



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

PESCA E DINÂMICA POPULACIONAL DO PEIXE-PREGO, *Ruvettus pretiosus*
(Cocco, 1829) NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO

Danielle de Lima Viana

Recife/Brasil
2012

DANIELLE DE LIMA VIANA

PESCA E DINÂMICA POPULACIONAL DO PEIXE-PREGO, *Ruvettus pretiosus*
(Cocco, 1829) NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO

Tese apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Oceanografia da
Universidade Federal de
Pernambuco como requisito para
obtenção do título de Doutora em
Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin

Recife/Brasil
2012

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

V614p Viana, Danielle de Lima.
Pesca e dinâmica populacional do Peixe-Prego, *Ruventtus pretiosus* (Cocco, 1829) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo / Danielle de Lima Viana. – Recife: O Autor, 2012.
xiv, 117f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2012.
Inclui Referências e Anexos.

1. Oceanografia. 2. Gempylidae. 3. Área Oceânica. 4. Dieta. 5. Reprodução. 6. Crescimento. I. Hazin, Fábio Hissa Vieira (Orientador).
II. Título.

551.46 CDD (22.ed) UFPE/BCTG-2012 / 119

Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin (Orientador/UFRPE)

Dr. Jorge Eduardo Lins de Oliveira (UFRN)

Dr. Paulo Eurico Pires Ferreira Travassos (UFPE)

Dr. Antônio de Lemos Vasconcelos Filho (UFPE)

Dra. Flávia Lucena Frédou (UFRPE)

Suplentes:

Dra. Beatrice Padovani Ferreira (UFPE)

Dra. Sigrid Neumann Leitão (UFPE)

“Se cheguei até aqui foi porque
tive o apoio de gigantes”

Sir Isaac Newton

AGRADECIMENTOS

À Deus por me consentir chegar a este ponto, por ter me dado saúde, fé e esperança para alcançar meus objetivos por permitir a entrada de pessoas maravilhosas na minha vida e por seu infinito amor.

Ao orientador Fábio pela sua amizade, confiança, valiosos ensinamentos e por impulsionar a minha vida profissional.

Aos co-orientadores: Teo e Deb pela paciência e por todo ensinamento compartilhado.

A UFPE, ao Departamento de Pós-Graduação em Oceanografia e a todos os professores, em especial a secretária Myrna Lins pela dedicação, profissionalismo e apoio em todos os processos para finalização do doutorado.

A University of Florida e ao Department of Fisheries and Aquatic Science por ter me recebido e proporcionado a análise de parte dos dados que compõem essa tese.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelas bolsas concedidas durante todo este estudo, as quais possibilitaram maior dedicação às pesquisas.

Ao Programa Arquipélago/SECIRM e Marinha do Brasil pelo apoio logístico.

À banca examinadora, Dr. Jorge Eduardo Lins de Oliveira, Dra. Beatrice Padovani Ferreira, Dra. Sigrid Neumann Leitão, Dra. Flávia Lucena Frédou, Dr. Paulo Eurico Pires Ferreira Travassos e Dr. Antônio de Lemos Vasconcelos Filho pela atenção dispensada à revisão deste estudo.

Ao professor e grande amigo Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira pela sua grande amizade, companheirismo, atenção, carinho e exemplo.

Ao professor e amigo Sérgio Rezende, sem sua colaboração seria impossível finalizar este trabalho.

A toda a minha família recifence: tia Annie, Déa, Lecca e Edísio por estarem sempre com as portas abertas, me faltam palavras para agradecer tudo o que já fizeram e ainda fazem por mim. Obrigada por tudo.

A Dra. Hulda, André e César pela hospitalidade, paciência, carinho e por cuidar do meu querido Bono.

Aos meus amigos Paulinho, Lecca, Pat e Mari, muito obrigada por estar comigo em todos os momentos de alegrias e tristezas ao longo dos últimos oito anos e por me apoiar sempre.

A Dráusio e Mari por todos os momentos especiais, principalmente, nas noites solitárias de Gainesville-FL.

A Lúcia e Pat pelo carinho, convivência, hospitalidade e energia nos momentos em que fraquejei, nos últimos 5 meses.

Ao amigo “Careca” pelos inesquecíveis momentos de descontração, e alegria.

Aos amigos Hudson e Cezar por contribuir diretamente com esta tese.

As minhas pregas mais lindas que torço tanto pelo sucesso: Ilka, Lalá, Mari e Polly.

Aos pescadores dos Transmar I, II e III, sem a cooperação dos quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

À Ana Katarina (COMUT) por todo carinho e apoio para a obtenção das referências bibliográficas.

A meu cachorrinho Bono, fiel companheiro, pelo amor incondicional, pelos momentos inesquecíveis e por mostrar que a alegria de viver está nas pequenas coisas.

A todos os colegas do LOP e LEMAR que contribuíram direta ou indiretamente com o desenvolvimento e aperfeiçoamento deste estudo.

Ao Dr. Paraskevas (Paris) Vasilakopoulos, da University of Aberdeen, por compartilhar informações sobre o *Ruvettus pretiosus* estudado no Mar Mediterrâneo.

Em especial ao meu amor, Rodolfo, por todo apoio, cumplicidade, paciência (especialmente nos últimos meses) por me acompanhar aos EUA e por seu amor que me completou todos os dias.

Aos meus pais Egberto e Margarida pela formação moral, apoio e compreensão, que mesmo distantes, se fazem presentes. A quem dedico esta tese com todo respeito, amor e carinho.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS -----	X
LISTA DE TABELAS -----	XIV
Resumo Geral -----	14
Abstract -----	15
APRESENTAÇÃO -----	16

Capítulo 1. Considerações sobre a pesca no Arquipélago de São Pedro e São Paulo com destaque para o peixe-prego *Ruvettus pretiosus* (1998 – 2010), Brasil ----- 28

Resumo-----	29
Abstract -----	30
Introdução -----	30
Material e Métodos -----	32
Resultados -----	33
Discussão -----	41
Referências -----	44

Capítulo 2. Diet of the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Actinopterygii: Gempylidae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil ----- 46

Abstract -----	47
Resumo-----	47

Introduction-----	48
Materials and Method -----	49
Results -----	50
Discussion -----	54
References -----	56

Capítulo 3. Reprodução do peixe-prego, *Ruvettus pretiosus* (COCCO, 1829), no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil ----- 59

Abstract -----	60
Resumo-----	60
Introdução-----	61
Material e Métodos -----	63
Resultados -----	65
Discussão -----	78
Referências Bibliográficas -----	83

Capítulo 4. Preliminary estimates of age and growth of a deep benthopelagic fish, the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Cocco, 1829), in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil----- 88

Abstract -----	89
Resumo-----	89
Introduction-----	90

Materials and Method -----	92
Results -----	94
Discussion -----	103
References -----	107
 CONSIDERAÇÕES FINAIS -----	 114

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1. Considerações sobre a pesca no Arquipélago de São Pedro e São Paulo com destaque para o peixe-prego *Ruvettus pretiosus* (1998 – 2010), Brasil

- Figura 1- Produção anual total (kg) e CPUE (kg/ barco/ dia) calculada a partir dos desembarques de 6 embarcações que operaram no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 ----- 33
- Figura 2- Principais recursos pesqueiros identificados nos desembarques provenientes do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 ----- 35
- Figura 3- Desembarques anuais por espécie (excluindo-se a albacora-laje e a cavala impigem) de embarcações que operaram no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 ----- 36
- Figura 4- Mapa do Arquipélago de São Pedro e São Paulo destacando a área onde é realizada a pesca direcionada ao peixe-prego, *Ruvettus pretiosus* ----- 38
- Figura 5- Produção anual desembarcada e CPUE média anual do peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 (as barras representam o desvio padrão) ----- 39
- Figura 6- Desembarques médios e CPUE média, por trimestre, do peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, proveniente do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 (as barras representam o desvio padrão da CPUE) ----- 39
- Figura 7- Produção média mensal de peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, proveniente do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 (as barras representam o desvio padrão) ----- 40
- Figura 8- Distribuição de frequência de comprimento total e sexo de peixes-prego, *Ruvettus pretiosus*, provenientes do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 (n = 590) ----- 40
- Figura 9- Distribuição mensal por classe de comprimento de peixes-prego, *Ruvettus pretiosus*, provenientes do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 (n = 590) ----- 41

Capítulo 2. Diet of the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Actinopterygii: Gempylidae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil

- Figure 1- Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil ----- 49
- Figure 2- Size distribution for both sexes of *Ruvettus pretiosus*, caught in the SPSPA (n=314) ----- 50

Figure 3- Food items diversity curve of <i>Ruvettus pretiosus</i> in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago. Arrow indicates the stabilization point -----	51
Figure 4- Prey size distribution of <i>Ruvettus pretiosus</i> in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (n=54) -----	53

Capítulo 3. Reprodução do peixe-prego, *Ruvettus pretiosus* (COCCO, 1829), no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil

Figura 1- Distribuição de frequência do comprimento total de fêmeas e machos de peixe-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , capturados nas proximidades do ASPSP (n=742), entre janeiro de 2007 e setembro de 2011 -----	65
Figura 2- Distribuição mensal da frequência de fêmeas e machos de peixe-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (n=742), entre janeiro de 2007 e setembro de 2011 -----	66
Figura 3- Distribuição mensal por classe de comprimento de peixes-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , provenientes do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 (n = 590) -----	67
Figura 4- Relação entre o comprimento total e o peso dos ovários para os diferentes estágios de maturação gonadal de peixes-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , capturados nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre janeiro de 2007 e setembro de 2011 (n= 552) -----	68
Figura 5- Fotomicrografias de seções histológicas de ovários de peixe-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , nos estágios maturacionais: A= imaturo (4x); B= em repouso (4x); C= em maturação (4x); D= maduro (10x); E= maduro com ovócitos hidratados e folículos pós-ovulatórios (FPO) (10x); e F= desovado (10x). O= Ovogônia; P= ovócitos perinucleares; LI= vitelogênese lípidica inicial; LM= vitelogênese lípidica intermediária; LA= vitelogênese lípidica avançada; OH= ovócito hidratado; FPO= folículo pós ovulatório; GV= grânulos de vitelo; GL= gotículas de lipídio; e AT= folículo atrésico -----	69
Figura 6- Distribuição da frequência do diâmetro (μm) dos ovócitos de fêmeas de peixe-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre janeiro de 2007 e setembro de 2011 (n= 15) -----	71
Figura 7- Distribuição da frequência mensal dos estágios de maturação gonadal de fêmeas de peixe-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , capturadas nas proximidades do ASPSP (n= 552) -----	72
Figura 8- Distribuição da média mensal do IGS das fêmeas adultas de peixe-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , capturadas nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, (n = 393) (as barras representam o desvio padrão) -----	73

Figura 9- Curva de maturação sexual (L_{50}) para as fêmeas de peixe-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo -----	74
Figura 10- Fotomicrografias de seções histológicas de testículos de peixe-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , nos estágios maturacionais: A= Maduro (4x); e B= Esgotado (4x). SPZ= espermatozóides; TEV= túbulo espermatogênico vazio-----	75
Figura 11- Relação entre o comprimento total e o peso dos testículos para os diferentes estágios maturacionais de peixes-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , capturados nas proximidades do ASPSP, entre janeiro de 2007 e setembro de 2011 (n= 41) -----	76
Figura 12- Distribuição de frequência mensal dos estágios de maturação de machos de peixe-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , capturados nas proximidades do ASPSP, entre janeiro de 2007 e setembro de 2011 (n= 41) -----	77
Figura 13- Distribuição da média mensal do IGS para machos adultos de peixe-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (n= 20) (as barras representam o desvio médio) -----	78

Capítulo 4. Preliminary estimates of age and growth of a deep benthopelagic fish, the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Cocco, 1829), in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil

Figure 1- Whole otolith in dorsal side (A) and ventral side (B) margins of a 12 years old <i>Ruvettus pretiosus</i> , under transmitted light with black background- -----	95
Figure 2- Thin-sectioned otolith of <i>Ruvettus pretiosus</i> showing ten annuli (white circles) -----	96
Figure 3- Distributions of total length in cm for male and female of <i>Ruvettus pretiosus</i> caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011--	97
Figure 4- Length-weight relationship of oilfish, <i>Ruvettus pretiosus</i> caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011 (n= 834) -----	97
Figure 5- Relationship between otolith weight and total length of <i>Ruvettus pretiosus</i> caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011 (n = 383) -----	98
Figure 6- Bimonthly variation of otolith margin (opaque or translucent margin) of oilfish, <i>Ruvettus pretiosus</i> caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011 (n=324) -----	98

Figure 7- The potential relationship between age and otolith weight of oilfish, <i>Ruvettus pretiosus</i> caught in SPSPA between January 2007 and September 2011 (n= 318) -----	99
Figure 8- Von Bertalanffy growth curve fitted to length at age data for both sexes of <i>Ruvettus pretiosus</i> caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011 (n=383) -----	101
Figure 9- Average of total length (TL) by age group of <i>Ruvettus pretiosus</i> caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011. Error bars show standard error (n= 375) -----	102
Figure 10- Age (A) (n=375) and size (B) (n=742) distribution of females and males of <i>Ruvettus pretiosus</i> caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011 -----	103

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2. Diet of the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Actinopterygii: Gempylidae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil

Table 1- Proportion of organisms found in the stomachs of oilfish, <i>Ruvettus pretiosus</i> , caught in the SPSPA, by forage category -----	51
Table 2- Percentages in number, weight, and frequency of occurrence of food items of <i>Ruvettus pretiosus</i> , in the SPSPA. IRI – Index of Relative Importance, ranging from 1 to 5 in order of importance (OI) -----	52

Capítulo 3. Reprodução do peixe-prego, *Ruvettus pretiosus* (COCCO, 1829), no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil

Tabela 1- Caracterização dos ovários de acordo com o estágio maturacional de fêmeas de peixe-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. CT= comprimento total; e PO= peso do ovário -----	67
Tabela 2- Caracterização dos estágios maturacionais dos ovários de peixes-prego, <i>Ruvettus pretiosus</i> , capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo-----	70
Tabela 3- Caracterização dos estágios maturacionais dos testículos de <i>Ruvettus pretiosus</i> capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo-----	75

Capítulo 4. Preliminary estimates of age and growth of a deep benthopelagic fish, the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Cocco, 1829), in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil

Table 1- Age-length key for all <i>Ruvettus pretiosus</i> caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011 -----	100
Table 2- The growth coefficients of VBGF of <i>Ruvettus pretiosus</i> caught in SPSPA. Values in parentheses are standard errors-----	100
Table 3- Age and parameters of the growth for gempylid species -----	106

Resumo Geral

O peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, pertence à família Gempylidae, caracterizada por compreender espécies de peixes meso e bentopelágicos, que habitam águas profundas em mar aberto de oceanos tropicais e temperados, incluindo o Mar Mediterrâneo. Embora o peixe-prego seja regularmente capturado por barcos pesqueiros que atuam ao longo da costa do Brasil, poucos dados biológicos sobre a espécie encontram-se disponíveis, especialmente no que se refere a hábitos alimentares, reprodução e crescimento, aspectos que permanecem ainda praticamente desconhecidos, com a maioria das citações na literatura referindo-se exclusivamente à composição lipídica da sua carne. Neste contexto, no presente trabalho foram analisados dados de desembarque, conteúdo estomacal, órgãos reprodutivos e otólitos do peixe-prego objetivando a obtenção de informações específicas sobre a pesca e a dinâmica populacional da espécie no entorno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, na expectativa de que as informações geradas possam conduzir à uma melhor compreensão da ecologia da espécie e consequentemente à adoção de medidas de ordenamento pesqueiro que assegurem a sua conservação. Para caracterizar a atividade pesqueira no ASPSP e descrever a pesca do peixe-prego, um questionário foi aplicado aos pescadores presentes na área. A variação na abundância relativa da espécie, por sua vez, foi analisada por meio da CPUE, calculada como a quantidade em kg de peixe-prego capturada por dia de pesca por barco. Para avaliar o hábito alimentar, todo o material retirado dos estômagos foi considerado como conteúdo estomacal. Para avaliar a reprodução, foram realizadas análises macroscópicas das gônadas, com os estágios de maturação tendo sido, porém, determinados por meio de análise histológica. A avaliação da idade e crescimento foi realizada com base na leitura de marcas de crescimento a partir de cortes transversais realizados nos otólitos *sagittae*. As médias anuais da CPUE aumentaram até 2000 (213 kg/barco/dia), caindo a partir de então, com o menor valor tendo sido registrado em 2005 (96 kg/barco/dia). A partir de então, a CPUE voltou a crescer até 2009, quando atingiu 290 kg/barco/dia, voltando a cair em 2010 (160 kg/barco/dia). Dos 303 desembarques analisados apenas 72 (23,8%) apresentaram exemplares de peixe-prego. A produção anual do peixe-prego diminuiu até 2003 com uma tímida recuperação em 2004, atingindo o maior valor no em 2007 (5,6 t). Nos conteúdos estomacais foram identificados 34 *taxa*, representados por 16 *taxa* de peixes, 17 de cefalópodes e um de crustáceo. A proporção sexual foi igual a 13,8:1, apresentando, uma significativa predominância de fêmeas. A média mensal do IGS das fêmeas variou de 1,71 a 5,50, com os maiores valores tendo sido observados de dezembro a março. A análise do tipo de borda indicou que cada anel de crescimento formou-se uma vez ao ano, com idades que variaram entre 1 e 19 anos. A expectativa é de que os resultados aqui obtidos possam contribuir para uma melhor avaliação dos estoques de peixe-prego no Oceano Atlântico, com vistas a subsidiar a adoção de medidas de manejo e ordenamento pesqueiro capazes de assegurar a conservação da espécie.

Palavras-chave: Gempylidae, Área Oceânica, Dieta, Reprodução, Crescimento.

Abstract

The oilfish, *Ruvettus pretiosus* belongs to the family Gempylidae, characterized by having meso- and reef-associated species that inhabit deeper offshore waters of tropical and temperate oceans, including the Mediterranean Sea. Although the oilfish is regularly caught by fishing boats that operate along the coast of Brazil, few biological data on the species are available, especially with regards to its feeding habits, reproduction and growth, aspects that still remain largely unknown, with most citations in the literature referring exclusively to the lipid composition of its meat. In this context, the present study analyzed data on landings, stomach contents, otoliths, and reproductive organs of the oilfish aiming at providing information about fishing and population dynamics of the species in the vicinity of the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, with the expectation that such information may lead to a better understanding of the ecology of the species and to the consequent adoption of measures capable of ensuring the conservation of the species. To characterize the fishery for the oilfish in SPSPA, a questionnaire was applied to the fishermen active in the area. The seasonal variation of relative abundance for the species in SPSPA was analyzed by the CPUE, estimated as the amount, in kg, of oilfish caught per boat per day. For each stomach, the number of units of each food item, its length and weight were recorded. To study the reproductive biology, a macroscopic analysis of the gonads was performed, while the identification of maturation stages was done by histological analysis of gonads. The age and growth assessment was based on reading growth marks from cross-sections performed in the sagittal otoliths. The average annual CPUE increased until 2000 (213 kg/boat/day), falling after that to the lowest value in 2005 (96 kg/boat/day). It subsequently increased again to 290 kg/boat/day, in 2009, decreasing once more in 2010 (160 kg/boat/day). Of the 303 analyzed landings only 72 (23.8%) had oilfish specimens. Annual landings of the oilfish declined until 2003, recovered a bit in 2004 and reached the highest value in 2007 (5.6 t). In the stomach contents, 34 *taxa* were identified, being represented by 16 fish, 17 cephalopod and one crustacean. The total sex ratio was 13,8:1, showing a significant predominance of females. The average monthly GSI of females ranged from 1.71 to 5.50, with higher values from December to March. The analysis of the type of border indicated that each growth ring in otoliths is formed once a year, with ages ranging between 1 and 19 years. The results obtained in this thesis will contribute to a better assessment of oilfish stocks in the Atlantic Ocean and may subsidize the adoption of conservation and management measures to ensure the conservation of the species.

Keywords: Gempylidae, Oceanic Area, Diet, Reproduction, Growth.

APRESENTAÇÃO

1. Introdução

O *Ruvettus pretiosus*, peixe-prego, pertence à família Gempylidae, que compreende espécies de peixes meso e bentopelágicos que habitam águas profundas em mar aberto de oceanos tropicais e temperados, incluindo o Mar Mediterrâneo (Nakamura & Parin, 1993). A espécie atinge um tamanho máximo de 300 cm de comprimento total (Nakamura & Parin, 1993) e mais de 50 kg de peso (Pakhorukov & Boltachev, 2001), ocorrendo geralmente solitário ou em pares. Apresenta corpo semifusiforme e suavemente comprimido, maxilar inferior estendendo-se levemente além da maxila superior, e linha lateral única e, em geral, indistinta. A sua cor, relativamente uniforme, varia do castanho claro ao escuro, com ausência de marcas ou manchas no corpo (Martinez, 2007). Costuma migrar para a superfície no período noturno, onde se alimenta de lulas, peixes osséos e crustáceos (Nakamura, 1995; Elbaraasi *et al.*, 2007).

O peixe-prego tem um elevado valor comercial sendo muito apreciado no mercado interno (Weidner & Arocha, 1999). Em função da sua textura e sabor, a carne do peixe-prego vem sendo amplamente requisitada por restaurantes japoneses, onde é vendido sob a forma de sushi e sashimi, sob o nome de agulhão branco.

Atividade pesqueira visando à captura do *Ruvettus pretiosus* é realizada em apenas algumas áreas marinhas do Indo-Pacífico, principalmente por pequenos barcos de pesca que atuam com linha de mão (Gudger, 1928; Stobbs & Bruton, 1991; Koslow *et al.*, 2000). No entanto, espécimes de *Ruvettus pretiosus* aparecem frequentemente como capturas acidentais na pescaria direcionada a tunídeos e agulhões no Indo-Pacífico (He *et al.*, 1997; Francis *et al.*, 2004), no Mediterrâneo (Castro *et al.*, 2000; Mejuto *et al.*, 2002; Tserpes *et al.*, 2006; Peristeraki *et al.*, 2007) e no Atlântico (Castro *et al.*, 2000; Mejuto *et al.*, 2002).

Presente na costa brasileira, o peixe-prego é uma espécie importante nas capturas realizadas pela frota que atua no Arquipélago de São Pedro e São Paulo

(ASPSP), principalmente nos períodos de entre-safra, quando a captura da espécie-alvo, a albacora-laje, é substancialmente reduzida (Viana *et al.*, 2008).

Embora o peixe-prego seja regularmente capturado por barcos pesqueiros que atuam ao longo da costa do Brasil, poucos dados biológicos estão disponíveis sobre a espécie, especialmente no que se referem a hábitos alimentares, reprodução e crescimento, aspectos que permanecem ainda praticamente desconhecidos. A vasta maioria das citações sobre a espécie na literatura referem-se à composição lipídica da sua carne (Cox and Reid, 1932; Nevenzel *et al.*, 1965; Sato and Tsuchiya, 1969; Ochiai *et al.*, 1984; Zarza *et al.*, 1993; Ruiz-Gutierrez *et al.*, 1997; Nichols *et al.*, 2001; Shadbolt *et al.*, 2002; Ling *et al.*, 2008; Rebollo *et al.*, 2011). Outros estudos realizados sobre o peixe-prego forneceram informações sobre suas características morfológicas (Gudger and Mowbray, 1927; Nakamura and Parin, 1993; Nakamura, 1995), ocorrência e distribuição geográfica (Silas nad Regunathan, 1974; Bettoso and Dulcic, 1999; Kaya and Bilecenoglu, 1999; Martinez, 2007; Elbaraasi *et al.*, 2007;. Lopes *et al.*, 2003), distribuição vertical (Gudger, 1928;.Pakhorukov and Boltachev, 2001), pesca (Tserpes *et al.*, 2006; Damalas and Megalofonou, 2007) e comportamento (Bone, 1972; Pakhorukov and Boltachev, 2001). Recentemente Vasilakopoulos *et al.* (2011) relatou aspectos da dieta e reprodução do peixe-prego no leste do Mar Mediterrâneo.

Apesar de ainda não haver informações disponíveis sobre a estrutura da população de *Ruvettus pretiosus*, modelagens matemáticas (Froese and Pauly, 2010) indicaram que a espécie provavelmente apresenta uma baixa resiliência (Musick, 1999) e uma alta vulnerabilidade (Cheung *et al.*, 2005), tornando o desenvolvimento de estudos sobre os seus parâmetros biológicos, em particular sobre a sua reprodução, idade e crescimento, de especial relevância para garantir a sustentabilidade de sua crescente exploração.

A determinação da idade e crescimento de peixes é fundamental para a biologia e o manejo pesqueiro (Gjøsaeter *et al.*, 1984), já que formam a base de modelos de dinâmica populacional (Morales-Nin, 1992). O presente trabalho,

portanto, pretende contribuir para o preenchimento dessas lacunas, na expectativa de que as informações geradas possam conduzir a uma melhor compreensão da dinâmica populacional da espécie, permitindo conseqüentemente, uma definição mais precisa dos níveis de esforço compatíveis com o seu rendimento máximo sustentável.

