos. Através de observação direta das idades o macho mais velho tinha 5,5 anos e a fêmea mais velha 8,5 anos.

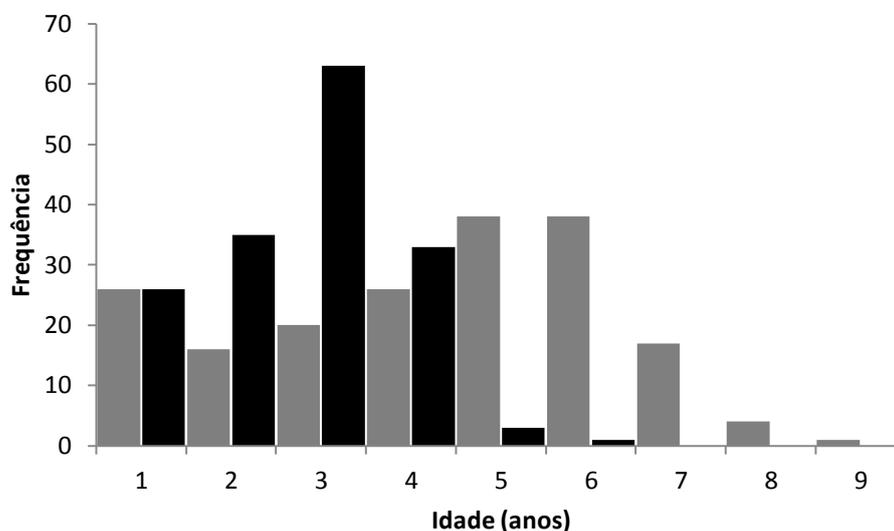


Figura 5. Distribuição de frequência de idades de *Urotrygon microphthalmum* do nordeste do Brasil, utilizados neste trabalho. Barras pretas são machos; barras cinzas são fêmeas.

## DISCUSSÃO

Diversos fatores podem ser atribuídos a diferenças na estimativa dos parâmetros de crescimento e algumas hipóteses foram levantadas (Moulton *et al.*, 1992; Walker *et al.*, 1998): mudança nas curvas de crescimento em resposta a mudanças na densidade do estoque; mudança nas curvas de crescimento em resposta a diferentes condições ambientais; limitações das equações de crescimento em descrever a relação entre comprimento e idade ao longo da amplitude de idades e comprimentos das espécies; curvas de crescimento afetadas por erros de amostragem causados pela captura de determinados comprimentos em função da seletividade do aparelho de pesca; curvas de crescimento afetadas pela captura de determinados comprimentos em função de espécies que migram, alterando a frequência de comprimentos em determinadas classes de idade; curvas de crescimento afetadas por capturas compostas por diferentes artes de pesca, uma retirando os maiores indivíduos de classes de idade inferiores e a outra retirando os menores indivíduos das classes de idade superiores. Dentre as hipóteses apresentadas, a seletividade do aparelho desempenha um papel importante (Lessa *et al.*, 2000;

Thorson & Simpfendorfer, 2009), estando relacionada de diversas formas como fontes possíveis de diferenças nos parâmetros de crescimento. Estudos de idade e crescimento em elasmobrânquios geralmente utilizam amostras provenientes de pescarias que tem como alvo espécies comercialmente exploradas. Esta característica pode levar a uma amostra pouco representativa da população ou mesmo com a ausência de determinadas classes de comprimento. Porém, apesar de se tratar de fauna acompanhante, a captura da raia *Urotrygon microphthalmum* abrangeu todas as classes de comprimento desde neonatos até grandes adultos próximos ao tamanho máximo reportado em trabalhos sobre a espécie (Almeida *et al.*, 2000; McEachran & Carvalho, 2000; Santander-Neto, 2015).

Este trabalho consiste no primeiro estudo sobre idade e crescimento de *Urotrygon microphthalmum* e o primeiro para a família no Atlântico, o que impede a comparação dos parâmetros dentro da mesma espécie. Logo, os resultados obtidos no presente trabalho foram comparados basicamente com os obtidos para a *U. rogersi* e *Urobotis halleri* (Urotrygonidae) no Pacífico e, entre as espécies *Urolophus lobatus*, *Urolophus paucimaculatus*, *Trygonoptera personata* e *T. mucosa* no Índico, devido sua maior proximidade filogenética, baseada em caracteres morfológicos, com estas espécies (Lovejoy, 1996).

Durante este estudo foram utilizadas 347 vértebras para ajustar o crescimento de *U. microphthalmum* e, segundo Thorson & Simpfendorfer (2009), este tamanho de amostra é suficiente ( $N > 200$ ) para uma boa precisão da estimativa dos parâmetros de crescimento.

A utilização de vértebras para estudos de idade e crescimento é a abordagem mais utilizada em elasmobrânquios (Cailliet & Goldman, 2004) por apresentar uma boa calcificação e visualização das bandas de crescimento na maioria das espécies. Apesar das vértebras de *U. microphthalmum* serem pequenas a visualização das bandas de crescimento foi adequada para o estudo com um aproveitamento de 96,39% das vértebras para leitura, e consequente boa visualização das bandas de crescimento. Vértebras dos urolophídeos

*Urolophus lobatus*, *U. paucimaculatus*, *Trygonopectera personata*, *T. mucosa*, *Urobatis halleri* e da congênera *U. rogersi* se mostraram igualmente adequadas para estudos de crescimento (White *et al.*, 2001; White *et al.*, 2002; White & Potter, 2005; Hale & Lowe, 2008; Mejía-Falla *et al.*, 2014).

Um alto coeficiente de determinação entre o raio da estrutura e o comprimento total individual foi obtido para *U. microphthalmum* através de relações logarítmicas (machos:  $R^2=89,4\%$ ; fêmeas:  $R^2=92,9\%$ ) adequando-se a premissa de proporcionalidade para estudos de idade e crescimento.

A validação do período de formação de bandas é considerada um dos passos mais críticos quando se usa estruturas rígidas para estimação de idades (Brothers, 1983) e no presente trabalho foi possível validar o período de formação de bandas através da análise de incremento marginal relativo. Também foram observadas deposições anuais das bandas de crescimento das espécies *Urolophus lobatus*, *U. paucimaculatus*, *Trygonopectera personata*, *T. mucosa* e *U. rogersi* (White *et al.*, 2001; White *et al.*, 2002; White & Potter, 2005; Mejía-Falla *et al.*, 2014).

Chondrichthyes apresentam ciclos reprodutivos diversos e nem todas as espécies tem ciclo sazonal anual, com algumas se reproduzindo num ciclo anual parcialmente definido com um ou mais picos sazonais até espécies que se reproduzem durante todo o ano (Wourms, 1977). A raia *Urotrygon microphthalmum* apresenta ciclo reprodutivo assincrônico bianual com dois picos de nascimentos durante o ano e um deles com o período de nascimento estendido, para esta região (Santander-Neto, 2015), logo, não é possível afirmar a idade de formação da primeira banda de crescimento após a marca de nascimento. Sendo assim, determinou-se uma idade média para a formação da primeira banda a partir da biologia reprodutiva da espécie com intuito de reduzir erros da análise de crescimento causados por reproduções que se estendem por diversos meses como sugerido por Harry *et al.* (2010).

O uso de diferentes modelos na estimativa dos parâmetros de crescimento de elasmobrânquios constitui ainda uma abordagem recente (Santana & Lessa, 2004; Lessa *et al.*, 2004; Thorson e Simpfendorfer, 2009; Harry *et al.*, 2010; Barreto *et al.*, 2011) mas após recomendações em diversos trabalhos tem se tornado uma abordagem mais frequente em função da necessidade e exigência de se avaliar a existência de espécies que apresentem diferentes padrões de crescimento possibilitando melhores estimativas dos parâmetros em contraste com a escolha prévia de um determinado modelo (geralmente VBGF) para descrever o crescimento (Cailliet & Goldman, 2004; Cailliet *et al.*, 2006; Katsanevakis, 2006; Katsanevakis e Maravelias, 2008).

Para as estimativas de parâmetros utilizando idade relativa, o VBGMtp foi o modelo que apresentou o menor valor de AIC e conseqüentemente o maior peso de Akaike (79,64%), indicando melhor ajuste aos dados. Este incorpora um ponto de inflexão na curva (duas fases) decorrente da diminuição do crescimento que, em muitos elasmobrânquios, é a chegada da maturidade (Araya & Cubillos, 2006). Os modelos que apresentaram suporte estatístico foram Gompertz e VBGM. O primeiro foi mencionado como o que melhor descreve o crescimento em Myliobatiformes por estes incluírem espécies em que o volume aumenta muito mais com a idade do que o comprimento ou largura do disco (Cailliet & Goldman, 2004). O segundo é o modelo mais amplamente utilizado em biologia pesqueira (Haddon, 2001) e se mantém atual, pois tem como base da modelagem do crescimento a premissa de que o tamanho depende da resultante de duas forças opostas: anabolismo e catabolismo (Cailliet & Goldman, 2004).

Embora as estimativas utilizando idade relativa tenham gerado um modelo com o maior peso de Akaike dentre os escolhidos, optou-se pela estimativa de parâmetros sem o uso da idade relativa devido os menores valores de AIC gerados utilizando apenas idade de formação da primeira banda de crescimento.

Para estimativas utilizando apenas IFPB, o VBGM teve o menor valor de AIC e o maior peso de Akaike (68,78%) sendo então considerado como o mais robusto dentre os modelos selecionados. Os modelos que apresentaram alta relevância estatística foram VBGMb e VBGMtp. O primeiro (VBGMb) apresentou o maior valor de verossimilhança dentre os três modelos porém foi beneficiado no AIC em função do menor número de parâmetros. Este modelo incorpora o tamanho de nascimento em detrimento de um  $t_0$  sem significado biológico. O VBGMtp apresentou o menor valor de verossimilhança dentre os modelos que tiveram relevância estatística porém ao contrário do anterior, foi penalizado no AIC pela existência de parâmetros adicionais que promovem uma modificação da constante de crescimento com a inserção de um ponto de inflexão na curva decorrente da chegada na maturidade. O modelo de Gompertz que supostamente se ajustaria melhor a *Myliobatiformes* (Cailliet & Goldman, 2004), como mencionado anteriormente, foi apenas o quinto melhor ajuste.

Dentre os modelos com relevância estatística, os que tiveram os menores valores de verossimilhança (VBGM e VBGMtp) apresentaram valores de  $L_\infty$  e  $k$  muito próximos, com um valor de  $L_\infty$  mais próximo aos maiores indivíduos da amostra. O VBGMb também apresentou valores similares, mas não tão próximos aos modelos com menor verossimilhança. Os modelos sem relevância estatística ou mesmo relevância moderada tenderam a subestimar o valor  $L_\infty$  e superestimar o valor da constante de crescimento.

Considerando o melhor ajuste dos dados indicado pelo AIC, a proximidade dos parâmetros estimados pelos modelos com relevância estatística, os parâmetros utilizados para descrever o crescimento de *Urotrygon microphthalmum* têm por base o VBGM.

Apesar das críticas relativas a estimativas de comprimento assintótico mais elevadas, ausência de ponto de inflexão e uso do  $t_0$  considerado um parâmetro artificial, sem significado

biológico (Cailliet *et al.*, 2006; Araya e Cubillos, 2007; Katsanevakis e Maravelias, 2008), o VBGM foi o que melhor descreveu o crescimento *U. microphthalmum*.

Os parâmetros de crescimento estimados para *U. microphthalmum* diferiram entre os sexos como observado para as outras espécies das famílias Urolophidae e Urotrygonidae (White *et al.*, 2001; White *et al.*, 2002; White & Potter, 2005; Mejía-Falla *et al.*, 2014), devido diferenças de tamanho, idade máxima e idade de maturação, e assim, os parâmetros de crescimento são tratados de forma separada entre os sexos.

Para machos, o  $L_{\infty}$  estimado foi inferior, porém próximo ao maior indivíduo da amostra. O motivo pelo qual o comprimento máximo assintótico estimado das fêmeas foi inferior ao comprimento máximo observado é devido ao fato de que a estimativa refere-se ao comprimento médio máximo que a espécie atingiria se crescesse para sempre e não apenas num comprimento máximo que a mesma poderia alcançar. Estimativas de comprimento máximo assintótico inferiores aos comprimentos máximos da amostra foram também observados para machos e fêmeas de *Urolophus lobatus* e *U. paucimaculatus* (White *et al.*, 2001; White & Potter, 2005) e para machos de *U. rogersi* (Mejía-Falla, *et al.*, 2014). Fêmeas atingem maiores comprimentos assintóticos na largura de disco ( $LD_{\infty}$ ) que machos para as espécies comparadas (Tab. 4) com exceção de *Urobatis halleri* em que fêmeas tiveram menor  $LD_{\infty}$ . Para esta espécie a curva de crescimento não atingiu a assíntota e grandes fêmeas não foram coletadas devido a sazonalidade reprodutiva (Hale & Lowe, 2008), indicando que o  $LD_{\infty}$  reportado por Babel (1967; 310 mm) seja mais fiel à biologia da espécie.

Dimorfismo sexual de tamanho em elasmobrânquios é bem documentado e pode ser evidenciado nas distribuições de frequência de comprimentos, na relação peso-comprimento, no tamanho de maturidade e idade de maturidade (Cortés, 2000; Frisk, 2010). Fêmeas de *U. microphthalmum* atingiram idades e comprimentos superiores aos machos, tal como *U.*

*rogersi*, *Urolophus lobatus*, *U. paucimaculatus*, *Trygonoptera personata* e *T. mucosa* (White *et al.*, 2001; White *et al.*, 2002; White & Potter, 2005; Mejia-Falla *et al.*, 2014).

Dimorfismo sexual de idade e comprimento em animais pode refletir uma adaptação aos diferentes modos reprodutivos (Fairbain, 1997) e a explicação para este fenômeno pode ser bastante complexa envolvendo diversos fatores como sucesso de cópula, fecundidade, crescimento e sucesso no forrageamento, porém parece claro que maiores tamanhos consistem numa vantagem evolutiva (Blanckenhorn, 2005), neste caso, em favor das fêmeas.

Machos tiveram valores de  $k$  superiores ao encontrado para fêmeas com exceção de *Urobatis halleri* e as razões seguem o sugerido acima. Para machos a constante de crescimento foi similar ao encontrado para a congênera *U. rogersi* e superior ao encontrado para as espécies da família Urolophidae embora *Urolophus lobatus* e *Trygonoptera mucosa* tenham apresentado valores também elevados. Em fêmeas, a constante de crescimento foi superior ao encontrado para *U. rogersi* e muito próximo ao encontrado para *Urolophus lobatus*. A idade máxima observada é similar ao encontrado para *U. rogersi* e inferior ao encontrado para as demais espécies da família Urolophidae. Para batóideos, a constante de crescimento varia de forma geral entre 0,1 e 0,3 (Holden, 1974) indicando que ambos os sexos de *U. microphthalmum* encontram-se além deste limite superior, porém, de forma geral, os Myliobatiformes apresentam um crescimento rápido (0,2 a 0,5; Cailliet & Goldman, 2004).

Dentre as espécies de Urotrygonidae e Urolophidae (Tab. 4), os parâmetros de crescimento de *U. microphthalmum* se assemelharam aos encontrados para *U. rogersi* exceto a constante de crescimento que foi superior e; próximo ao encontrado para *U. lobatus* com exceção da idade máxima que foram superiores. Desta forma, a espécie apresenta um crescimento rápido e baixa longevidade se comparado com a maioria dos elasmobrânquios (Cortés, 2000; Frisk, 2010).

Estimativas de modelos de crescimento são afetadas por diversos fatores, tais como tamanho da amostra, seletividade do aparelho de pesca, amplitude de comprimentos, metodologia de verificação de idade, validação e técnicas de ajuste de modelos de crescimento (Campana, 2001; Cailliet e Goldman, 2004; Thorson & Simpfendorfer) e, portanto, comparações interespecíficas podem ser discrepantes em função do viés provocado por estes fatores. Além disso, o crescimento pode ser dividido numa série de estágios da história de vida de uma espécie e as mudanças entre os estágios são caracterizadas pela modificação na taxa de desenvolvimento como chegada da maturidade, mudanças de comportamento ou habitat (Ricker, 1979; Araya e Cubillos, 2006).

Tabela 4. Comparação entre os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy (VBGM) para espécies das famílias Urotrygonidae e Urolophidae. \*CT convertido para LD a partir de Santander-Neto (2015); \*\*LD dos indivíduos mais velhos da amostra.

Espécie	sexo	LD <sub>∞</sub> (mm)	k	Idade máxima (anos)	LD máximo (mm)	Idade de Maturidade (anos)	n	Área de estudo	Referência
<i>Urotrygon microphthalmum</i>	F	147*	0,35	8,5	154	2	186	SW Atlântico, Brasil	Presente trabalho
	M	127*	0,55	5,5	128	1,5	161		
<i>Urotrygon rogersi</i>	F	194	0,22	8	199	1	234	E Pacífico, Colômbia	Mejía-Falla et al. (2014)
	M	151	0,56	6	170	1	232		
<i>Urobatis halleri</i>	F	224	0,15	14	213**	3,8	96	NE Pacífico, USA	Hale & Lowe (2008)
	M	286	0,09	14	239**	3,8	84		
<i>Urolophus lobatus</i>	F	249	0,37	15	277	3,1	388	SE Índico, Austrália	White et al. (2001)
	M	210	0,51	13	237	1,7	428		
<i>Urolophus paucimaculatus</i>	F	261	0,26	14	272	5	330	SE Índico, Austrália	White & Potter (2005)
	M	243	0,36	11	256	3,5	437		
<i>Trygonoptera personata</i>	F	303	0,14	16	311	4	352	SE Índico, Austrália	White et al. (2002)
	M	269	0,20	10	269	4	303		
<i>Trygonoptera mucosa</i>	F	308	0,24	17	369	5	324	SE Índico, Austrália	White et al. (2002)
	M	261	0,49	12	283	2	400		

A longevidade estimada de *Urotrygon microphthalmum*, de acordo com o proposto por Cailliet *et al.* (2006) foi inferior à idade máxima reportada para ambos os sexos indicando que a fórmula utilizada não é adequada para estimar a longevidade nesta espécie.

A diferença na idade de maturidade entre machos e fêmeas foi pequena (<1 ano). Esta pequena diferença foi também observada para *U. rogersi*, *Urobatis halleri* e *Trygonoptera personata* ao passo que as espécies *Urolophus lobatus*, *U. paucimaculatus* e *Trygonoptera mucosa* apresentaram uma maior diferença (> 1 ano) entre os sexos (Tab. 4). As espécies da família Urotrygonidae tiveram as menores idades máximas entre as espécies comparadas,

bem como as menores idades de maturação. Estas espécies maturam com idades muito inferiores se comparadas com a média dos batóideos (8,6 anos; Frisk, 2010), indicando serem espécies com maturação sexual precoce.