1.1. Descrição da Área de Estudo

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) é o menor arquipélago oceânico em território nacional, representando o ponto mais avançado do território brasileiro no Oceano Atlântico Norte Equatorial (Campos *et al.*, 2005), é constituído por um pequeno grupo de ilhas (10), com as quatro ilhotas maiores (Belmonte, São Paulo ou Sudeste, São Pedro ou Nordeste e Barão de Teffé ou Noroeste) separadas entre si por estreitos canais, que formam uma enseada em forma de ferradura (Fig. 2). Distanto cerca de 100 km ao norte do equador, na posição de 00°55'N e 29°20'W, o ASPSP é o resultado de uma falha transformante da Dorsal Meso-Atlântica, possuindo uma área total emersa de 7.500 m², com uma distância entre os pontos extremos de 420 m (Campos *et al.*, 2009).

O ASPSP está inserido no sistema equatorial de correntes marinhas, sofrendo a influência direta da Corrente Sul-Equatorial, que flui superficialmente no sentido E→W, e da Corrente Equatorial submersa, que flui no sentido contrário (W→E), a uma profundidade entre 60 e 100 m. Encontra-se, ainda, sob a influência direta da Zona de Convergência Intertropical, cuja dinâmica influencia o regime de chuvas na costa norte do Brasil. Por este motivo, é uma das áreas de maior índice pluviométrico em todo o oceano Atlântico e, conseqüentemente, de menor salinidade superficial (Campos *et al.*, 2005). Em função do seu posicionamento geográfico, estrategicamente localizado entre os dois hemisférios e ainda entre os continentes africano e americano, o ASPSP exerce uma forte influência no ciclo de vida de

muitas espécies migratórias, possuindo uma grande importância como local de reprodução e alimentação para várias delas (Campos *et al.*, 2005).

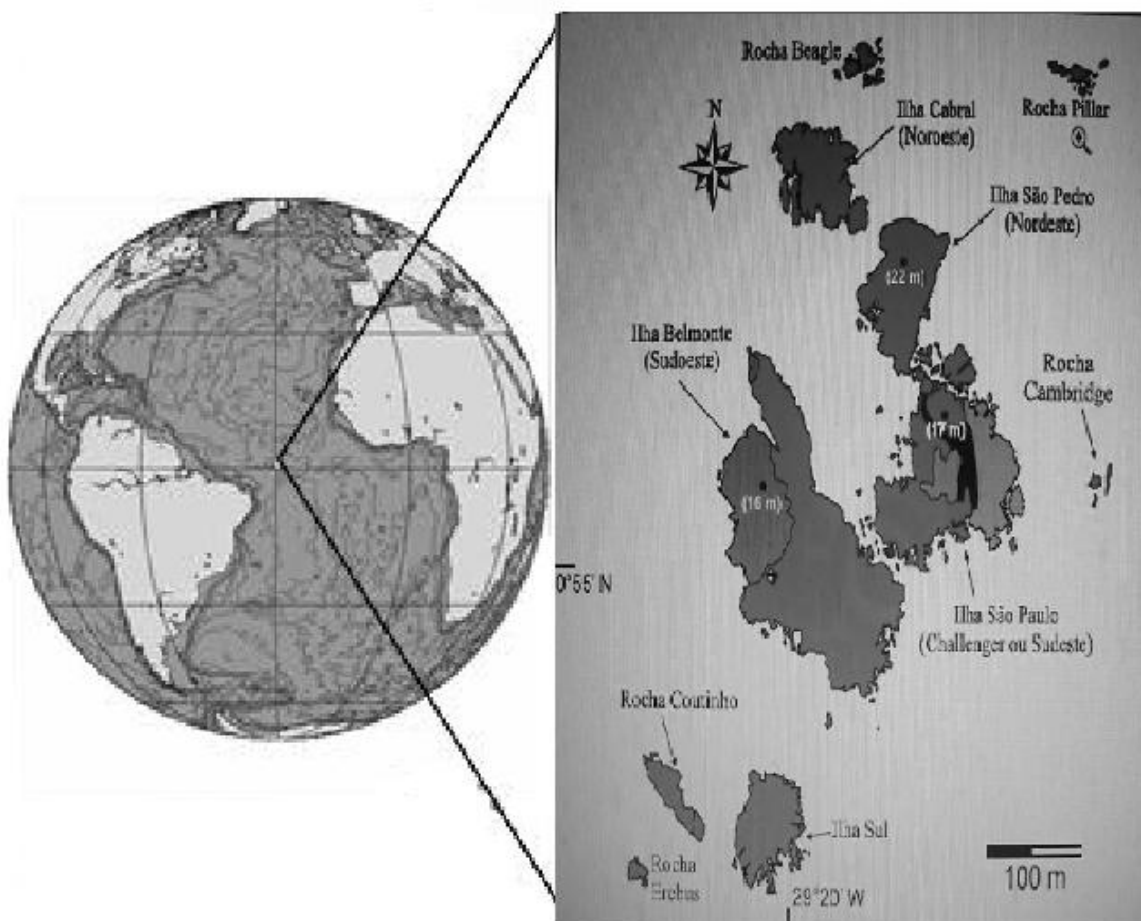


Figura 2- Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, adaptado de Campos *et al.* (2005) (2009).

Distante cerca de 1.100 km do litoral do Rio Grande do Norte, o Arquipélago de São Pedro e São Paulo constitui um pináculo de um edifício rochoso submarino que se ergue de uma profundidade de 4.000 m (Miguens, 2005), sendo desprovido de praias, vegetação ou água potável.

Apesar da atividade pesqueira nas adjacências do ASPSP ter se iniciado desde o final da década de cinquenta, a partir de embarcações japonesas arrendadas, a ocupação regular da área por embarcações nacionais só veio a ocorrer em meados da

década de setenta, a princípio visando à captura de lagostas e, posteriormente, à exploração de atuns e afins. Atualmente, o ASPSP constitui uma importante área de pesca da Zona Econômica Exclusiva brasileira, sendo freqüentado por vários barcos pesqueiros sediados, do Ceará a Pernambuco (Hazin *et al.*, 2009).

A atividade pesqueira nas circunvizinhanças do ASPSP concentra-se em uma área que se estende desde os 50 m até cerca de 10 milhas náuticas de distância do arquipélago, sendo efetuada por embarcações de aproximadamente 18 m de comprimento ou mais, que operam com espinhel pelágico, linha de mão, covo e corrico, conforme a espécie alvo da pescaria (Vaske *et al.*, 2006). Entre as espécies de valor comercial regularmente capturadas nesta região inclui-se o peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*.

2. Objetivos da tese

Este trabalho teve como objetivo principal estudar a pesca e a dinâmica populacional do peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com vistas a gerar informações que possam conduzir a uma melhor compreensão da ecologia da espécie, permitindo, conseqüentemente, uma exploração sustentável desse importante recurso pesqueiro. Para caracterizar a pesca dessa espécie e avaliar a sua dinâmica populacional, os objetivos específicos foram:

- Estimar a abundância relativa, incluindo a variação sazonal;
- Descrever o hábito alimentar;
- Elucidar as questões relacionadas ao ciclo reprodutivo;
- Determinar a idade e a curva de crescimento da espécie.

3. Hipóteses

- A espécie apresenta preferência por peixes na sua composição alimentar;

- A espécie estudada apresenta um ciclo de reprodução anual associado à variação sazonal das variáveis ambientais;
- O peixe-prego apresenta um padrão de crescimento diferente entre os sexos, com a formação de um anel de calcificação por ano.

4. Estruturação da tese

Essa tese foi baseada em dados provenientes de amostras biológicas coletadas nos barcos de pesca da frota que atuou no entorno do ASPSP entre janeiro de 2007 e setembro de 2011. De acordo com os objetivos propostos e os resultados obtidos ao longo da realização desse estudo, a tese foi dividida em quatro capítulos descritos a seguir:

Capítulo 1: Considerações sobre a Pesca no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com destaque para o peixe-prego, *Ruvettus pretiosus* (1998 - 2010), Brasil

Capítulo 2: Diet of the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Actinopterygii: Gempylidae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil

Capítulo 3: Reprodução do peixe-prego, *Ruvettus pretiosus* (Cocco, 1829), no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil

Capítulo 4: Preliminary estimates of age and growth of a deep benthopelagic fish, the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Cocco, 1829), in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil

O capítulo 1 considera os resultados obtidos por meio das análises dos dados de desembarque provenientes da frota comercial, sediada em Natal- RN, que atua no entorno do ASPSP, com destaque especial para os dados referentes à pesca do peixe-prego.

O capítulo 2 aborda os resultados referentes ao hábito alimentar do *Ruvettus pretiosus*, tendo sido defendido no exame de qualificação, em junho de 2010. Após

revisões e estudos adicionais, o referido capítulo foi submetido para publicação à revista *Brazilian Journal of Oceanography* em maio de 2011, tendo sido aceito em novembro de 2011.

O capítulo 3 trata dos resultados obtidos por meio das análises realizadas nos aparelhos reprodutores de machos e fêmeas do *Ruvettus pretiosus*. Este capítulo ainda encontra-se em revisão para breve submissão em revista internacional. Para facilitar a tradução do artigo, todos os gráficos e figuras já foram plotados em língua inglesa.

O capítulo 4 abrange os resultados referentes à idade e ao crescimento do *Ruvettus pretiosus*, os quais foram obtidos por meio da leitura de otólitos sagittae seccionados. Este capítulo foi desenvolvido sob a orientação da professora D. Sc. Debra Jean Murie, da Universidade da Flórida, tendo sido, portanto, integralmente redigido em língua inglesa.

Embora os capítulos 1, 3 e 4 tenham sido estruturados para futuras publicações, ainda não se encontram adequados às normas das revistas a que serão submetidos.

5. Referências

Bettoso, N. and Dulcic, J. 1999. First record of the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Pisces: Gempylidae) in the northern Adriatic Sea. J. Mar. Biol. Ass. UK. 79: 1145-1146.

Bone, Q. 1972. Buoyancy and hydrodynamic functions of integument in the castor oil fish, *Ruvettus pretiosus*. Copeia. 1: 78-87.

Campos, T. F. C.; Virgens Neto, J.; Srivastava, N. K.; Petta, R. A.; Hartmann, L. A.; Moraes, J. F. S.; Mendes, L. and Silveira, S. R. M. 2005. Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico. In: Sítios Geológicos do Brasil. <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio002/sitio002.pdf>. (05/09/2007)

Castro, J.; De La Serna, J. M.; Macías, D. and Mejuto, J. 2000. Estimaciones científicas de los desembarcos de espécies asociadas realizados por La flota española

de palangre de superfície em 1997 y 1998. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT. 51: 1882-1893.

Cheung, W. W. L., T. J. Pitcher and D. Pauly. 2005. A fuzzy logic expert system to estimate intrinsic extinction vulnerability of marine fishes to fishing. *Biology Conservation*. 124 97–111. Claro, R. and L.R. Parenti 2001 The marine ichthyofauna of Cuba. p. 21-57. In: Claro, R., K.C. Lindeman and L.R. Parenti (eds) *Ecology of the marine fishes of Cuba*. Smithsonian Institution Press, Washington and London. 253p.

Cox W. M. and Reid E. E. 1932. The chemical composition of oil of *Ruvettus pretiosus*, the "castor oil fish". *J. Am. Chem. Soc.* 54: 220-229.

Damalas, D. and Megalofonou, P. 2010. Environmental effects on blue shark (*Prionace glauca*) and oilfish (*Ruvettus pretiosus*) distribution based on fishery-dependent data from the eastern Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 90 (3): 467-480.

Elbaraasi H.; Elmariami M.; Elmeghrabi M. and Omar, S. 2007. First record of oilfish, *Ruvettus pretiosus* (Actinopterygii, Gempylidae), off the coast of Benghazi, Libya (Southern Mediterranean). *Acta Ichthyol. Piscat.* 37: 67-69.

Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2010. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (05/2010).

GJøsaeter, J.; Dayaratne P. and Berstad, O. A. 1984. Ageing Tropical Fish by Growth Rings in the Otoliths. *FAO Fish. Circ.*, 776.

Gudger, E. W. 1928. The distribution of *Ruvettus*, the oil- fish, throughout the south seas, as shown by the distribution of the peculiar wooden hook used in its capture. *The American Naturalist*. 62 (682): 467-477.

Gudger, E.W. and Mowbray, L. L. 1927. The oilfish, *Ruvettus pretiosus*, at Bermuda. *Science* v. LXV (1675): 145-146.

Gutierrez, V. R.; Zarza, M. C. P.; Muriana, F. J. G. and Bravo, L. 1997. Lipid and fatty acid composition of muscle and internal organs from *Ruvettus pretiosus*. *Journal of Fish Biology*. 50 (6): 1353-1357.

Hazin, F. H. V; Viana, D. L. Pinheiro, D.; Fischer, A.; Macena, B.; Veras, D.; Oliveira, P.; Carvalho, F.; Vaske, T. and Branco, I. 2009. [in]; Viana, D. L., Hazin, F. H. V. and Carvalho, M. A. (Orgs.) *O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de estação científica*. Brasília: SECIRM. 226 - 233.

He, X.; Bigelow, K. A. and Boggs, C. H. 1997. Cluster analysis of longline sets and fishing strategies within the Hawaii-based fishery. *Fisheries Research* 31: 147-158.

Kaya, M. and Bilecenoglu, M. 1999. *Ruvettus pretiosus* Cocco, 1829 (Teleostei: Gempylidae) a new fish record for the Mediterranean coast of Turkey. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 16: 433-435.

Koslow, J.A.; Boehlert, G.W.; Gordon, J. D. M.; Haedrich, R. L.; Lorange, P. and Parin, N. 2000. Continental slope and deep-sea fisheries, implications for a fragile ecosystem. *ICES Journal of Marine Science*. 57: 548-557.

Ling, K. H.; Cheung, C. W.; Cheng, S. W.; Cheng, L.; LI, S.; Nichols, P. D.; Ward, R. D.; Graham, A. and But, P. P. 2008. Rapid detection of oilfish and escolar in fish steaks: A tool to prevent keriorrhea episodes. *Food. Chem.* 110: 538-546. doi:10.1016/j. foodchem.2008.02.066

Lopes, P. R. D.; Oliveira-Silva, J. T.; Sampaio, C. L. S. and Olavo, G. 2003. Reports of *Gempylus serpens* Cuvier, 1829, *Lepidocybium flavobrunneum* (Smith, 1849) and *Ruvettus pretiosus* Cocco, 1829 (Actinopterygii: Gempylidae) in inshore waters of Bahia State, Brazil. *Arquivos de Ciencias do Mar*. 36: 45-48.

Martinez, J. 2007. El pez Escamudo en el Puerto de Santa Rosa (*Ruvettus pretiosus*)/ Presence of Pez Escamudo in Santa Rosa port. *Revista Pesca Blanca Internacional*. <http://pescablanca.com>.

Mejuto, J.; García-Cortés, B. and De La Serna, J. M. 2002. Preliminary scientific estimations of by-catches landed by the Spanish surface longline fleet in 1999 in the Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*. 54: 1150-1163.

Miguens, A. P. 2005. Navegação Costeira, Estimada e em Águas Restritas. Volume I. Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha. Rio de Janeiro.

Morales-Nin, B. 1992. Determination of Growth in Bony Fishes from Otolith Microstructure. *FAO Fisheries Technical Papers*. 332. 51p.

Musik, J. A. 1999. Ecology and conservation of long-lived marine animals.[in]: J. A. Musk, ed. *Life in the Slow Lane*. American Fishery Society, Baltimore MD. 1-10.

Nakamura, I. and Parin, N. V. 2001 [ref. 26304] Families Gempylidae, Trichiuridae. In: Carpenter and Niem 2001 [ref. 26276]. *Species identification guide for fishery purposes*. Bony fishes part 4. 6: 3698-3720.

Nakamura, I. 1995. Gempylidae Escolares [in]; Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider W.; Sommer, C.; Carpenter, K.E. and Niem, V. Guia FAO para Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental. FAO, Rome. 3: 1106-1113.

Nevenzel, J.C.; Rodegker, W. and Mead J.F. 1965. The lipids of *Ruvettus pretiosus* muscle and liver. Biochemistry. 4: 1589-1594.

Nichols, P. D.; Mooney, B. D. and Elliott, N. G. 2001. Unusually high levels of non-saponifiable lipids in the fishes escolar and rudderfish, identification by gas and thin-layer chromatography. J. Chromatography A. 936; 183-191.

Ochiai, Y.; Watabe, S.; Hashimoto, K.; Narita, H.; Ukishima, Y. and Nara, M. 1984. Biochemical identification of two gempylid fishes causative of a food poisoning. Nippon Suisan Gakkaishi. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries /Nissuishi. 5 (4): 721-725.

Pakhorukov, N. P. and Boltachev, A. R. 2001. On the Distribution and Behavior of the Oilfish *Ruvettus pretiosus* (Gempylidae) over Seamounts. Journal of Ichthyology/Voprosy. 41 (9): 755-760.

Peristeraki P., Kypraios N., Lazarakis G. and Tserpes G. 2007. By-catches and discards of the Greek swordfish fisheries. Collective Volume of Scientific Papers ICCAT 106: 1070-1073.

Rebollo, C.; Cosculluela Aisa, M.; Beltrán Lacort, F. and Rihuete Heras, M.A. 2011. Diarrea oleosa anaranjada. Keriorrhea inducida por pescado. Anales de Pediatría. 74 (1):67-68. UR-<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1695403310004893>

Ruiz-Gutierrez, V. R.; Zarza, M. C. P.; Muriana, F. J. G. and Bravo, L. 1997. Lipid and fatty acid composition of muscle and internal organs from *Ruvettus pretiosus*. J. Fish. Biol. 50: 1353-1357. doi: 10.1111/j.1095-8649.1997.tb01658.x

Sato, Y. and Tsuchiya, Y. 1969. Lipids of *Ruvettus pretiosus*. I. Composition of alcohols and fatty acids. Tohoku J. Agric. Res. 20: 89-95.

Shadbolt C., Kirk M. and Roche P. 2002. Diarrhoea associated with consumption of escolar (rudderfish). Communicable Diseases Intelligence. 26: 436-438.

Silas E. G. and Regunathan A. 1974. Studies on demersal fishes of the deep neritic waters and the continental slope 3. On the occurrence of the oil fish *Ruvettus pretiosus* Cocco (Gempylidae: Pisces) on the upper continental slope along the south-west coast of India. Journal of the Marine Biological Association of India. 16 (1): 291-293. In: <http://eprints.cmfri.org.in/1794/> accessed in May, 16/2011.

Stobbs R.E. and Bruton M.N. 1991. The fishery of the Comoros, with comments on its possible impact on coelacanth survival. *Environmental Biology of Fishes*. 32: 341-359.

Tserpes G., Tatamanidis G. and Peristeraki P. 2005. Oilfish and shark by-catches of the Greek swordfish fishery in the E. Mediterranean; a preliminary analysis applied to 'presence-absence' data. (SCRS/2005/065) ICCAT. *Collected Volumes Scientific Papers*. 52: 740-744.

Vasilakopoulos, P.; Pavlidis, M. and Tserpes, G. 2011. On the diet and reproduction of the oilfish *ruvettus pretiosus* (Perciformes: Gempylidae) in the eastern Mediterranean. *J. Mar. Biol. Ass. UK*. 91 (4): 873-881.

Vaske Junior, T.; Lessa, R. P.; Ribeiro, A. C. B.; Nobrega, M. F.; Pereira, A. A. and Andrade, C. D. P. 2006. A pesca comercial de peixes pelágicos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. *Tropical Oceanography (Revista online)*, Recife. 34 (1): 31-41.

Viana, D. L.; Hazin, F. H. V.; Nunes, D.; Carvalho, F.; Vêras, D. and Travassos, P. 2008. Wahoo *Acanthocybium solandri* Fishery in the Vicinity of Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil, from 1998 to 2006. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*. 62:1662-1670.

Weidner, D. M. and F. Arocha, 1999. South America: Atlantic, part A, section 2 (segment B) in *Latin America World swordfish fisheries: An analysis of swordfish fisheries, market trends, and trade patterns*. Silver Spring National Marine Fisheries Service, vol. IV. 628p.

Zarza, M. C. P.; Gutierrez, V. R. and Bravo, L. 1993. Lipid composition of two purgative fish: *Ruvettus pretiosus* and *Lepidocybium flavobrunneum*. *Grasas y Aceites*. v. 44, no. 1, pp. 47-52.

Capítulo 1

Considerações sobre a Pesca no Arquipélago de São Pedro e São Paulo com destaque para o peixe-prego *Ruvettus pretiosus* (1998 - 2010), Brasil

Boletim do Instituto de Pesca

CONSIDERAÇÕES SOBRE A PESCA NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO COM DESTAQUE PARA O PEIXE-PREGO *Ruvettus pretiosus* (1998 - 2010), BRASIL

Danielle VIANA¹ and Fábio HAZIN²

¹ Universidade Federal de Pernambuco – Departamento de Oceanografia (Cidade Universitária, 50670-901 Recife, PE, Brasil), E-mail: vianadl@yahoo.com;

² Universidade Federal Rural de Pernambuco - LOP/DEPAq (Av. Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-030 Recife, PE, Brasil) E-mail: fhvhazin@terra.com.br

RESUMO

Os dados analisados foram provenientes de 303 desembarques da frota pesqueira, sediada em Natal (RN), que atua no entorno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), localizado no oceano Atlântico equatorial (00°55'10"N e 029°20'35"W), no período compreendido entre julho de 1998 e dezembro de 2010. A produção anual desembarcada, oriunda do ASPSP, para todas as espécies, aumentou a partir de 1998, atingindo um pico de 250 t, em 2003-2004 e decrescendo nos anos seguintes. Entre 2006 e 2009, os desembarques se situaram em torno de 160 t, caindo para 116 t, em 2010. As principais espécies capturadas, considerando-se todo o período estudado, foram: as albacoras (57,5%), a cavala impigem (21,7%), o peixe-voador (10,1%), os tubarões (4,1%), o peixe-rei (2,6%), o xaréu-preto (1,4%) e o peixe-prego (1,0%). As maiores produções de peixe-prego ocorreram no terceiro trimestre, mais precisamente no mês de julho, com os maiores desembarques anuais tendo sido observados no ano de 2007 (5,7 t). O comprimento total médio dos peixes-prego capturados no ASPSP se situou em torno de 130 cm.

Palavras-chave: Perciformes, Espécie bentopelágica, Composição, Captura, Pesca Oceânica.

CONSIDERATIONS ABOUT FISHERY IN THE SAINT PETER AND SAINT PAUL ARCHIPELAGO WITH EMPHASIS ON OILFISH *Ruvettus pretiosus* (1998 - 2010), BRAZIL

ABSTRACT

The data analyzed in this work were obtained from 303 landings of a fishing fleet, based in Natal (RN), which operated around the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA), located in the mid-equatorial Atlantic Ocean (00°55'10"N and 029°20'35"W), between July, 1998, and December, 2010. The annual production coming from SPSPA increased from 1998 on, for all species, reaching a peak of 250 t in 2003-2004 and decreasing in subsequent years. From 2006 to 2009, the annual landed weight stood at around 160 t, falling to 116 tons in 2010. The main species caught were: tunas (57.5%), wahoo (21.7%), flying-fish (10.1%), sharks (4.1%), rainbow runner (2.6%), black jack (1.4%) and oilfish (1.0%). The highest landings of oilfish occurred in the third quarter of the year, more precisely in the month of July, and the largest annual landing was observed in 2007 (5.7 t). The total length of oilfish caught in the SPSPA was around 130.0 cm.

Keywords: Perciformes, Benthopelagic species, Composition, Catch, Oceanic Fishery.

INTRODUÇÃO

A produção pesqueira nacional historicamente sempre se fundamentou na exploração dos recursos pesqueiros costeiros, a maioria dos quais já apresentam sinais claros de sobrepesca (Haimovici, 1998). A exploração dos recursos pesqueiros oceânicos no Brasil, por sua vez, sempre foi bastante limitada e irregular, com a produção da pesca de atuns e afins, por exemplo, apresentando fortes oscilações interanuais, à exceção do bonito listrado, espécie de distribuição mais costeira (Hazin, pers. comm).

Na costa nordeste do Brasil, a pesca em alto-mar ocorre de forma preponderante em associação com bancos e ilhas oceânicas, a exemplo do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (Oliveira *et al.*, 1997), que constitui uma importante área de pesca da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Localizado no Oceano Atlântico Norte, um pouco acima da linha do equador, na Dorsal Meso-

Atlântica (00°55'02"N e 029°20'42"W), o ASPSP é o único conjunto de ilhas oceânicas do Brasil no hemisfério norte.