A partir do padrão de crescimento encontrado neste trabalho e associado aos parâmetros reprodutivos da espécie (Santander-Neto, 2015), *Urotrygon microphthalmum* é uma espécie de crescimento rápido, maturação sexual precoce, fecundidade baixa e vida curta.

Embora as informações biológicas possam sugerir uma espécie menos vulnerável, avaliar os níveis de mortalidade aos quais está submetida à espécie e a relação com a sobrevivência dos estágios de vida mais relevantes é fundamental para caracterizar o status populacional de *Urotrygon microphthalmum*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, K., Bohórquez-Herrera, J., Moreno, F., Moreno, C., Molina, E., Grijalba-Bendeck, M. & Gómez-Canchong, P. (2007). Tiburones y rayas (subclase Elasmobranchii) descartados por la flota de arrastre camaronero en el Caribe de Colombia. *Acta Biologica Colombiana*, **12**(2): 7-81.

Akaike, H. (1973). Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. Pages 267–281 in B. N. Petrov, and F. Csaki, (eds.) Second International Symposium on Information Theory. Akademiai Kiado, Budapest.

Almeida, Z., Nunes, J. & Costa, C. (2000). Presencia de *Urotrygon microphthalmum* (Elasmobranchii: Urolophidae) en aguas bajas de Maranhão (Brasil) y notas sobre su biología. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* **29**, 67 – 72.

Amezcu, F., Madrid-Vera, J. & Aguirre-Villaseñor, H. (2006). Efecto de la pesca artesanal de camarón sobre la ictiofauna en el sistema lagunar de Santa María la Reforma, suroeste del Golfo de California. *Ciencias Marinas* **32**, 97 – 109

Araya, M. & Cubillos, L.A. (2006). Evidence of two phase growth in elasmobranchs. *Environ. Biol. Fish.* **77**, 293–300.

Babel, J. S. (1967). Reproduction, life history and ecology of the round stingray *Urolophus halleri* Cooper. *Fishery Bulletin* **137**, 1 – 104.

Barreto, R.R., Lessa, R.P., Hazin, F.H. & Santana, F.M. (2011). Age and growth of the blacknose shark, *Carcharhinus acronotus* (Poey, 1860) off the northeastern Brazilian Coast. *Fish. Res.* 110: 170-176.

Beamish, R.J. & Fournier, D.A. (1981). A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can J Fish Aquat Sci* 38:982–983.

Beverton, R.J.H. (1954). Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish populations. United States Fishery Laboratory, Beaufort, North Carolina, Miscellaneous Contribution (2), 159 pp.

Blanckenhorn, W. U. (2005). Behavioral causes and consequences of sexual size dimorphism. *Ethology* 111: 977-1016.

Boeseman, M. 1963. Notes on new or rare marine fishes from Surinam. *Zoologisvhe Mededelingen* 38(18):295-301.

Broadhurst, M. K. (2000). Modifications to reduce by-catch in prawn trawls: a review and framework for development. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10, 27–60.

Brothers, E.B. (1983). Summary of round table discussions on age validation. NOAA Technical Reports NMFS 8:35-44.

Burnham, K.P. & Anderson, D.R. (2002). Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 2nd edn. Springer-Verlag, New York, 488 pp.

Cailliet, G. M., Martin, L. K., Harvey, J. T., Kusher, D., & Welden, B. A. (1983). Preliminary studies on the age and growth of blue (*Prionace glauca*), common thresher (*Alopias vulpinus*), and shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) sharks from California waters. (E. D. Prince & L. M. Pulos, Eds.) *Proceedings International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, Sharks, NOAA Tech. Rep. NMFS*, 8, 179-188.

Cailliet, G.M. & Goldman, K.J. (2004). Age determination and validation in chondrichthyan fishes. In: Carrier J, Musick JA, Heithaus MR (eds) *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press LLC, Boca Raton, FL, pp 399–447.

Cailliet, G.M., Smith, W.D., Mollet, H.F. & Goldman, J. (2006). Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environ. Biol. Fish.* 77, 211–228.

Campana, S.E. (2001). Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology* 59: 197-242.

Campana, S. E. & Jones, C. M. (1992). Analysis of otolith microstructure data. P. 73-100. In: Stevenson, D. K. e Campana, S. E. Otolith microstructure examination and analysis. Can. Spe. Publ. Aquat. Sci. 117p.

Casey, J. G., H. L. Pratt, Jr. & C. Stillwell. (1983). Age and growth of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, from the western North Atlantic. In: Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks, E. D. Prince and L. M. Pulos, Eds., NOAA Tech. Rep. NMFS 8:189–191.

Cervigón, F. & Alcalá, A. (1999). *Los peces marinos de Venezuela. Vol. 5. Tiburones y Rayas*. Fundación Museo del Mar.

Compagno, L.J.V., Dando, M. & Fowler, S. (2005). A Field Guide to the Sharks of the World. Harper Collins Publishing, Ltd., London.

Cortés, E. (2000). Life history patterns and correlations in sharks. *Reviews in Fisheries Science* **8**, 299 – 344.

Cortés, E. (2002). Stock assessment of small coastal sharks in the U.S. Atlantic and Gulf of Mexico. Sust. Fish. Div. Contrib. SFD-01/02-152. NOAA Fisheries, Panama City, FL.

Delsman, N.C. (1941). Résultats scientifiques des croisières du Navire-école Belge "Mercator", vol. III, No. 3. Pisces. *Mém. Mus. R. Hist. Nat. Belg.* (Ser. 2):47-82.

Fabens, A. J. (1965). Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growth* **29**:265–289.

Fairbairn, D. J. (1997). Allometry for sexual size dimorphism: Pattern and process in the coevolution of body size in males and females. *Annual Review of Ecology and Systematics* **28**: 659-687.

Frisk, M. G. (2010). Life history strategies of batoids. Pp. 283-316. In: Carrier, J. C.; J. A. Musick & M. R. Heithaus (Eds). *Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology and conservation*. CRC Press, New York, USA.

Gadig, O.B.F.; Bezerra, M.A.; Feitosa, R.D. & Furtado-Neto, M.A.A. (2000). Ictiofauna marinha do Estado do Ceará, Brasil: I. Elasmobranchii. *Arquivos de Ciências do Mar*, v.33, p. 127-132.

Goldman, K.J. (2002). Aspects of age, growth, demographics and thermal biology of two Lamniform shark species. [PhD Thesis, College of William and Mary, Virginia Institute of Marine Science].

- Goldman, K.G. (2005). Age and growth of elasmobranch fishes. In 'Management Techniques for Elasmobranch Fisheries. FAO Fisheries Technical Paper Number 474'. (Eds J. A. Musick and R. Bonfil.) pp. 76–102. (FAO: Rome.)
- Gruber, S.H. & Stout, R.G. (1983). Biological materials for the study of age and growth in a tropical marine elasmobranch the lemon shark. NOAA 8:193-205.
- Haddon, M. (2001). Modelling and quantitative methods in fisheries. Boca Raton: CRC Press. 465 p.
- Hale, L.F. & Lowe, C.G. (2008). Age and growth of the round stingray *Urobatis halleri* at Seal Beach California. J Fish Biol 73: 510–523.
- Harry, A.V., Simpfendorfer, C.A. & Tobin, A.J. (2010). Improving age, growth, and maturity estimates for aseasonally reproducing chondrichthyans. Fish. Res. 106: 393-403.
- 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.), pp. 117 – 137. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Hood, G.M. (2010). PopTools Version 3.2.5, Available on the internet: <http://www.poptools.org>
- Katsanevakis, S. (2006). Modelling fish growth: model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. Fish. Res. 81, 229–235.
- Katsanevakis, S. & Maravelias, C.D. (2008). Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. Fish Fish.9, 178–187.
- Kempf, M. (1970). A plataforma continental de Pernambuco (Brasil): nota preliminar sobre a natureza do fundo. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* **67/69**, 95–110.
- Kimura, D.K. (1980). Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. Fishery Bulletin 77:765-776.
- Lessa, R., Santana, F.M., Batista, V. & Almeida, Z. (2000). Age and growth of the daggernose shark, *Isogomphodon oxyrinchus*, from northern Brazil. Mar. Fresh. Res. 51, 339–347.
- Lessa, R., Santana, F.M. & Hazin, F.H. (2004). Age and growth of the blue shark *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) off northeastern Brazil. Fish Res 66:19–30.

- Lovejoy, N. (1996). Systematics of myliobatoid elasmobranchs: With emphasis on the phylogeny and historical biogeography of neotropical freshwater stingrays (Potamotrygonidae: Rajiformes). *Zool. J. Linn. Soc.* 117, 207–257.
- McEachran, J. D. & Carvalho, M. R. (2000). Urotrygonidae. In Carpenter K.E. (ed.) *The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome: FAO, pp. 572–574.
- Mejía-Falla, P. A., Navia, A. F. & Cortés, E. (2012). Reproductive variables of *Urotrygon rogersi* (Batoidea: Urotrygonidae): a species with a triannual reproductive cycle in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*. **80**: 1246- 1266.
- Mejía-Falla, P.A., Cortés, E., Navia, A.F. & Zapata, F.A. (2014). Age and Growth of the Round Stingray *Urotrygon rogersi*, a Particularly Fast-Growing and Short-Lived Elasmobranch. *PLoS ONE* 9(4): e96077. doi:10.1371/journal.pone.0096077
- Moulton, P.M., Walker, T.I. & Saddler, S.R. (1992). Age and growth studies of gummy shark, *Mustelus antarcticus* Günther, and school shark, *Galeorhinus galeus* (Linnaeus), from southern Australian waters. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43, 1241-1267.
- Natanson, L.J., Casey, J.G. & Kohler, N.E. 1995. Age and growth estimates for the dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, in the western North Atlantic Ocean. *Fish Bull* 93:116–126.
- Ricker, W.E. 1979. Growth rates and models. In: Hoar WS, Randall DJ, Brett JR (eds) *Fish physiology*, vol VIII. Bioenergetics and Growth, pp 677–743.
- Santander-Neto, J. (2015). Dinâmica populacional da raia *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 no nordeste do Brasil. Tese (Doutorado em Biologia Animal) da Universidade Federal de Pernambuco, 142p.
- Santander-Neto, J. & Lessa, R. (2013). Hermaphroditic small-eyed roundray (*Urotrygon microphthalmum*) from north-eastern Brazil. *Marine Biodiversity Records*. Vol. **6**; e60; 4p. doi:10.1017/S1755267213000353.
- Santana, F.M. & Lessa, R. (2004). Age determination and growth of the night shark (*Carcharhinus signatus*) off the northeastern Brazilian coast. *Fish Bull* 102:156–167.
- Schnute, J. (1981). A versatile growth model with statistically stable parameters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 38: 1128-1140.

Simpfendorfer, C.A. (2000). Growth rates of juvenile dusky sharks, *Carcharhinus obscurus* (Lesueur, 1818), from southwestern Australia estimated from tag-recapture data. *Fish. Bull.* 98:811–822.

Sparre, P.E. & Venema, S.C. (1997). Introduction to tropical fish stock. Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper 306(1). Rome, 1997, p.337.

Subirá, R.J., de Souza, E.C.F., Guidorizzi, C.E., de Almeida, M.P. de Almeida, J.B., Martins, D.S. (2012). Avaliação Científica do Risco de Extinção da Fauna Brasileira - Resultados Alcançados em 2012. *Biodiversidade Brasileira*, n. 2, v. 2, p. 17-24.

Thorson, J.T. & Simpfendorfer, C.A. (2009). Gear selectivity and sample size effects on growth curve selection in shark age and growth studies. *Fish. Res.* 98, 75–84.

Valadez–González, C., Aguilar–Palomino, B. & Hernández–Vázquez, S. (2001). Hábitos alimentarios de la raya *Urobatis halleri* (Cooper 1863) (Chondrichthyes: Urolophidae) capturada en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*. 27: 91–104.

Walker, T. I., Taylor, B. L., Hudson, R. J., and Cottier, J. P. (1998). The phenomenon of apparent change of growth rate in gummy shark (*Mustelus antarcticus*) harvested by gill-nets and hooks off southern Australia. *Fisheries Research* 39, 139–63.

White, W.T. & Potter, I.C. (2005). Reproductive biology, size and age compositions and growth of the batoid *Urolophus paucimaculatus*, including comparisons with other species of the Urolophidae. *Mar Freshw Res* 56: 101–110.

White, W.T., Platell, M.E. & Potter, I.C. (2001). Relationship between reproductive biology and age composition and growth in *Urolophus lobatus* (Batoidea:Urolophidae). *Mar Biol* 138: 135–147.

White, W.T., Hall, N.G. & Potter, I.C. (2002). Reproductive biology and growth during pre and postnatal life of *Trygonoptera personata* and *T. mucosa* (Batoidea:Urolophidae). *Mar Biol* 140: 699–712.

Wourms, J. P. (1977). Reproduction and development in chondrichthyan fishes. *American Zoologist* 17,379 – 410.

Zar, J.H. (1996). *Biostatistical analysis*, 5th Edition. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 944 pp.

## Referências eletrônicas

Rosa, R. S. (2004). *Urotrygon microphthalmum*. In *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2013.1. Available at: [www.iucnred-list.org](http://www.iucnred-list.org) (accessed 29 October 2013).

#### **2.4. Hábito alimentar e ecologia trófica de *Urotrygon microphthalmum* capturada em Pernambuco, Brasil.**

##### **RESUMO**

O hábito alimentar e a ecologia trófica de *Urotrygon microphthalmum* foram investigados através do acompanhamento de desembarque na pesca de arrasto com tangones duplo atuante no litoral de Pernambuco, entre março de 2010 a março de 2012. Um total de 338 estômagos foram analisados, dos quais 79 foram classificados como vazios. 31 itens alimentares foram identificados na dieta de *U. microphthalmum*, a qual apresenta hábito alimentar invertívoro carcinofágico. As dietas entre machos e fêmeas mostraram-se similares e não foi verificada a mudança ontogenética da dieta, bem como a dieta entre as diferentes localidades se mostrou semelhante. O nível trófico da espécie assumiu valor de 3,5, classificando-a com predadora de terceira ordem (mesopredadora).

**Palavras chave:** Alimentação, dieta, elasmobrânquios, batóideos, raia.

→ Artigo a ser submetido para publicação na revista “Journal of Fish Biology”.

## INTRODUÇÃO

Os elasmobrânquios desempenham um papel importante no ecossistema marinho, ocupando os níveis tróficos mais altos das cadeias alimentares (Bizzarro *et al.*, 2007). Predadores de topo de cadeia alimentar são considerados espécies-chaves na manutenção e estrutura de diversos ecossistemas, através de efeito regulatório das populações situadas em nichos inferiores (efeito *top-down*) (Friedlander & DeMartini, 2002).

A pesca exerce efeitos diretos sobre predadores de topo, que incluem mudanças na abundância, parâmetros da história de vida, e em casos extremos, podem levar à extinção destas espécies (Stevens *et al.*, 2000; Friedlander & DeMartini, 2002; Dulvy *et al.*, 2014; Navia *et al.*, 2012). Adicionalmente, mudanças ocorridas nas abundâncias relativas de elasmobrânquios, geralmente resultam em mudanças nas densidades de espécies de menor nível trófico (Bizzarro *et al.*, 2007; Navia *et al.* 2012). As conseqüências indiretas das remoções destes predadores podem causar desequilíbrios ecológicos e econômicos de magnitudes não esperadas (Friedlander & DeMartini, 2002).

A alimentação é um fator determinante da biologia, abundância e distribuição das espécies e suas respectivas populações, tanto para predadores quanto para presas (Vaske-Jr, 2000; Fonteles-Filho, 2011). Portanto, estudos de ecologia trófica vêm sendo aplicados como importante ferramenta de conservação, tanto na avaliação de estoques pesqueiros, como na análise do ecossistema como um todo (Zavala-Camin, 1996).

*Urotrygon microphthalmum* (Delsman, 1970) é registrada desde a Venezuela até o Brasil sendo a única espécie da família nos estados do Amapá, Pará, Maranhão, Ceará, Paraíba e Pernambuco (Bigelow & Schroeder, 1953; Almeida *et al.*, 2000; Wanderley & Rosa, 2004; Santander-Neto *et al.*, 2009). De acordo com McEachran & Carvalho (2000), a espécie atinge um máximo de 30 cm de comprimento total (CT), e seus indivíduos podem

ocorrer em diversos ambientes, como: foz de rios, baías, plataforma continental interna, ilhas e parcéis (Piorski & Nunes, 2001).

Aspectos básicos da biologia da espécie foram avaliados no Maranhão por Almeida *et al.* (2000), Piorski & Nunes (2001) e Costa & Almeida (2003). De acordo com os últimos autores, foi verificada a predominância de misidáceos e cumáceos na dieta de *U. microphthalmum*, sendo esta classificada como predadora oportunista. Almeida *et al.* (2000) relataram que a partir de 23,9 cm de comprimento total (CT), todas as fêmeas eram maduras e os machos apresentaram 100% de maturidade a partir de 21,9 cm de CT. Entretanto, em um estudo sobre a mesma espécie no litoral de Pernambuco estimou o tamanho de maturidade para machos e fêmeas é de 18,7 e 19,8 cm de CT, respectivamente (Santander-Neto, 2015).

As capturas de recursos marinhos são geralmente direcionadas às espécies de valor comercial. Entretanto, devido à baixa seletividade de algumas modalidades pesqueiras, espécies com menor (ou nenhum) valor comercial também são capturadas, como na pescaria de arrasto de fundo de camarões. As espécies capturadas juntamente com a espécie alvo são denominadas fauna acompanhante, e por não atenderem a demanda do mercado consumidor, costumam ser descartadas sem a preocupação em conhecer mais sobre a composição da fauna ali presente. Desta forma, as consequências que a remoção dessa biomassa capturada acidentalmente pode causar no ecossistema, e inclusive na população de interesse comercial, se mantêm desconhecidas. (Stobutzki *et al.* 2001; Haimovici e Mendonça, 1996)

Knip *et al.* (2010) propõem um modelo alternativo de uso do hábitat para tubarões em ambientes costeiros diferente do modelo clássico proposto por Springer (1967). O termo Habitats Essenciais aos Peixes (EFH, do inglês) ganha cada vez mais destaque para determinadas espécies de elasmobrânquios de tamanhos menores, de modo que os adultos e jovens de uma população ocorrem no mesmo ambiente costeiro ao longo de seu ciclo de vida (NOAA, 2015). Essas áreas são consideradas cruciais para a conservação da fauna marinha ali

presente, e por isso devem ser consideradas como zonas de exclusão da pesca pelos órgãos de gerenciamento pesqueiro (Heupel *et al.* 2007).

Devido ao pequeno tamanho, *U. microphthalmum* não possui valor comercial, sendo comumente capturada como fauna acompanhante na pescaria de arrasto de fundo. Associado a problemática do *by-catch*, ainda há a defasagem no conhecimento sobre a biologia da espécie (Rosa, 2004). Apesar de não constar na lista de espécies ameaçadas da fauna nacional publicada MMA, (2014), a avaliação realizada pelo ICMBio (Subirá *et al.* 2012) categorizou a espécie como Dados Deficientes ao passo que globalmente a espécie enquadra-se na categoria menor preocupação na Lista Vermelha da IUCN (Rosa, 2004). Desta forma, para fins de conservação da espécie, o presente trabalho tem por objetivo de analisar o hábito alimentar e a ecologia trófica usando conteúdos estomacais de *U. microphthalmum* capturada no litoral de Pernambuco, Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os espécimes de *Urotrygon microphthalmum* foram capturados entre março de 2010 e março de 2012 como fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarões branco (*Litopenaeus schmitti*), sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e rosa (*Farfantepenaeus subtilis* e *F. brasiliensis*) no estado de Pernambuco, Brasil.

A área de estudo compreende a plataforma continental no estado de Pernambuco frente aos municípios de Jaboatão dos Guararapes e Barra de Sirinhaém (08°11'43"S/ 034°54'13"W; 08°38'44"S/ 035°01'24"W) (Fig. 1). O aparelho de pesca utilizado pela frota foi o arrasto duplo de fundo com tangones. Cada rede tem 10 m de comprimento, 6 m na boca com malhas de 20 mm no corpo da rede e 15 mm no saco. Geralmente, as pescarias se iniciam por volta das 5h e 30min e são concluídas em torno das 15h e 30min totalizando 3 lances por dia por barco, com duração média de 3 horas por lance. A área onde a frota atua é

caracterizada por apresentar fundos de lama e areia e substratos com algas calcárias (Kempf, 1970; Manso *et al.* 2003), com velocidade de até 3 nós em até 16 metros de profundidade.

Após o recolhimento das redes à proa da embarcação, o conteúdo é triado para a coleta e separação dos camarões. A fauna acompanhante é dividida entre os pescadores do barco (para elaboração de sopas, moquecas e outros alimentos) e o restante não aproveitado é devolvido ao mar (vivo ou morto).

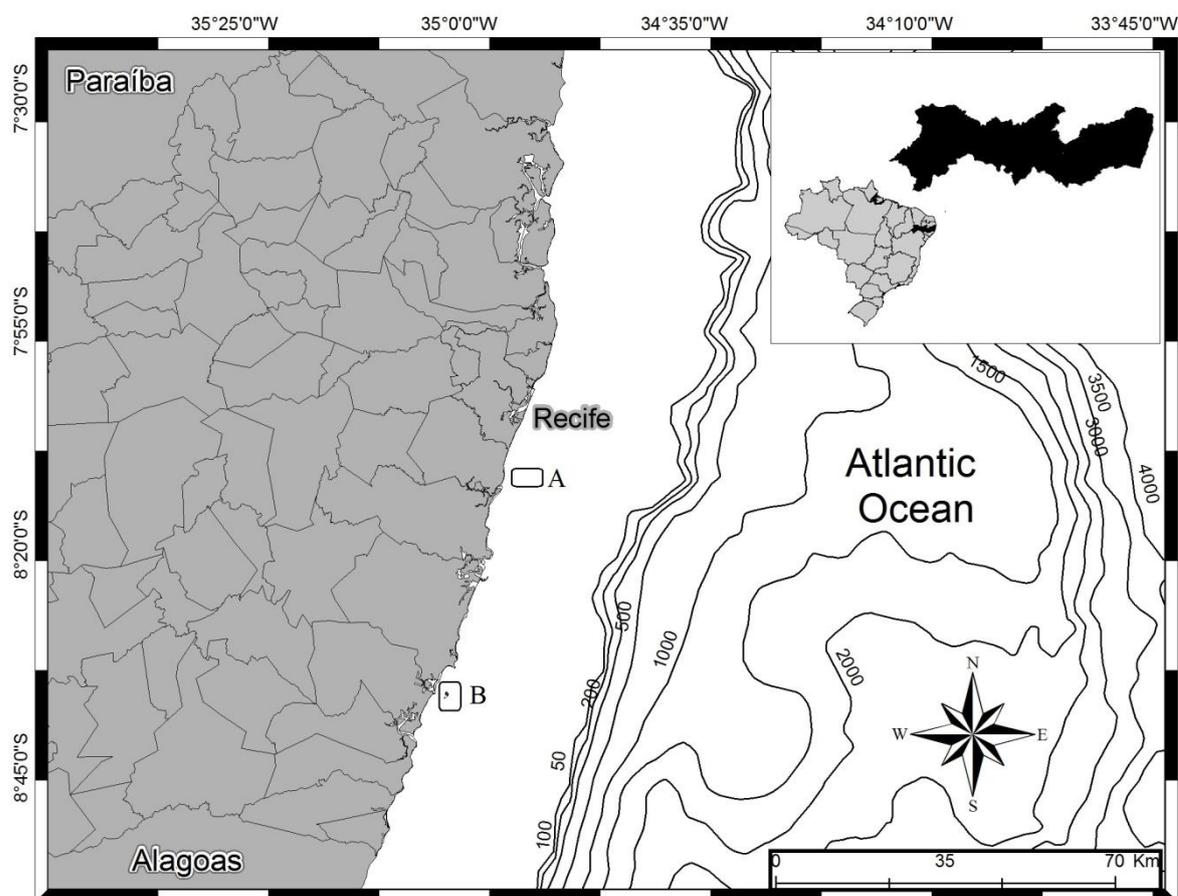


Figura 1. Área de atuação da frota camaroneira frente aos municípios de A) Jaboatão dos Guararapes e B) Barra de Sirinhaém.

No presente estudo, os exemplares foram acondicionados em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$  logo após o desembarque até a dissecação dos animais ao final do período de coleta. Para cada espécime foi registrado o comprimento total (CT, mm), o peso total (PT, g), o peso do estômago (PE, g), o sexo e o grau de maturidade de acordo com Santander-Neto (2015). Em laboratório, o

estômago foi fixado tanto internamente como externamente com formalina tamponada com bórax à 10% por um período mínimo de 24 horas.

Todo o conteúdo removido da cavidade gástrica foi filtrado em peneira de malha 1 mm e lavado com água corrente. Denominou-se “conteúdo estomacal” todo material que ficou retido na peneira; “item alimentar” como o táxon do organismo predado e a unidade, ou organismo de um item alimentar ingerido, foi denominado “presa” (Vaske-Jr *et al.* 2004).

O conteúdo estomacal foi identificado ao menor nível taxonômico possível com auxílio da literatura (Nonato, 1976; Williams, 1965; Melo, 1996; Carpenter, 2002; Costa *et al.* 2003; Grave *et al.* 2009; Grave & Franssen, 2011; Souza *et al.* 2011). Em seguida, cada item alimentar foi pesado em balança analítica de precisão 0,0001g.

O índice de repleção estomacal foi calculado como a razão entre o peso do conteúdo estomacal (PCE) sobre o peso total do predador (PT). O valor obtido foi multiplicado por 100, de forma a expressar a quantidade de alimento ingerido em função da massa corporal do predador (Hureau, 1969).

O grau de digestão (GD) dos itens alimentares foi registrado conforme proposto por Vaske-Jr *et al.* (2004) e Aloncle & Delaporte (1987) *apud* Costa & Almeida (2003), sendo classificados de acordo com as escalas:

I – presa recém ingerida, item intacto de consistência firme e íntegra.

II – presas em início do processo digestivo e ação de enzimas digestivas, com perdas de pele, escamas, partes de nadadeiras e amolecimento de exoesqueletos.

III – presas em digestão avançada, porém identificável, com perdas de nadadeiras e partes musculares, presença de exoesqueletos fragmentados ou inteiros. Nos crustáceos, o abdômen se separa do cefalotórax, sendo difícil identificar alguns indivíduos por estarem aglomerados em uma massa.

IV – presas com digestão quase completa, apresentando apenas massa muscular amorfa e pastosa. Presença de estruturas rígidas, otólitos, cristalinos, ossos, quelas, brânquias, dentre outros.

A curva cumulativa de diversidade de itens alimentares foi elaborada usando o índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) no intuito de ter um indicativo de todo o espectro alimentar da espécie estudada (Espinoza *et al.*, 2012; López-García *et al.*, 2012). Os dados amostrais de diversidade dos itens alimentares foram randomizados em 50 vezes seguindo (Colwell *et al.*, 2004).

Os métodos de análises de conteúdos estomacais empregados foram os de Frequência de Ocorrência (%FO), Gravimétrico (%M), Numérico (%N) e o índice de relativa importância modificado para peso (%IRI). (Lessa, 1982; Lessa & Almeida, 1997, 1998; Fonteles-Filho, 2011; Zavala-Camin, 1996; Pinkas *et al.* 1971). Seguindo a sugestão de Cortés (1997), o valor absoluto do IRI foi transformado em base percentual para facilitar a interpretação e comparação dos resultados.

Para inferir sobre a estratégia alimentar de *U. microphthalmum* foi utilizado o método gráfico (Cortés, 1997), plotando-se as médias obtidas nos métodos numérico (%N), gravimétrico (%W) e frequência de ocorrência (%FO) dos itens alimentares agrupados em categorias propostas por Ebert & Bizzarro (2007).

A semelhança na dieta entre machos e fêmeas de *Urotrygon microphthalmum* foi avaliada utilizando o índice de Schoener ( $\alpha$ ), o qual se dá pela equação (Schoener, 1970):  $\alpha = 1 - 0.5 * \sum |P_{ij} - P_{ik}|$ , sendo  $P_{ij}$ : a proporção em frequência de ocorrência dos itens alimentares ingeridos pelos machos; e  $P_{ik}$ : a proporção em frequência de ocorrência dos itens alimentares ingeridos pelas fêmeas. O tamanho amostral da espécie em estudo foi considerado suficiente se a curva visualmente atingiu a assíntota (Magurran, 2004).

Para verificar uma possível mudança ontogenética da dieta de *U. microphthalmum*, os exemplares foram agrupados em duas categorias: Jovens ("imatuross" e "maturando") e Adultos ("matura não-grávida", "grávidas" e "grávida pós-parto", para fêmeas, e "maturo não reprodutivo", maturo em atividade sexual" e "maturo pós-atividade sexual", para machos) (Santander-Neto, 2015). A dieta dessas duas categorias foi igualmente comparada com o índice de Schoener (Schoener, 1970). De acordo com a literatura disponível, um valor deste índice maior ou igual a 0.60 indica uma sobreposição significativa na dieta (Maia *et al.*, 2006; Vaske-Jr *et al.*, 2009).

Para analisar o efeito da variação espacial na dieta de *U. microphthalmum*, os métodos simples (%FO, %N e %W) e agrupado (%IRI) foram empregados entre os indivíduos capturados em Jaboatão dos Guararapes e Barra de Sirinhaém.

O nível trófico de *U. microphthalmum* foi estimado segundo Cortés (1999), tanto para a espécie como um todo, quanto para indivíduos jovens e adultos separadamente, agrupando os itens alimentares em categorias padronizadas (ver Ebert & Bizzarro, 2007).

Para elaboração da curva cumulativa de itens alimentares e do gráfico tridimensional utilizou-se o software EstimateS versão 7.5.1. e STATSOFT-STATISTICA 7.0, respectivamente. Todas as demais análises foram realizadas utilizando os programas Microsoft Office Excel versão 2007 e BioEstat versão 5.0. Foi utilizado o nível de significância de 5% para a rejeição da hipótese de nulidade nas análises estatísticas. Quando as premissas de normalidade dos dados e/ou homogeneidade das variâncias não foram satisfeitas, optou-se pela aplicação dos testes não paramétricos correspondentes.

## RESULTADOS

Foram analisados 338 estômagos de *U. microphthalmum*. Desse total, 79 estômagos foram descartados da análise quantitativa da dieta por apresentaram apenas massa muscular

amorfa (n=61) ou não possuíram qualquer conteúdo estomacal (n=18) (índice de vacuidade = 5,32%). Dos estômagos usados nas análises alimentares, o CT dos indivíduos variou entre 81,6 a 298,1 mm, e o PT, variou entre 5,34 a 330,92 g.

Nos estômagos remanescentes (n=258), a maioria apresentou 1 ou 2 itens alimentares (58,68% e 25,48%, respectivamente), porém estômagos contendo três (10,03%), quatro (5,01%) e cinco itens (0,77%) também foram observados. O índice de repleção atingiu um valor máximo e médio de 1,69 e 0,16, respectivamente. Contudo, valores compreendidos entre 0,0001 e 0,1, representaram 56,48% dos estômagos analisados. Observou-se uma predominância de presas em estágios finais de digestão, de modo que 69,82% de todas as presas identificadas se enquadraram no último estágio da digestibilidade (Fig.2).

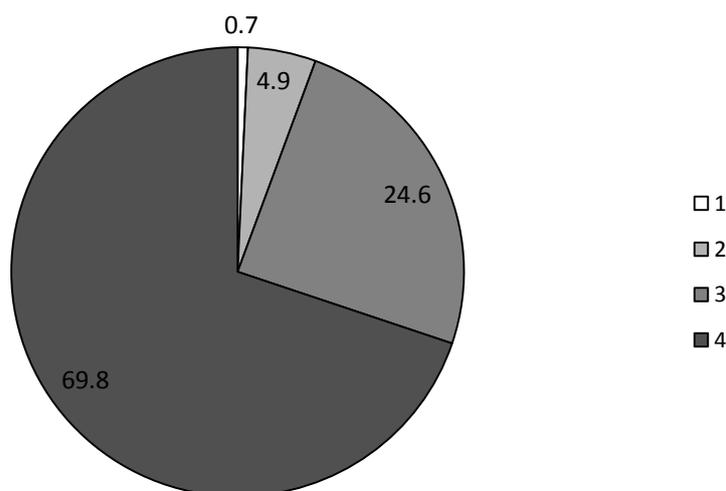


Figura 2. Distribuição em frequência relativa do grau de digestão das presas de *U. microphthalmum* capturada no litoral de Pernambuco, Brasil.

Foram identificados 31 itens alimentares (Tab. 1) presentes na dieta de *U. microphthalmum*, podendo-se observar uma ingestão predominante de crustáceos decápodes, misidáceos e de pequenos teleósteos associados ao substrato. O ponto de saturação da curva de diversidade cumulativa de itens foi alcançado em torno de 160 estômagos (Fig. 3).

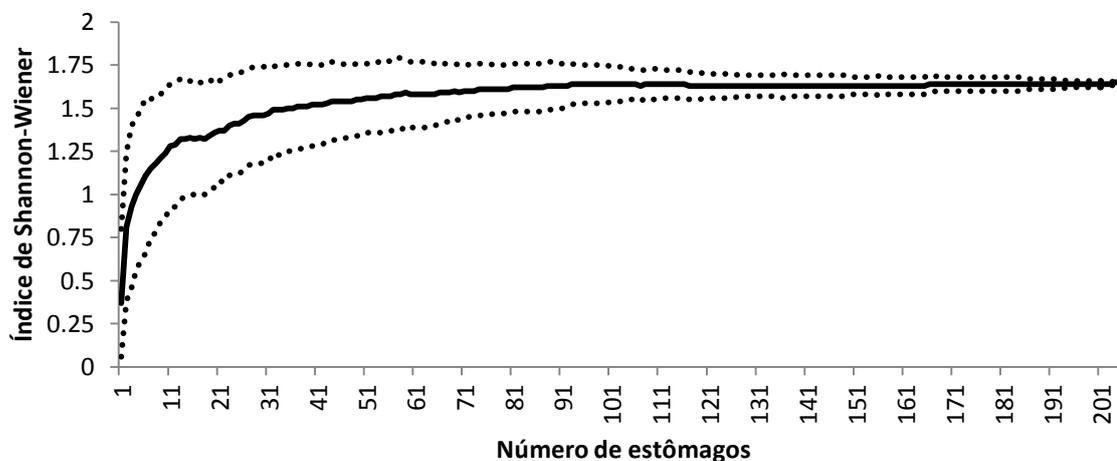


Figura 3. Curva de diversidade trófica de *Urotrygon microphthalmum* capturada no litoral de Pernambuco, Brasil. A linha contínua representa os valores médios do índice de diversidade de Shannon-Wiener. As linhas pontilhadas superiores e inferiores representam os valores médios do índice, acrescidos e decrescidos do desvio padrão, respectivamente.

Uma vez que a composição de dietas entre machos e fêmeas mostrou-se similar, todas as demais análises sobre a alimentação da espécie foram realizadas com sexos agrupados (Schoener = 0,76). A partir do método gráfico de Cortés (1997) foi possível observar uma forte importância de decápodes na dieta de *U. microphthalmum* no litoral de Pernambuco. A espécie também apresenta uma amplitude de nicho baixa e hábito especializado de forrageamento (Fig. 4).

O índice de sobreposição alimentar aplicado para indivíduos jovens ( $n = 52$ ) e adultos ( $n = 206$ ) não sugere uma mudança ontogenética na dieta e de *U. microphthalmum* (Schoener = 0.81). A similaridade de dietas se repete quando aplicadas a interações entre sexos por estágios de maturação: Jovens (Schoener = 0,62), Adultos e sexos combinados (Schoener = 0,76 para ambos). Desta forma, os jovens e adultos da espécie (tanto machos, como fêmeas) são predominantemente invertívoros carcinofágicos, e possuem a amplitude de nicho estreita (especialistas).

Tabela 1. Porcentagens em frequência de ocorrência (%FO), número (%N) e massa (%M) dos itens alimentares de *Urotrygon microphthalmum* por ordem de importância (OI) do primeiro (1) ao décimo (10).