Segundo Vaske *et al.* (2006a), os primeiros trabalhos de prospecção no ASPSP ocorreram em 1977/1978 pelo BPq Diadorim (IBAMA), utilizando como aparelho de pesca o corrico, a rede de espera e a linha de mão, seguido pelo NPq Riobaldo (IBAMA), em 1985/1986, utilizando corrico, linha de mão de superfície e de fundo, e puçá. Em 1988, embarcações sediadas em Natal-RN iniciaram atividades no ASPSP visando a uma pesca direcionada principalmente para a albacora-laje (*Thunnus albacares*, Bonnaterre 1788), a cavala impigem (*Acanthocybium solandri*, Cuvier, 1829) e o peixe-voador (*Cypselurus cyanopterus*, Valenciennes, 1847) (Oliveira *et al.*, 1997). Atualmente, o ASPSP é freqüentado por vários barcos pesqueiros sediados do Ceará a Pernambuco, com a pesca direcionada, principalmente, para a albacora-laje e para a cavala impigem (Viana *et al.*, 2008). Com exceção dos estudos desenvolvidos por Oliveira *et al.* (1997), Vaske *et al.* (2006b) e Viana *et al.* (2008), são poucas as informações sobre a composição das capturas e a evolução histórica dos desembarques da frota pesqueira que atua ou que já atuou na região do ASPSP. Tais informações, entretanto, são fundamentais para se avaliar o impacto da atividade pesqueira sobre os estoques explorados naquela área e para assegurar, conseqüentemente, a sua sustentabilidade. Embora as principais espécies alvo da pesca sejam a albacora-laje, a cavala impigem e o peixe-voador, outras espécies com elevado valor comercial são também regularmente exploradas, como no caso do peixe-prego, *Ruvettus pretiosus* (Cocco 1829).

O peixe-prego, foco principal do presente estudo, é uma espécie bentopelágica oceânica que ocorre em águas tropicais, subtropicais e temperadas de todos os oceanos (Nakamura & Parin, 1993). Pertencente à família Gempylidae, é comum nas capturas incidentais das pescarias de atuns e afins em todo mundo (Peristeraki *et al.*, 2008; Tserpes *et al.*, 2006; Mejuto *et al.*, 2002; Castro *et al.*, 2000; Damalas & Megalofonou, 2010). A espécie, que atinge um tamanho máximo de 300 cm de comprimento total, ocorrendo geralmente solitária ou em pares

(Nakamura & Parin, 1993), é capturada pela frota que atua no ASPSP, especialmente nos períodos de entre-safra, quando a captura da principal espécie-alvo, a albacora-laje, *Thunnus albacares*, é substancialmente reduzida (Viana *et al.*, 2008). Em função da sua textura e sabor, a carne do peixe-prego vem sendo amplamente requisitada por restaurantes japoneses, onde é vendido sob a forma de sushi e sashimi, como peixe branco ou agulhão branco (Viana *et al.*, *in press*).

Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo analisar os dados de desembarques da frota pesqueira que atua na região do ASPSP, entre julho de 1998 e dezembro de 2010, com destaque para a pesca direcionada ao peixe-prego.

MATERIAL E MÉTODOS

Entre julho de 1998 e dezembro de 2010, foram obtidos e avaliados os dados de 303 desembarques, oriundos de seis embarcações pertencentes à frota comercial sediada em Natal- RN, que atuaram no ASPSP. Durante os desembarques, foram registrados os comprimentos total e zoológico de 678 exemplares de peixe-prego, entre os quais foi possível identificar o sexo em 590.

Para caracterizar a atividade pesqueira no ASPSP e descrever a pesca do peixe-prego, um questionário foi aplicado junto aos mestres das embarcações, no qual constavam informações sobre: local da pesca, variação e composição do aparelho de pesca, diâmetro da linha, quantidade de linha por pescador, tamanho e tipo de anzol, quantidade de anzol por linha, peso do lastro, tipo de isca e profundidade mínima e máxima do local e aparelho de pesca.

A CPUE (Captura por Unidade de Esforço) foi calculada como o peso (kg) capturado, por espécie, por barco/dia de pesca, para cada ano, trimestre e mês, com base nos dados obtidos por meio de registros de desembarques por viagem das embarcações que operaram no entorno do ASPSP.

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis a um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

A atividade pesqueira nas circunvizinhanças do ASPSP concentra-se em uma área que se estende desde os 50 m até cerca de 10 milhas náuticas de distância do arquipélago, sendo efetuada por embarcações de aproximadamente 17 m de comprimento cuja tripulação é composta, em média, por oito pescadores. O tempo de permanência no ASPSP situa-se em torno de 15 dias, período no qual os barcos utilizam diversas artes de pesca para a captura de diferentes espécies de peixes, como segue: puçá (cangulo-preto e peixe-voador); espinhel pelágico (tubarões); corrico (cavala impigem) e linha de mão (albacora-laje). A produção anual de todas as espécies desembarcadas provenientes do ASPSP aumentou de 1998 até 2003-2004, anos em que se situou próxima de 250 t. A partir de 2005, a produção decresceu, situando-se entre 2006 e 2009 em torno de 160 t. Em 2010, as capturas voltaram a cair, com 116 t (Fig. 1) tendo sido desembarcadas.

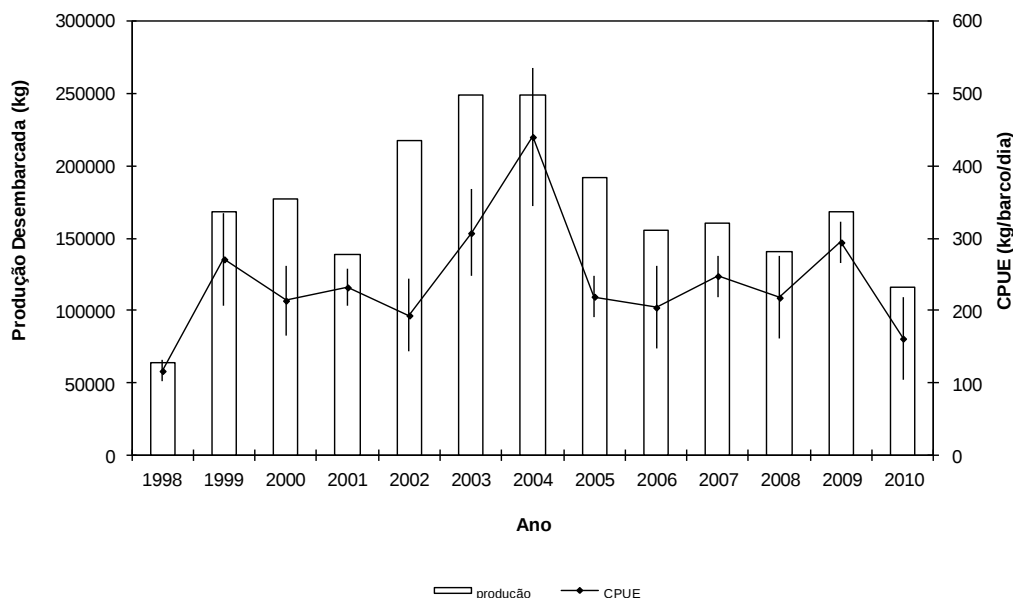


FIG. 1. Produção anual total (kg) e CPUE (kg/ barco/ dia) calculada a partir dos desembarques de 6 embarcações que operaram no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão da CPUE.

As médias anuais da CPUE aumentaram até 2004, quando atingiu o máximo de 440 kg/barco/dia. Após esse pico, verificou-se uma queda acentuada em 2005 (204 kg/barco/dia), seguida de leve oscilação interanual, com aumento em 2009 (294 kg/barco/dia) e decréscimo novamente em 2010 (161 kg/barco/dia) (Fig. 1). Os valores médios anuais de CPUE, entretanto, não apresentaram diferença estatisticamente significativa ao longo dos anos (Kruskal-Wallis, GL = 12, p -value = 0.446).

Os principais recursos pesqueiros identificados nos desembarques amostrados na região do ASPSP incluem 20 espécies distribuídas em oito famílias de peixes, entre as quais a família Scombridae (79,2%) foi a mais freqüente. Os recursos desembarcados em maiores volumes no período estudado foram: as albacoras (57,5%), a cavala impigem (21,7%), o peixe-voador (10,1%) e os tubarões (*Carcharhinus* sp., *Prionace glauca*, *Isurus oxyrinchus*, *Sphyrna lewini*) (4,1%). Juntas, essas espécies corresponderam a 93,4% das capturas amostradas no período. Entre os demais recursos desembarcados incluem-se: o peixe-rei (*Elagatis bipinnulata*) (2,6%), o xaréu-preto (*Caranx lugubris*) (1,4%) e o peixe-prego (*Ruvettus pretiosus*) (1,0%). Outros peixes (1,6%), como o dourado (*Coryphaena* spp), os agulhões (*Istiophorus albicans*, *Makaira nigricans*, *Tetrapturus albidus* e *Xiphias gladius*), o cangulo-do-alto (*Canthidermes sufflamen*), a guarajuba (*Carangoides bartholomaei*), entre outros, apresentaram capturas eventuais (Fig. 2).

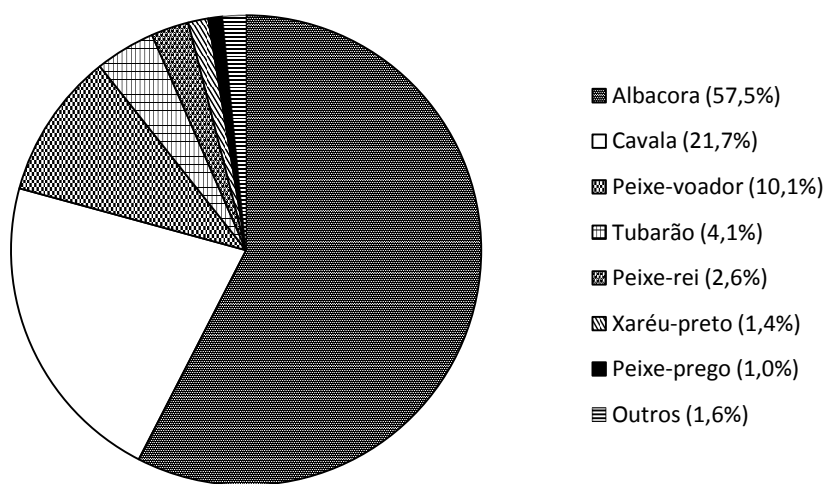


FIG. 2. Principais recursos pesqueiros identificados nos desembarques provenientes do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010.

Excluindo-se as capturas das albacoras e da cavala impigem, que predominaram durante praticamente todos os anos avaliados, as capturas de peixe-rei, xaréu-preto e peixe-prego permaneceram relativamente estáveis durante o período, sem ultrapassar 10 t, enquanto as capturas de tubarões e peixe-voador diminuíram consideravelmente a partir de 2005 (Fig. 3).

Entre os anos de 2000 e 2001, uma grande quantidade de tubarão foi capturada, havendo uma subsequente redução nos dois anos seguintes, aumentando novamente em 2005, ano em que foi registrada a maior captura dessas espécies (16 t). Após esse pico de produção, houve uma redução considerável, que se estabilizou em cerca de 3 t a partir de 2008, atingindo o menor valor em 2010 (2 t).

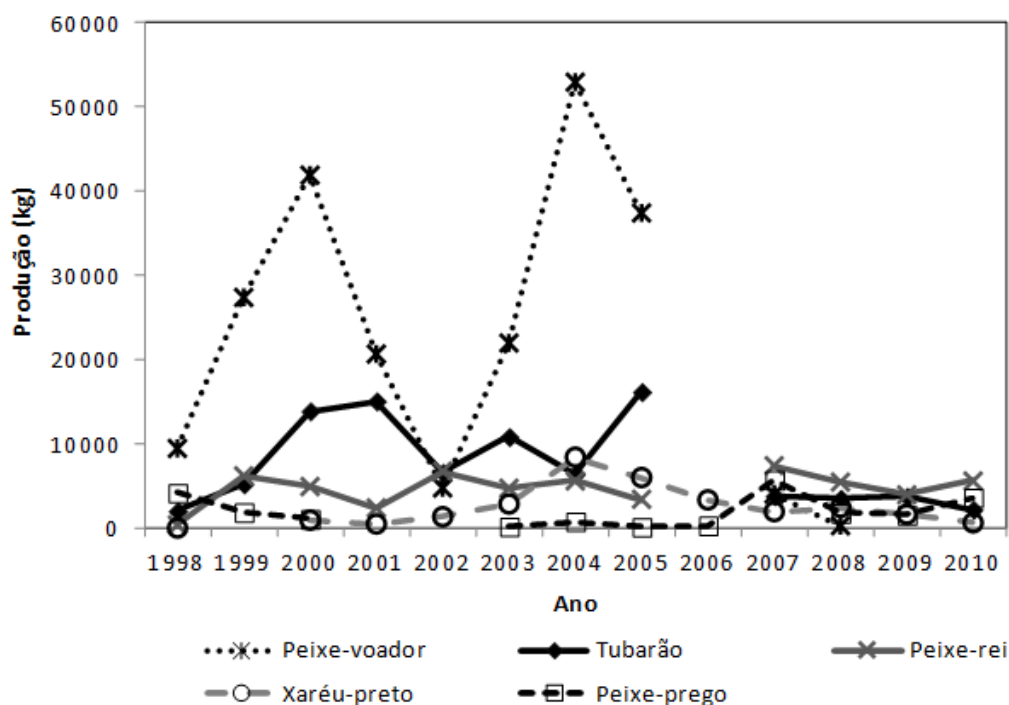


FIG. 3. Desembarques anuais por espécie (excluindo-se as albacoras e a cavala impigem) de embarcações que operaram no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010.

Nos últimos três anos de estudo (2008 a 2010), quando as capturas de tubarão começaram a ser discriminadas por espécie, o tubarão lombo-preto (*Carcharhinus falciformis*, Bibron, 1839) foi a principal espécie capturada, representando mais da metade das capturas do grupo (53%), seguido do tubarão azul (*Prionacea glauca*, Linnaeus, 1758) (23%), do tubarão-martelo (*Sphyrna lewini*, Griffith & Smith, 1834) (18%) e do tubarão mako (*Isurus oxyrinchus*, Rafinesque, 1810) (6%).

A captura do peixe-prego ocorre do lado oeste do arquipélago, a jusante, do mesmo (Fig. 4), principalmente pelo fato das embarcações praticarem essa pesca enquanto permanecem fundeadas em amarras instaladas pela Marinha do Brasil neste local. A captura do peixe-prego é realizada utilizando-se como arte de pesca a linha de mão, confeccionada em *nylon* monofilamento, com anzol e lastro na

extremidade, a fim de manter a linha próxima ao fundo. O diâmetro da linha varia entre 2.0 e 2.5 mm, e cada pescador utiliza de 60 a 200 m de linha. O anzol é do tipo “J”, tamanho 1/0, com dois anzóis sendo utilizados por cada pescador, em linhas secundárias diretamente ligadas a linha mestra. O peso do lastro varia de 1,5 a 5 kg e a pesca ocorre em profundidades que vão de 70 a 250 m. Para facilitar o recolhimento das linhas de mão, são utilizadas “bicicletas”, um sistema de molinete acionado manualmente para facilitar o içamento do peixe (Fig. 5). Eventualmente, alguns exemplares de peixe-prego são capturados também como fauna acompanhante na pesca com espinhel dirigida aos atuns e tubarões, em áreas distantes do ASPSP.

Dos 303 desembarques analisados apenas 72 (23,8%) apresentaram exemplares de peixe-prego. 2007 foi o ano com o maior número de desembarques para essa espécie (13), não tendo sido registrada qualquer produção da mesma nos anos de 2001 e 2002. A produção anual de peixe-prego apresentou uma grande variação ao longo do período estudado, exibindo quedas abruptas em 2003 (214 kg) e 2005 (161 kg) e atingindo a maior produção em 2007 (5.700 kg). Em 2010 a produção voltou a crescer, alcançando a produção de 3.600 kg (Fig. 6).

Com exceção dos anos de 2001 e 2002, quando não houve captura de peixe-prego, as médias anuais da CPUE oscilaram entre 3 e 19 kg/barco/dia, com um pico em 2010, quando alcançou o máximo de 34 kg/barco/dia (Fig. 6). Os valores médios anuais de CPUE do peixe-prego, contudo, não apresentaram diferenças estatisticamente significantes ao longo dos anos (Kruskal-Wallis, $df = 12$, $p\text{-value} = 0.4433$).

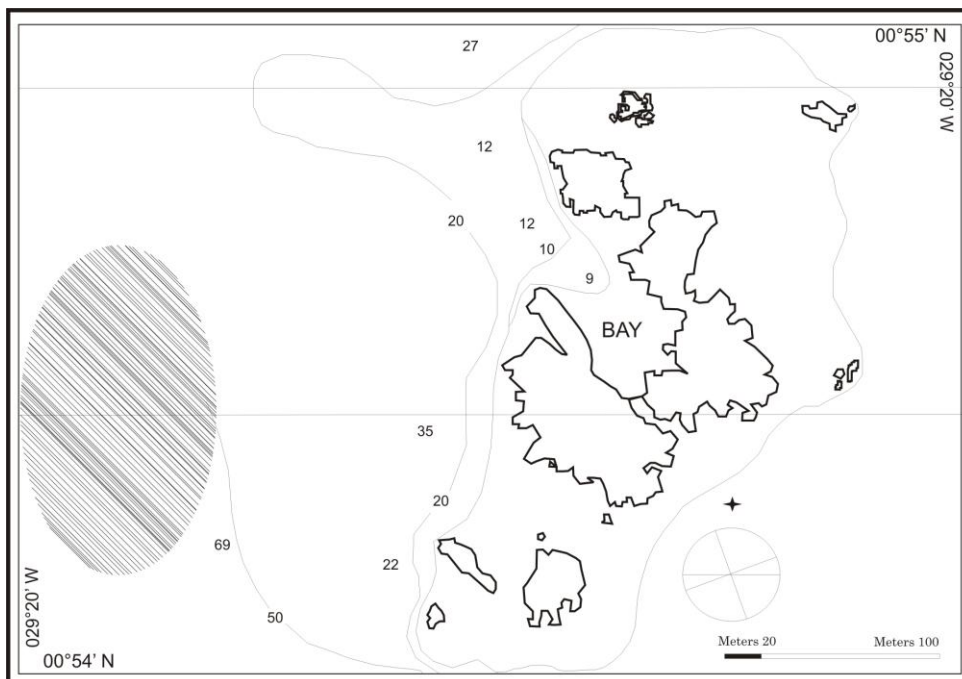


Fig. 4. Mapa do Arquipélago de São Pedro e São Paulo destacando a área onde é realizada a pesca direcionada ao peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*.

As maiores e menores produções médias trimestrais foram observadas no terceiro (9 t) e primeiro (1 t) trimestres, respectivamente (Fig. 7), sem apresentar, no entanto, diferenças estatisticamente significantes (Kruskal-Wallis, $GL = 3$, $p\text{-value} = 0.3916$).

A maior CPUE média trimestral (Fig. 7), por sua vez, foi observada no quarto trimestre (23,7 kg/barco/dia), embora, novamente, as diferenças não tenham sido estatisticamente significantes (Kruskal-Wallis, $GL = 3$, $p\text{-value} = 0.0310$).

A maior produção mensal desembarcada ocorreu em julho (5,6 t), enquanto as menores produções foram observadas nos meses de fevereiro e março (Fig. 8).



Fig. 5. Sistema de molinete puxado manualmente para facilitar o içamento do peixe

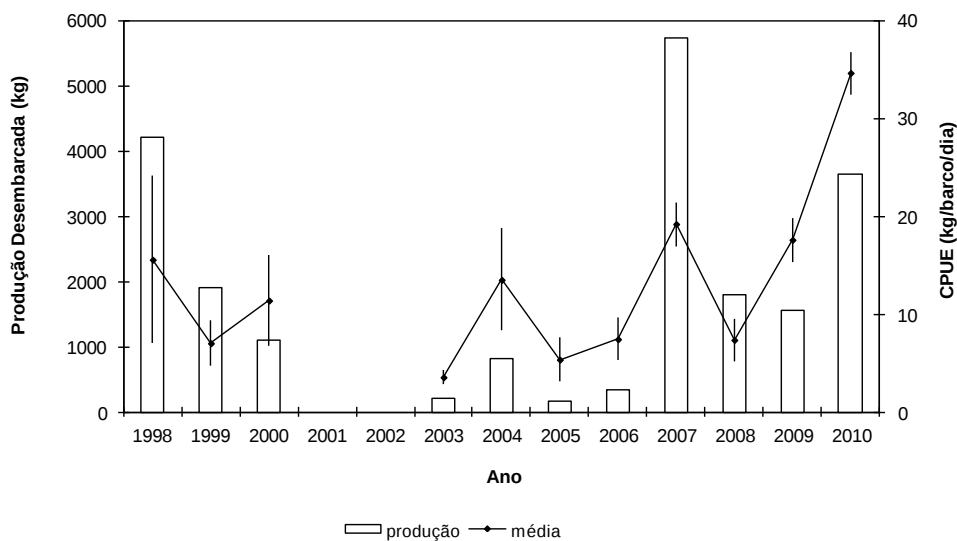


FIG. 6. Produção anual desembarcada e CPUE média anual do peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 (as barras representam o desvio padrão).

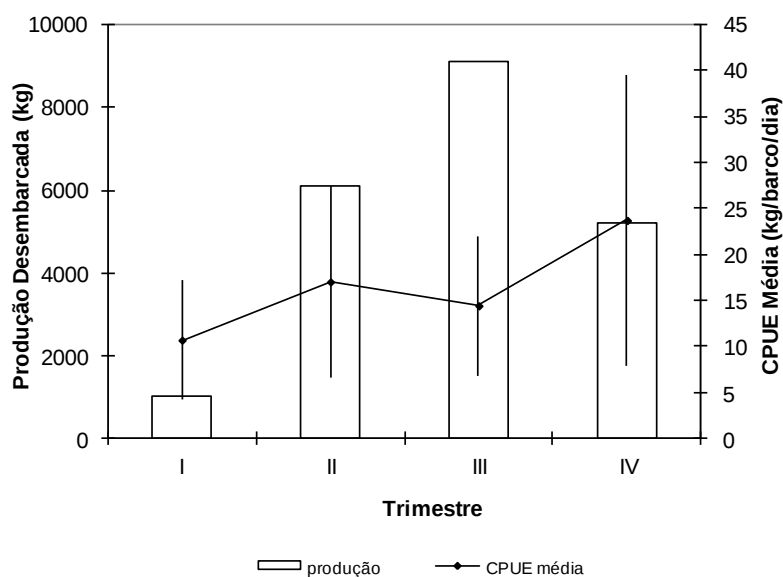


FIG. 7. Desembarques médios e CPUE média, por trimestre, do peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, proveniente do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 (as barras representam o desvio padrão da CPUE).

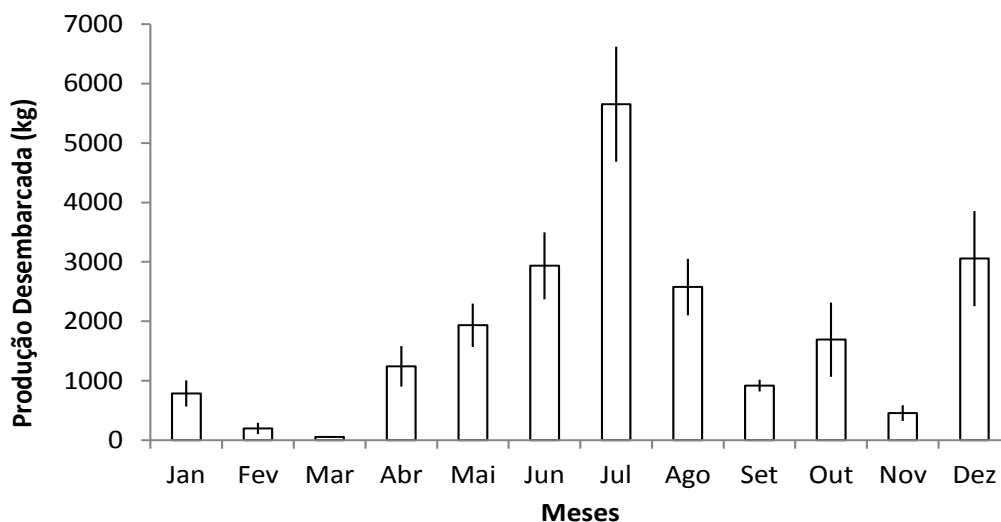


FIG. 8. Produção média mensal de peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, proveniente do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 (as barras representam o desvio padrão).

Dos 590 exemplares cujo sexo foi identificado, 542 eram fêmeas (91,9%) e 48 eram machos (8,1%). A amplitude do comprimento total dos 678 exemplares medidos variou entre 68,0 e 178,0 cm para as fêmeas e entre 52,4 e 154,0 cm para os machos, ambos com moda entre 120-130 cm (Fig. 9), sem diferença estatisticamente significativa entre os sexos (Kolmogorov-Smirnov, $p < 0.05$, $p\text{-valor} = 0.0001$).