Itens	FO	%FO	N	%N	M	%M	IRI	%IRI	OI
<b>Filo Arthropoda</b>									
<b>Classe Malacostraca</b>									
Crustacea	76	29.57	156	8.35	1.955	9.99	542.26	8.001	2
<b>Ordem Amphipoda</b>									
<i>Orchomenella minuta</i>	21	8.17	31	1.66	0.155	0.79	20.03	0.296	7
<b>Ordem Cumacea</b>									
Cumacea	10	3.89	18	0.96	0.103	0.53	5.80	0.086	10
<b>Ordem Decapoda</b>									
Decapoda	137	53.31	1019	54.55	9.974	50.94	5623.68	82.97	1
<b>Subordem Dendrobranchiata</b>									
Dendrobranchiata	17	6.61	39	2.09	1.168	5.97	53.27	0.786	6
<b>Superfamília Penaeoidea</b>									
Penaeoidea	2	0.78	3	0.16	0.072	0.37	0.41	0.006	
<b>Família Penaeidae</b>									
<i>Fartantepenaeus</i> sp.	1	0.39	1	0.05	0.015	0.08	0.05	0.001	
Penaeidae	20	7.78	49	2.62	0.771	3.94	51.06	0.753	5
<i>Rimapenaeus constrictus</i>	1	0.39	1	0.05	0.123	0.63	0.27	0.004	
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	1	0.39	1	0.05	0.023	0.12	0.07	0.001	
<b>Família Sicyoniidae</b>									
Sicyoniidae	3	1.17	7	0.37	0.220	1.12	1.75	0.026	
<i>Sicyonia</i> sp.	2	0.78	2	0.11	0.192	0.98	0.85	0.012	
<i>Sicyonia dorsalis</i>	3	1.17	9	0.48	0.198	1.01	1.74	0.026	
<b>Superfamília Sergestoidea</b>									
Sergestoidea	2	0.78	6	0.32	0.054	0.28	0.46	0.007	
<b>Subordem Pleocyemata</b>									
<b>Infraordem Brachyura</b>									
Brachyura	4	1.56	4	0.21	0.115	0.59	1.25	0.018	
<b>Família Portunidae</b>									
Portunidae	1	0.39	1	0.05	0.066	0.34	0.15	0.002	
<b>Infraordem Caridea</b>									
Caridea	4	1.56	11	0.59	0.111	0.57	1.80	0.027	
<b>Família Ogyrididae</b>									
<i>Ogyrides</i> sp.	1	0.39	2	0.11	0.047	0.24	0.14	0.002	
<i>Ogyrides alphaerostris</i>	3	1.17	5	0.27	0.089	0.45	0.84	0.012	
Ogyrididae	4	1.56	5	0.27	0.078	0.40	1.04	0.015	
<b>Família Palemonidae</b>									
Palemonidae	2	0.78	5	0.27	0.150	0.77	0.80	0.012	
<b>Família Pasiphaeidae</b>									
<i>Leptocheila serratorbita</i>	10	3.89	22	1.18	0.437	2.23	13.27	0.196	9
<b>Ordem Isopoda</b>									
<b>Família Sphaeromatidae</b>									
Sphaeromatidae	13	5.06	33	1.77	0.179	0.91	13.56	0.200	8
<b>Ordem Mysidacea</b>									
Mysidacea	30	11.67	350	18.74	2.733	13.96	381.67	5.631	3
<b>Ordem Stomatopoda</b>									
Stomatopoda	1	0.39	1	0.05	0.009	0.05	0.04	0.001	
<b>Família Lysiosquillidae</b>									
Lysiosquillidae	1	0.39	1	0.05	0.009	0.05	0.04	0.001	
<b>Filo Mollusca</b>									
Mollusca	2	0.78	2	0.11	0.009	0.05	0.12	0.002	
<b>Filo Annelida</b>									
Annelida	6	2.33	34	1.82	0.075	0.38	5.14	0.076	

<b>Classe Polychaeta</b>									
Polychaeta	5	1.95	6	0.32	0.037	0.19	0.99	0.015	
<b>Filo Chordata</b>									
<b>Classe Actinopterygii</b>									
Teleósteo	36	14.01	39	2.09	0.347	1.77	54.07	0.798	4
<b>Família Cynoglossidae</b>									
<i>Symphurus</i> sp.	5	1.95	5	0.27	0.064	0.33	1.16	0.017	
<b>TOTAL</b>	424	-	1868	-	19.578	-	6777.77	-	

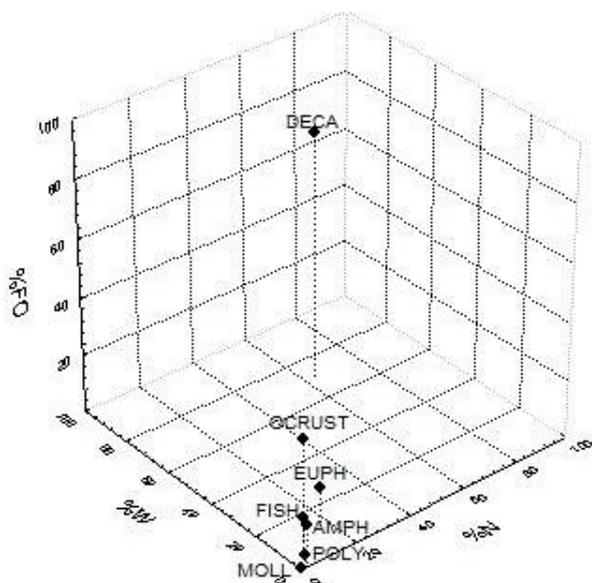


Figura 4. Análise ecológica tridimensional da dieta de *U. microphthalmum* capturada no litoral de Pernambuco, Brasil.

A dieta de *U. microphthalmum* capturada em Jaboatão dos Guararapes mostrou-se semelhante à dieta da espécie capturada em Barra de Sirinhaém. Contudo, a importância dos peixes teleósteos foi mais significativa em Jaboatão dos Guararapes. Por outro lado, os poliquetas ingeridos não foram registrados na dieta dos exemplares capturados em Barra de Sirinhaém (Tabela 2).

Com base no nível trófico (estimado segundo Ebert & Bizzarro, 2007) para *U. microphthalmum* assumiu valor de 3,5 (consumidor terciário). Quando calculados separadamente para indivíduos jovens e adultos, o índice de nível trófico assumiu valores idênticos. Assim, não houve variação entre o nível trófico de jovens e adultos da espécie.

Tabela 2. Frequencia de ocorrência (FO), número (N) e massa (M) dos itens alimentares de *Urotrygon microphthalmum* capturados no litoral de Pernambuco por ordem de importância (OI) do primeiro (1) ao décimo (10) entre as áreas de coleta dos exemplares.

Itens	Barra de Sirinhaém n=72 indivíduos					Jaboatão dos Guararapes n=181				
	FO	N	M	IRI	OI	FO	N	M	IRI	OI
<b>Filo Arthropoda</b>										
<b>Classe</b>										
<b>Malacostraca</b>										
Crustacea	14	99	0.60	298.69	<b>3</b>	59	35	1.299	660.05	<b>2</b>
<b>Ordem</b>										
<b>Amphipoda</b>										
<i>Orchomenella</i>										
<i>minuta</i>	3	3	0.02	1.89		16	26	0.123	41.14	<b>7</b>
<b>Ordem Cumacea</b>										
Cumacea	4	5	0.03	4.09		6	13	0.077	8.35	<b>10</b>
<b>Ordem Decapoda</b>										
Decapoda	51	580	6.29	8101.43	<b>1</b>	85	416	3.575	4427.96	<b>1</b>
<b>Subordem</b>										
<b>Dendrobranchiata</b>										
Dendrobranchiata	9	19	0.84	117.04	<b>4</b>	8	20	0.328	28.55	<b>8</b>
<b>Superfamília</b>										
<b>Penaeoidea</b>										
Penaeoidea	1	1	0.03	0.47	<b>8</b>	1	2	0.045	0.44	
<b>Família Penaeidae</b>										
<i>Fartantepenaeus</i>										
sp.						1	1	0.015	0.17	
Penaeidae	7	14	0.26	36.42	<b>6</b>	13	35	0.508	75.34	<b>5</b>
<i>Rimapenaeus</i>										
<i>constrictus</i>	1	1	0.12	1.65	<b>9</b>					
<i>Xiphopenaeus</i>										
<i>kroyeri</i>	1	1	0.02	0.42						
<b>Família</b>										
<b>Sicyoniidae</b>										
Sicyoniidae	3	7	0.22	11.07						
<i>Sicyonia</i> sp.	2	2	0.19	5.29						
<i>Sicyonia dorsalis</i>	3	9	0.20	11.10						
<b>Superfamília</b>										
<b>Sergestoidea</b>										
Sergestoidea	1	5	0.03	1.10	<b>7</b>	1	1	0.022	0.22	
<b>Subordem</b>										
<b>Pleocyemata</b>										
<b>Infraordem</b>										



<b>Classe</b>									
<b>Actinopterygii</b>									
Teleósteo	7	8	0.09	15.54	29	31	0.258	110.92	4
<b>Família</b>									
<b>Cynoglossidae</b>									
<i>Symphurus</i> sp.					5	5	0.064	3.85	
Total geral	132	988	11.29	9184.54	285	829	8.105	5628.86	

## DISCUSSÃO

A análise da frequência do número de itens alimentares por estômago sugere que *U. microphthalmum* ingere uma baixa diversidade de presas por episódio de alimentação. Entretanto, esse comportamento alimentar não restringe o espectro trófico da espécie, uma vez que foram identificados 31 itens alimentares. O número de itens identificados no presente trabalho é superior ao dobro da quantidade informada por Costa & Almeida (2003), no Maranhão. Contudo, o número de itens alimentares identificados no presente estudo se mostrou mais semelhante aos 26 itens alimentares reportado para *Urotrygon rogersi* na Colômbia (Navia *et al.*, 2011).

Do total de estômagos analisados, 79 foram descartados das análises quantitativas da dieta, número superior ao reportado para *U. rogersi* (Navia *et al.*, 2011). Ao comparar a dieta de *U. microphthalmum* no litoral maranhense e o encontrado no presente estudo, houve diferenças na composição e importância das presas com os decápodes sendo os itens mais importantes em Pernambuco, ao passo que no Maranhão, foram os misidáceos e cumáceos que mais contribuíram em número de presas na dieta (Costa & Almeida, 2003; Almeida, 2000). Outras comparações foram impossibilitadas, visto que apenas o método numérico foi empregado pelos autores. Entretanto, as diferenças observadas entre as dietas de *U. microphthalmum* no Maranhão e em Pernambuco, podem ter ocorrido em decorrência do aparelho de pesca e das características do meio, diferente nos dois estudos, ou da diferença entre o tamanho amostral analisado. No presente estudo (n = 338), os exemplares foram capturados através do acompanhamento de desembarque de pesca de arrasto de fundo com tangones duplos que atuavam em profundidades de até 16 metros. Por outro lado, no Maranhão (n = 74) foi empregada a rede de lance, atuando em profundidades mais rasas (entre 2 a 5m). Todavia, a importância dos decápodes na dieta de *U. microphthalmum* do

presente trabalho, corroborou com a importância deste grupo, como encontrado *U. rogersi* na Colômbia (Navia *et al.*, 2011).

O valor máximo e médio obtido no índice de repleção estomacal (1,69 e 0,16, respectivamente) podem ser considerados valores baixos se comparado ao reportado por Bradley *et al.* (2004) *apud* Wetherbee & Cortés (2004; ver tabela 8.1) para *Dasyatis sabina*. Os valores basais de repleção estomacal (entre 0,0001 e 0,1) perfizeram 55,48% do total analisado. Algumas hipóteses que podem explicar esses valores mínimos de repleção estomacal incluem: horários preferenciais de atividade forrageira (padrão circadiano) resultante de um ritmo alimentar do tipo intermitente como sugerido por Costa & Almeida (2003) para *U. microphthalmum* no Maranhão; a possibilidade de regurgitamento devido ao stress causado pelo aparelho de pesca durante a captura dos exemplares, bem como a digestão contínua até o desembarque dos espécimens (Wetherbee *et al.*, 1990); alta eficiência energética para suprir a demanda metabólica da espécie com uma quantidade pequena de alimento ingerido (Wetherbee *et al.*, 1990; Wetherbee & Cortés, 2004), porém, o metabolismo elevado para investir a energia assimilada em crescimentos somático e gonadal rápidos (Santander-Neto, 2015), seja provavelmente a explicação para estes baixos índices.

Os dados alimentares gerados no presente estudo levam a sugerir que *U. microphthalmum* no litoral de Pernambuco seja uma espécie especializada na ingestão de pequenos crustáceos, incluindo decápodes e misidáceos, além de pequenos peixes associados ao substrato marinho. Entretanto, dentro do grupo crustáceos, a espécie demonstra certo grau de generalismo oportunista, alimentando-se dos itens à disposição. Contudo, quando o item alimentar mais comum na dieta de um predador é justamente uma categoria ampla de presa, com alta abundância no meio, a diferença entre oportunismo generalista e especialização alimentar pode ser difícil de ser distinguida (Yokota *et al.* 2013). Dessa forma, Costa *et al.*, (2015) sugerem avaliar também a disponibilidade e riqueza da diversidade das presas nos

ambientes ocupados pelo predadores de modo a facilitar a tomada de decisão entre oportunismo vs especialização.

Apesar da digestão continuar atuando no conteúdo alimentar mesmo após a morte dos exemplares de *U. microphthalmum*, a temperatura baixa se mostra um fator para minimizar a atuação das enzimas digestivas por estar fora da temperatura ideal de atuação das proteases (Rasmussen & Rasmussen, 1967). Além disso, a aplicação de formol tamponado com bórax cessa o processo digestivo, e regula o pH estomacal a fim de evitar maiores desgastes em seu conteúdo (Atkins, 1922). Grande parte dos teleósteos ingeridos não puderam ser identificados em virtude do alto grau de digestão em que se encontravam, muitas vezes apresentando somente vértebras interligadas ou isoladas. Entretanto, o formato fusiforme da coluna vertebral em presas menos digeridas, indicam que parte dos teleósteos tidos como não-identificados, possam pertencer à família Cynoglossidae que compreende o grupo das solhas, associadas ao substrato marinho e presentes em ambientes estuarinos, o que coincide com a área de ocorrência de *U. microphthalmum* (Carpenter, 2002).

Costa & Almeida (2003) sugerem que *U. microphthalmum* seja uma espécie que usa o focinho para escavar o substrato e alimentar-se da comunidade bentônica infauna (cumáceos) e epifauna (poliquetos e crustáceos), como observado em outros batóideos como *Dasyatis guttata* (Carqueija *et al.*, 1995) e *Rhinobatos lentiginosus* (Wilga & Motta, 1998).

Os dados do presente estudo revelam que a abordagem alimentar sugerida por Costa & Almeida (2003) para *U. microphthalmum* corrobora os hábitos e distribuições dos organismos predados, muito embora a importância alimentar dos cumáceos não tenha sido tão alta para a dieta da espécie (décima ordem de importância), no presente estudo.

Muitos pesquisadores estabeleceram uma relação entre o dimorfismo sexual em estrutura dentárias de machos e fêmeas com diferenciação trófica intraespecífica (Kyne & Bennett, 2002; Morato *et al.*, 2003; Scenna *et al.*, 2006). Apesar disso, os dados do presente

estudo revelam que embora a diferença de dentição registrada entre machos e fêmeas adultos esteja presente em *U. microphthalmum* (Rangel *et al.*, dados não publicados), não foi encontrada uma variação significativa entre as dietas de machos e fêmeas adultas (Schoener = 0,76), corroborando com o reportado por Navia *et al.* (2011) para *U. rogersi* na Colômbia. Curiosamente, foi na fase jovem onde houve a menor sobreposição alimentar entre machos e fêmeas (Schoener = 0,62), apesar disso, houve sobreposição significativa de dietas possivelmente devido ao menor número amostral de jovens ( $n = 52$ ) em relação aos adultos ( $n = 206$ ), de modo que com mais indivíduos jovens essa sobreposição poderia ser ainda maior.

Apesar da mudança ontogenética na dieta dos peixes se mostrarem um fenômeno quase universal (Zavala-Camin, 1996; Lessa & Almeida, 1997; Wetherbee & Cortés, 2004), tal evento não foi observado para *U. microphthalmum* no litoral de Pernambuco. Uma provável explicação para tal fato se deve pelo tipo de uso de hábitat explorado pela espécie. Através da caracterização da dieta, a espécie demonstra ocorrer ao longo de todo o ciclo de vida, em áreas com a composição de presas semelhantes. Dessa forma, os dados alimentares levam a sugerir que *U. microphthalmum* seja uma espécie com distribuição mais restrita aos bancos de lama próximo aos estuários, padrão este que se enquadra no conceito de *Essential Fish Habitats* proposto por Knip *et al.* (2010).

Assim como constatado para *U. rogersi* ocorrente na Colômbia (Navia *et al.*, 2011), não houve grande diferença entre a dieta de *U. microphthalmum* capturada em Jaboatão dos Guararapes e em Barra de Sirinhaém. Embora a importância dos peixes teleósteos tenha sido mais significativa em Jaboatão dos Guararapes, e a ausência de poliquetas ingeridos em Barra de Sirinhaém, tais diferenças podem ter ocorrido em função da variação espacial na composição da fauna de presas entre as diferentes áreas de estudo; por diferenças inclusive no aspecto geológico entre as duas regiões (*i.e.* sedimentos diferentes que propiciam uma

colonização diferente em cada local) (Kempf, 1970; Manso *et al.* 2003); ou também devido ao menor número amostral de exemplares provenientes de Barra de Sirinhaém (n = 72).

O nível trófico estimado a partir de Ebert & Bizzarro (2007) assumiu valor de 3,5, que corrobora com o estimado por Jacobsen & Bennett (2013) para a família Urotrygonidae. Assim, *U. microphthalmum* pode ser classificada como consumidora terciária na pirâmide trófica marinha. Segundo Cortés (1999) e Ebert & Bizzarro (2007), as raias da família Rajidae parecem ter uma correlação positiva entre o nível trófico e o tamanho máximo atingido pelas espécies, tendo em vista que raias cujo CT máximo é de até 100 cm apresentaram nível trófico menor que 3,8, enquanto que os maiores valores do nível trófico estimados pertenceram a espécies com CT máximo maior que 100 cm (predadores de topo da cadeia alimentar).

À luz do posicionamento trófico, *U. microphthalmum* é classificada como mesopredadora da cadeia alimentar (Ebert & Bizzarro, 2007). Esse grupo desempenha um elo fundamental na transferência de energia entre o ambiente bentônico e pelágico (Begon *et al.*, 2007). Tendo em vista que a espécie alimenta-se de presas detritívoras, é de se esperar que o aproveitamento energético de *U. microphthalmum* seja elevado, o que explica o rápido crescimento somático e gonadal (Santander-Neto, 2015). Segundo Navia *et al.* (2012), a captura seletiva de predadores de topo da cadeia alimentar (tubarões costeiros de grande porte) podem vir a incrementar a abundância de espécies com níveis tróficos inferiores, e como consequência, as populações de presas dos mesopredadores sofrem impactos significantes com o aumento da taxa de predação natural. Esse efeito é documentado entre a comunidade científica como cascata trófica (Bornatowski *et al.* 2014b) e pode causar sérias desestruturações na teia trófica marinha (Navia *et al.* 2010). Em Pernambuco, esse fato é ainda mais urgente devido à questão dos incidentes com tubarões que ocorre próximo à área de estudo (Lessa, com. pess.).

Garrison & Link (2000) chamam a atenção para a necessidade de averiguar, além da mudança ontogenética na dieta, uma possível mudança de nível trófico, visto que diferentes classes de tamanhos de uma mesma espécie podem ser consideradas troficamente como espécies diferentes. Atendendo a esta necessidade, foi estimado o nível trófico para os estágios jovens e maduros de *U. microphthalmum*, entretanto, não houve variação no nível trófico ao longo do desenvolvimento ontogenético da espécie.

Os resultados obtidos por esse trabalho podem ser incorporados às fichas de avaliação dos órgãos competentes de conservação da fauna, e também servir como dados básicos para modelos de análise topológica (*key stone index*) de forma a garantir o manejo e exploração sustentável do ecossistema (Navia *et al.* 2010; 2012; Bornatowski *et al.* 2014a).

## REFERÊNCIAS

- Almeida, Z.S.; Nunes, J.S. & Costa, C.L. (2000). Presencia de *Urotrygon microphthalmum* (Elasmobranchii:Urolophidae) en aguas bajas do maranhão (Brazil) y notas sobre su biología. Bol. Invest. Mar. Cost., São Luis, v.29, p.67-72.
- Aloncle & Delaporte. (1987). Revision bibliografica de los objetivos y la metodologia. In: HÉRAN, R.A. Analisis de contenidos estomacales en peces. 1987. Caracas: Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr. n° 63-1988. 74p.
- Atkins, W. R. G. (1922). The preservation of permanently non-acid formalin for preserving calcareous specimens." J. mar. biol. Ass. U. K., 12: 792-94.
- Begon, M.; Townsend, C. R. & Harper, J. L. (2007) Ecologia de indivíduos a ecossistemas. 4ª edição. Artmed editora s/a. Porto Alegre. 740p.
- Bigelow, H.B. & Schroeder, W.C. (1953). Sawfishes, Guitarfishes, Skate and Rays, Chimaeroids. In-Fishes of the Westen North Atlantic, Part II. (eds) Parr, A. E. and Olsen, Y. H., Sears Founds. Mar. Res., New Have, p.1-558.
- Bizzarro, J. J., Robison, H. J., Rinewalt, C. S., & Ebert, D. A. (2007).Comparative feeding ecology of four sympatric skate species off central California, USA. Environ. Biol. Fishes, 80: 197 – 220.
- Bornatowski, H., Navia, A.F., Braga, R.R., Abilhoa, V. & Corrêa, M.F. (2014a). Ecological importance of sharks and rays in a structural foodweb analysis in southern Brazil.. ICES Journal of Marine Science. doi:10.1093/icesjms/fsu025

Bornatowski, H., Braga, R.R., Abilhoa, V. & Corrêa, M.F.M. (2014b). Feeding ecology and trophic comparisons of six shark species in a coastal ecosystem off southern Brazil. *Journal of Fish Biology*. doi:10.1111/jfb.12417

Bradley, J.L. (1996). Prey Energy Content and Selection, Habitat Use and Daily Ration of the Atlantic Stingray, *Dasyatis sabina*. M.S. thesis. Florida Institute of Technology, Melbourne.

Carqueija, C.R., Filho, J.J. Gouvêa, E. & Queiroz, E.L. (1995). Decápodos (crustacea) utilizados na alimentação de *Dasyatis guttata* (Bloch Schneider) (Elasmobranchii: Dasyatidae) na área de influência da estação ecológica ilha do medo, baía de todos os santos, Bahia, Brazil. *Revista brasileira de zoologia*. 12(4): 833-838.

Carpenter, K. E. (2002). The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic. Vol.1, Introduction, Mollusks, Crustaceans, Hagfishes, Sharks, Batoid Fishes and Chimaeras. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Colwell, R.K., Mao, C.X. & Chang, J. (2004). Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85(10), pp. 2717–2727

Cortés, E. (1997). A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54:726–738.

Cortés, E. (1999). Standardized diet composition and trophic levels of sharks. 1999. *ICES Journal of Marine Sciences.*, 56:707-717.

Costa, C.L. & Almeida, Z.S. (2003). Hábito Alimentar de *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 (Elasmobranchii: Urolophidae) em Tutoia, Maranhão. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 16: 47-54.

Costa, R. C. C; Fransozo, A.; Melo, G. A. S. & Freire, F. A. M. (2003). Chave ilustrada para identificação de camarões dendrobranchiata do litoral norte do estado de São Paulo, Brasil., *Biota Neotropica* v3 (n1) - BN01503012003.

Costa, T. L. A., Thayer, J. A. & Mendes, L. F. (2015), Population characteristics, habitat and diet of a recently discovered stingray *Dasyatis marianae*: implications for conservation. *Journal of Fish Biology*. doi: 10.1111/jfb.12572

Delsman. (1941). *Urotrygon microphthalmum*. *Mém. Mus. His. Nat. Belg.*, (2) 3 Fasc. 21.

Dulvy, N.K., Fowler, S.L., Musick, J.A., Cavanagh, R.D., Kyne, P.M., Harrison, L.R., Carlson, J.K., Davidson, L.N.K., Fordham, S.V., Francis, M.P., Pollock, C.M., Simpfendorfer, C.A., Burgess, G.H., Carpenter, K.E., Ebert, D. A. & Bizzarro, J. J. (2007). Standardized diet composition and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). *Environ. Biol. Fish.*, 80:221-237.

Ebert, D. A. & Bizzarro, J. J. (2007). Standardized diet composition and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). *Environ. Biol. Fish.* 80:221-237.

Espinoza, M., Clarke, T.M., Villalobos-Rojas, F. & Wehrtmann, I.S. (2013). Diet composition and diel feeding behaviour of the banded guitarfish *Zapteryx xyster* along the Pacific coast of Costa Rica, Central America. *Journal of Fish Biology*. 82, 286–305

- Fonteles-Filho, A. A. (2011) Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros. Expressão Gráfica e editora, 464p.
- Friedlander, A., & Demartini, E. E. (2002). Contrasts in density, size, and biomass of reef fishes between the northwestern and the main Hawaiian Islands: the effects of fishing down apex predators. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 230: 253–264.
- Gallagher A.J., Kyne P.M. & Hammerschlag, N. (2012). Ecological risk assessment and its application to elasmobranch conservation and management. *J Fish Biol* 80: 1727–1748
- Garrison, L. P. & Link, J. S. (2000). Fishing effects on spatial distribution and trophic guild of the fish community in the Georges Bank region. *ICES J. Mar. Sci.*, 57:723-730.
- Grave, S., Pentcheff, N.D., Ahyong S.T., Chan, T.Y., Crandall, K.A., Dworschak, P.C., Felder, D.L., Feldmann, R.M., Fransen, C.H.J.M., Goulding, L.Y.D., Lemaitre, R., Low, M.E.Y., Martin, J.W., Ng, P.K.L. Schweitzer, C.E., Tan, S.H. & Wetzer, R. (2009). A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *Raffles Bulletin of Zoology Suppl.* 21: 1-109.
- Grave, S & Fransen C.H.J.M. (2011). *Carideorum Catalogus: The Recent Species of the Dendrobranchiate, Stenopodidean, Procarididean and Caridean Shrimps (Crustacea: Decapoda)*. *Zoologische Mededelingen* 89(5):195-589.
- Haimovici, M. & Mendonça, J.T. (1996). Análise da pesca de arrasto de tangones de peixes e camarões no sul do Brasil período 1989-1994. *Atlântica*, 18: 143-160.
- Heupel, M.R., Carlson, J.K. & Simpfendorfer, C.A. (2007). Shark nursery areas: concepts, definition, characterization and assumptions. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 337: 287–297
- Hureau, J. C. (1969). Biologie comparée de quelques poissons antarctiques (Nothotheniidae). *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 1969, 68: 1-44.
- Jacobsen, I. P. & Bennett, M. B. (2013). A comparative analysis of feeding and trophic level ecology in stingrays (Rajiformes; Myliobatoidei) and electric rays (Rajiformes: Torpedinoidei). *PLoS One* 8, e71348.
- Kempf, M. (1970). A plataforma continental de Pernambuco (Brasil): Nota preliminar sobre a natureza do fundo. *Trab. Oceanográfico da Universidade Federal de Pernambuco*, (67/69): 95-110.
- Knip, D. M., Heupel, M. R. & Simpfendorfer, C. A. (2010). Sharks in nearshore environments: models, importance, and consequences. *Marine Ecology Progress Series*, 402: 1-11.
- Kyne, P.M. & Bennett, M.B. (2002). Diet of the eastern shovelnose ray, *Aptychotrema rostrata* (Shaw & Nodder, 1794), from Moreton Bay, Queensland, Australia. *Marine and Freshwater Research* 53, 679–686.

- Lessa, R. P. (1982). Biologie et dynamiques des populations de *Rhinobatos horkelii* (Müller & Henle, 1841) du plateau continental du Rio Grande do Sul (Brésil). 1982. Tese de Doutorado. Université de Bretagne Occidentale, Brest, França. 238 p.
- Lessa, R. P. & Almeida, Z. (1997). Analysis of stomach contents of the smalltail sharks *Carcharhinus porosus* from Northern Brazil. *Cybium*. 21(2): 123-133.
- Lessa, R. P. & Almeida, Z. (1998). Feeding habits of the bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo*, from northern Brazil. *Cybium*. 22(4): 383-394.
- López-García, J., Navia, A.F., Mejía-Falla, P.A. & Rubio, E.A. (2012). Feeding habits and trophic ecology of *Dasyatis longa* (Elasmobranchii: Myliobatiformes): sexual, temporal and ontogenetic effects. 2012. *Journal of Fish Biology*. 80, 1563–1579.
- Magurran, A.E. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Maia, A., Queiroz, N., Correia, J. P., Cabral, H.. Food habits of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, off the southwest coast of Portugal. *Environ Biol Fishes*. 2006. 77: 157–167.
- Manso, V.A.V., Corrêa, I.C.S. & Guerra, N.C. (2003). Morfologia e sedimentologia da Plataforma Continental Interna entre as praias Porto de Galinhas e Campos - Litoral sul de Pernambuco. *Pesquisas em Geociências*, 30(2): 17-25.
- McEachran J.D. & Carvalho M.R. (2000). Urotrygonidae. In: Carpenter, K.E. (ed.) *The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, FAO, 600p.
- Melo, G. A. S. (1996). *Manual de identificação dos Brachyura (Carangueijos e Sirís) do litoral brasileiro*. Editora Plêiade. São Paulo. 604 p.
- MMA. (2014). Portaria nº445. Ministério do Meio Ambiente do Brasil.
- Morato, T.; Encarnacion Solà, M. & Menezes, G.(2003). Diets of thornback ray (*Raja clavata*) and tope shark (*Galeorhinus galeus*) in the bottom longline fishery of the Azores, northeastern Atlantic. *Fishery Bulletin* 101, 590–602.
- Navia, A.F., Cortés, E. & Mejía-Falla, P.A. Topological analysis of the ecological importance of elasmobranch fishes: A food web study on the Gulf of Tortugas, Colombia. 2010. *Ecological Modelling*. 221, 2918–2926.
- Navia, A.F., Torres, A., Mejía-Falla, P.A. & Giraldo, A. (2011). Sexual, ontogenetic, temporal and spatial effects on the diet of *Urotrygon rogersi* (Elasmobranchii: Myliobatiformes). *Journal of Fish Biology*. 78, 1213–1224.
- Navia, A.F., Cortés, E., Jordán, F., Cruz-Escalona, V.H. & Mejía-Falla, P.A. (2012). Changes to Marine Trophic Networks Caused by Fishing. In: Mahamane (ed.). *Ecosystem book 1*. Intech Open Access Publisher, Rijeka, 2012. pp. 417-452

- Nonato, E. (1976). Anelídeos Poliquetas. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo. pp. 50.
- Pinkas, I.; Oliphant, M. S. & Iverson, I. K. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California Waters. Calif. Dept. Fish and Game: Fish. Bull. 1971. 152: 1-105.
- Piorski, N.M. & Nunes, J.L.S. (2001). Dimorfismo sexual e tendência alométrica em *Urotrygon microphthalmum* DELSMAN, 1941. Bol. Lab. Hidro. 13: 67-81.
- Rasmussen, R.A. & Rasmussen, L.E. (1967). Some observations on the protein and enzyme levels and fractions in normal and stressed elasmobranchs. Trans. N.Y. Acad. Sci. 29: 397–413.
- Rosa, R.S. (2004). (SSG South America Regional Workshop, June 2003) *Urotrygon microphthalmum*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 18 September 2013.
- Santander-Neto, J. (2015). Dinâmica populacional da raia *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 no nordeste do Brasil. Tese (Doutorado em Biologia Animal) da Universidade Federal de Pernambuco, 142p.
- Santander-Neto, J.; Nunes, D.M. & Lessa, R. (2009). Ocorrência de *Urotrygon microphthalmum* (Delsman, 1941) no Estado de Pernambuco, Brasil. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca (CD-ROM), 2009.
- Schoener, T. W. (1970). Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. Ecology, v. 51, p. 408 - 418.
- Souza, J.A.F., Schwamborn, R., Barreto, A.V., Farias, I.D., Fernandes, L.M.G. & Coelho, P.A. (2011). Marine and estuarine shrimps (dendrobranchiata, stenopodidea, and caridea), of Pernambuco state (Brazil) and northeastern brazilian oceanic islands. Atlântica, Rio Grande, 33(1) 33-63.
- Springer, S. (1967). Social organization of shark populations. In: Gilbert P.W., Matheson R.F., Rall, D.P. (eds). Sharks, skates and rays. John Hopkins Press, Baltimore, MD, p 149–174
- Stevens, J.D.; Bonfil, R.; Dulvy, N.K. & Walker, P.A. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (condrichthyans), and the implications for marine ecosystems. ICES Journal of Marine Sciences. 57: 476-494.
- Stobutzki, I.C., Miller, M.J., Heales, D.S., & Brewer, D.T. (2001). Sustainability of elasmobranchs caught as bycatch in a tropical prawn (shrimp) trawl fishery. Fishery Bulletin 100(4). P.800-821.
- Subirá, R.J., Souza, E.C.F., Guidorizzi, C.E., Almeida, M.P., Almeida, J.B. & Martins, D.S. (2012). Avaliação Científica do Risco de Extinção da Fauna Brasileira – Resultados Alcançados em 2012. Biodiversidade Brasileira, 2(2), 17-24

- Vaske-Jr., T.; Vooren, C. M. & Lessa, R. P. (2004). Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil. *Environ. Biol. Fishes.* 70: 293–304.
- Vaske-JR., T.; Vooren, C. M. & Lessa, R. P. (2009). Feeding strategy of the night shark (*Carcharhinus signatus*) and scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) near seamounts off northeastern Brazil. *Brazilian journal of oceanography*, 57(2):97-104
- Wanderley, C.A. & Rosa, R.S. (2004) Redescritção e distribuição geográfica de *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 (Myliobatiformes: Urolophidae) Anais da IV Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios. p.195.
- Wetherbee, B. M.; Gruber, S. M. & Cortés, E. (1990). Diet, feeding habits, digestion and consumption in sharks, with special reference to the lemon shark *Negaprion brevirostris*. In: Pratt, H. L.; Gruber, S. H. & Taniuch, T. (Eds.). *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*. NOAA Tech. Rep. NMFS, 90, p. 17-28.
- Wetherbee, B. M. & Cortés, E. (2004). Food consumption and feeding habits. In: Carrier, J. C.; Musick, J. A. & Heithaus, M. R. (Eds.). *Biology of Sharks and their Relatives*. CRC Press LLC. 572 p.
- Wilga, C. D. & Motta, P. J. (1998). Feeding mechanism of the Atlantic guitarfish *Rhinobatos lentiginosus*: Modulation of kinematic and motor activity. *The Journal of Experimental Biology*. 201: 3167-3184.
- Williams, A. B. (1965). Marine decapod crustaceans of the Carolinas. *US Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull.* 65: 1-298
- Yokota, L., Goitein, R., Gianeti, M.D. & Lessa, R.P.T. (2013). Diet and feeding strategy of smooth butterfly ray *Gymnura micrura* in northeastern Brazil. 2013. *J. Appl. Ichthyol.* 29, 1325–1329
- Zavala-Camin, L. A. (1996). *Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes*. Ed. UEM, Maringá. 125pp.

## 2.5. Análise demográfica para avaliação de risco de *Urotrygon microphthalmum* capturada como fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarão no Nordeste do Brasil.

### RESUMO

*Urotrygon microphthalmum* é uma raia sem valor comercial que é comumente capturada como fauna acompanhante da pesca de camarões no nordeste do Brasil. A ausência de dados para avaliações de estoques convencionais levou a utilização de abordagem focada na história de vida da espécie. A análise demográfica da espécie foi realizada utilizando modelos determinísticos através de matriz de Leslie. Para estimativas de mortalidade natural independente da idade as taxas de sobrevivência variaram entre 0,442 e 0,673 com projeções da taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) variando de 0,860 a 1,310. O cenário de mortalidade natural médio gerou uma sobrevivência de 0,576 e  $\lambda=1,12$  indicando crescimento populacional anual de 12%. A partir de cenários de impacto antropogênico pode-se observar que a populacional se encontra em equilíbrio em níveis de mortalidade por pesca de até 0,100. Em virtude de não apresentar valor de mercado, sugere-se a obrigatoriedade da devolução ao mar de indivíduos ainda vivos para assegurar a conservação da espécie. A raia *Urotrygon microphthalmum* é considerada como deficiente de dados segundo avaliação sobre o risco de extinção da fauna brasileira, porém, este trabalho de demografia juntamente com os demais parâmetros da história de vida associados ao esforço de pesca atual ao qual está submetida a espécie, sugere-se, de acordo com os resultados obtidos, a realocação da espécie para a categoria próxima de ameaça.

**Palavras-chave:** Batóideos, Urotrygonidae, status populacional, deficiente de dados.

→ Artigo a ser submetido para publicação na revista “Marine & Freshwater Research”.

## INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil vive um cenário de ausência de estatística pesqueira, sendo impossível conhecer a composição específica das capturas e os volumes capturados. Em relação à pesca artesanal o problema é ainda maior devido ao caráter difuso dos desembarques ao longo da costa (Pauly & Charles, 2015) com os registros existentes considerando apenas as espécies comercialmente exploradas. Desta forma, dados de captura, e esforço que possibilitam estimar índices de abundância são atualmente inexistentes, sobretudo para elasmobrânquios devido às capturas como fauna acompanhante ou terem baixa prioridade em políticas de manejo (Bonfil, 1994).

As espécies da família Urotrygonidae, inclusive *Urotrygon microphthalmum*, são capturadas como fauna acompanhante na pesca de arrasto de camarão (Valadez-Gonzalez *et al.*, 2001; Amezcua *et al.*, 2006; Acevedo *et al.*, 2007; Mejía-Falla *et al.*, 2012; Santander-Neto, 2015) considerada como pesca artesanal (Dias-Neto, 2011). Essa pescaria captura um grande número de espécies em diferentes fases do ciclo de vida, devido à baixa seletividade dos petrechos (Broadhurst, 2000). Ao contrário das espécies alvo, geralmente bem estudadas, espécies da fauna acompanhante são também impactadas pela pesca, porém os parâmetros populacionais necessários para o manejo adequado dificilmente são conhecidos.