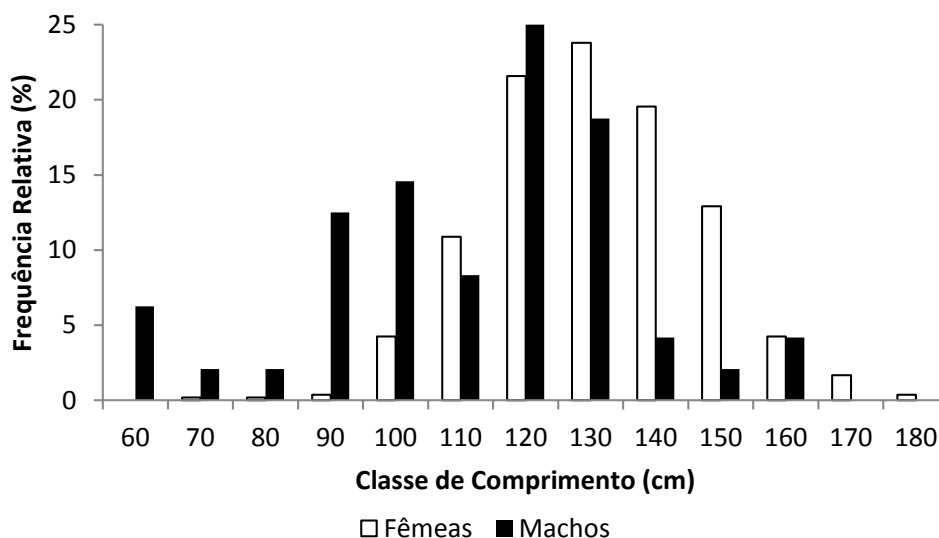


FIG. 9. Distribuição de frequência de comprimento total e sexo de peixes-prego, *Ruvettus pretiosus*, provenientes do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 (n = 590).

DISCUSSÃO

Apesar de não ser possível estimar as produções totais oriundas do ASPSP, em razão das várias outras embarcações que operam naquela região, além daquelas cujos desembarques foram monitorados no presente trabalho, os números aqui apresentados oferecem uma primeira informação sobre a dimensão da atividade pesqueira realizada no entorno do arquipélago por barcos da frota pesqueira sediada em Natal – RN.

O fato da pesca no ASPSP ser realizada utilizando-se diferentes artes de pesca voltadas para diferentes espécies ao longo do ano, praticamente impossibilita a padronização do esforço de pesca e consequentemente da CPUE (Vaske *et al.*, 2006a), dificultando a avaliação da variação sazonal e interanual de abundância das diversas espécies capturadas. Segundo Oliveira *et al.* (1997), no triênio 1994/1995/1996, foram capturadas 411 t de pescado na região do ASPSP, entre as quais o peixe-voador representou 41,7%, as albacoras 30,6% e a cavala impigem 10,8%. De acordo com Viana *et al.* (2008), a partir de 1998 parece ter havido uma clara inversão da espécie-alvo, com as albacoras tendo se tornado o principal componente dos desembarques (56%), cenário que permanece até os dias atuais, enquanto o peixe-voador caiu para a terceira posição, com uma redução no seu percentual de participação em peso, de cerca de 42% para apenas 13%. No presente estudo os percentuais permaneceram muito próximos destes valores, com as albacoras participando com 57,5% e o peixe-voador com 10,1% dos desembarques.

Diversos autores relataram a pesca de tubarões no entorno do ASPSP (Fitzroy, 1839; Darwin, 1845; Wild, 1923; Tressler *et al.* 1956; Edwards & Lubbock, 1982). Vaske *et al.* (2006a) considerou a captura do tubarão lombo-preto alta no ASPSP (2,1% da captura total em número) uma vez que em oceano aberto os tubarões do gênero *Carcharhinus* representam cerca de apenas 0,6% em número do total capturado (Hazin, 1993). A reduzida captura de tubarões no ASPSP registrada por Viana *et al.* (2008) aponta para um possível declínio na abundância da população de tubarões na área, possibilidade já sugerida por outros autores (Edwards & Lubbock, 1982). Segundo Edwards & Lubbock (1982), a diminuição na abundância dos tubarões nas proximidades do ASPSP se deveu à pesca comercial, em função do grande número de tubarões capturados incidentalmente, por ocasião da captura de espécies de maior interesse comercial. A queda na produção de tubarões registrada neste estudo, a partir de 2005, entretanto, pode ter resultado, também, do espinhel haver sido menos utilizado pelas embarcações monitoradas, aspecto que não pôde ser avaliado.

A grande variação da produção anual do peixe-prego ao longo do período estudado, com a maior quantidade tendo sido registrada em 2007 (5,7 t), pode ser um reflexo do aumento do esforço direcionado à espécie, seja em razão da demanda pelos restaurantes de culinária japonesa, seja por eventuais declínios na produção das espécies-alvo mais tradicionais (albacora-laje e cavala impigem). Analogamente, o fato das maiores produções terem se verificado no terceiro trimestre do ano, e em particular em julho, certamente está relacionado ao período da entre-safra da principal espécie alvo, a albacora-laje.

Segundo Vaske *et al.* (2006) a captura do *R. pretiosus* no ASPSP chama a atenção pelo tamanho dos exemplares, já que em registros de capturas no Atlântico sudoeste equatorial, não são capturados espécimes com mais de 90 cm, enquanto no ASPSP, parece haver cardumes localizados em águas profundas, com tamanhos médios de 130 cm. No presente estudo a amplitude de comprimento total dos peixes-prego variou entre 68,0 e 178,0 cm de CT para as fêmeas e 52,4 e 154,0 cm de CT para os machos, com comprimentos médios entre 120-130 cm para ambos os sexos, corroborando com Vaske *et al.* (2006b). No leste do Mar Mediterrâneo, Vasilakopoulos *et al.* (2011) registrou exemplares fêmeas com o comprimento total variando entre 89,0 e 182,0 cm, enquanto que para os machos a variação ficou entre 109 e 139 cm de CT, amplitudes, portanto, bem menores do que as encontradas no presente trabalho.

Segundo Viana *et al.* (2008), quase todas as espécies capturadas no ASPSP apresentam uma distribuição bastante ampla no Oceano Atlântico, embora algumas delas, a exemplo da cavala impigem, utilizem o ASPSP como área de desova. O monitoramento da atividade pesqueira no entorno do arquipélago é, portanto, de grande importância para permitir uma avaliação adequada da evolução das capturas e para orientar a adoção de medidas de manejo e conservação necessárias para se evitar depleções localizadas dos estoques explorados, com indesejáveis prejuízos ecológicos e sócio-econômicos.

REFERÊNCIAS

- CASTRO, J.; DE LA SERNA, J. M.; MACÍAS, D.; MEJUTO, J. Estimaciones científicas de los desembarcos de espécies asociadas realizados por La flota española de palangre de superfície em 1997 y 1998. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT., v. 51, p. 1882-1893. 2000.
- DAMALAS, D; MEGALOFONOU, P. Environmental effects on blue shark (*Prionace glauca*) and oilfish (*Ruvettus pretiosus*) distribution based on fishery-dependent data from the eastern Mediterranean Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom., v. 90 (3), p. 467-480. 2010.
- DARWIN, C. Journal of Researches into the Natural History and Geology of the Countries Visited during the Voyage of the H.M.S. Beagle Round the World Under the Command of Cap. Fitz Roy. John Murray, London. 1845.
- EDWARDS, A.J., LUBBOCK, H.R. The shark population of Saint Paul's Rocks. Copeia, 223-225. 1982.
- FITZROY, R.N. Narrative of the Surveying Voyages of His Majesty's Ships Adventure and Beagle Between the Years 1826 and 1836. Vol. II. Proceedings of the Second Expedition. Henry Colburn, London. 1839.
- HAIMOVICI, M. 1998. Present state and perspectives for the southern Brazil shelf demersal fisheries. Fish. Man. Ecol., 5: 277-299.
- HAZIN, F. H. V. Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. Tóquio 1993. 286 p. Tese Doutorado). Universidade de Pesca de Tóquio, Japão.
- LUIZ, O. J; EDWARDS, A. J. 2011. Extinction of a shark population in the Archipelago of Saint Paul's Rocks (equatorial Atlantic) inferred from the historical record. Biological Conservation v. 144, p. 2873-288. 2011.
- MEJUTO, J.; GARCÍA-CORTÉS, B.; DE LA SERNA, J. M. Preliminary scientific estimations of by-catches landed by the Spanish surface longline fleet in 1999 in the Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT., v. 54, p. 1150-1163. 2002.
- NAKAMURA, I.; PARIN, N. V. Snake mackerels and cutlassfishes of the world (families Gempylidae and Trichiuridae). An annotated and illustrated catalogue of the snake mackerels, snoeks, escolares, gemfishes, sackfishes, domine, oilfish, cutlassfishes, scabbardfishes, hairtails, and frostfishes known to date. FAO fish. Synop., v. 15, p. 1-136. 1993.
- OLIVEIRA, G. M.; EVANGELISTA, J. E. V.; FERREIRA, B. P. 1997. Considerações sobre a biologia e a pesca no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Boletim Técnico do CEPENE, v. 5 (1): 1-16.

- PERISTERAKI P., KYPRAIOS N., LAZARAKIS G.; TSERPES G. By-catches and discards of the Greek swordfish fisheries. Collective Volume of Scientific Papers ICCAT, 62 (4): 1070-1073. 2008.
- TRESSLER, W.L., BERSHAD, S., BERNINGHAUSEN, W.H. Rochedos de São Pedro e São Paulo (St. Peter and St. Paul Rocks). US Navy Hydrographic Office Technical Report. v. 31, p. 1-63. 1956.
- TSERPES G., TATAMANIDIS G.; PERISTERAKI P. Oilfish and shark by-catches of the Greek swordfish fishery in the E. Mediterranean; a preliminary analysis applied to 'presence-absence' data. (SCRS/2005/065) ICCAT. Collected Volumes Scientific Papers 52, 740-744. 2005.
- VASILAKOPOULOS, P.; PAVLIDIS, M.; TSERPES, G. On the diet and reproduction of the oilfish *ruvettus pretiosus* (Perciformes: Gempylidae) in the eastern Mediterranean. J. Mar. Biol. Ass. UK., v. 91 (4), p. 873-881. 2011. doi:10.1017/S0025315410001785
- VASKE JUNIOR, T.; LESSA, R. P.; RIBEIRO, A. C. B.; NOBREGA, M. F.; PEREIRA, A. A. and ANDRADE, C. D. P. 2006a. A pesca comercial de peixes pelágicos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Tropical Oceanography (Revista online), Recife, v. 34, n. 1, p. 31-41
- VASKE JUNIOR, T., HAZIN, F. H. V.; LESSA, R. P. 2006b. Fishery and feeding habits of the rainbow runner, *Elagatis bipinnulata* (Quoy & Gaimard, 1825) (Pisces: Carangidae), in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil.
- VASKE, JR. T.; HAZIN, F. H. V.; LESSA, R. P. Pesca e Hábitos Alimentares do peixe-rei, *Elagatis bipinnulata* (Quoy and Gaimard, 1825) (Pisces: Carangidae) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Arq. Cienc. Mar., v. 39, p. 61-65. 2006.
- VIANA, D. L.; HAZIN, F. H. V.; NUNES, D.; CARVALHO, F.; VÉRAS, D.; TRAVASSOS, P. Wahoo *Acanthocybium solandri* Fishery in the Vicinity of Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil, from 1998 to 2006. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT., v. 62, p. 1662-1670. 2008.
- VIANA, D.; TOLOTTI, M.; ARAUJO, R.; VASKE JUNIOR, T., HAZIN, F. H. V. in press. Diet of the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Actinopterygii: Gempylidae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. Brazilian Journal of Oceanography.
- WILD, F. The voyage of the 'Quest'. The Geographical Journal. v.61, p.73-97. 1923.

Capítulo 2

Diet of the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Actinopterygii: Gempylidae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil

Brazilian Journal of Oceanography, in press.

DIET OF THE OILFISH *Ruvettus pretiosus* (ACTINOPTERYGII: GEMPYLIDAE) IN THE SAINT PETER AND SAINT PAUL ARCHIPELAGO, BRAZIL

Danielle Viana¹, Mariana Tolotti¹, Rodolfo Araújo¹, Teodoro Vaske Júnior² and Fábio Hissa Vieira Hazin³

¹Universidade Federal de Pernambuco – Departamento de Oceanografia
(Cidade Universitária, 50670-901 Recife, PE, Brasil)
E-mail: vianadl@yahoo.com; maritrrr@gmail.com; rjaraujo@gmail.com

²Universidade Santa Cecília - Laboratório de Pesquisas Biológicas
(Rua Oswaldo Cruz, 277, Boqueirão, 11045-907, Santos, SP, Brasil)
E-mail: vaske@ig.com.br

³Universidade Federal Rural de Pernambuco - LOP/DEPAq
(Av. Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-030 Recife, PE, Brasil)
E-mail: fhvhazin@terra.com.br

Running title: Diet of the oilfish...

ABSTRACT

In the present work, feeding aspects of the oilfish, *Ruvettus pretiosus*, were studied based on 314 stomachs of both male and female specimens caught in the area surrounding the Saint Peter and Saint Paul Archipelago. The total length of the examined specimens ranged from 52.4 cm to 189.0 cm. Of the 314 stomachs examined, 128 presented some food and 186 were empty. Thirty four *taxa* were identified, represented by 16 fishes, 17 cephalopods and 1 crustacean. The stabilization of the food items richness was obtained at 35 food items and 104 stomachs approximately. A remarkable predation upon the flying fish *Cheilopogon cyanopterus* was observed around SPSPA, which is directly related to the main reproductive period of this species in the area. The oilfish's food spectrum shows that the species feeds on a wide vertical range in the water column, catching preys in the surface or shallow waters, as well as epi-mesopelagic fish, in addition to mesopelagic cephalopods. The Saint Peter and Saint Paul Archipelago is an important feeding ground for the oilfish.

Descriptors: Peciformes, Benthopelagic species, Analysis, Stomach content, Composition, Oceanic area.

RESUMO

No presente trabalho, aspectos alimentares do peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, foram estudados com base nos estômagos de 314 espécimes, de ambos os sexos, capturados nos arredores do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Todos os exemplares foram capturados com linha de mão. O comprimento total dos exemplares examinados variou de 52,4 cm a 189,0 cm. Dos 314 estômagos examinados, 128 apresentaram algum alimento e 186 estavam vazios. Trinta e quatro táxons foram identificados, representados por 16 peixes, 17 cefalópodes e um crustáceo. A estabilização da riqueza dos itens alimentares foi obtida com 35 itens e cerca de 104 estômagos. Uma predação notável sobre o peixe-voador *Cheilopogon cyanopterus* foi observada nas adjacências do ASPSP, diretamente relacionada com o principal período reprodutivo dessa espécie na área. O espectro alimentar do peixe-prego mostra que a espécie se alimenta em uma ampla faixa vertical na coluna d'água, capturando desde presas de superfície ou águas rasas, a peixes epi-mesopelágicos, além de

cefalópodes mesopelágicos. O Arquipélago de São Pedro e São Paulo é um importante local de alimentação para o peixe-pregoeiro.

Descritores: Peciformes, Espécie bentopelagica, Análises, Conteúdo estomacal, Composição, Área oceanica.

INTRODUCTION

The oilfish *Ruvettus pretiosus* Cocco, 1829 is a ocean benthopelagic species that occurs in tropical, subtropical and temperate waters from Atlantic, Pacific and Indian oceans (NAKAMURA and PARIN, 1993), including the Mediterranean Sea (UYENO *et al.*, 1983; NAKAMURA and PARIN, 1993; BETTOSO and DULCIC, 1999; ELBARAASI *et al.*, 2007). It reaches approximately 300 cm of total length (LIM *et al.*, 2003) and more than 50 kg (PAKHORUKOV and BOLTACHEV, 2001), being usually found in the continental slope and in oceanic areas from 100 m (UYENO *et al.*, 1983; CERVIGÓN *et al.*, 1992; NAKAMURA and PARIN, 1993; FIGUEIREDO and MENEZES, 2000) to about 1,500 m depth (NAKAMURA, 1995). It usually migrates to the surface at night, feeding on squids, bony fishes and crustaceans (NAKAMURA, 1995; PAKHORUKOV and BOLTACHEV 2001; ELBARAASI *et al.*, 2007). Present on the entire Brazilian coast, the oilfish is regularly caught by the tuna longline fleet based in the states of Rio Grande do Norte and Pernambuco. In the vicinity of the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA), the species is mostly caught by hand-line, mainly during the dry season (July to September), when catches of the main target species, yellowfin tuna,

(*Thunnus albacares*), is substantially reduced (VIANA *et al.*, 2008).

Fisheries activity targeting *R. pretiosus* is executed in only a few marine areas of the Atlantic mainly by small scale fishing fleets using hand lines (CASTRO *et al.*, 2000). Nevertheless, oilfish specimens also appear as an incidental by-catch in numerous drifting surface longline fisheries targeting tuna and swordfish (CASTRO *et al.*, 2000; MEJUTO *et al.*, 2002). The oilfish has a high commercial value, being much appreciated in the domestic market (WEIDNER and AROCHA, 1999). In Brazil, depending on its texture and flavor, its meat has been widely requested by Japanese restaurants, where it is sold as sushi and sashimi under the name of white-fish or white-marlin.

Although the oilfish is regularly caught by fishing boats operating along the Brazilian coast, published information about the biology of *R. pretiosus* is very scarce. Vasilakopoulos *et al.* (2011) examined the dietary preferences and reproductive biology of about 50 specimens in the eastern Mediterranean and showed that the most numerous and frequently occurring prey items were benthopelagic fish, followed by cephalopods and that the spawning is expected to occur during mid and late summer. According to Nakamura (1995) and Pakhorukov and Boltachev (2001), it feeds on squids, bony fishes and crustaceans. Curiously, most citations in

the literature refer exclusively to the high content of lipids in its meat (COX and REID, 1932; NEVENZEL *et al.*, 1965; SATO and TSUCHIYA, 1969; OCHIAI *et al.*, 1984; RUIZ-GUTIERREZ *et al.*, 1997; SHADBOLT *et al.*, 2002; LING *et al.*, 2008).

A thorough knowledge of the diet is important to understand the aggregation behavior of the oilfish in oceanic areas as well as in the vicinity of islands and offshore banks (VASKE *et al.*, 2003). In this context, the stomach contents of the oilfish were analyzed in this study, with regards to food composition in weight, size, number and frequency of occurrence of prey categories, aiming at generating specific information about the species' feeding habits, particularly in the vicinity of the Saint Peter and Saint Paul Archipelago.

MATERIALS AND METHODS

The 314 examined specimens were captured in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA), a small group of rocky islands located near the Mid-Atlantic Ridge, about 100 km north of the equator (00°55'N; 029°20'W) (CAMPOS *et al.*, 2009) (Fig. 1). All specimens were caught by hand line at depths ranging between 100 and 250 m, at night, using chunks of flying fish (*C. cyanopterus*) caught on the spot, as bait. The fish stomachs were collected during 25 scientific expeditions, done from June 2008 to February 2011, with an average duration of 25 days each. After boarding, all fish were identified and measured, for total (TL) and standard lengths (SL). They were then eviscerated for the collection of the stomachs, which were

then frozen intact for later analysis in the laboratory.

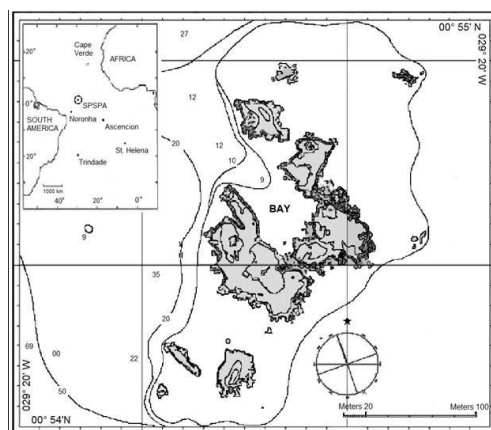


FIG. 1. Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil.

All materials removed from the stomachs were regarded as stomach content. Each food category was named a food item and each food item unit was called a prey. The number of units of each food item, its length (mantle length for cephalopods) in centimeters and weight in grams were recorded for each stomach. Baits were not counted in the total sum of preys since they were not part of the natural diet.

The identification of each prey was done to the lowest taxonomic category possible. The percentages in number (% N), wet weight in grams (% P) and frequency of occurrence (% FO) of each food item was recorded and used to calculate the Index of Relative Importance (IRI) (PINKAS *et al.*, 1971), in order to rank their order of importance: $IRI = \% FO \times (\% N + \% P)$. In the case of cephalopod beaks, only their numerical influence per species was considered, since they are chitinous non-digestible structures, small and very

light. A curve of prey species richness was obtained to verify if the number of stomachs analyzed was enough and representative of the food spectrum. An Index of Stomach Repletion was determined according to the scale proposed by Vaske Jr. (2003), as follows: 0 = empty, 1 = almost empty/25% filled, 2 = half/50% filled, 3 = almost full/75% filled and 4 = full/100% completed.

The degree of prey digestion was also determined according to the scale proposed by Vaske Jr. *et al.* (2004), as follows: I- non-digested prey (ND); II- starting digestion (SD), with loss of parts of skin, and scales of fishes and squids, and of carapaces of crustaceans; III- advanced digestion (AD), with loss of fins and muscular parts; IV- complete digestion (CD), only remains of muscles, bones, carapaces and cephalopods beaks.

RESULTS

Of the 314 individuals examined, 294 were females (93,6%) and 20 males (6,4%). The overall ratio of males to females was 1:14.7. The total length of the specimens ranged from 52.4 to 189.0 cm, with modes between 110-130cm for both males and females (Fig. 2).

Of the 314 stomachs collected, 186 were empty (59,2%) and 128 had some content (40,8%). Of the stomachs with contents, 9.9% were almost empty (25% filled), 19.4% were in half (50% completed), 7.6% were almost full (75% filled) and 4.5 % were full (100% filled). Baits were found in 17 stomachs, representing 13.3% of total stomachs having some content. Ten stomachs

(7.6%) had almost no prey digestion (I), 19 (14.4%) were at the digestion beginning (II), 38 (28.8%) were in advanced digestion (III) and 65 (49.2%) showed nearly complete digestion with prey reduced to just parts of muscles, bones and shells.



FIG. 2. Size distribution for both sexes of *Ruvettus pretiosus*, caught in the SPSPA (n= 314).

Thirty four *taxa* (1 infraclass, 2 orders, 13 families, 7 genus and 11 species) were identified in the stomach contents, including 16 *taxa* of fish, 17 of cephalopods and one crustacean (Table 1). The major groups were: unidentified teleostei; cephalopods of the family Opistotheutidae and *C. cyanopterus*, representing together 54% of the total number (Table 2). In the frequency of occurrence, *C. cyanopterus* took the second place, while cephalopods of the family Opistotheutidae occupied the third place (Table 2). Strange objects launched from vessels, such as polystyrene, nylon strings, steel hooks, bones and bovine meat, were also found.

TABLE 1. Proportion of organisms found in the stomachs of oilfish, *Ruvettus pretiosus*, caught in the SPSPA, by forage category.

Forage category	% taxa	n° of stomachs
Teleosts	65.5	95
Cephalopods	33.8	49
Crustaceans	0.7	1
Total	100.0	145

According to the IRI rank, with the exception of unidentified Teleostei, the two main items in the oilfish diet were the fish species *Cheilopogon cyanopterus* and other representatives of the Exocoetidae family, which could not be identified to the species level due to the advanced digestion level. Specimens of *Cheilopogon cyanopterus* are likely included in these unidentified species as well, thus making their IRI even higher. *Caranx lugubris*, *Elagatis bipinnulata* and *Promethichthys prometheus* occurred in only one occasion. Cephalopods of the families Opistotheutidae, Octopodidae and Cranchiidae were found in 53.0% of stomachs, with 71.0% representing only the family Opistotheutidae. At the species level, the following cephalopods were found: *Stenoteuthis pteropus*, *Ocythoe tuberculata*, *Ancistrocheirus lesueur*, *Enoploteuthis leptura* and *Octopus insularis*. The stabilization of the food items richness was obtained at 35 food items and 104 stomachs approximately, which means that the number of sampled individuals was

enough to obtain the feeding spectra of food items (Fig. 3).

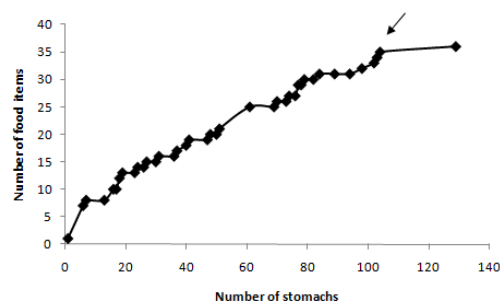


FIG. 3. Food items diversity curve of *Ruvettus pretiosus* in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago. Arrow indicates the stabilization point.

TABLE 2. Percentages in number, weight, and frequency of occurrence of food items of *Ruvettus pretiosus*, in the SPSPA. IRI – Index of Relative Importance, ranging from 1 to 5 in order of importance (OI).