Uma das razões para o crescente interesse nas abordagens focadas na história de vida visando o manejo de elasmobrânquios é a ausência de dados para avaliações de estoques convencionais (Bonfil, 1994; Walker, 1998; FAO, 2000; Stevens *et al.*, 2000). Outro fator, é que análises demográficas incorporam informações sobre a história de vida, tendem a produzir estimativas mais conservativas e realistas da taxa intrínseca de crescimento populacional do que os modelos de produção geral (Cortés, 1998). Além disso, a resposta de elasmobrânquios à mortalidade elevada, bem como o risco de atingir o status de ameaça ou

risco de extinção, é muito dependente da história de vida da população, que pode variar, principalmente quanto aos aspectos reprodutivos (Dulvy & Forrest, 2009).

A raia *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 ocorre em águas rasas e costeiras do oceano Atlântico Oeste Tropical até 50 m de profundidade e apresenta pequeno porte atingindo 30 cm de comprimento total (McEachran & Carvalho, 2000). É registrada na Venezuela, Suriname, Guiana Francesa e no Brasil nos estados do Amapá, Pará, Maranhão, Ceará, Paraíba e Pernambuco (Rosa, 2004; Santander-Neto & Lessa, 2013) e alimenta-se basicamente de crustáceos decápodes, misidáceos e pequenos teleósteos (Santander-Neto, 2015). *Urotrygon microphthalmum* é uma espécie de crescimento rápido, maturação sexual precoce, fecundidade baixa e ciclo de vida curto, características que podem indicar que esta espécie seja mais resiliente a exploração pesqueira do que outros elasmobrânquios (Santander-Neto, 2015).

A raia *U. microphthalmum* não tem importância comercial mas é pescada de forma incidental nos de arrastos de camarão (Rosa, 2004), modalidade que tem elevada taxa de captura de fauna acompanhante (Gillett, 2008). Esta espécie encontra-se classificada como deficiente de dados (DD) na avaliação sobre o risco de extinção da fauna brasileira (Subirá *et al.*, 2012), necessitando de informações mais detalhadas sobre seu status populacional. Levando isto em consideração, o presente trabalho tem como objetivo realizar a análise demográfica de *Urotrygon microphthalmum* utilizando modelos determinísticos através de matriz de Leslie e tabela de vida a partir dos parâmetros da história de vida.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizados os parâmetros reprodutivos e de crescimento para *Urotrygon microphthalmum* visando inferir sobre a história de vida através da análise demográfica (Tabela 1). Os espécimes de *Urotrygon microphthalmum* que geraram esses parâmetros foram

capturados entre março de 2010 a março de 2012 como fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarões branco (*Litopenaeus schmitti*), sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e rosa (*Farfantepenaeus subtilis* e *F. brasiliensis*) no estado de Pernambuco, Brasil (08°11'43"S/ 034°54'13"W; 08°38'44"S/ 035°01'24"W). A costa de Pernambuco se caracteriza por uma estreita plataforma continental, relativamente plana, composta por fundo lamoso, areia quartzosas e algas calcárias (ver Kempf, 1970). O aparelho de pesca utilizado foi o arrasto duplo de fundo com tangones, destinado à captura de camarão. Cada rede tem 10 m de comprimento, aproximadamente 6 m na boca e é formada por malhas de 20 mm no corpo da rede e 15 mm no saco. As operações de pesca eram realizadas a uma velocidade média de dois nós e cada arrasto teve duração média de 4 horas.

Tabela 1- Parâmetros biológicos e ambientais utilizados para a modelagem demográfica de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil.

Parâmetro	Valor	Referência
Constante de crescimento ( $k$ )	0,3457 ano <sup>-1</sup>	Santander-Neto, 2015*
Comprimento assintótico ( $L_{\infty}$ )	286,01 mm	Santander-Neto, 2015*
Idade de maturidade ( $T_m$ )	2,02 anos	Santander-Neto, 2015*
Idade máxima observada ( $T_{max}$ )	8,5 (9)	Santander-Neto, 2015*
Fecundidade	1,85 (dp = 0.45)	Santander-Neto, 2015**
Proporção de embriões fêmeas	0.5	Santander-Neto, 2015**
Ciclo reprodutivo	Bianual	Santander-Neto, 2015**
Fertilidade ( $m_x$ ) ***	1,85 (dp = 0.45)	
Temperatura média da água ( $Temp$ )	27°C	www.inmet.com.br

\*Capítulo 3; \*\*Capítulo 2; \*\*\* número de embriões fêmeas por ano, por fêmea adulta.

Para a estimativa de mortalidade natural (M) foram utilizados métodos dependentes e independentes da idade (Tab.2), baseados nos parâmetros descritos na Tabela 1. A taxa de mortalidade para as classes etárias iniciais ( $Z_0$ ) foi considerada equivalente à mortalidade natural (Krebs, 1989) que no presente trabalho corresponde a média dos valores de mortalidade entre os métodos independente da idade.

Tabela 2- Métodos de estimativa de mortalidade natural (M) utilizados para a raia *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil.

Método	Equação
<b>Independente da idade</b>	
Pauly (1980)	$\ln M = -0.0152 - [0.279 \ln(L_\infty)] + [0.06543 \ln(k)] + [0.463 \ln(Temp)]$
Rikhter & Efanov (1976)	$M = \frac{1.521}{T_m^{0.72}} - 0.155$
Hewitt & Hoenig (2005)	$M = \frac{4.22}{T_{max}}$
Hoenig (1983) teleósteos	$\ln M = 1.46 - 1.01 T_{max}$
Hoenig (1983) cetáceos	$\ln M = 0.941 - 0.873 T_{max}$
Jensen (1996) equação 1	$M = 1.6K$
Jensen (1996) equação 2	$M = 1.5K$
Jensen (1996) equação 3	$M = \frac{1.653}{T_m}$
Mollet & Cailliet (2002)	$M = \frac{-\ln(0.01)}{T_{max}}$
<b>Dependente da idade</b>	
Peterson & Wroblewski (1984)	$M_t = 1.92 W_t^{-0.25}$
Chen & Watanabe (1989)	$M_t = \frac{k}{1 - e^{-k(x-t_0)}}, t < t_{mat}$ $M_t = \left( \frac{1}{t_{max} - t} \right) \left( \ln \frac{e^{k(t_{max})} - e^{-kt_0}}{e^{-kt} - e^{-kt_0}} \right), t \geq t_{mat}$

Um valor de mortalidade média ( $M_m$ ) foi calculado entre os diversos métodos independentes da idade.

Os valores de sobrevivência (S) para cada taxa de mortalidade obtida foram estimados pela fórmula descrita por Ricker (1980):

$$S = e^{-Z}$$

A ferramenta PopTools (Hood, 2010) no programa Excel foi utilizada para a construção da matriz determinística baseada na idade. O censo *pre-breeding* foi utilizado (primeiro reprodução, depois sobrevivência), permitindo calcular as matrizes de elasticidade e realizar as análises de projeção. A matriz baseada na idade ( $A$ ) é a matriz de projeção populacional de Leslie:

$$A = \begin{bmatrix} f_0 & f_1 & f_2 & \dots & f_x \\ s_0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & s_{x-1} & 0 \end{bmatrix}$$

Onde  $f_x = s_x \times m_x$ ;  $f_x$  representa a taxa de fertilidade por indivíduo numa idade específica;  $s_x$  é a sobrevivência anual no final da idade  $x$ ; e  $m_x$  é a média do número de embriões fêmeas, por fêmea por ano  $x$ .

Os parâmetros iniciais estimados pela análise demográfica são taxa intrínseca de crescimento populacional ( $r$ , ano<sup>-1</sup>) e taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) que são relacionados como segue:

$$\lambda = e^r$$

Os seguintes parâmetros foram também estimados através da tabela de vida:  $R_0$ , taxa reprodutiva líquida que é o número de fêmeas produzida por indivíduo numa única coorte;  $T$  (anos), tempo geracional que é o tempo média entre o nascimento dos pais e o nascimento de sua prole; e  $t_{x2}$  (anos), taxa de duplicação populacional que é o tempo necessário para dobrar o tamanho populacional, como segue, de acordo com Simpfendorfer (2005).

$$R_0 = \sum_{x=a}^w l_x m_x$$

$$T = \frac{\sum_{x=a}^w l_x m_x x}{R_0}$$

$$t_{x2} = \frac{\ln(2)}{r}$$

Onde,  $x$  = idade em anos;  $l_x$  = proporção de fêmeas sobreviventes;  $m_x$  = número de embriões fêmeas por fêmea adulta.

Para as estimativas de elasticidade de  $\lambda$  (mudança proporcional de  $\lambda$  para mudanças proporcionais na matriz  $A$ , denominada  $a_{ij}$ ), os valores de cada idade e fertilidade são aditivos. Assim, a soma desses valores de elasticidade define a contribuição proporcional de  $a_{ij}$  para qualquer valor populacional de  $\lambda$ . Como elasticidades são proporções, a soma delas é igual a um. A elasticidade é calculada como segue:

$$e_{ij} = \frac{a_{ij} v_i w_i}{\lambda \langle w, v \rangle}$$

Onde,  $e_{ij}$  = elasticidade;  $a_{ij}$  = elementos da matriz de transição;  $\lambda$  = taxa de crescimento populacional finito;  $v$  e  $w$  = elementos esquerdo (valor reprodutivo por idade específica) e direito (estrutura etária) do autovetor.

Cada estimativa de mortalidade natural foi considerada como um cenário para avaliar a variação destes valores entre os métodos. Destes, um cenário de mortalidade natural médio ( $M_m$ ) foi estimado como sendo a média da mortalidade natural dos métodos independentes da idade.

Foram construídos os cenários de mortalidade total ( $Z$ ), utilizando-se o valor de mortalidade natural médio adicionado de taxas instantâneas de mortalidade (0,050 – 0,200) devido a processos antropogênicos (como pesca e degradação de habitat, por exemplo) para avaliar a influência da adição de efeitos antropogênicos na mortalidade natural. Foram ainda construídos cenários alterando a fecundidade para avaliar a influência da fertilidade na demografia a partir de valores de mortalidade do cenário de impacto antropogênico em que a população se apresentar em equilíbrio.

## RESULTADOS

As estimativas de mortalidade natural e sobrevivência variaram entre os métodos utilizados (Tab. 3). Para estimativas independentes da idade as taxas anuais de sobrevivência variaram entre 0,442 e 0,673. Entre as estimativas dependentes da idade, o método de Peterson & Wroblewski (1984) gerou taxas de sobrevivência que variaram entre 0,415 e 0,561 e o método de Chen & Watanabe (1989) taxas entre 0,542 e 0,906.

Projeções do modelo determinístico para  $\lambda$  variaram de 0,860 a 1,310 entre os cenários de mortalidade natural selecionados. Nos cenários de mortalidade B, H e K a população diminui de acordo com a taxa intrínseca de crescimento populacional ( $r$ ) à taxas de 9,6%, 15,1% e 4,6% anualmente, respectivamente (Tab. 3). O restante dos cenários apresenta um crescimento anual que varia entre 11,2% para os cenários F e J e 27% para o cenário E. Entre os cenários de crescimento populacional, a taxa de duplicação populacional também variou bastante com valores aproximados de 2,6 anos para o cenário E e 6,2 anos para os cenários F e J (Tab. 3).

Tabela 3. Estimativas de mortalidade (M), sobrevivência (S) e parâmetros obtidos através da análise demográfica e tabela de vida de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil. Ver texto para definição dos parâmetros demográficos e unidades.

Cenário	Método	M	S	$\lambda$	$r$	$R_0$	$T$	$t_{x2}$
A	Pauly (1980)	0.467	0.627	1.220	0.199	1.903	3.234	3.483
B	Rikhter & Efanov (1976)	0.761	0.467	0.909	-0.096	0.755	2.935	-7.248
C	Hewitt & Hoenig (2005)	0.496	0.609	1.185	0.170	1.722	3.198	4.081
D	Hoenig (1983) teleósteos	0.496	0.609	1.185	0.170	1.722	3.198	4.081
E	Hoenig (1983) cetáceos	0.396	0.673	1.310	0.270	2.455	3.328	2.569
F	Jensen (1996) equação 1	0.553	0.575	1.119	0.112	1.422	3.132	6.166
G	Jensen (1996) equação 2	0.519	0.595	1.158	0.147	1.592	3.171	4.728
H	Jensen (1996) equação 3	0.817	0.442	0.860	-0.151	0.647	2.893	-4.601
I	Mollet and Cailliet (2002)	0.542	0.582	1.133	0.125	1.479	3.146	5.567
J	$M_m$	0.560	0.576	1.119	0.112	1.422	3.132	6.166
K	Peterson & Wroblewski (1984)	0.578- 0.881	0.415- 0.561	0.955	-0.046	0.868	3.050	-14.985
L	Chen & Watanabe (1989)	0.098- 0.612	0.542- 0.906	1.293	0.257	2.971	4.239	2.698

Para a espécie, as fêmeas que sobrevivem e crescem até aproximadamente 2 anos, idade quando começam a se reproduzir, e iniciam a contribuir para o recrutamento da espécie (Fig. 1). Os dois primeiros anos de vida de *Urotrygon microphthalmum* respondem por aproximadamente 74% da distribuição de idades e a proporção do valor reprodutivo pouco varia entre as idades com exceção para as idades inicial e finais (Idades 1, 8 e 9) (Fig. 2). A elasticidade da fertilidade apresenta a variação máxima de 0 a 0,162 entre as idades 1 e 2, decrescendo gradualmente até a idade máxima. A elasticidade de jovens corresponde a 49,6% e a de adultos 50,4% (Fig.2).

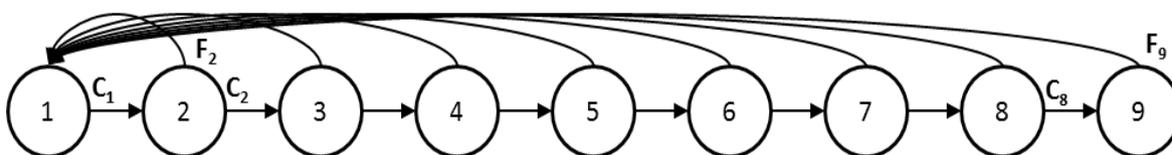


Figura 1. Ciclo de vida baseado na idade de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil.  $C_i$  são os indivíduos no estágio  $i$  que sobrevivem, com probabilidade de crescimento para se tornar 1 ano mais velhos e gerar, a partir de uma fertilidade  $F_j$ , novos indivíduos na primeira classe de idade.

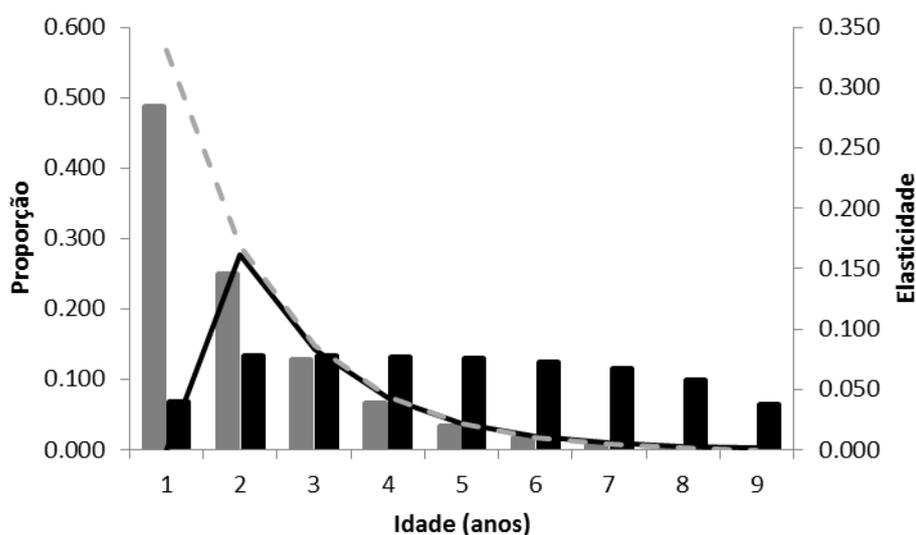


Figura 2. Proporção da distribuição de idade estável (barra cinza), valores reprodutivos (barra preta), e elasticidade da fertilidade (linha preta) e sobrevivência (linha cinza tracejada) para o cenário J por idade de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil.

Os cenários de impacto antropogênico selecionados (Tab. 4) geraram valores de sobrevivência que variaram de 0,468 a 0,543. Apenas para o cenário M de mortalidade adicional igual a 0,050 a população ainda apresentou crescimento populacional (5,5%), porém a taxa de duplicação populacional entre este e o cenário com apenas a mortalidade natural (J), foi duas vezes maior. Para o cenário com mortalidade adicional de 0,100 (N) a população aparenta estar no equilíbrio com uma taxa de crescimento anual muito baixa (0,6%) e uma taxa de duplicação da população em 114 anos. Para os cenários O e P, com mortalidades adicionais de 0,150 e 0,200, respectivamente, a população apresentou decréscimo populacional. A taxa anual de diminuição populacional foi de 4,3% (cenário O) e 9,3% (cenário P).

Tabela 4. Resultado dos cenários impacto antropogênico a partir da mortalidade natural média ( $M_m$ ) de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil. Ver texto para definição dos parâmetros demográficos e unidades.

Cenário	Método	M	S	$\lambda$	$r$	$R_0$	$T$	$t_{x2}$
J	$M_m$	0.560	0.576	1.119	0.112	1.422	3.132	6.166
M	$M_m + 0,050$	0.610	0.543	1.057	0.055	1.185	3.071	12.569
N	$M_m + 0,100$	0.660	0.517	1.006	0.006	1.019	3.024	114.014
O	$M_m + 0,150$	0.710	0.492	0.957	-0.043	0.879	2.979	-15.940
P	$M_m + 0,200$	0.760	0.468	0.911	-0.093	0.760	2.937	-7.414

Os resultados das elasticidades entre os cenários dos modelos determinísticos foram semelhantes (Fig. 3). As elasticidades da fertilidade e de jovens e adultos tiveram o mesmo peso de aproximadamente 33%, para cada uma, com exceção para os cenários K e L. Para o cenário K os valores da elasticidade da fertilidade e de jovens foi de aproximadamente 32% ao passo que a elasticidade de adultos foi um pouco maior (~36%). Para o cenário L a elasticidade da fertilidade e de jovens foi ainda menor (~27%) e a elasticidade de adultos foi de 46%, a maior diferença entre os cenários.