PREY ITEMS	N	%N	W	%W	FO	%FO	IRI	OI
KINGDOM ANIMALIA								
PHYLUM ARTHROPODA								
ORDER DECAPODA	1	0.47	2.81	0.0	1	0.62	0	
PHYLUM CHORDATA								
CLASS ACTINOPTERYGII								
INFRAClass TELEOSTEI								
ORDER ANGUILLIFORMES								
FAMILY MURAENIDAE	1	0.47	100	0.6	1	0.62	1	
ORDER PERCIFORMES								
FAMILY BRAMIDAE								
GENUS <i>Brama</i>								
SPECIES <i>Brama caribbea</i> Mead, 1972	2	0.93	153.07	1.0	2	1.23	2	
FAMILY CARANGIDAE								
GENUS <i>Elagatis</i>								
SPECIES <i>Elagatis bipinnulata</i> Quoy and Gaimard, 1825	1	0.47	210.83	1.3	1	0.62	1	
GENUS <i>Caranx</i>	1	0.47	441	2.8	1	0.62	2	
SPECIES <i>Caranx lugubris</i> Poey, 1860								
FAMILY CHIASMODONTIDAE	1	0.47	0.73	0.0	1	0.62	0	
FAMILY CORYPHAENIDAE								
GENUS <i>Coryphaena</i> sp.	1	0.47	794	5.0	1	0.62	3	
FAMILY EXOCOETIDAE	2 3	10.70	2450.2	15.6	19	11.73	308	3
GENUS <i>Cheylopogon</i>								
SPECIES <i>Cheilopogon cyanopterus</i> Valenciennes, 1847	29	13.49	5734.5 1	36.5	23	14.20	709	2
FAMILY GEMPYLIDAE	1	0.47	14	0.1	1	0.62	0	
GENUS <i>Gempylus</i>								
SPECIES <i>Gempylus serpens</i> Cuvier, 1829	8	3.72	2600.3	16.5	2	1.23	25	
GENUS <i>Promethichthys</i>								
SPECIES <i>Promethichthys prometheus</i> Cuvier, 1832	1	0.47	987	6.3	1	0.62	4	
ORDER SCORPAENIFORMES								
FAMILY SCORPAENIDAE	1	0.47	156.2	1.0	1	0.62	1	
ORDER STOMIIFORMES	3	1.40	64.5	0.4	2	1.23	2	
ORDER TETRAODONTIFORMES								
FAMILY BALISTIDAE								
GENUS <i>Balistes</i>								
SPECIES <i>Balistes</i> sp.	1	0.47	43.7	0.3	1	0.62	0	
FAMILY TETRAODONTIDAE	1	0.47	136.5	0.9	1	0.62	1	
GENUS <i>Lagocephalus</i>								
SPECIES <i>Lagocephalus</i> sp.	1	0.47	29.9	0.2	1	0.62	0	
UNIDENTIFIED TELEOSTEI	49	22.79	2221.3	14.1	36	22.22	820	1
PHYLUM MOLLUSCA								
CLASS CEPHALOPODA								
ORDER TEUTHIDA								
FAMILY CHIROTEUTHIDAE								
GENUS <i>Chiroteuthis</i>								
SPECIES <i>Chiroteuthis</i> sp. (beak)	3	1.40			3	1.85	3	
SPECIES <i>Chiroteuthis</i> sp.	1	0.47	13.53	0.1	1	0.62	0	

FAMILY ENOPLOTEUTHIDAE (beak)								
GENUS <i>Enoploteuthis</i>								
SPECIES <i>Enoploteuthis</i> sp.	2	0.93			2	1.23	1	
SPECIES <i>Enoploteuthis leptura</i> Leach, 1817	2	0.93	35.12	0.2	2	1.23	1	
FAMILY HISTIOTEUTHIDAE (beak)								
GENUS <i>Histioteuthis</i>	4	1.86			4	2.47	5	
SPECIES <i>Histioteuthis</i> sp.	1	0.47	4.58		1	0.62	0	
FAMILY MASTIGOTEUTHIDAE	1	0.47	150	1.0	1	0.62	1	
FAMILY OMMASTREPHIDAE (beak)	1	0.47			1	0.62	0	
FAMILY OMMASTREPHIDAE	1	0.47	555	3.5	1	0.62	2	
SUBFAMILY OMMASTREPHINAE								
GENUS <i>Sthenoteuthis</i>								
SPECIES <i>Sthenoteuthis pteropus</i> Steenstrup, 1855 (beak)	1	0.47			1	0.62	0	
FAMILY ONYCHOTEUTHIDAE (beak)	1	0.47			1	0.62	0	
FAMILY ANCISTROCHEIRIDAE								
GENUS <i>Ancistrocheirus</i>								
SPECIES <i>Ancistrocheirus lesueurii</i> Férussac and Orbigny, 1839	1	0.47			1	0.62	0	
FAMILY CRANCHIIDAE (beak)	5	2.33			4	2.47	6	
FAMILY GONATIDAE	1	0.47	558	3.5	1	0.62	2	
ORDER OCTOPODIDA								
FAMILY OCTOPODIDAE (beak)	5	2.33			3	1.85	4	
FAMILY OCTOPOTEUTHIDAE								
GENUS <i>Octopus</i>								
SPECIES <i>Octopus insularis</i> Leite and Haimovici, 2008 (beak)	1	0.47			1	0.62	0	
GENUS <i>Octopoteuthis</i>								
SPECIES <i>Octopoteuthis</i> sp.	2	0.93			1	0.62	1	
FAMILY OPISTHOTEUTHIDAE (beak)	38	17.67			19	11.73	207	4
FAMILY OCYTHOIDAE								
GENUS <i>Ocythoe</i>								
SPECIES <i>Ocythoe tuberculata</i> Rafinesque, 1814. (beak)	1	0.47			1	0.62	0	
UNIDENTIFIED CEPHALOPOD								
UNIDENTIFIED ITEMS	8	3.72			8	4.94	18	
Total	215	100	15.728	100	162	100		

The length of oilfish prey ranged from 5.9 to 56.0 cm, with most of them lying between 20.0 and 30.0 cm, and being represented mainly by *C. cyanopterus* and other fish of the family Exocoetidae and by cephalopods of the family Gonatidae. Classes above 45.0 cm were represented exclusively by the teleosts: *Coryphaena* sp, *Elagatis bipinnulata* and *Gempylus serpens* (Fig. 4).

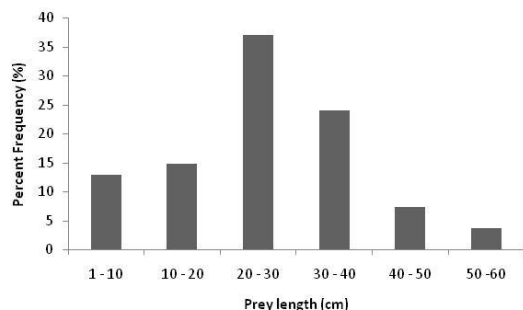


FIG. 4. Prey size distribution of *Ruvettus pretiosus* in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (n = 54).

DISCUSSION

The sex ratio observed in the present study (1:14.7), with a great predominance of females was close to what was encountered by Vasilakopoulos *et al.* (2011) in the eastern Mediterranean (1: 8.4). The authors suggested that the predominance of females in their sample could be due to stratification regarding migration and habitat use. Lorenzo and Pajuelo (1999) observed a vertical space portioning among sexes, with *Promethichthys prometheus* (same family) females predominating in shallower depths. The number of stomachs analyzed seemed to be sufficient to provide a reasonable understanding of the diet of the oilfish, as shown by the diversity curve. Besides contributing to the knowledge on the preys ingested by the oilfish in the SPSPA, however, the study of the stomach contents of deep water species, such as the oilfish, also allows the detection of species not easily accessible by conventional fishing gears, considering the great depths they reach. The high number of flying fish and teleosts in the diet shows a probable association of the species with the Archipelago, like other predators in the area (VASKE JR. *et al.*, 2003; VASKE JR. *et al.*, 2006; LESSA and VASKE JR., 2009).

The food spectrum of the oilfish indicates that the species feeds on a wide vertical range in the water column, catching preys in the surface or shallow waters, like *C. cyanopterus*, *Caranx lugubris* and *Elagatis bipinnulata*, as well as epi-mesopelagic fish, such as *Brama caribbea*, *P. prometheus*,

Stomiiformes, and mesopelagic cephalopods, such as those of the families Histiotteuthidae, Mastigoteuthidae and Chiroteuthidae. The constant presence of Opisthoteuthidae octopuses' remains, mainly as isolated beaks, indicates a preference for this prey, which, although not identified to the species level, it is known for living close to the bottom. This could, however, mean that either the oilfish raids near the bottom to catch octopus, or that this octopus species may occasionally rise to the water column. Nevertheless, in a survey on cephalopod species of SPSPA based on the stomach contents of other fish species, the family Opisthoteuthidae did not occur in any of the tunas and wahoos examined (ANDRADE *et al.*, 2008, VASKE JR. *et al.* 2003), therefore suggesting that oilfish predation on Opisthoteuthidae, may be indeed related to a higher association to the bottom.

The large amplitude of prey size may be more related to prey availability than with some kind of diet preference or limitation due to the size of the oilfish mouth. Such hypothesis seems to be confirmed by the fact that the length distribution of the main prey available in the region, the flying fish *Cheilopogon cyanopterus* (LESSA and VASKE JR., 2009), matches the length frequency distribution of the specimens predated by the oilfish.

The fact that larger squids (Ommastrephidae and *Ancistrocheirus lesueuri*) have been found only with the body back without the presence of beaks in the stomach may indicate a likely strategy of grabbing these preys on the

run, condition in which the squids' head is more protected than the tail.

The high proportion of empty stomachs reported in this paper (59.2%) is superior to the values typically observed in other large pelagic fish, such as yellowfin tuna, (*Thunnus albacares*) and wahoo (*Acanthocybium solandri*), studied in the same site (the Saint Peter and Saint Paul Archipelago) (VASKE JR. *et al.*, 2003). However, it is very close to the frequency of empty stomachs observed in a study on the same species in the Mediterranean Sea, where Vasilakopoulos *et al.* (2011) recorded 63.3% empty stomachs. Still, according to these authors, this result probably occurs due to the less active lifestyle of *R. pretiosus*, which may be even related to the significant amount of energy stored by the high lipids concentration in their tissues (NEVENZEL *et al.*, 1965; RUIZ-GUTTIEREZ *et al.*, 1997; NICHOLS *et al.*, 2001).

The number of taxa identified in this study is higher than those found by other studies conducted in the same region. Vaske *et al.* (2003), for instance, reported 25 food items for *Thunnus albacares* and *Acanthocybium solandri*, and 27 food items for *Elagatis bipinnulata* (VASKE JR. *et al.*, 2006), whereas 35 items were identified in this work for the oilfish. This is probably due to the fact that oilfish commonly inhabits depths up to 1,500 m (NAKAMURA, 1995). According to Pakhorukov and Boltachev (2001) adult individuals during the light hours of the day dwell near the ground, mainly at a distance of 0.1 to 7 m, preferring bottom sites with even surfaces at depths from 240 to

1,160 m, but mostly from 400 to 600 m. At night, however, part of population can perform vertical migrations for feeding, with an ascent movement to the epipelagial zone to depths less than 60 m from the surface (PAKHORUKOV and BOLTACHEV, 2001). Fishing for oilfish occurs only during the night, at a time, coincidentally, when the main prey present in the region, the flying fish, *C. cyanopterus*, also aggregates around the Archipelago.

Vasilakopoulos *et al.* (2011) also speculated that the individuals performing these nocturnal vertical trophic migrations - which are very energetically demanding since the nocturnal feeding habitats might occur several hundred meters higher than the diurnal habitats - are generally those that were not able to cover their dietary needs in the benthopelagic zone.

When comparing the oilfish's preferences for teleosts with those of other large predators already studied in that region (*Thunnus albacares* and *Acanthocybium solandri*) (VASKE JR. *et al.*, 2003), it is observed that *C. cyanopterus* is the only common item among them. The oilfish feeding habit is more similar to wahoo, by also predating *Gempylus serpens*, *Carangidae* and *Balistidae*. For cephalopods, only four taxa of the 17 recorded in this study were observed by Vaske Jr. *et al.* (2003) in the same region for *Thunnus albacares* and *Acanthocybium solandri*.

R. pretiosus specimens in the ASPSP are mostly ichthyophagous consuming also cephalopods and only rarely crustaceans similarly to results found to Vasilakopoulos *et al.* (2011) and also to many other gempylid species

(NAKAMURA and PARIN, 1993). Among fish, *C. cyanopterus* was the most numerous species. Vasilakopoulos *et al.* (2011) included chondrichthyan eggs among the prey items of *R. pretiosus*. However, no chondrichthyan eggs were identified in the stomachs analysed within the current study.

Like for the oilfish, Vaske Jr. *et al.* (2003) also recorded a large predation pressure on the flying fish *C. cyanopterus* by *Thunnus albacares* and *Acanthocybium solandri* in the area adjacent to the ASPSP, which means that this flying fish species is the most important food item for these three predators in the vicinity of ASPSP, and thus the main reason for their aggregation in the site, especially between January and April during the main breeding period of *C. cyanopterus*.

ACKNOWLEDGEMENTS

The present study was made possible by funding from the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM).

REFERENCES

- ANDRADE, L. C. A. Diversidade de cefalópodes e o seu papel no nichotrófico de seus principais predadores nos Arquipélagos de Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo. 2008. 51p. Dissertação (Mestrado) - Univ. Fed. do Rio Grande do Norte, UFRN, Rio Grande do Norte.
- BETTOSO, N.; DULCIC, J. First record of the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Pisces: Gempylidae) in the northern Adriatic Sea. *J. Mar. Biol. Ass. UK.* v.79, p.1145-1146. 1999.
- CAMPOS, T. F. C.; PETTA, A. R.; THEYE, T.; SICHEL, S. E.; SIMÕES, L. S. A.; SRIVASTAVA, N. K.; MOTOKI, A.; VIRGENS NETO, J.; ANDRADE, F. G. G. Posição ímpar do Arquipélago de São Pedro e São Paulo na diversidade geológica da Terra. In: VIANA, D.; HAZIN, F.; CARVALHO, M. A. (Eds.) *O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica.* v.1, p. 54-73. 2009. Available at: <<https://www.mar.mil.br/secirm/publicacao/arquipe.pdf>>. Accessed January 2011.
- CASTRO, J.; DE LA SERNA, J. M.; MACÍAS, D.; MEJUTO, J. 2000. Estimaciones científicas de los desembarcos de espécies asociadas realizados por La flota española de palangre de superficie em 1997 y 1998. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT.*, v. 51, p. 1882-1893. 2000.
- COX, W. M.; REID, E. E. The chemical composition of oil of *Ruvettus pretiosus*, the "castor oil fish". *J. Am. Chem. Soc.*, v. 54, p. 220-229. 1932.
- ELBARAASI, H.; ELMARIAMI, M.; ELMEGHRABI, M.; OMAR, S. First record of oilfish, *Ruvettus pretiosus* (Actinopterygii, Gempylidae), off the coast of Benghazi, Libya (Southern Mediterranean). *Acta Ichthyol. Piscat.*, v. 37, p. 67-69. 2007.
- FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. *Manual de Peixes Marinhos do*

- Sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 2000. 116p.
- LESSA, R.; VASKE-JR. T. A ictiofauna com ênfase aos peixes-voadores (Exocoetidae). In: VIANA D.; HAZIN F.; CARVALHO M. A. (Eds.) O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica. v.1, p. 228-224. 2009. Available at: <<https://www.mar.mil.br/secirm/publicacao/arquipe.pdf>>. Accessed January 2011.
- LING, K. H.; CHEUNG, C. W.; CHENG, S. W.; CHENG, L.; LI, S.; NICHOLS, P. D.; WARD, R. D.; GRAHAM, A.; BUT, P. P. Rapid detection of oilfish and escolar in fish steaks: A tool to prevent keriorrhea episodes. Food. Chem., v. 110, p. 538-546. 2008. doi:10.1016/j.foodchem.2008.02.066
- MEJUTO, J.; GARCÍA-CORTÉS, B.; DE LA SERNA, J. M. Preliminary scientific estimations of by-catches landed by the Spanish surface longline fleet in 1999 in the Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT., v. 54, p. 1150-1163. 2002.
- NAKAMURA, I. Gempylidae Escolares. In: Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider W.; Sommer, C.; Carpenter, K. E. and Niem, V. (eds). Guia FAO para Identificación de Especies para lo Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental. FAO, Rome v. 3, p. 1106-1113. 1995.
- NAKAMURA, I.; PARIN, N. V. Snake mackerels and cutlassfishes of the world (families Gempylidae and Trichiuridae). An annotated and illustrated catalogue of the snake mackerels, snoeks, escolars, gemfishes, sackfishes, domine, oilfish, cutlassfishes, scabbardfishes, hairtails, and frostfishes known to date. FAO fish. Synop., v. 15, p. 1-136. 1993.
- NEVENZEL, J.C.; RODEGKER, W.; MEAD J.F. The lipids of *Ruvettus pretiosus* muscle and liver. Biochemistry., v. 4, p. 1589-1594. 1965.
- NICHOLS, P.D.; MOONEY, B.D.; ELLIOTT, N.G. Unusually high levels of non-saponifiable lipids in the fishes escolar and rudderfish, identification by gas and thin-layer chromatography. J. Chromatography A., v. 936, p. 183-191. 2001.
- OCHIAI, Y.; WATABE, S.; HASHIMOTO, K.; NARITA, H.; UKISHIMA, Y.; NARA, M. Biochemical identification of two Gempylid fishes causative of a food poisoning. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., v. 50, p. 721-725. 1984.
- PAKHORUKOV, N. P.; BOLTACHEV, A. R. On the Distribution and Behavior of the Oilfish *Ruvettus pretiosus* (Gempylidae) over Seamounts. J. Ichthyol., v. 41, p. 755-760. 2001.
- PINKAS, L.; OLIPHANT, M. S.; IVERSON, I. L. K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Calif. Fish. Game., v. 152, p. 1-105. 1971.
- RUIZ-GUTIERREZ, V. R.; ZARZA, M. C. P.; MURIANA, F. J. G.; BRAVO, L. Lipid and fatty acid composition of muscle and internal organs from *Ruvettus pretiosus*. J. Fish. Biol., v.

- 50, p. 1353-1357. 1997. doi: 10.1111/j.1095-8649.1997.tb01658.x
- SATO, Y.; TSUCHIYA, Y. Lipids of *Ruvettus pretiosus*. I. Composition of alcohols and fatty acids. Tohoku J. Agric. Res., v. 20, p. 89-95. 1969.
- SHADBOLT C., KIRK M.; ROCHE P. Diarrhoea associated with consumption of escolar (rudderfish). Communicable Diseases Intelligence v. 26, p. 436-438. 2002.
- UYENO, T.; MATUSUURA, K.; FUJII, E. Fishes trawled off Suriname and French Guiana. Japan Marine Fishery Resource Research Center. 1983. 519 p.
- VASILAKOPOULOS, P.; PAVLIDIS, M.; TSERPES, G. On the diet and reproduction of the oilfish *ruvettus pretiosus* (Perciformes: Gempylidae) in the eastern Mediterranean. J. Mar. Biol. Ass. UK., v. 91 (4), p. 873-881. 2011.
- VASKE, JR. T.; HAZIN, F. H. V.; LESSA, R. P. Pesca e Hábitos Alimentares do peixe-rei, *Elagatis bipinnulata* (Quoy and Gaimard, 1825) (Pisces: Carangidae) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Arq. Cienc. Mar., v. 39, p. 61-65. 2006.
- VASKE, JR. T.; VOOREN, C. M.; LESSA, R. P. Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil. Environ. Biol. Fishes., v. 70, p. 293-304. 2004.
- VASKE, JR. T.; VOOREN, C. M.; LESSA, R. P. Feeding strategy of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. Boll. Inst. Pesca., v. 29, p. 173-181. 2003.
- VIANA, D. L.; HAZIN, F. H. V.; NUNES, D.; CARVALHO, F.; VÉRAS, D.; TRAVASSOS, P. Wahoo *Acanthocybium solandri* Fishery in the Vicinity of Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil, from 1998 to 2006. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT., v. 62, p. 1662-1670. 2008.
- WEIDNER, D. M.; AROCHA, F. World swordfish fisheries: an analysis of swordfish fisheries, market trends and trade patterns. Vol. IV, Part A2b: Brazil. NOAA Tech. Memo. NMFS-F/SPO., v. 35, p. 237-628. 1999.

Capítulo 3

Reprodução do peixe-prego *Ruvettus pretiosus* (Cocco, 1829) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil

Journal of Fish Biology

REPRODUÇÃO DO PEIXE-PREGO, *Ruvettus pretiosus* (COCCO, 1829), NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO, BRASIL

Danielle Viana¹; Polyana Roque² and Fábio Hazin^{1,2}

¹ Universidade Federal de Pernambuco- Departamento de Oceanografia
(Cidade Universitária, 50670-901 Recife, PE, Brasil)
E-mail: vianadl@yahoo.com

² Universidade Federal Rural de Pernambuco- LOP/ DEPAq
(Av. Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-030 Recife, PE, Brasil)

ABSTRACT

The oilfish, *Ruvettus pretiosus*, is an oceanic mesopelagic species that occurs typically solitary or in pairs, in tropical, subtropical and temperate waters of the world, including the Mediterranean Sea. Present in the entire Brazilian coast, the oilfish is regularly caught by fishing boats based in Natal-RN, which operate in the vicinity of Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA). The species is caught by hand-line, mainly during the dry season (July to September), when catches of the main target species, yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), is substantially reduced. In the present work, 834 specimens of the oilfish caught between January 2007 and September 2011, were analyzed. However, in only 742 (88.9%) specimens it was possible to identify the sex, with 691 being female (93.1%), with total length (TL) between 68.0 and 189.0 cm, and 51 male (6.9%), with TL between 52.4 and 154.0 cm. The monthly mean Gonadosomatic Index (GSI) for females ranged from 1.71 to 5.50, with the highest values being observed between December and March. The mean size of sexual maturity was estimated at 111.7 cm fork length (FL), for females, and 100.0 cm FL, for males. In the studied area, the species exhibited multiple spawning and asynchronous oocyte development, with the reproductive activity happening mainly in the first months of the year.

Keywords: teleost, perciformes, reproductive biology, benthopelagic species, oceanic island.

RESUMO

O peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, é uma espécie oceânica e mesopelágica, que ocorre geralmente solitária ou em pares, nos oceanos tropicais e temperados de todo mundo, incluindo o Mar Mediterrâneo. Presente em toda costa brasileira, o peixe-prego é capturado regularmente por barcos de pesca baseados em Natal- RN, que atuam nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP). A espécie é capturada com linha de mão, principalmente durante a estação seca (julho a

setembro), quando a captura da principal espécie-alvo, a albacora-laje (*Thunnus albacares*), é substancialmente reduzida. No presente trabalho, foram analisados 834 exemplares de peixe-prego, capturados no período de janeiro de 2007 a setembro de 2011. Destes, foi possível identificar o sexo em 742 exemplares (88,9%), dos quais 691 eram fêmeas (93,1%), com o comprimento total (CT) entre 68,0 e 189,0 cm, e 51 eram machos (6,9%), com CT entre 52,5 e 154,0 cm. A média mensal do Índice Gonadossomático (IGS) das fêmeas variou entre 1,71 e 5,50, com os maiores valores tendo sido observados de dezembro a março. O tamanho médio de primeira maturação sexual foi estimado em 111,7 cm de comprimento zoológico (CZ), para as fêmeas, e 100,0 cm CZ, para os machos. Na área estudada, a espécie apresenta desova múltipla e desenvolvimento ovocitário assincrônico, com o período reprodutivo se concentrando nos primeiros meses do ano.

Palavras-chave: teleósteo, perciformes, biologia reprodutiva, espécie bentopelágica, ilha oceânica.

INTRODUÇÃO

O peixe-prego, *Ruvettus pretiosus* (Cocco, 1829), pertence à família Gempylidae, composta por 16 gêneros e 23 espécies e caracterizada por compreender peixes meso e bentopelágicos que habitam águas profundas em mar aberto de oceanos tropicais e temperados, incluindo o Mar Mediterrâneo (Nakamura & Parin, 1993; Pakhorukov & Boltachev, 2001). A espécie atinge o tamanho máximo de 300 cm de comprimento total (Nakamura & Parin, 1993) com peso máximo registrado de 63,5 kg (International Game Fish Association, 1991), ocorrendo geralmente solitária ou em pares, em profundidades de 100 a 1.500 m, com migrações regulares durante a noite para a superfície (Nakamura, 1995). Apresenta corpo alongado e suavemente comprimido, com maxilar inferior estendendo-se levemente além da maxila superior. A primeira nadadeira dorsal é baixa, com 13 a 15 espinhos e 15 a 18 raios, seguida da segunda dorsal mais alta, situada praticamente em oposição à nadadeira anal, com ambas apresentando duas pínulas posteriores (Carvalho Filho, 1999). Possui uma linha lateral única e simples, com ondulações, terminando na base da nadadeira caudal, e uma quilha na região ventral do corpo, entre as nadadeiras pélvicas e o ânus (Lopes *et al.*, 2003). A coloração do peixe-prego é relativamente uniforme, variando

do castanho claro ao escuro, com ausência de marcas ou manchas no corpo. A pele é muito áspera, possuindo escamas intercaladas com tubérculos ósseos espinhosos, fato que originou o seu nome (Nakamura, 1995).

Apesar da espécie ter alto valor comercial no Brasil, por ser bastante consumida em restaurantes de culinária japonesa (Viana *et al.*, 2008), apresenta pouca importância para o mercado externo (Weidner & Arocha, 1999). Presente em toda a costa brasileira, o peixe-prego é uma espécie capturada pela frota atuneira nacional, tanto na região sudeste (Figueiredo & Menezes 2000) como no nordeste, incluindo o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), onde é pescada principalmente no segundo e terceiro trimestres do ano, nos períodos de entre-safra da albacora-laje (*Thunnus albacares*, Bonnaterre, 1788; Viana *et al.*, 2008).

Embora estudos relacionados ao comportamento (Pakhorukov & Boltachev, 2001; Bone, 1972) e à composição lipídica da carne do peixe-prego estejam disponíveis na literatura (Ling *et al.*, 2008; Gutierrez *et al.*, 1997; Zarza *et al.*, 1993; Ochiai, *et al.*, 1984; Sato & Tsuchiya, 1969; Nevenzel *et al.*, 1965; Mori *et al.*, 1966; Cox & Reid, 1932), com exceção do trabalho desenvolvido no Mar Mediterrâneo por Vasilakopoulos *et al.* (2011) e Viana *et al.* (in press), muito pouco tem sido publicado sobre a reprodução da espécie. O estudo de suas características reprodutivas, porém, é de fundamental importância para garantir a sustentabilidade de sua exploração, razão pela qual o presente trabalho pretende contribuir para o preenchimento dessa lacuna, na expectativa de que as informações geradas possam subsidiar a adoção de medidas de ordenamento capazes de assegurar a sua conservação.

MATERIAL E MÉTODOS

Os exemplares examinados no presente trabalho foram capturados pelos barcos de pesca da frota sediada em Natal- RN, que atuaram na circunvizinhança do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre janeiro de 2007 e setembro de 2011. A pesca do peixe-prego foi realizada com linha-de-mão, no período noturno, utilizando como isca o peixe-voador (*Cypselurus cyanopterus*, Valenciennes, 1847) capturado no próprio local. Logo após o embarque, os espécimes foram medidos (comprimento total- CT e comprimento zoológico- CZ, em centímetros) e pesados (peso total- PT e peso eviscerado- PE, em gramas). Para as amostras em que o peso não estava disponível, o mesmo foi estimado a partir do CT, por meio da equação: $PE = 1E-06 \times CT^{3.2951}$ (gl= 135, $P < 0,001$; $r^2 = 0,94$), calculada a partir de 135 espécimes, com CT entre 87,4 e 165,5 cm. O sexo foi determinado por análise macroscópica e histológica das gônadas. Foram coletados 834 indivíduos de peixe-prego, dos quais 742 foram sexados (691 fêmeas e 51 machos), embora somente tenha sido possível avaliar as gônadas de 552 fêmeas e 41 machos.

A proporção sexual foi estimada pela relação entre o número de fêmeas e machos para todos os meses amostrados. A fim de se verificar possíveis diferenças estatisticamente significantes, a proporção sexual foi testada por meio do chi-quadrado (χ^2) ($p < 0,05$; gl= 1), enquanto que para testar a significância estatística das diferenças na frequência por comprimento de classe foi utilizado o teste de Kogolmorov-Smirnoff ($p < 0,05$).

As análises macroscópicas das gônadas foram realizadas de acordo com Murua *et al.* (2003) e a confirmação dos estágios maturacionais por análise histológica. Para este fim, as gônadas foram seccionadas transversalmente a 4-5 μ m, preparadas pelo método da inclusão em parafina a 60°C (Behmer *et al.*, 1976), e coradas com hematoxilina-eosina. A classificação do desenvolvimento ovariano foi adaptada seguindo a metodologia de Hunter *et al.* (1985), West (1990), Murua *et al.* (2003) e Brown-Peterson *et al.* (2002), incluindo os seguintes estágios: imaturo, em repouso,

em maturação, maduro e desovado. Para a determinação dos estágios de maturação testicular foi adaptada a classificação de Grier & Taylor (1998), dividida em quatro estágios: imaturo, em maturação, maduro e esgotado.

O período de desova foi determinado pela distribuição mensal dos estágios maturacionais e do índice gonadossomático (IGS) que foi calculado a partir da seguinte equação: $IGS = PGo / PE \times 100$ (Shaeffer e Orange, 1956; e Maddock e Burton, 1998), onde: PGo= peso da gônada e PE= peso eviscerado, ambos em gramas (g). O IGS médio mensal foi calculado com dados de 392 fêmeas e 22 machos, excetuando-se os indivíduos imaturos. O tipo de desova foi estimado com base no desenvolvimento ovocitário, verificado a partir das análises histológicas de ovários em diferentes estágios maturacionais, cujas imagens foram digitalizadas a fim de permitir a medição do tamanho dos ovócitos por meio do software Image Tool 3.0 para Windows (Chaves, 1988; Cárdenas *et al.*, 2008).

O tamanho médio de primeira maturação (L_{50}) foi estimado com auxílio do programa estatístico 'R 2.13', a partir da equação $Y = \exp(a+bX) / 1 + \exp(a+bX)$.

A fecundidade por lote foi estimada a partir da metodologia adaptada de Hunter (1985), Murua *et al.* (2003), Kjesbu *et al.* (2003) e Evans *et al.* (2007), por meio do método gravimétrico. Para este fim, após se retirar 3 amostras de 0,05 g para cada fêmea madura de um total de 14 fêmeas, foram contados os ovócitos hidratados, calculando-se a fecundidade por meio da seguinte fórmula: $F = [\sum O_i / P_i] / n \times Po$, onde: F= produto do peso da gônada e densidade dos ovócitos; O_i = número de ovócitos de cada porção; P_i = peso de cada porção do ovário; n= número de repetições de cada porção; Po = peso de cada ovário.

RESULTADOS

O comprimento total (CT) dos 834 espécimes coletados variou de 52,4 a 189,0 cm. O CT das fêmeas (n= 691, 93,1%) variou de 68,0 a 189,0 cm, enquanto o dos machos (n= 51, 6,9%) variou de 52,4 a 154,0 cm. As fêmeas apresentaram uma classe modal de comprimento em 130 cm, enquanto para os machos a moda de comprimento se situou em 120 cm, indicando que a maioria dos machos foi menor que as fêmeas (Fig. 1). O teste Komolgorov-Smirnov indicou diferença estatisticamente significativa entre as freqüências de CT de fêmeas e machos (Kolmogorov - Smirnov Test, $p > 0.05$; $p = 0,009$). O número de exemplares analisados por mês variou entre 10 e 142, de acordo com as capturas e o período do ano (Fig. 2).

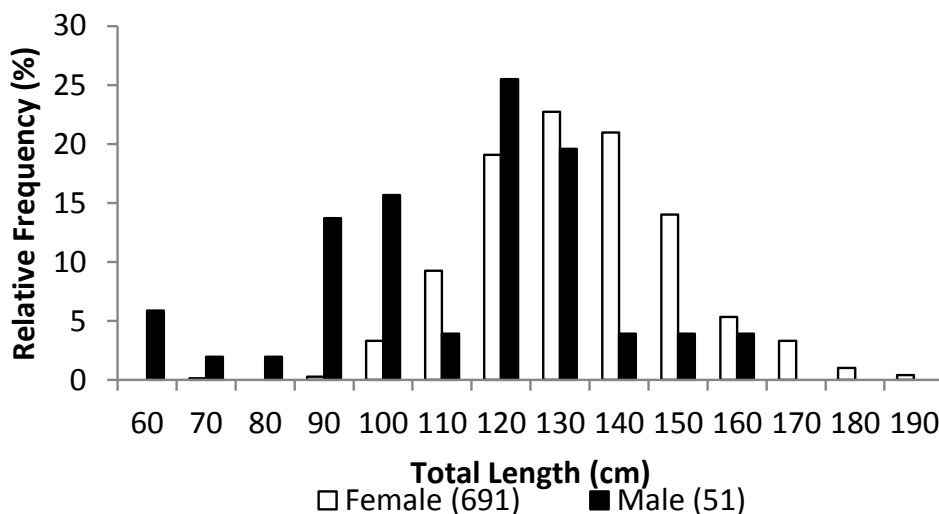


Figura 1- Distribuição de frequência do comprimento total de fêmeas e machos de peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, capturados nas proximidades do ASPSP (n=742), entre janeiro de 2007 e setembro de 2011.

A proporção sexual (fêmeas: machos) foi igual a 13,8:1, com as fêmeas, portanto, tendo se mostrado significativamente mais numerosas do que os machos ($\chi^2 = 554,5$; $p > 0,05$, GL=1), disparidade que se repetiu em todos os meses, exceto por dezembro, quando não se verificou uma diferença estatisticamente significativa na proporção entre os sexos (Fig. 2).

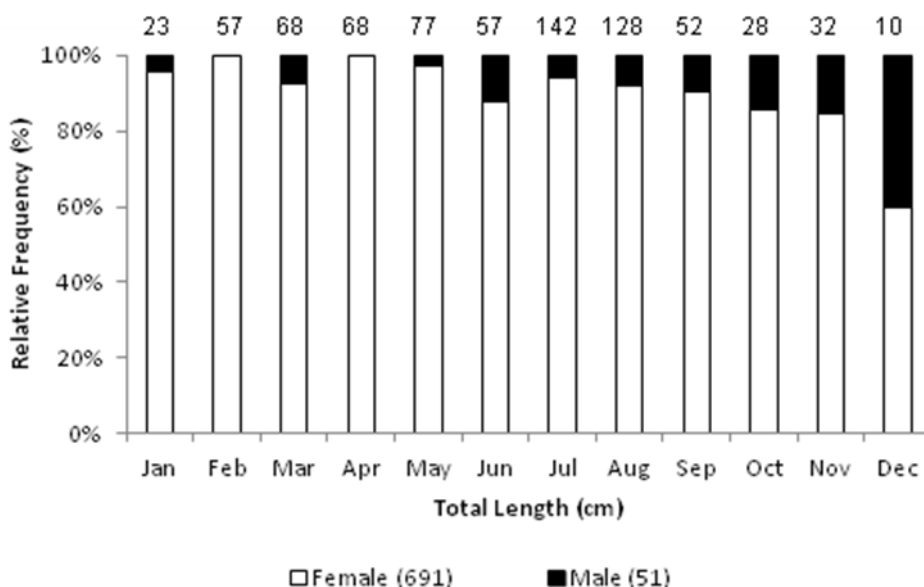


Figura 2- Distribuição mensal da frequência de fêmeas e machos de peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (n=742), entre janeiro de 2007 e setembro de 2011.

Observou-se uma tendência decrescente, ao longo do ano, na distribuição mensal por classe de comprimento (CT) e peso dos exemplares de peixe-prego capturados pela frota sediada em Natal no período estudado, com os menores exemplares tendo sido capturados entre outubro e dezembro e os maiores entre janeiro e maio (Fig. 3).

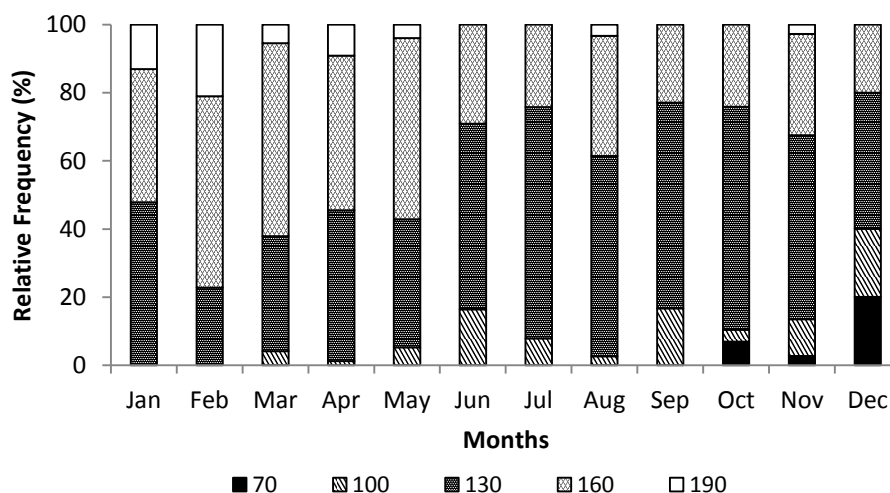


Figura 3- Distribuição mensal por classe de comprimento de peixes-prego, *Ruvettus pretiosus*, provenientes do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre julho de 1998 e dezembro de 2010 (n = 590).

Do total de 552 fêmeas analisadas macroscopicamente (Fig. 4), 27,5% eram imaturas, 9,9% estavam em repouso, 37,3% estavam em maturação, 7,4% encontravam-se maduras e 17,9% estavam desovadas (Tabela 1).

Tabela 1- Caracterização dos ovários de acordo com o estágio maturacional de fêmeas de peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. CT= comprimento total e PO= peso do ovário.

	Estágio Maturacional				
	Imaturas	Em repouso	Em maturação	Maduras	Desovadas
CT (cm)	68 a 129	119 a 175	95 a 155	124 a 189	113 a 165
PO (g)	7 a 120	47 a 428	35 a 799	606 a 4.222	99 a 1728
N	151	55	206	41	99

As fêmeas apresentaram gônadas com comprimento variando entre 10 e 55 cm, largura entre 0,5 e 14 cm e peso entre 6,8 e 4222,0 g. Variações na largura, no peso, na coloração, na forma e no tamanho dos ovários foram observadas, de acordo com o estágio de desenvolvimento maturacional (Fig.4).

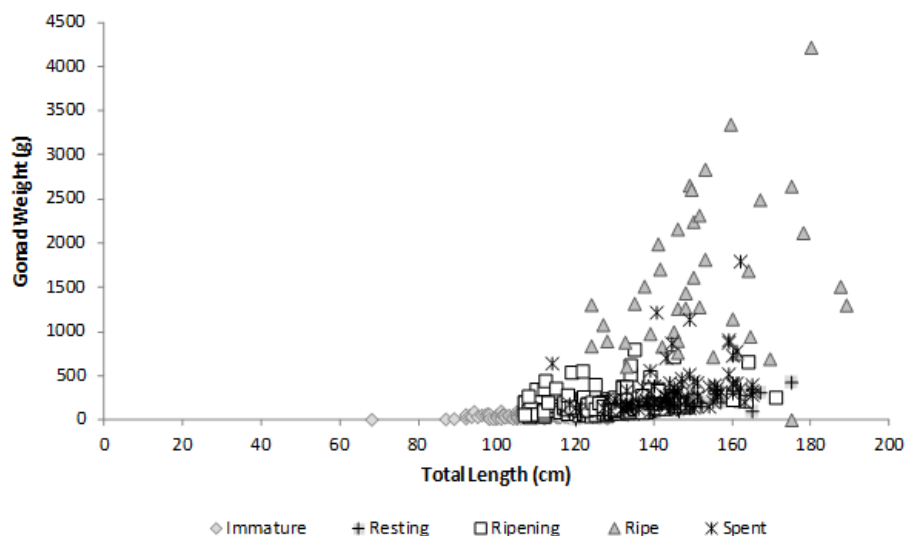


Figura 4- Relação entre o comprimento total e o peso dos ovários para os diferentes estágios de maturação gonadal de peixes-prego, *Ruvettus pretiosus*, capturados nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre janeiro de 2007 e setembro de 2011 (n= 552).

Dos 552 ovários analisados histologicamente, 151 estavam imaturos (27,4%), observando-se presença de ovócitos perinucleares e em vitelogênese lipídica inicial e média (Fig. 5A); 55 em repouso (10,1%), caracterizados pela presença de folículos atrésicos, com reabsorção visível dos ovócitos não utilizados e desordenamento do tecido ovariano (Fig. 5B); 206 em maturação (37,1%), com presença de ovócitos perinucleares e em vitelogênese lipídica média e avançada (Fig. 5C); 41 maduros (7,6%), com ovócitos hidratados (Fig. 5D), folículos pós-ovulatórios (FPO) (Fig. 5E), e poucos ovócitos perinucleares e em vitelogênese lipídica inicial; e 99 desovados (17,8%), exibindo folículos atrésicos e poucos ovócitos hidratados, com aspecto desordenado e de esvaziamento, além de alguns ovócitos perinucleares (Fig. 5F) (Tabela 2).

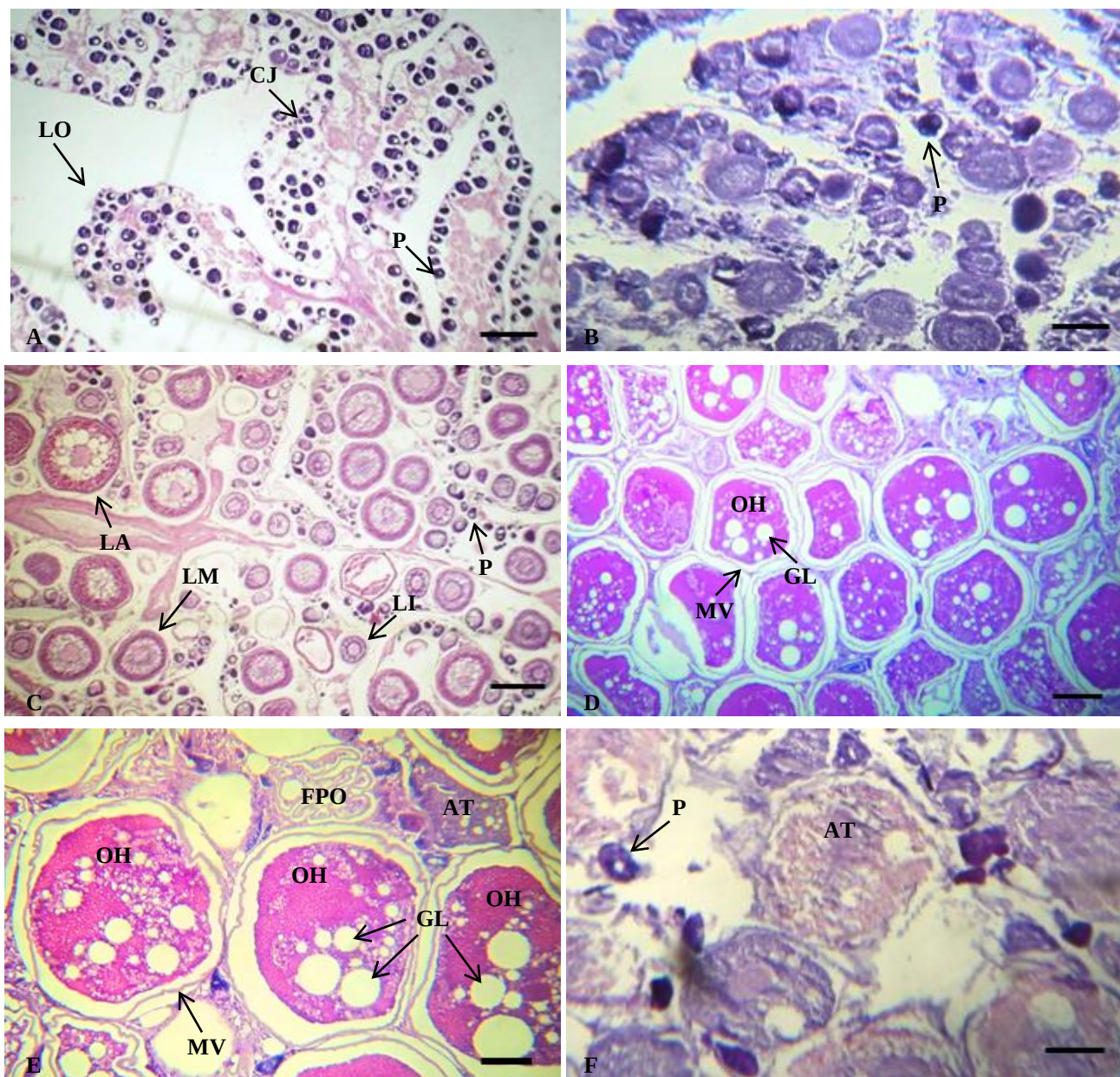


Figura 5- Fotomicrografias de seções histológicas de ovários de peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, nos estagios maturacionais: A= imaturo (4x); B= em repouso (4x); C= em maturação (4x); D= maduro (4x); E= maduro com ovócitos hidratados e folículos pós-ovulatórios (FPO) (10x); e F= desovado (10x). O= ovogônia; LO= lamela ovígera, CJ=célula jovem, P= ovócitos perinucleares; LI= vitelogênese lipídica inicial; LM= vitelogênese lipídica intermediária; LA= vitelogênese lipídica avançada; OH= ovócito hidratado; FPO= folículo pós ovulatório; MV= membrana vitelínica, GV= grânulos de vitelo; GL= gotículas de lipídio; e AT= folículo atrésico.

Tabela 2- Caracterização dos estágios maturacionais dos ovários de peixes-prego, *Ruvettus pretiosus*, capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Estágio Maturacional	Características Morfológicas	Imagens Macroscópicas	Características Histológicas
Imatura	Ovários filiformes, com coloração amarela clara, poucos ovócitos aparentes e reduzida vascularização.		Ovários com parede gonadal fina, lamelas repletas de ovogônias, e ovócitos perinucleares e vitelogênicos na fase lipídica inicial e média (Fig. 4A).
Em repouso	Ovários flácidos com a parede ovariana relativamente espessa, ovócitos remanescentes e tons arroxeados.		Presença de células foliculares, remanescentes de FPO, e ovócitos em vários estágios de atresia, diferenciando-se pelo desordenamento do tecido ovariano (Fig. 4B).
Em maturação	Ovários de tamanho médio, com coloração em tons de rosa claro, ovócitos e vasos sanguíneos aparentes.		Presença de ovócitos perinucleares e vitelogênicos na fase lipídica inicial e média, com pequenos nucléolos (Fig. 4C).
Madura	Ovários bastante volumosos, amarelados, e intensamente vascularizados, com ovócitos maduros visíveis e abundantes.		Presença de ovócitos em vitelogênese lipídica inicial, média e avançada, bem organizados na lamela ovígera (Fig. 4D).
Desovada	Ovários flácidos e pálidos em tons de rosa claro, pouco vascularizados e sem ovócitos visíveis.		Presença de folículos pós-ovulatórios (Fig. 4E) e raros ovócitos hidratados, bastante desordenados e em início de atresia, com aspecto de esvaziamento (Fig. 4F).

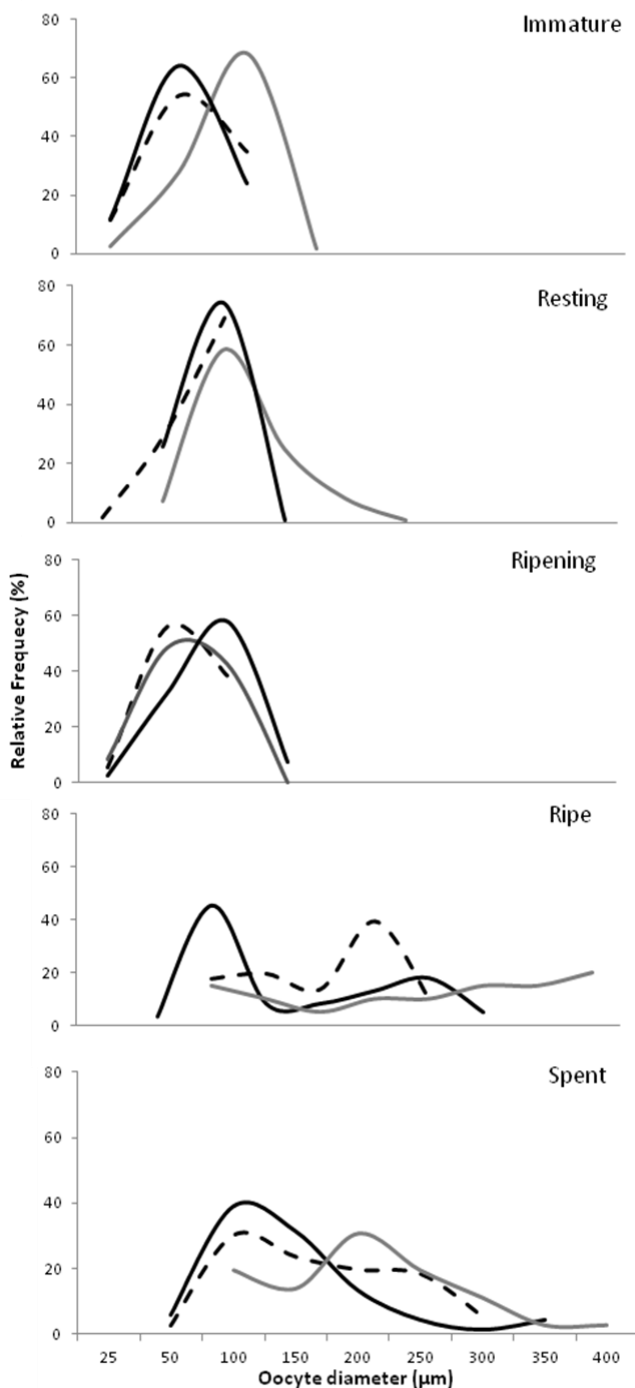


Figura 6. Distribuição da frequência do diâmetro (μm) dos ovócitos de fêmeas de peixe-prego, *Ruvetis pretiosus*, capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre janeiro de 2007 e setembro de 2011 ($n=15$). Cada linha representa um indivíduo.