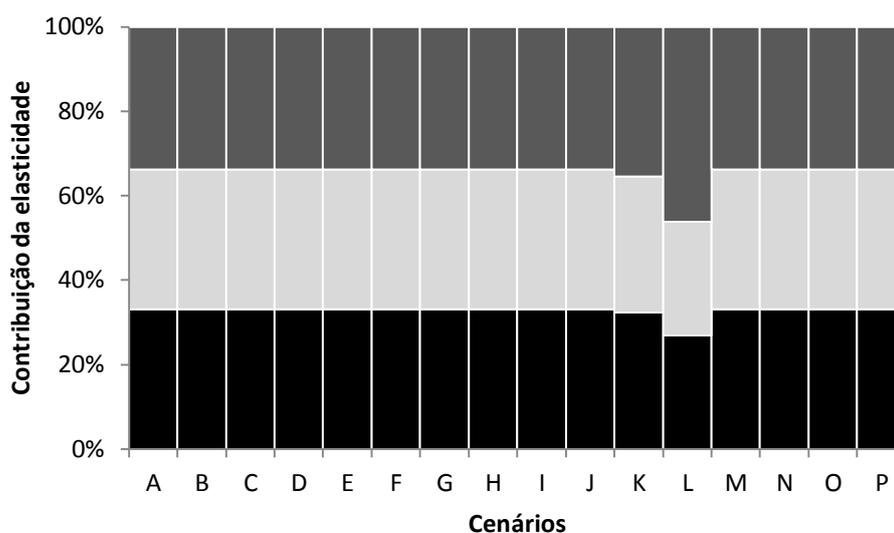


Figura 3. Resultados da elasticidade para cada cenário de mortalidade de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil. Barras pretas, elasticidade da fertilidade; barras cinza claro, elasticidade de juvenis; e barras cinza escuro, elasticidade de adultos.

Na variação da fertilidade a partir do cenário N, onde a população se apresenta em equilíbrio, o valor da taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) foi menor do que 1 para valores de fertilidade igual a um embrião fêmea por fêmea adulta por ano, indicando decréscimo populacional da ordem de 18,5% (Tab. 5). Acima deste valor de fertilidade a população apresenta crescimentos populacionais anuais da ordem de 3,2%, 17,4% e 28,1% ( $m_x = 2, 3$  e 4, respectivamente) e a taxa de duplicação populacional igual a 5,6 e 3 anos, respectivamente. Nos cenários com fertilidade acima de um embrião fêmea, por fêmea grávida por ano, a  $R_0$  indica que a coorte substituiu a si mesma e aumentou em taxas de 10%, 65% e 120%, respectivamente. A elasticidade da fertilidade e de juvenis foi igual e o aumento destas, decorrente do aumento da fertilidade, foi inversamente proporcional à elasticidade de adultos, com valores diminuindo com o aumento da fertilidade.

Tabela 5. Efeitos da variação da fertilidade ( $m_x$ ), a partir do cenário N\*, nos resultados da análise demográfica e elasticidade de *Urotrygon microphthalmum* no nordeste do Brasil. Ver texto para definição dos parâmetros demográficos e unidades.

Fertilidade	Parâmetros da demografia					Elasticidade		
	$\lambda$	$r$	$R_0$	$T$	$t_{x2}$	Fertilidade	Juvenil	Adulto
1	0.831	-0.185	0.551	3.231	-3.752	0.289	0.289	0.422
2	1.033	0.032	1.101	3.000	21.582	0.337	0.337	0.327
3	1.190	0.174	1.652	2.885	3.985	0.363	0.363	0.275
4	1.324	0.281	2.202	2.813	2.469	0.379	0.379	0.241

\* Cenário de população em equilíbrio

## DISCUSSÃO

Ainda não existe uma maneira acurada para avaliar a mortalidade natural de uma determinada espécie, por isso se utilizou diversos modelos visando simular o efeito dos diferentes valores de mortalidade na demografia de *U. microphthalmum*. Um valor médio de mortalidade natural (independente da idade) foi utilizado no intuito de reduzir erros gerados pela escolha de um único método que poderia não se ajustar aos níveis de mortalidade que a espécie está submetida e assim produzir análises demográficas inadequadas.

Os valores de mortalidade natural de *Urotrygon microphthalmum* foram altos, gerando baixas sobrevivências se comparado à maioria dos elasmobrânquios (Cortés, 2002; Mollet & Cailliet, 2002; Smith *et al.*, 2008; Pierce & Bennett, 2010). Os valores de mortalidade de *U. microphthalmum* se assemelharam a *Rhizoprionodon taylori*, *R. terranova*, *Carcharhinus sorrah* e *Sphyrna tiburo* (Cortés, 2002), que são tubarões costeiros de pequeno porte e baixa longevidade.

Análise demográfica em batóideos são escassas, porém os realizados para os Myliobatiformes *Dasyatis fluviorum*, *D. dipterura* e *Pteroplatytrygon violacea* (Mollet & Cailliet, 2002; Smith *et al.*, 2008; Pierce & Bennett, 2010) apresentaram valores de sobrevivência elevados por serem espécies mais longevas. Os valores de mortalidade para as espécies *Urolophus lobatus* e *U. paucimaculatus* (Frisk *et al.*, 2005), mais próximas filogeneticamente de *U. microphthalmum* (Lovejoy, 1996), foram inferiores devido ao

crescimento mais lento, atingindo idades maiores e maturando mais tardiamente (Edwards, 1980; White *et al.*, 2001).

Dentre os métodos de mortalidade natural utilizados, o cenário E foi o que apresentou a menor mortalidade gerando conseqüentemente a maior taxa intrínseca de crescimento populacional ( $r$ ). Porém, este método é baseado em cetáceos (Hoenig, 1983) com idades máximas esperadas muito superiores às observadas para *U. microphthalmum*. O cenário H apresentou a maior mortalidade e menor  $r$  e, segundo Dulvy & Forrest (2009), este método segue a regra da vida que, quanto menor o seu tempo de vida, mais cedo você deve produzir. Neste caso, em função da espécie maturar muito cedo, o método utilizado gerou uma mortalidade que indicou um decréscimo populacional da ordem de 15%, o que não condiz com crescimento rápido e maturação sexual precoce.

O cenário J, correspondente à mortalidade natural média apresentou crescimento populacional da ordem de 11,2% por ano, tempo de geração de 3,1 anos e taxa de duplicação populacional de 6,2 anos. Estes valores indicam que, na ausência de impactos antropogênicos a população duplicaria em cerca de 6 anos, um tempo muito menor que a maioria dos elasmobrânquios (Cortés, 2002; Mollet & Cailliet, 2002; Smith *et al.*, 2008; Pierce & Bennett, 2010; Barnett *et al.*, 2013) devido ao seu rápido crescimento e maturação sexual precoce.

Embora modelos de análise demográfica utilizem valores de mortalidade total ( $Z$ ), que é resultado da soma entre mortalidade natural ( $M$ ) e mortalidade por pesca ( $F$ ), nem sempre é possível estimar  $Z$ . Os dados coletados de *U. microphthalmum* apresentam um viés que impede o cálculo de  $Z$  através da curva de captura (Simpfendorfer *et al.*, 2005) e da mesma forma que a estimativa através do modelo de Beverton e Holt (Sparre & Venema, 1997), não apresentaram valores de  $Z$  superiores a  $M$ , impedindo a estimativa de  $F$ .

Modelos demográficos que não incluem um componente de pesca na mortalidade e geram estimativas de  $r$  que representam apenas a taxa de crescimento da população não

representam a situação real da população pois ignoram a probabilidade de aumento ou decréscimo das taxas de crescimento populacional sob níveis de mortalidade por pesca aos quais está submetida a população (Cortés, 1998; Gedamke *et al.*, 2007). A utilização de cenários com a introdução de mortalidade devido a impactos antropogênicos foi utilizada para tentar suprir a necessidade de se avaliar a resposta da população sobre determinados níveis de mortalidade por pesca. Através desta análise pode-se observar que a adição de 0,100 de mortalidade gerou um cenário de equilíbrio. Isto indica que quaisquer níveis de mortalidade aditivos superiores a este geram decréscimo populacional de *Urotrygon microphthalmum*.

Assim como sugerido para *D. fluviorum* (Pierce & Bennett, 2010), em função de habitats relativamente acessíveis de *U. microphthalmum* é recomendado um esforço na tentativa de estimar a mortalidade através de outros métodos como marcação-recaptura (Simpfendorfer *et al.*, 2005), ou mesmo através de curva de captura caso seja possível um acompanhamento mais detalhado destas pescarias.

A elasticidade da fertilidade em *U. microphthalmum* é provavelmente uma das maiores dentre os elasmobrânquios (Cortés, 2002; Mollet & Cailliet, 2002; Smith *et al.*, 2008; Pierce & Bennett, 2010; Barnett *et al.*, 2013) indicando que este componente desempenha um importante papel na dinâmica demográfica da espécie, o que pode ser preocupante visto que a fecundidade nesta espécie é baixa (1,85 embriões; Santander-Neto, 2015). A elasticidade da fertilidade dentre os batóideos *Bathyraja lindbergi*, *B. maculata*, *B. minispinosa*, *B. taranetzi*, *B. trachura*, *Dasyatis fluviorum* e *D. dipterura* (Smith *et al.*, 2008; Pierce & Bennett, 2010; Barnett *et al.*, 2013) foi muito inferior ( $\leq 10\%$ ) ao encontrado no presente trabalho. *Pteroplatytrygon violacea* apresentou valores mais próximos (24,4%; Mollet & Cailliet, 2002) porém ainda inferiores aos encontrados para *U. microphthalmum*.

A elasticidade dos jovens foi muito próxima ao encontrado para adultos, porém esta elasticidade é referente apenas a idade inicial (1 ano), uma vez que ao atingir 2 anos a espécie

já se torna adulta. Talvez por essa razão a estratégia da espécie seja investir no tamanho de nascimento (Santander-Neto, 2015) aumentando as chances de sobreviver ao primeiro ano de vida. A elasticidade da sobrevivência de adultos também foi um pouco superior a de jovens em *Pteroplatytrygon violacea* (Mollet & Cailliet, 2002). A raias *Dasyatis fluviorum*, *Bathyraja lindbergi*, *B. maculata*, *B. minispinosa*, *B. taranetzi* e *B. trachura*, ao contrário de *U. microphthalmum*, apresentaram uma elevada contribuição da sobrevivência de jovens ( $\geq 70\%$ ) na elasticidade (Pierce & Bennett, 2010; Barnett *et al.*, 2013) indicando serem espécies de vida longa (Cortés, 2002).

Simulações de mecanismos de denso-dependência têm mostrado que é improvável que o aumento da fecundidade seja suficiente para compensar o aumento da mortalidade por pesca em algumas populações de tubarões e, nestes casos, os efeitos compensatórios que mais influenciam as populações é a taxa de sobrevivência de jovens (Wood *et al.*, 1979; Brander, 1981; Hoenig and Gruber 1990; Bonfil, 1996; Gedamke *et al.* 2007). Para *U. microphthalmum*, diferente do observado para a maioria dos elasmobrânquios, a variação da fertilidade até o limite máximo da fecundidade observada para a espécie (4 embriões, Santander-Neto, 2015) seria suficiente para compensar o aumento da mortalidade por pesca, reforçando a importância da fertilidade para a espécie e seguindo o observado por Dulvy & Forrest (2009) que em espécies com ciclos reprodutivos e de vida curtos, a fecundidade deve ser maior para compensar a mortalidade.

Considerando que a raia *U. microphthalmum* não tem importância econômica, o cenário ideal para a espécie seria numa situação em que a mesma não sofresse influência de mortalidade por pesca.

A raia *U. microphthalmum* é capturada como fauna acompanhante da pesca de camarões modalidade regida pela portaria nº 35 de 24 de junho de 2003 do IBAMA, que proíbe o arrasto a menos de uma milha da costa. Entretanto, o cumprimento eficaz dessa portaria é prejudicado

devido a fiscalização deficiente (Silva, 2014). A ausência de acompanhamento deste tipo de pescaria e principalmente, da fauna acompanhante levou a falta de registro de *U. microphthalmum* no estado de Pernambuco até recentemente (Santander-Neto *et al.*, 2009; Santander-Neto & Lessa, 2013). Assim, é possível que a população desta espécie já esteja reduzida a valores de biomassa muito inferiores aos da população virgem em virtude da captura não reportada ou até que tenha alterado seus parâmetros populacionais devido a fatores de denso-dependência.

Embora muitos elasmobrânquios apresentem crescimento lento e vida longa conferindo a eles um baixo potencial de recuperação (Holden, 1974; Stevens *et al.*, 2000; Dulvy *et al.*, 2008), algumas espécies apresentam características biológicas que conferem uma maior habilidade de se recuperar de declínios populacionais (Simpfendorfer, 1993; Mejía-Falla *et al.*, 2014; Santander-Neto, 2015). Níveis de impactos antropogênicos superiores a 0,100 podem causar declínio populacional em *U. microphthalmum*. Contudo, a taxa de duplicação populacional rápida em diversos cenários avaliados indicam que a espécie pode contornar possíveis decréscimos populacionais com medidas de manejo como proibição de pesca de arrasto por períodos curtos (~5 anos) para o reestabelecimento da população. Essa medida auxiliaria o reestabelecimento de diversos outros níveis basais da cadeia alimentar dos ambientes marinhos costeiros. Adicionalmente, o manejo de pescarias multi-espécies deve ser baseado em espécies mais sensíveis, exigindo assim redução de esforço de pesca, redução da mortalidade da fauna acompanhante e proteção de habitats essenciais para iniciar a recuperação dessas espécies (Myers & Worm, 2005).

Em contraponto a uma maior capacidade de recuperação de *U. microphthalmum*, a ocorrência desta espécie é relacionada muito fortemente à regiões de lama restritas, onde o esforço de pesca da frota camaroneira acontece de forma intensiva, com diversas embarcações arrastando diariamente e repetidamente nas mesmas regiões. Em virtude da pequena região de

ocorrência e do esforço empregado na mesma, é provável que a mortalidade por pesca dirigida a esta população seja bastante superior aos níveis de mortalidade adicionais em que a população se manteria em equilíbrio populacional.

A espécie *U. microphthalmum* é considerada como deficiente de dados segundo avaliação sobre o risco de extinção da fauna brasileira (Subirá *et al.*, 2012), porém o presente trabalho juntamente com os resultados de reprodução, idade, crescimento e alimentação (Santander-Neto, 2015) preenchem a lacuna de conhecimento sobre a espécie e de acordo com os resultados obtidos e considerando o esforço de pesca ao qual está submetida a espécie, sugere-se a realocação desta espécie para a categoria próxima de ameaça.

*Urotrygon microphthalmum* é afetada diretamente pela captura incidental em pescarias costeiras e indiretamente por impactos na zona costeira, incluindo desenvolvimento urbano, poluição e dragagens (Rosa, 2004). Apesar da sugestão de modificação de status populacional devem-se observar as seguintes ações para a espécie: proteção de habitat e controle da poluição em estuários e áreas costeiras; regulação das pescarias de arrasto de praia e arrasto de fundo; controle da fauna acompanhante através da devolução de indivíduos vivos (Rosa, 2004) e; determinação de níveis de exploração pela pesca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, K., Bohórquez-Herrera, J., Moreno, F., Moreno, C., Molina, E., Grijalba-Bendeck, M. & Gómez-Canchong, P. (2007). Tiburones y rayas (subclase Elasmobranchii) descartados por la flota de arrastre camaronero en el Caribe de Colombia. *Acta Biologica Colombiana*, **12**(2): 7-81.

Amezcu, F., Madrid-Vera, J. & Aguirre-Villaseñor, H. (2006). Efecto de la pesca artesanal de camarón sobre la ictiofauna en el sistema lagunar de Santa María la Reforma, suroeste del Golfo de California. *Ciencias Marinas* **32**,97 – 109

Barnett, L.A.K., Winton, M.V., Ainsley, S.M., Cailliet, G.M. & Ebert, D.A. (2013). Comparative demography of skates: Life-history correlates of productivity and implications for management. *PlosOne* 8(5): e65000

Bonfil, R. (1994). Overview of world elasmobranch fisheries. Fisheries Technical Report 341. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.

Bonfil, R. (1996). Elasmobranch fisheries: status, assessment and management. PhD thesis, University of British Columbia, Vancouver.

Brander, K. (1981). Disappearance of common skate *Raia batis* from Irish Sea. *Nature* 290:48-49.

Brasil (2011). Boletim estatístico da pesca e Aquicultura. Ministério da Pesca e Aquicultura. 60p.

Broadhurst, M. K. (2000). Modifications to reduce by-catch in prawn trawls: a review and framework for development. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10, 27–60.

Chen, S. & Watanabe, S. (1989). Age dependence of natural mortality coefficient in fish populations dynamics. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55: 205–208.

Cortés, E. (1998). Demographic analysis as an aid in shark stock assessment and management. *Fish Res* 39:199–208.

Cortés, E. (2002). Incorporating uncertainty into demographic modeling: application to shark populations and their conservation. *Conserv Biol* 18:1048–1062.

Dias-Neto, J. (2011). Proposta de plano nacional de gestão para o uso sustentável de camarões marinhos no Brasil. Brasília. 242p.

Dulvy, N.K., Baum, J.K., Clarke, S., Compagno, L.J.V., Cortés, E., Domingo, A., Fordham, S., Fowler, S., Francis, M.P., Gibson, C., Martínez, J., Musick, J.A., Soldo, A., Stevens, J.D. & Valenti, S. (2008). You can swim but you can't hide: the global status and conservation of oceanic pelagic sharks. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18:459–482. doi: 10.1002/aqc.975.

Dulvy, N.K. & Forrest, R.E. (2009). Life histories, population dynamics, and extinction risks in chondrichthyans. In 'Sharks and Their Relatives II: Biodiversity, Adaptive Physiology, and Conservation'. (Eds J. C. Carrier, J. A. Musick and M. R. Heithaus.) pp. 635–676. (CRC Press: Boca Raton, FL.)

Edwards, R.R.C. (1980). Aspects of the population dynamics and ecology of the white spotted stingaree, *Urolophus paucimaculatus* Dixon, in Port Phillip Bay, Victoria. *Aust J Mar Fresh Res* 31: 459–467.

FAO (2000). Fisheries management. 1. Conservation and management of sharks. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, 4, suppl. 1.

Frisk, M.G., Miller, T.J., & Dulvy, N.K. (2005). Life histories and vulnerability to exploitation of elasmobranchs: inferences from elasticity, perturbation and phylogenetic analyses. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 35, 27–45.

Gedamke, T., Hoenig, J.M., Musick, J.A., DuPaul, W.D. & Gruber, S.H. (2007). Using demographic models to determine intrinsic rate of increase and sustainable fishing for elasmobranchs: pitfalls, advances, and applications. *North Am J Fish Manage* 27:605–618.

Gillett, R. (2008). Global study of shrimp fisheries. *FAO Fisheries Technical paper* 475. 359 p.

Hewitt, D.A. & Hoenig, J.M. (2005). Comparison of two approaches for estimating natural mortality based on longevity. *Fish. Bull.* 103, 433–437.

Hoenig, J.M. (1983). Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull.*, 82: 898–903.

Hoenig, J.M. & Gruber, S.H. (1990). Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. NOAA NMFS Technical Report 90. National Marine Fisheries Service, Washington, DC, pp 1–16.

Holden, M.J. (1974). In: Harden-Jones, F.R. (Ed.), *Problems in the Rational Exploitation of Elasmobranch Populations and Some Suggest Solutions*. Sea Fisheries Research, Elek Science, London, pp. 117–138.

Hood, G.M. (2010). PopTools Version 3.2.5, Available on the internet: <http://www.poptools.org>

Jensen, A.L. (1996). Beverton and holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 820–822.

Kempf, M. (1970). A plataforma continental de Pernambuco (Brasil): Nota preliminar sobre a natureza do fundo . *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* (67/69): 95-110.

Krebs, C.J. (1989). *Ecological Methodology*. Harper and Row Publ., New York. v + 654 pp.

- Lovejoy, N. (1996). Systematics of myliobatoid elasmobranchs: With emphasis on the phylogeny and historical biogeography of neotropical freshwater stingrays (Potamotrygonidae: Rajiformes). *Zool. J. Linn. Soc.* 117, 207–257.
- McEachran, J.D. & Carvalho, M.R. (2000). Urotrygonidae. In Carpenter K.E. (ed.) *The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome: FAO, pp. 572–574.
- Mejía-Falla, P.A., Navia, A.F. & Cortés, E. (2012). Reproductive variables of *Urotrygon rogersi* (Batoidea: Urotrygonidae): a species with a triannual reproductive cycle in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*. **80**: 1246- 1266.
- Mejía-Falla, P.A., Cortés, E., Navia, A.F. & Zapata, F.A. (2014). Age and Growth of the Round Stingray *Urotrygon rogersi*, a Particularly Fast-Growing and Short-Lived Elasmobranch. *PLoS ONE* 9(4): e96077. doi:10.1371/journal.pone.0096077
- Mollet, H.F. & Cailliet, G.M. (2002). Comparative population demography of elasmobranchs using life history tables, Leslie matrices and stage-based matrix models. *Marine and Freshwater Research* 53, 503-516, doi:10.1071/MF010883.
- Myers, R.A. & Worm, B. (2005). Extinction, survival and recovery of large predatory fishes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Biological Sciences* 360: 13–20.
- Pauly, D. (1980). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 39: 175–192.
- Pauly, D. & Charles, A. (2015). Counting on small-scale fisheries. *Science*. Vol. 347 Issue 6219. P. 242-243.
- Peterson, I. & Wroblewski, J.S. (1984). Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41: 1117–1120.
- Pierce, S.J. & Bennett, M.B. (2010). Destined to decline? Intrinsic susceptibility of the threatened estuary stingray to anthropogenic impacts. *Marine & Freshwater Research* 61: 1468-148.
- Ricker, W.E. (1980). Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. *Bull. Fish. Res. Board Can.* No. 191F.

Rikhter, V.A. & Efanov, V.N. (1976). On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish population. ICNAF Res. Doc. 76/VI/8:12pp. In: Jones, 1984. FAO Fish. Tech. Pop, (256): 118pp.

Santander-Neto, J., Nunes D.M. & Lessa R. (2009). Ocorrência de *Urotrygon microphthalmum* (Delsman, 1941) no Estado de Pernambuco, Brasil. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca (CD-ROM).

Santander-Neto, J. & Lessa, R. (2013). Hermaphroditic smalleyed roundray (*Urotrygon microphthalmum*) from north-eastern Brazil. *Marine Biodiversity Records*. Vol. **6**; e60; 4p. doi:10.1017/S1755267213000353.

Santander-Neto, J. (2015). Dinâmica populacional da raia *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 no nordeste do Brasil. Tese (Doutorado em Biologia Animal) da Universidade Federal de Pernambuco, 142p.

Silva, E.F.B. (2014). Dinâmica populacional dos camarões *Farfantepenaeus subtilis* e *Litopenaeus schimitti* (DECAPODA, PENAEIDAE) no litoral sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Tese de doutorado. 194p.

Simpfendorfer, C.A. (1993). Age and growth of the Australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori*, from north Queensland, Australia. *Environmental Biology of Fishes* **36**, 233–241. doi:10.1007/BF00001718

Simpfendorfer, C.A. (2005). Demographic models: life tables, matrix models and rebound potential. In ‘Management Techniques for Elasmobranch Fisheries’. (Eds J. A. Musick and R. Bonfil.) pp. 143-153.

Simpfendorfer, C.A., Bonfil, R., & Latour, R.J. (2005). Mortality estimation. In ‘Management Techniques for Elasmobranch Fisheries’. (Eds J. A. Musick and R. Bonfil.) pp. 127-142.

Smith, W.D., Cailliet, G.M. & Cortés, E. (2008). Demography and elasticity of the diamond stingray, *Dasyatis diptera*: parameter uncertainty and resilience to fishing pressure. *Marine and Freshwater Research* **59**, 575–586. doi:10.1071/MF07020

Sparre, P. & Venema, S.C. (1997). Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. Parte 1: Manual. FAO Documento Técnico sobre as Pescas. N° 306/1, Rev. 2. Roma, FAO. 404p.

Stevens, J.D., Bonfil, R., Dulvy, N.K. & Walker, P. A. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science* **57**,476–494. doi:10.1006/JMSC.2000.0724

Subirá, R.J., de Souza, E.C.F., Guidorizzi, C.E., de Almeida, M.P. de Almeida, J.B., Martins, D.S. (2012). Avaliação Científica do Risco de Extinção da Fauna Brasileira - Resultados Alcançados em 2012. Biodiversidade Brasileira, n. 2, v. 2, p. 17-24.

Valadez-González, C., Aguilar-Palomino, B. & Hernández-Vázquez, S. (2001). Hábitos alimentarios de la raya *Urobatis halleri* (Cooper 1863) (Chondrichthyes: Urolophidae) capturada en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*. **27**: 91-104.

Walker, T.I. (1998). Can shark resources be harvested sustainably? A question revisited with a review, of shark fisheries. *Mar Freshw Res* 49:553-572.

White, W.T., Platell, M.E. & Potter, I.C. (2001). Relationship between reproductive biology and age composition and growth in *Urolophus lobatus* (Batoidea:Urolophidae). *Mar Biol* 138: 135-147.

Wood, C.C., Ketchen, K.S. & Beamish, R.J. (1979). Population dynamics of the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia waters. *J Fish Res Board Can* 36:647-656.

#### Referências eletrônicas

Rosa, R.S. (2004). (SSG South America Regional Workshop, June 2003) *Urotrygon microphthalmum*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on **20 January 2015**.

### 3. COMENTÁRIOS CONCLUSIVOS

A raia *Urotrygon microphthalmum*, que de acordo com a avaliação sobre o risco de extinção da fauna brasileira encontra-se como deficiente de dados, é comumente capturada como fauna acompanhante da pesca de arrasto de camarão em Pernambuco, apesar de não apresentar valor comercial. Esta espécie se reproduz duas vezes por ano após uma curta gestação e apresenta crescimento rápido. Apesar destas características, apresenta uma baixa fecundidade e uma alta mortalidade natural o que pode tornar a espécie suscetível a declínios populacionais.

Sugere-se que a portaria nº 35 de 24 de junho de 2003 do IBAMA, que proíbe o arrasto a menos de uma milha da costa seja fiscalizado de forma efetiva e a obrigatoriedade de devolução dos indivíduos vivos ao mar. Esta medida é necessária uma vez que não se sabe os níveis atuais de impacto que esta população vem sofrendo, principalmente por se tratar de uma espécie costeira que se encontra sobre a influência da pesca e impactos na zona costeira como poluição, desenvolvimento urbano e dragagens.

## REFERÊNCIAS

- Acevedo, K., Bohórquez-Herrera, J., Moreno, F., Moreno, C., Molina, E., Grijalba-Bendeck, M. & Gómez-Canchong, P. (2007). Tiburones y rayas (subclase Elasmobranchii) descartados por la flota de arrastre camaronero en el Caribe de Colombia. *Acta Biologica Colombiana*, **12**(2): 7-81.
- Aguiar, A. A. & Valentin, J. L. (2010). Biología e Ecología alimentar de Elasmobrânquios (Chondrichthyes; Elasmobranchii): Uma revisão dos métodos e do estado da arte no Brasil. *Oecologia Australis*, 14 (2): 464-489.
- Almeida, Z., Nunes, J. & Costa, C. (2000). Presencia de *Urotrygon microphthalmum* (Elasmobranchii: Urolophidae) en aguas bajas de Maranhão (Brasil) y notas sobre su biología. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* **29**, 67 – 72.
- Amezcuca, F., Madrid-Vera, J. & Aguirre-Villaseñor, H. (2006). Efecto de la pesca artesanal de camarón sobre la ictiofauna en el sistema lagunar de Santa María la Reforma, suroeste del Golfo de California. *Ciencias Marinas* **32**,97 – 109
- Baum, J. K. & Worm, B. (2009). Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundances. *Journal of Animal Ecology*, 78: 699–714.
- Bizarro, J. J., Robinson, H. J., Rinewalt, C. S. & EBERT, D. A. (2007). Comparative feeding ecology of four sympatric skate species off central California, USA. *Environ. Biol. Fishes*, 80: 197 – 220.
- Boeseman, M. (1963). Notes on new or rare marine fishes from Surinam. *Zoologisvhe Mededelingen* 38(18):295-301.
- Bonfil, R. (1994). Overview of world elasmobranch fisheries. Fisheries Technical Report 341. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome
- Broadhurst, M. K. (2000). Modifications to reduce by-catch in prawn trawls: a review and framework for development. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **10**, 27–60.
- Bornatowski, H. (2010). Ecología trófica e reprodução do cação-frango *Rhizoprionodon lalandii* (Elasmobranchii: Carcharhinidae), capturado no sul do Brasil. 2010. Dissertação de mestrado em Ciências Biológicas – Zoologia. Universidade Federal do Paraná.
- Bornatowski, H., Navia, A. F., Braga, R. R., Abilhoa, V. & Corrêa, M. F. M. (2014). Ecological importance of sharks and rays in a structural foodweb analysis in southern Brazil. – *ICES Journal of Marine Science*, doi.10.1093/icesjms/fsu025.

Camhi, M., Fowler, S. L., Musick, J. A., Bräutigam, A. & Fordham, S. V. (1998). *Sharks and their Relatives – Ecology and Conservation*. IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. iv + 39 pp

Cervigón, F. & Alcalá, A. (1999). *Los peces marinos de Venezuela. Vol. 5. Tiburones y Rayas*. Fundación Museo del Mar.

Compagno, L.J.V., Dando, M. & Fowler, S. (2005). *A Field Guide to the Sharks of the World*. Harper Collins Publishing, Ltd., London.

Cortés, E. (1998). Demographic analysis as an aid in shark stock assessment and management. *Fish Res* 39:199–208.

Cortés, E. (2000). Life history patterns and correlations in sharks. *Reviews in Fisheries Science* 8, 299 – 344.

Cortés, E. (2002). Stock assessment of small coastal sharks in the U.S. Atlantic and Gulf of Mexico. *Sust. Fish. Div. Contrib. SFD-01/02-152*. NOAA Fisheries, Panama City, FL.

Delsman, H. C. (1941). *Urotrygon microphthalmum*. *Mémoires du Musée Royal d'Histoire Naturelles de Belgique (Serie 2)*, 47–82.

Dias-Neto, J. (2011). Proposta de plano nacional de gestão para o uso sustentável de camarões marinhos no Brasil. Brasília. 242p.

Dulvy, N.K. & Forrest, R.E. (2009). Life histories, population dynamics, and extinction risks in chondrichthyans. In ‘Sharks and Their Relatives II: Biodiversity, Adaptive Physiology, and Conservation’. (Eds J. C. Carrier, J. A. Musick and M. R. Heithaus.) pp. 635–676. (CRC Press: Boca Raton, FL.)

Dulvy, N.K., Fowler, S.L., Musick, J.A., Cavanagh, R.D., Kyne, P.M., Harrison, L.R., Carlson, J.K., Davidson, L.N.K., Fordham, S.V., Francis, M.P., Pollock, C.M., Simpfendorfer, C.A., Burgess, G.H., Carpenter, K.E., Compagno, L.J.V., Ebert, D.A., Gibson, C., Heupel, M.R., Livingstone, S.R., Sanciangco, J.C., Stevens, J.D., Valenti, S. & White, W.T. (2014). Extinction risk and conservation of the world’s sharks and rays. *eLife*; 3:e00590. 34p. DOI: 10.7554/eLife.00590

FAO (2000). Fisheries management. 1. Conservation and management of sharks. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, 4, suppl. 1.

- Fonteles-Filho, A. A. (1989). Recursos pesqueiros: biologia e dinâmica populacional. Fortaleza: Imprensa Oficial do Ceará. 296p.
- Friedlander, A., & Demartini, E. E. (2002). Contrasts in density, size, and biomass of reef fishes between the northwestern and the main Hawaiian Islands: the effects of fishing down apex predators. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 230: 253–264
- Frisk, M. G. (2010). Life history strategies of batoids. Pp. 283-316. In: Carrier, J. C.; J. A. Musick & M. R. Heithaus (Eds). *Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology and conservation*. CRC Press, New York, USA.
- Gadig, O.B.F.; Bezerra, M.A.; Feitosa, R.D. & Furtado-Neto, M.A.A. (2000). Ictiofauna marinha do Estado do Ceará, Brasil: I. Elasmobranchii. *Arquivos de Ciências do Mar*, v.33, p. 127-132.
- Gillett, R. (2008). Global study of shrimp fisheries. *FAO Fisheries Technical paper 475*. 359 p.
- Goldman, K.G. (2005). Age and growth of elasmobranch fishes. In ‘Management Techniques for Elasmobranch Fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper Number 474*’. (Eds J. A. Musick and R. Bonfil.) pp. 76–102. (FAO: Rome.)
- Hale, L.F. & Lowe, C.G. (2008). Age and growth of the round stingray *Urobatis halleri* at Seal Beach California. *J Fish Biol* 73: 510–523.
- 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*. (Hamlett, W. C., ed.), pp. 395 – 434. Enfield, NH: Science Publishers.
- Heithaus, M. R., Frid, A., Wirsing, A. J. & Worm, B. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology and Evolution*, 23: 202–210.
- Heithaus, M. R., Frid, A., Vaudo, J. J., Worm, B. & Wirsing, A. J. (2010) Unraveling the ecological importance of Elasmobranchs. In *Sharks and Their Relatives*, Vol.II (Carrier, J. C., Musick, J. A. & Heithaus, M. R., eds), pp. 607 – 634. Boca Raton, FL: CRC Press
- IBAMA (2005). Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do nordeste do Brasil. Brasília, 79p.
- Kempf, M. (1970). A plataforma continental de Pernambuco (Brasil): nota preliminar sobre a natureza do fundo. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* 67/69, 95–110.

- McEachran, J. D. & Carvalho, M. R. (2000). Urotrygonidae. In Carpenter K.E. (ed.) *The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome: FAO, pp. 572–574.
- Mejía-Falla, P.A., Navia, A.F. & Cortés, E. (2012). Reproductive variables of *Urotrygon rogersi* (Batoidea: Urotrygonidae): a species with a triannual reproductive cycle in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*. **80**: 1246- 1266.
- Mejía-Falla, P.A., Cortés, E., Navia, A.F. & Zapata, F.A. (2014). Age and Growth of the Round Stingray *Urotrygon rogersi*, a Particularly Fast-Growing and Short-Lived Elasmobranch. *PLoS ONE* 9(4): e96077. doi:10.1371/journal.pone.0096077
- Navia, A.F., Torres, A., Mejía-Falla, P.A. & Giraldo, A. (2011). Sexual, ontogenetic, temporal and spatial effects on the diet of *Urotrygon rogersi* (Elasmobranchii: Myliobatiformes). *Journal of Fish Biology*. 78, 1213–1224.
- Santander-Neto, J. & Lessa, R. (2013). Hermaphroditic small-eyed roundray (*Urotrygon microphthalmum*) from north-eastern Brazil. *Marine Biodiversity Records*. Vol. **6**; e60; 4p. doi:10.1017/S1755267213000353.
- Smith, S. E., Au, D. W. & Show, C. (1998). Intrinsic rebound potentials of 26 species of Pacific sharks. *Marine and Freshwater Research*, 49(7): 663–678.
- Stevens, J.D., Bonfil, R., Dulvy, N.K. & Walker, P. A. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science* **57**,476–494. doi:10.1006/JMSC.2000.0724
- Valadez–González, C., Aguilar–Palomino, B. & Hernández–Vázquez, S. (2001). Hábitos alimentarios de la raya *Urobatis halleri* (Cooper 1863) (Chondrichthyes: Urolophidae) capturada en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*. **27**: 91–104.
- Vaske-Jr, T. (2000). Relações tróficas dos grandes peixes pelágicos da região equatorial sudoeste do oceano Atlântico. Tese de Doutorado. Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande – RS. pp. 145
- Walker, T.I. (1998). Can shark resources be harvested sustainably? A question revisited with a review, of shark fisheries. *Mar Freshw Res* 49:553–572.

Walker, T.I. (2004). Management measures. Pp. 285–321. In J. A. Musick and R. Bonfil (eds), *Technical Manual for the Management of Elasmobranchs*. Asia Pacific Economic Cooperation Secretariat, Singapore.

Walker, T. I. (2005). Reproduction in fisheries science. In ‘Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Rays and Chimaeras’. (Ed. W. C. Hamlett.) pp. 81–127. (Science Publishers: Enfield, NH.)

White, W.T. & Potter, I.C. (2005). Reproductive biology, size and age compositions and growth of the batoid *Urolophus paucimaculatus*, including comparisons with other species of the Urolophidae. *Mar Freshw Res* 56: 101–110.

White, W.T., Platell, M.E. & Potter, I.C. (2001). Relationship between reproductive biology and age composition and growth in *Urolophus lobatus* (Batoidea:Urolophidae). *Mar Biol* 138: 135–147.

White, W.T., Hall, N.G. & Potter, I.C. (2002). Reproductive biology and growth during pre and postnatal life of *Trygonoptera personata* and *T. mucosa* (Batoidea:Urolophidae). *Mar Biol* 140: 699–712.

Wourms, J. P. (1977). Reproduction and development in chondrichthyan fishes. *American Zoologist* 17,379 – 410.

Zavala-Camin, L. A. (1996). Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes. Ed. UEM, Maringá. 125pp.

#### Referências eletrônicas

Rosa, R. S. (2004). *Urotrygon microphthalmum*. In *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2013.1. Available at: [www.iucnred-list.org](http://www.iucnred-list.org) (accessed 29 October 2013).