As fêmeas apresentaram ovócitos com desenvolvimento assincrônico, com a presença de várias fases ovocitárias em todos os estágios de maturação (Fig. 6), razão pela qual as fases de desenvolvimento ovariano foram classificadas de acordo com a maior frequência de ovócitos para cada fase da ovogênese. As análises dos cortes histológicos sugerem que o peixe-prego apresenta uma desova múltipla.

A distribuição mensal dos estágios de desenvolvimento gonadal indica a ocorrência de fêmeas maduras de peixe-prego de dezembro até agosto, com maiores concentrações nos meses de dezembro a março, enquanto entre setembro e novembro estão ausentes. Fêmeas desovadas foram observadas ao longo de todo o ano, enquanto fêmeas imaturas ocorreram em todos os meses, exceto por fevereiro. Já as fêmeas em repouso só não ocorreram em dezembro, sendo mais frequentes em fevereiro (Fig. 7).

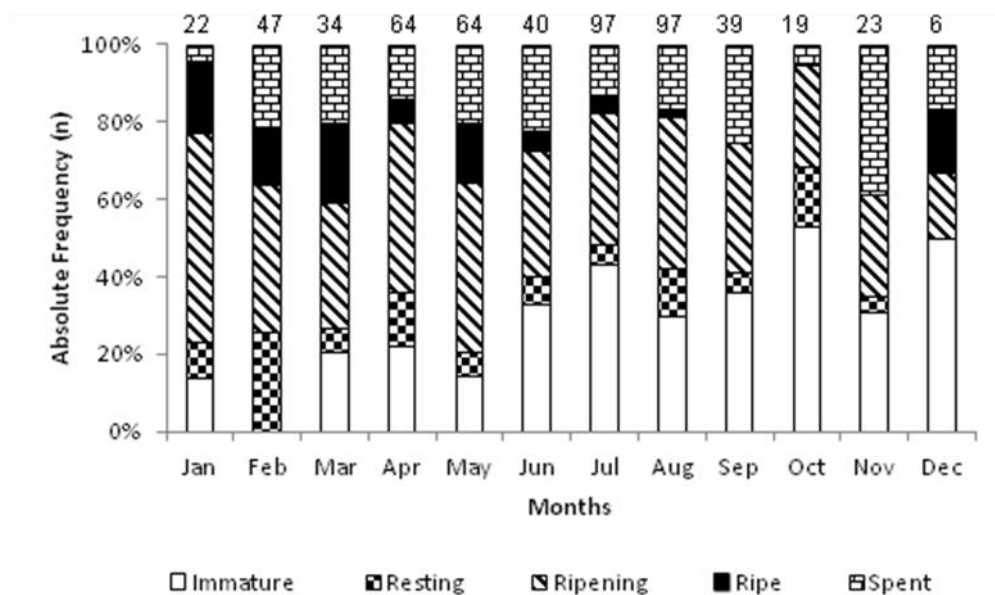


Figura 7- Distribuição da frequência mensal dos estágios de maturação gonadal de fêmeas de peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, capturadas nas proximidades do ASPSP (n= 552).

A média mensal do IGS das fêmeas variou de 1,71 a 5,50, com os maiores valores tendo sido observados de dezembro a março, indicando este como o período de maior atividade reprodutiva. Durante esses meses, os valores médios mensais de IGS apresentaram, também, os maiores desvios-padrão. Os menores valores, por sua vez, foram registrados nos meses de agosto a novembro (Fig. 8). A distribuição do IGS médio por estágio de maturação exibiu o padrão esperado, aumentando gradualmente até o estágio maduro e regredindo a partir de então.

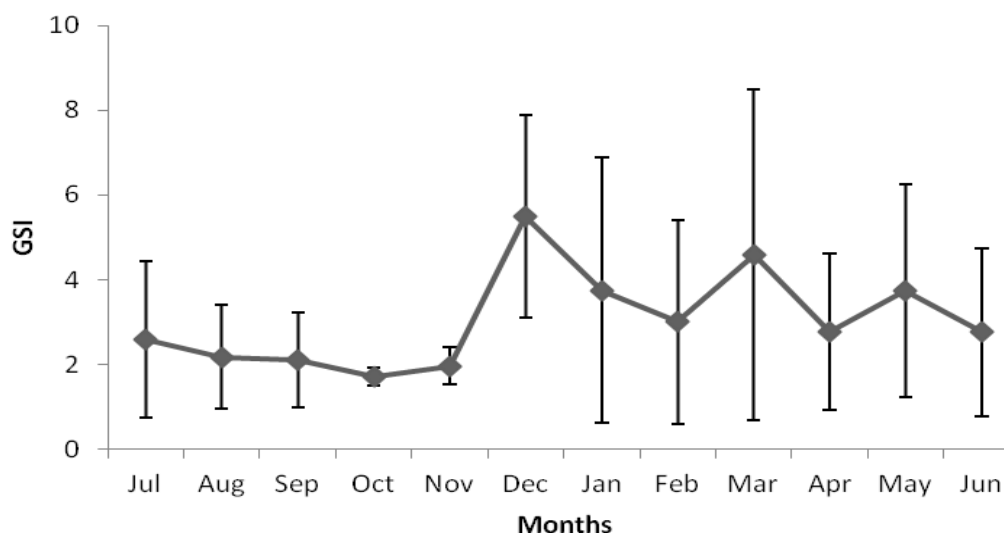


Figura 8- Distribuição da média mensal do IGS das fêmeas adultas de peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, capturadas nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, (n = 393) (as barras representam o desvio padrão).

O tamanho médio de primeira maturação sexual para as fêmeas foi estimado em 120,8 cm de CT (Fig. 9), indicando que cerca de 67% das fêmeas capturadas estavam acima do L_{50} , aspecto positivo para a sustentabilidade da pesca no local.

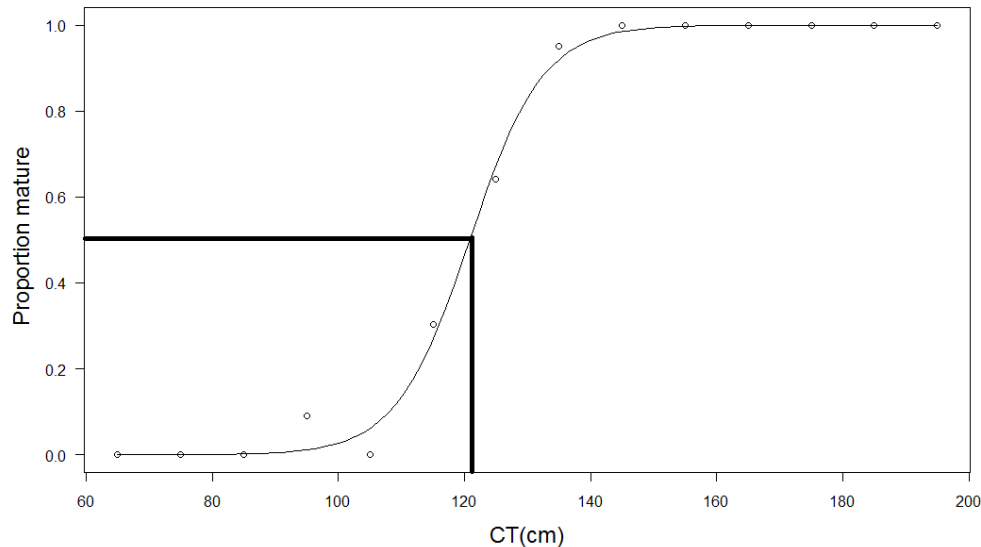


Figura 9- Curva de maturação sexual (L_{50}) para as fêmeas de peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

A fecundidade média foi igual a 22.008.578 ovócitos, variando de 8.400.288 ovócitos, em uma fêmea com CZ de 126,0 cm e gônada pesando 1.320,8 g, a 39.602.360 ovócitos, em um exemplar com 165,6 cm de CZ e peso da gônada igual a 4.222,0 g.

Nas análises macroscópicas dos testículos, observou-se a presença de dois lóbulos, ambos contendo um ducto espermático, que os diferenciavam claramente dos ovários, além da presença do líquido seminal, que era esbranquiçado nos estágios mais avançados. As gônadas masculinas apresentaram 4 estágios de maturação distintos (Tabela 3), variando de 16,6 a 36,6 cm de comprimento, de 1,0 a 7,6 cm de largura, e entre 14,0 e 821,4 g de peso.

Tabela 3- Caracterização dos estágios maturacionais dos testículos de *Ruvettus pretiosus* capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Estágio Maturacional	Características Morfológicas	Características Histológicas
Imaturo	Testículos filiformes, com coloração esbranquiçada.	Presença de espermatogônias e muito espaço nos túbulos espermatogênicos devido à ausência de espermatozóides.
Em maturação	Testículos delgados com luz ainda reduzida quando comparados com a próxima fase.	Presença de espermatócitos e espermatídes com poucos espermatozóides na fase inicial, e grande quantidade dos mesmos na fase final.
Maduro	Testículos grandes e largos, com coloração esbranquiçada, devido à presença de sêmen, e repletos de espermatozóides.	Túbulos espermatogênicos densamente ocupados por espermatozóides (Fig. 10A).
Esgotado	Testículos flácidos com ausência de sêmen.	Esvaziamento dos túbulos espermatogênicos (Fig. 10B).

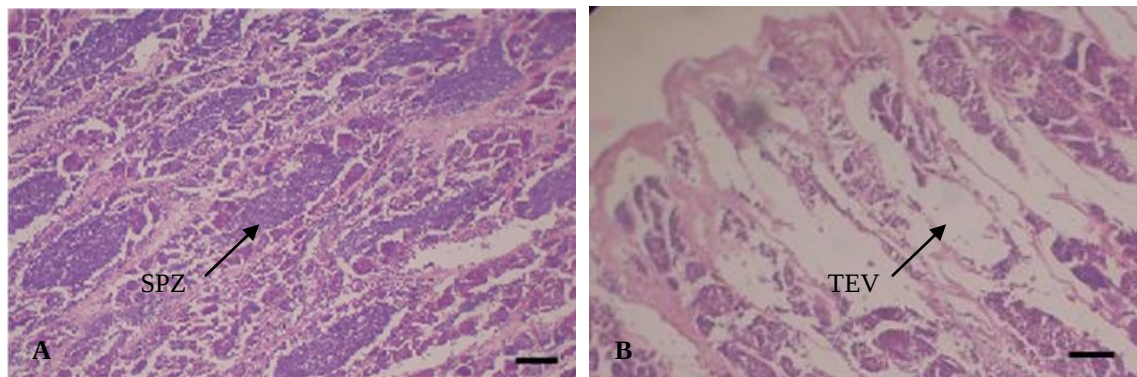


Figura 10- Fotomicrografias de seções histológicas de testículos de peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, nos estagios maturacionais: A= Maduro (4x); e B= Esgotado (4x). SPZ= espermatozóides; TEV= túbulo espermatogênico vazio.

Do total de 41 machos analisados, 19 eram juvenis (43,9%), com CT variando entre 53,0 e 118,0 cm e testículos pesando entre 14,0 e 148,1g; doze estavam em maturação (31,7%), com CT entre 103,6 e 126,0 cm e peso dos testículos entre 21,1 e 164,9 g; sete encontravam-se maduros (17,1%), com CT variando entre 52,4 e 154,0

cm e o peso dos testículos entre 30,3 e 821,4 g; e três estavam esgotados (7,3%), com CT variando de 126,0 a 152,0 cm e testículos pesando entre 66,9 e 129,1 g (Fig. 11).

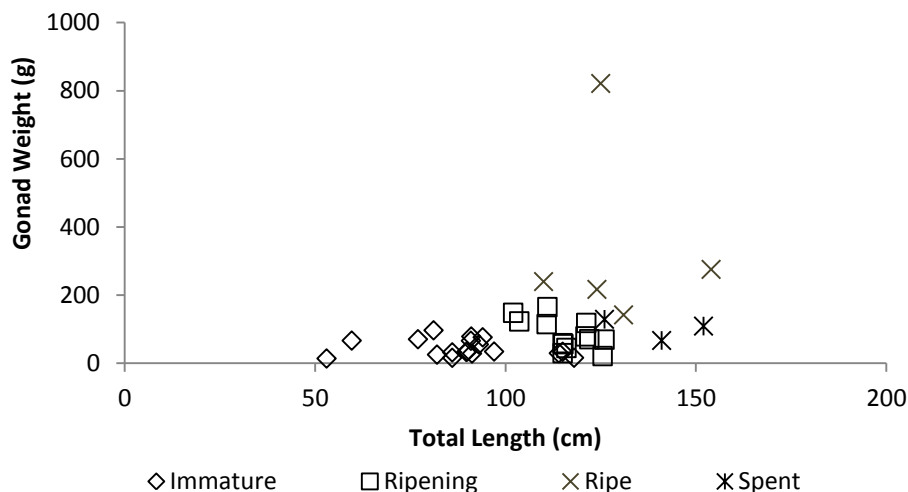


Figura 11- Relação entre o comprimento total e o peso dos testículos para os diferentes estágios maturacionais de peixes-prego, *Ruvettus pretiosus*, capturados nas proximidades do ASPSP, entre janeiro de 2007 e setembro de 2011 (n= 41).

Machos estiveram ausentes nas coletas somente em fevereiro e abril. Indivíduos imaturos foram mais freqüentes em novembro, não tendo sido observados de maio até dezembro. Machos maduros, com túbulos espermáticos preenchidos de espermatozóides, foram observados em dezembro, março, junho e agosto. Em todos os meses, com exceção de maio, novembro e dezembro, foram coletados exemplares em maturação. Machos esgotados estiveram presentes nos meses de março e setembro (Fig. 12).

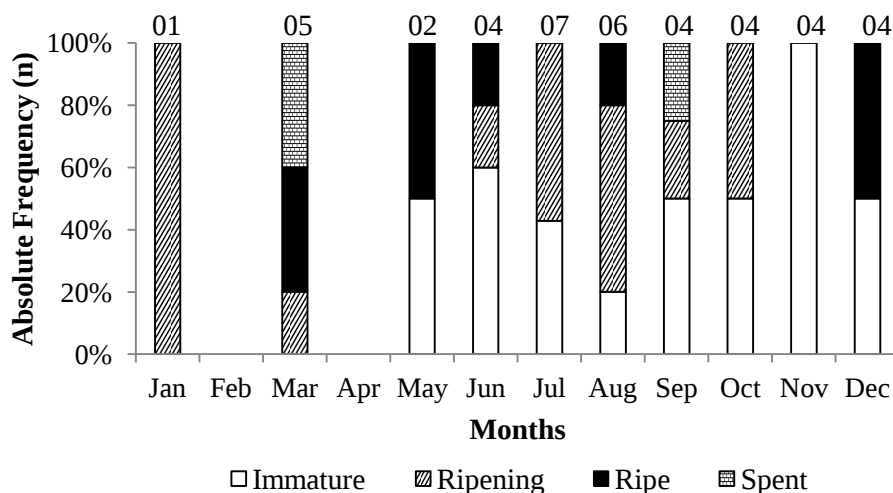


Figura 12- Distribuição de frequência mensal dos estágios de maturação de machos de peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, capturados nas proximidades do ASPSP, entre janeiro de 2007 e setembro de 2011 (n= 41).

Os machos exibiram um desenvolvimento mais sincrônico que as fêmeas, com as fases do desenvolvimento da espermatogênese se mostrando bastante claras, embora alguns machos maduros apresentassem, durante a espermiogênese, espermátocitos, espermátides e espermatozóides em fases maturacionais diferentes. O estágio de repouso também esteve claramente caracterizado em função tanto do desarranjo histológico quanto dos espaços vazios deixados nos túbulos espermatogênicos em consequência da ejaculação.

A maior média do IGS para os machos ocorreu em dezembro (8,0) e a menor em março (1,07) (Fig. 13). Da mesma forma que para as fêmeas, a distribuição do IGS por estágio de maturação exibiu o padrão esperado, aumentando gradualmente até o estágio maduro, a partir do qual a gônada passou a regredir. Devido ao pequeno número de machos amostrados ao longo do ano, não foi possível se fazer maiores inferências em relação à média mensal do Índice Gonadosomático, principalmente, por que nos meses de fevereiro e abril não foram capturados indivíduos machos, enquanto que nos meses de janeiro e setembro foi obtido apenas um exemplar adulto.

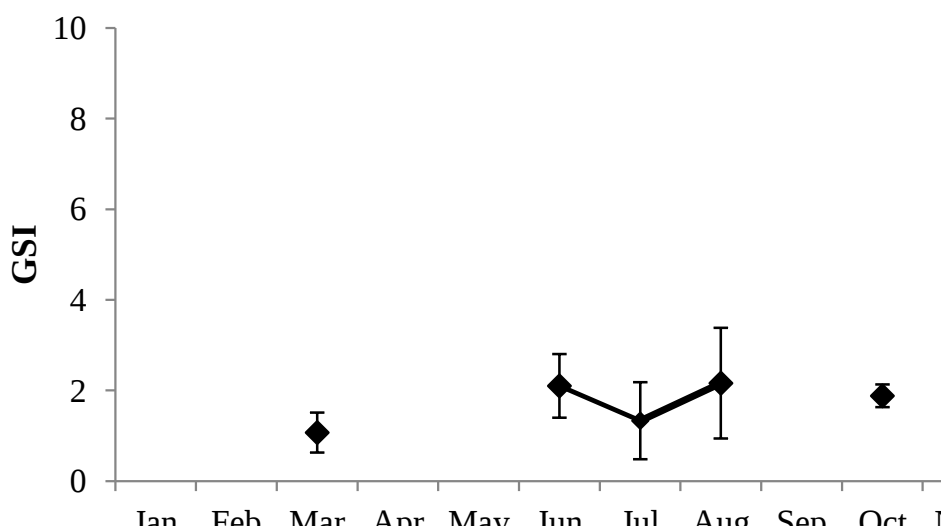


Figura 13- Distribuição da média mensal do IGS para machos adultos de peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (n= 20) (as barras representam o desvio médio).

O reduzido número de exemplares machos de peixe-prego impossibilitou o cálculo do tamanho médio de primeira maturação via equação logística. Entretanto, a relação entre o comprimento total e o peso dos testículos para os diferentes estágios maturacionais (Fig. 10) sugere que a maturação dos machos ocorre em torno de 110,0 cm CT, ou 110,0 cm CT, indicando que cerca de 60% dos exemplares capturados eram adultos.

DISCUSSÃO

As fêmeas de peixe-prego capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo exibiram tamanhos maiores que os machos, padrão semelhante ao encontrado para a espécie no Mar Mediterrâneo (Vasilakopoulos *et al.*, 2011). O peixe-prego não apresentou evidências externas de dimorfismo sexual, com as fêmeas, no entanto, apresentando uma forte predominância, a qual, de acordo com Lorenzo & Pajuelo (1995), pode ser atribuída à distribuição espacial ou à seletividade do aparelho utilizado na pesca.

A tendência decrescente na distribuição mensal das classes de comprimento e peso dos exemplares de peixe-prego capturados ao longo do ano sugere a possibilidade de uma segregação por tamanho, com possíveis movimentos migratórios diferenciados por estágio ontogenético, aspecto que, no entanto, não pôde ser investigado neste estudo.

Segundo Schaefer & Orange (1956) diferenças na proporção sexual podem estar relacionadas ainda a uma mortalidade e/ ou ritmo de crescimento diferenciado entre machos e fêmeas. Já Griffiths (2002) que estudou outra espécie bentopelágica de gempilídeo (*Thyrsoastes atun*, Euphrasen, 1791), atribui esse padrão de distribuição a processos metabólicos, ou seja, a uma maior procura de recursos tróficos pelas fêmeas que necessitam de maior teor energético na época de desova. Tal comportamento poderia, assim, explicar uma maior captura de fêmeas, já que os espécimes são capturados durante a noite, quando se aproximam da superfície para se alimentar (Vasilakopoulos *et al.*, 2011). Lorenzo & Pajuelo (1999), por sua vez, em estudo realizado com *Promethichthys prometheus*, relatou que a razão sexual favorece as fêmeas somente em profundidades menores, já que os machos foram predominantes nas capturas entre 600 e 800 m, enquanto as fêmeas predominaram entre 300 e 500 m. Esta informação corrobora com o estudo publicado por Vasilakopoulos *et al.* (2011) que relatou uma maior abundância de fêmeas de peixe-prego em profundidades entre 250-550 m, atribuindo essa tendência a uma diferente distribuição batimétrica entre os sexos. Pakhorukov & Boltachev (2001) também relataram que apenas uma parte da população realiza migrações verticais noturnas, para se alimentar, em profundidades inferiores a 100 m, enquanto o resto permanece próximo ao fundo do mar.

Assim como observado em muitos peixes teleósteos, no peixe-prego as ovogônias foram as primeiras estruturas a aparecerem no ovário, seguidas dos ovócitos perinucleares. Na medida em que o ovário vai se desenvolvendo, as gotículas de óleo surgem na região perinuclear e migram para a periferia do citoplasma nos estágios mais avançados (Corriero *et al.*, 2003; Arocha, 2002; Grau *et*

al., 1996), havendo, em algumas células, uma fusão tanto de glóbulos de vitelo quanto das gotículas de óleo na fase hidratada. No caso do peixe-prego, entretanto, as gotículas de lipídios surgiram no primeiro estágio de maturação, corroborando, portanto, com os resultados obtidos por Vasilakopoulos *et al.* (2011). O motivo desta acumulação rápida e intensa de lipídios nos ovócitos ainda é desconhecido, podendo, no entanto, estar relacionado à elevada presença de lipídios em todos os tecidos dessa espécie (Gutierrez *et al.*, 1997; Sato & Tsuchiya, 1969), hipótese também sugerida por Vasilakopoulos *et al.* (2011).

Outra característica importante dos ovócitos do peixe-prego é o seu tamanho relativamente pequeno. Vasilakopoulos *et al.* (2011) comparou o tamanho dos ovócitos do peixe-prego com o de outras grandes espécies pelágicas e bentopelágicas que também produzem ovos pelágicos, concluindo que o tamanho dos ovócitos do peixe-prego era claramente menor, mesmo considerando o seu encolhimento durante a preparação dos cortes histológicos (West, 1990). O tamanho relativamente pequeno dos ovócitos do peixe-prego, em comparação com outras grandes espécies pelágicas e bentopelágicas, poderia estar relacionado ao possível valor calórico mais elevado, devido à alta presença de lipídios (Kamler, 2005). No presente estudo, o maior ovócito encontrado próximo da época de desova mediu cerca de 0,5 mm, portanto, metade do tamanho proposto por Vasilakopoulos *et al.* (2011), que apesar de não registrar fêmeas maduras, sugeriu que o diâmetro do ovócito do peixe-prego esperado para a desova seria de cerca de 1 mm ou mais. De acordo com Kolm & Ahnesjö (2005), desovas com um grande número de ovócitos de pequeno tamanho podem estar associadas a uma maior dispersão na zona epipelágica, estratégia que reduziria a taxa de mortalidade das larvas.

A predominância de fêmeas maduras de dezembro a março, com a ocorrência dos maiores valores do IGS também nesses meses, indica este período como sendo o de maior atividade reprodutiva da espécie, de forma semelhante, portanto, aos resultados obtidos para outras espécies de grandes peixes pelágicos na área do ASPSP (Hazin *et al.*, 2009).

Embora a temperatura superficial do mar possa apresentar poucas variações ao longo do ano na área estudada, é importante considerar que o período reprodutivo de diversos peixes no ASPSP coincide com os meses nos quais a temperatura é um pouco mais elevada. Stacey (1984) demonstrou a importância da temperatura da água do mar para a maturação das gônadas e desova em outras espécies. De acordo com resultados obtidos por Vasilakopoulos *et al.*, (2011), no Mar Mediterrâneo, o período reprodutivo da espécie naquela região também ocorre durante os meses de verão. Nishikawa (1987), estudando a composição e a distribuição das larvas de gempilideos nas águas do oceano Pacífico, verificou a presença de larvas de peixe-prego entre maio e junho, constatando que a estação de desova para os peixes gempilideos naquele oceano ocorre igualmente durante o verão.

A presença de ovócitos em diferentes fases de maturação nas fêmeas, assim como de espermátides e de espermatozóides nos machos, indica que o peixe-prego possui uma desova múltipla, com um desenvolvimento ovocitário assincrônico (Melo & Armstrong, 1991; Naumov, 1956), resultado similar ao reportado por Vasilakopoulos *et al.* (2011). Para West (1990), a presença de ovócitos em várias fases de desenvolvimento indica que mais de um lote de ovócitos vai entrar em processo de maturação, sendo esta uma característica de peixes que desovam frequentemente, em curtos intervalos de tempo, comum em espécies com desova prolongada (Melo & Armstrong, 1991). Esta constatação foi complementada por Chaves (1988), que verificou, entre as 80 espécies citadas em seu trabalho, que 61 apresentavam um desenvolvimento ovocitário assincrônico ou sincrônico em mais de dois lotes, com provável desova múltipla. Hunter *et al.* (1985), por sua vez, demonstraram que os peixes com esse tipo de desova apresentam gônadas com ovócitos distribuídos em várias fases de desenvolvimento. Estudos histológicos em outras espécies de gempilideos, assim como de trichiurídeos e scombrídeos, comprovam o padrão predominante de desenvolvimento assincrônico entre essas espécies (Martins & Haimovici, 2000; Griffiths, 2002; Murua & Saborido-Rey, 2003; Abascal & Medina, 2005).

Em muitos casos a medida necessária para se assegurar a sustentabilidade da pesca é a identificação do comprimento médio de primeira maturação sexual, parâmetro de extrema importância para se determinar o tamanho mínimo de captura. No ASPSP, os resultados aportados no presente estudo sugerem que o tamanho da primeira maturação para fêmeas seja de cerca de 120,8 cm CT, valor levemente superior ao tamanho da primeira maturação para machos, estimado em cerca de 110,0 cm CT.

Apesar de a fecundidade ser um fator muito importante na estratégia reprodutiva dos peixes, estimativas de fecundidade não foram encontradas para o *Ruvettus pretiosus* nem para outros peixes da família Gempylidae na literatura. A fecundidade ovariana encontrada no presente trabalho, entre 8.400.288 e 39.602.360, com média de 22.008.578 ovócitos hidratados, caracteriza a espécie como de elevada fecundidade.

Cicatrizes e mutilações recentes e marcas, em formato circular, foram registradas em diversos exemplares de peixe-prego, principalmente, na porção latero-inferior do corpo, tendo sido provavelmente causadas por tubarões da espécie *Isistius brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824), conhecido por apresentar tal comportamento alimentar (Gasparina & Sazima, 1996; Jones, 1971). Este fato já foi registrado por Lopes *et al.* (2003) para outra espécie de gempilídeo, *Lepidocybium flavobrunneum* (Smith, 1849), no estado da Bahia, enquanto que na área estudada Viana *et al.* (2008) registraram o mesmo fato para exemplares de cavala impigem (*Acanthocybium solandri*).

As informações geradas no presente estudo poderão contribuir para a conservação do peixe-prego, não apenas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, mas em todo o Oceano Atlântico, subsidiando medidas de ordenamento da atividade pesqueira que assegurem a sua sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABASCAL F.J.; MEDINA A. 2005. Ultrastructure of oogenesis in the bluefin tuna, *Thunnus thynnus*. Journal of Morphology. 264; 149-160.
- AROCHA F. 2002. Oocyte development and maturity classification of swordfish from the north-western Atlantic. Journal of Fish Biology 60; 13-27.
- BEHMER, O. A.; TOLOSA, E. M. C.; FREITAS NETO, A. G. 1976. Manual de Técnicas para Histologia Normal e Patológica. São Paulo, Edart, 256p.
- BROWN-PETERSON, N.J., GRIER, H.J., OVERSTREET, R.M. 2002. Annual changes in germinal epithelium determine male reproductive classes of the cobia. Journal of Fish Biology. 60; 178-202.
- BONE, Q. 1972. Buoyancy and hydrodynamic functions of integument in the castor oil fish, *Ruvettus pretiosus*. Copeia. 1; 78-87.
- CÁRDENAS, R. CHÁVEZ, M., GONZÁLEZ, J. L., ALEY, P., ESPINOSA, J., JIMÉNEZ-GARCÍA, L. F. 2008. Oocyte structure and ultrastructure in the Mexican silverside fish *Chirostoma humboldtianum* (Atheriniformes: Atherinopsidae). Rev. Biol. Trop. 434; (56) 1825-1835.
- CARVALHO-FILHO, A. 1999. Peixes da Costa Brasileira. São Paulo, Melro. 136p.
- CHAVES, P. T. C. 1988. Aspectos convergentes da dinâmica ovariana nos peixes com uma Contribuição à biologia reprodutiva de 14 espécies do litoral de São Paulo. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 123p.
- CORRIERO A.; DESANTIS, S.; DEFLORIO, M.; ACONE, F.; BRIDGES, C. R.; DE LA SERNA, J. M.; MEGALOFONOU, P.; DE METRIO, G. 2003. Histological investigation on the ovarian cycle of the bluefin tuna in the western and central Mediterranean. Journal of Fish Biology. 63; 108-119.
- COX, W. M.; REID, E. E. 1932. The chemical composition of oil of *Ruvettus pretiosus*, the "castor oil fish". J. Am. Chem. Soc. 54; 220-229.
- EVANS, R. D., RUSS, G.R., KRITZER, J.P. 2007. Batch fecundity of *Lutjanus carponotatus* (Lutjanidae) and implications of no-take marine reserves on Great Barrier Reef, Australia., 2008. Coral Reefs. 27; 179-189.

- FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. 2000. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 116 p
- GASPARINI, J.L.; SAZIMA, I. 1996. A stranded melon-head whale, *Peponocephala electra*, in Southwestern Brazil, with comments on wounds from the cookiecutter shark, *Isistius brasiliensis*. *Mar. Mammal Sci.* 2; (12) 308- 312.
- GRAU A., CRESPO S., RIERA F., POU S. AND CARMEN SARASQUETE M. 1996. Oogenesis in the amberjack *Seriola dumerili* (Risso, 1810). A histological, histochemical and ultrastructural study of oocyte development. *Scientia Marina*. 60; 391-406.
- GRIER, H. J.; TAYLOR, R. G. 1998. Testicular maturation and regression in the common snook. *Journal of Fish Biology*. 53; 521-542.
- GRIFFITHS, M. H. 2002. Life history of South African snoek, *Thyrstites atun* (Pisces, Gempylidae), a pelagic predator of the Benguela ecosystem. *Fishery Bulletin*. 100; 690-710.
- GUTIERREZ, V. R.; ZARZA, M. C. P.; MURIANA, F. J. G.; BRAVO, L. 1997. Lipid and fatty acid composition of muscle and internal organs from *Ruvettus pretiosus*. *Journal of Fish Biology*. 50; (6) 1353-1357.
- HAZIN, F. H. V.; VIANA, D.; PINHEIRO, P.; FISCHER, A.; MACENA, B.; VERAS, D.; OLIVEIRA, P.; CARVALHO, F.; VASKE, T.; BRANCO, I. 2009. [in]; VIANA, D. L. *et al.* 2009. O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de estação científica. Brasília, DF: SECIRM. 1; 226-233.
- HUNTER, J. R.; MACEWICZ, B.; SIBERT, J. R. 1985. The spawning frequency of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the South Pacific. *Fisheries Bulletin*. 84; 895-903.
- INTERNATIONAL GAME FISH ASSOCIATION. 1991. World record game fishes. International Game Fish Association, Florida, USA.
- JONES, E. C. 1971. *Isistius brasiliensis*, a squaloid shark, the probable cause of crater wounds on fishes and cetaceans. *Fish.Bull* 4; (69) 791-798.
- KAMLER E. 2005. Parent–egg–progeny relationships in teleost fishes, an energetics perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15, 399–421.
- KOLM, N.; AHNESJO, I. 2005. Do egg size and parental care coevolve in fishes? *Journal of Fish Biology* 66, 1499–1515.

- KJESBU, O. S., HUNTER, J.R., WITTHAMES, P.R., 2003. Modern approaches to assess maturity and fecundity of warm-and cold-water fish and squids. Report of the Working Group. Bergen. 137p.
- LING, K. H.; CHEUNG, C. W.; CHENG, S. W.; CHENG, L.; LI, S.; NICHOLS, P. D.; WARD, R. D.; GRAHAM, A.; BUT, P. P. 2008. Rapid detection of oilfish and escolar in fish steaks: A tool to prevent keriorrhea episodes. Food. Chem. 110; 538-546. doi:10.1016/j. foodchem.2008.02.066
- LOPES, P. R. D.; OLIVEIRA-SILVA, J. T.; SAMPAIO, C. L. S.; OLAVO, G. 2003. Reports of *Gempylus serpens* Cuvier, 1829, *Lepidocybium flavobrunneum* (Smith, 1849) and *Ruvettus pretiosus* Cocco, 1829 (Actinopterygii: Gempylidae) in inshore waters of Bahia State, Brazil. Arquivos de Ciencias do Mar. 36; 45-48.
- LORENZO, J. M.; PAJUELO, J. G. 1999. Biology of a deep benthopelagic fish, round escolar *Promethichthys prometheus* (Gempylidae), off the Canary islands. Fishery Bulletin. 97; 92-99.
- MADDOCK, D.M.; BURTON, M.P. 1998. Gross and histological of ovarian development and related condition changes in American plaice. Journal of Fish Biology. 53; 928-944.
- MARTINS A.S. AND HAIMOVICI M. 2000. Reproduction of the cutlassfish *Trichiurus lepturus* in the southern Brazil subtropical convergence ecosystem. Scientia Marina. 64; 97-105.
- MELO, Y. C.; ARMSTRONG, M. J. 1991. Batch spawning behavior in lightfish *Maurolicus muelleri*. S. Afr. J. mar. Sci. 10; 125-130.
- MORI, M; SAITO, T.; NAKANISHI, Y.; MIYAZAWA, K.; HASHIMOTO, Y. 1966. The composition and toxicity of wax in the flesh of castor oil fish. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 32; 137-145.
- MURUA, H.; KRAUS, G.; SABORIDO-REY, WITTHAMES, P. R.; THORSEN, A.; JUNQUERA, S. 2003. Estimate Fecundity of Marine Fish. J. Northw. Atl. Fish. Sei. 33; 33-54. <http://journal.naf.int>
- MURUA H.; SABORIDO-REY F. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species of the north Atlantic. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science. 33; 23-31.

- NAUMOV, V. M. 1956. The ovogenesis and ecology of the sexual cycle of murmansk herring *Clupea harengus*. Spec. scient Rep. U.S. Fish Wildl. Ser., Fisheries. 327; 203-263.
- NAKAMURA, I. 1995. Gempylidae Escolares [in]; FISCHER, W.; KRUPP, F.; SCHNEIDER W.; SOMMER, C.; CARPENTER, K.E. & NIEM, V. Guia FAO para Identification de Especies para lo Fines de la Pesca. Pacifico Centro-Oriental. FAO, Rome. 3; 1106-1113.
- NAKAMURA, I.; PARIN, N. V. 1993. FAO species catalogue. Vol. 15. Snake mackerels and cutlassfishes of the world (families Gempylidae and Trichiuridae). An annotated and illustrated catalogue of the snake mackerels, snoeks, escolares, gemfishes, sackfishes, domine, oilfish, cutlassfishes, scabbardfishes, hairtails, and frostfishes known to date. FAO fish. Syn. 15; (125) 1-136.
- NEVENZEL, J.C.; RODEGKER, W.; MEAD J.F. 1965. The lipids of *Ruvettus pretiosus* muscle and liver. Biochemistry. 4; 1589-1594.
- NISHIKAWA, Y. 1987. Occurrence and distribution of gempylid larvae in the Pacific waters of Japan. *Birll. Jnp. Soc. Fish.Oceuiogr.* 51; (1) 1-8.
- OCHIAI, Y.; WATABE, S.; HASHIMOTO, K.; NARITA, H.; UKISHIMA, Y.; NARA, M. 1984. Biochemical identification of two gempylid fishes causative of a food poisoning. *Nippon Suisan Gakkaishi*. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries /Nissuishi. 5; (4) 721-725.
- PAKHORUKOV, N. P.; BOLTACHEV, A. R. 2001. On the Distribution and Behavior of the Oilfish *Ruvettus pretiosus* (Gempylidae) over Seamounts. *Journal of Ichthyology/Voprosy*. 41; (9) 755-760.
- SATO Y.; TSUCHIYA Y. 1969. Studies on the lipid of "*Ruvettus pretiosus*". *Tohoku Journal of Agricultural Research*. 20; (2) 89-95.
- SCHAEFFER, M. B.; ORANGE, C. J. 1956. Studies of the sexual development and spawning of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in the three areas of the Eastern Pacific Ocean, by examination of gonads. *Inter-American Tropical Tuna Comissioon Buletin*. 1; (6) 281-302.
- STACEY, N. E. 1984. Control of the timing of ovulation by exogenous and endogenous factors. In: G.W. Potts and R. J. Wootton (eds.): *Fish Reproduction: Strategies and Tatics*, pp. 207-222. Academic Press, London.

- VASILAKOPOULOS, P.; PAVLIDIS, M.; TSERPES, G. 2011. On the diet and reproduction of the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Perciformes: Gempylidae) in the eastern Mediterranean. J. Mar. Biol. Ass. UK. 91 (4) 873-881.
- VIANA, D. L.; HAZIN, F. H. V.; NUNES, D. M.; CARVALHO, F. C.; VÉRAS, D. P.; TRAVASSOS, P. 2008. Wahoo *Acanthocybium solandri* Fishery in the Vicinity of Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil, from 1998 to 2006. Collective Volume of Scientific Papers. International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna; 62; 1662-1670.
- WEIDNER, D. M.; F. AROCHA, 1999. South America: Atlantic, part A, section 2 (segment B) in Latin America World swordfish fisheries: An analysis of swordfish fisheries, market trends, and trade patterns. Silver Spring National Marine Fisheries Service, vol. IV. 628p.
- WEST, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. Australian Journal of Marine Freshwater Research, 41; 199-222.
- ZARZA, M. C. P.; GUTIERREZ, V. R.; BRAVO, L. 1993. Lipid composition of two purgative fish: *Ruvettus pretiosus* and *Lepidocybium flavobrunneum*. Grasas y Aceites. 44; (1) 47-52.

Capítulo 4

Preliminary estimates of age and growth of a deep benthopelagic fish, the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Cocco, 1829), in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil

Fishery Bulletin

Preliminary estimates of age and growth of a deep benthopelagic fish, the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Cocco, 1829), in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil

Danielle Viana¹; Debra Murie² and Fábio Hazin^{1,3}

¹ Universidade Federal de Pernambuco- Departamento de Oceanografia
(Cidade Universitária, 50670-901 Recife, PE, Brasil)
E-mail: vianadl@yahoo.com

² University of Florida – Fisheries and Aquatic Science
(7922NW 71ST, 32653 Gainesville, FL, United States of America)

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco- LOP/ DEPAq
(Av. Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-030 Recife, PE, Brasil)

ABSTRACT – The oilfish, *Ruvettus pretiosus*, is an oceanic benthopelagic species that occurs in tropical, subtropical and temperate waters of the Atlantic, Pacific and Indian oceans, including the Mediterranean Sea. Present in the entire Brazilian coast, the oilfish is regularly caught by fishing vessels based in Natal- RN, which operate in the vicinity of the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA), where the species is mostly caught by hand-line, mainly between July and September), when catches of the main target species, yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) is substantially reduced. In the present work, the age and growth of oilfish was studied by the examination of cross-sectioned sagittal otoliths from specimens collected in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago. A total of 383 specimens (352 females, 23 males, and 8 of unknown sex) were obtained by monthly samplings from commercial fishing boats, from January 2007 to September 2011. The oldest fish in the population were female, with 19 years of age and 189.0 cm total length (TL). The length and age distribution by sex showed that the majority of females were larger than males. The resulting from VBGF parameters were: for females $L_{\infty} = 267.7$ cm TL and $K = 0.034$ cm/year and for males $L_{\infty} = 131.9$ cm TL and $K = 0.25$ cm/year.

Keywords: Perciformes, Gempylidae, Otolith, Oceanic area.

RESUMO – O peixe-prego, *Ruvettus pretiosus*, é uma espécie bentopelágica oceânica que ocorre em águas tropicais, subtropicais e temperadas do Atlântico, Pacífico e Índico, incluindo o Mar Mediterrâneo. Presente em toda costa brasileira, o peixe-prego é capturado regularmente por barcos de pesca baseados em Natal- RN, que atuam nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), onde a espécie é capturada com linha de mão, principalmente entre julho e setembro,

quando a captura da espécie-alvo, albacora-laje (*Thunnus albacares*), é substancialmente reduzida. No presente trabalho, a idade e o crescimento do peixe-prego foram estudados por meio de cortes transversais em otólitos sagittae oriundos de espécimes coletados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Um total de 383 exemplares (352 fêmeas, 23 machos e 8 não identificados) foram obtidos em coletas mensais junto a barcos de pesca comerciais, entre janeiro de 2007 e setembro de 2011. Os peixes mais velhos da população eram fêmeas com 19 anos de idade e 189.0 cm de comprimento total (CT). A distribuição de comprimento e idade por sexos mostrou que a maioria das fêmeas foi maior que os machos. Os resultados dos parâmetros do VGBF foram: para as fêmeas $L_{\infty} = 267.7$ cm CT e $K = 0.034$ cm/ano e para os machos $L_{\infty} = 131.9$ cm CT e $K = 0.25$ cm/ano.

Palavras-chave: Perciformes, Gempylidae, Otólitos, Área Oceânica.

INTRODUCTION

The oilfish, *Ruvettus pretiosus*, is a member of the family Gempylidae (snake mackerels), which is commonly distributed in tropical and temperate waters of the world (Scott and Scott, 1988; Nakamura and Parin, 1993; Pakhorukov and Boltachev, 2001). It is an oceanic and benthopelagic species, generally living at depths between 100 m (Uyeno *et al.*, 1983; Cervigón *et al.*, 1992; Figueiredo and Menezes, 2000) and 700 m, in the open ocean (Nakamura and Parin, 1993), although depths of more than 1,500 m have been already recorded for the species (Nakamura, 1995). *Ruvettus pretiosus* is the largest member of the family, reaching 310 mm in total length (Silas and Regunathan, 1974) and over 50 kg in weight. It lives in pairs or solitary (Nakamura and Parin, 2001), performing vertical migrations at night, to feed in the epipelagic zone (Maguire *et al.*, 2006; Pakhorukov and Boltachev, 2001). It is an active predator and a component of the higher trophic level of the tropical mesobenthic domain (Pakhorukov and Boltachev, 2001), feeding on a variety of fish, squids and crustaceans (Bigelow and Schroeder, 1953; Nakamura and Parin, 1993; Nakamura, 1995; Elbaraasi *et al.*, 2007; Viana *et al.*, *in press*).

The oilfish has a high commercial value, being much appreciated in different countries (Weidner and Arocha, 1999). According to Sato and Tsuchiya (1969),

although its catch is small in Japan, the oilfish is sold as sashimi or “misozuke” (pickles with fermented soybean paste). In Brazil, its meat has become very popular in Japanese restaurants, where it is sold as sushi and sashimi under the name of white-fish or white-marlin (Viana *et al.*, in press).

Fisheries targeting *R. pretiosus*, however, are conducted in only a few areas of the Atlantic Ocean, mainly by artisanal and small scale fishing fleets (Viana *et al.*, in press). Nevertheless, the oilfish also appear as an incidental by-catch in numerous drifting surface longline fisheries targeting tunas and swordfish (Castro *et al.*, 2000; Mejuto *et al.*, 2002). In the northeast Atlantic, the species is also caught by bottom longline and gillnet fisheries targeting demersal species (Santos *et al.*, 2002), and occasionally by other gears, such as demersal trawling (Elbaraasi *et al.*, 2007).

Most of the research conducted to date on the species has been related to the high content of lipids in its meat, including the presence of substances with adverse gastrointestinal effects (Cox and Reid, 1932; Sato and Tsuchiya, 1969; Ochiai *et al.*, 1984; Ruiz-Gutierrez *et al.*, 1997, Nichols *et al.*, 2001, Ling *et al.*, 2008, Rebollo *et al.*, 2011). Its high lipid content is the reason, by the way, why it is named “oilfish”, being even dubbed as a liquid wax (Cox and Reid, 1932).

Few data about the biology of the species are, however, available, especially in the Atlantic Ocean. Studies conducted on *R. pretiosus* have provided information on its morphological characteristics (Gudger and Mowbray, 1927; Nakamura and Parin, 1993; Nakamura, 1995), occurrence and geographical distribution (Silas and Regunathan, 1974; Bettoso and Dulcic, 1999; Kaya and Bilecenoglu, 1999; Martinez, 2007; Elbaraasi *et al.*, 2007), vertical distribution (Gudger, 1928; Pakhorukov and Boltachev, 2001), fisheries (Tserpes *et al.*, 2006; Damalas and Megalofonou, 2007), and behavior (Bone, 1972; Pakhorukov and Boltachev, 2001). Recently, Vasilakopoulos *et al.* (2011) reported aspects of diet and reproduction of the oilfish in the eastern Mediterranean Sea, while Viana *et al.* (in press) informed about its stomach contents in Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA). Although, there is no information available about the population structure of *Ruvettus pretiosus*,

as yet, mathematical modeling (Froese and Pauly, 2010) showed that it has a low resilience (Musick, 1999) and a high vulnerability (Cheung *et al.*, 2005), making the development of studies on its biological parameters, particularly on its age and growth, of especial relevance. However, no information on the age and growth of this species is available, as yet.

The ageing of fish, and consequently the study of their growth and mortality rate, is an integral component of modern fisheries science. Notwithstanding, although a wide variety of techniques have been employed in the study of age and growth of fish worldwide, with varying degrees of success, this field of study is still one of the most challenging in fish biology, since growth rates may change significantly for a given species, both geographically and temporally, as well as for different specimens. Furthermore, validation procedures are generally complex and in many studies not immediately possible (Paul, 1992).

In light of the acute lack of information on the biology of the oilfish, and considering the importance of age and growth studies for the understanding of the population dynamics of its populations, in the present work, the age and growth of *R. pretiosus* in the Atlantic Ocean were investigated from specimens caught in the SPSPA, with a view to support the assessment of its stocks, without which the adoption of adequate management measures needed to ensure their conservation is not possible.

MATERIALS AND METHODS

All samples were collected from January 2007 to September 2011 by research expeditions to the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA), a small group of rocky islands located near the equator (00°55'N; 029°20'W), 510 nm from the Brazilian coast (Rio Grande do Norte state) and 282 nm from Fernando de Noronha Archipelago (Viana *et al.*, 2008). The sampled specimens were caught by hand line at depths ranging between 60 and 200 m, at night, using chunks of flying fish (*C.*

cyanopterus), caught on the spot, as bait. After boarding, morphometric measurements, including total length [TL] and fork length [FL], in cm, as well as total weight [TW] and eviscerated weight [EW], in grams, were taken. The heads were collected and, in the laboratory, both sagittal otoliths were removed, rinsed, air dried and stored in ependorfs, until further processing. Although a total of 834 individuals were collected, only in 400 of them it was possible to collect the otoliths. Besides, of these, in only 383 it was possible to read the rings, since in 17 otoliths, because of poor sectioning, reading was not possible. For specimens in which the EW was unavailable, EW was estimated from TL with the equation $EW = 13.623TL + 3.285$ (DF= 135; $P < 0.001$; $R^2 = 0.93$), calculated from specimens that varied between 87.4 and 165.5 cm TL. Sex was determined by macroscopic examination of the gonads.

The sex-ratio of the specimens caught was statistically compared using a Chi-square (X^2) analysis. Variability in Total Length, and Total Weight frequency distributions of males and females were compared with Komolgorov-Smirnov two-sample tests (Sokal and Rohlf, 1995). A biometric relationship of total length (TL) and fish weight (total weight- TW and eviscerated weight- EW) was estimated.

Pictures of all otoliths were taken with a digital camera connected to a binocular magnifier. An auxiliary light was pointed towards the interior surface of the otoliths and the left sagittae were then measured for length and width (± 0.01 mm), using a digital image analysis system (MOTIC Images Plus 2.0 ML). Whenever the left sagittal otolith was damaged or unavailable, the right sagittae was used in its place. Each otolith was weighed to the nearest 0.0001 g.

In order to estimate age of *R. pretiosus*, a transverse section of 0.4 to 0.5 mm of the left sagittae, containing the core, was taken from each specimen, using a Buehler Isomet 1000 digital sectioning saw with variable-speed saw (300 rpm) fitted with a 76.2 mm diameter diamond-wafering blade. Sections were then permanently mounted on glass slides using Crystal Bond. Examinations of otolith cross-sections were made under a stereomicroscope with transmitted light that revealed alternating

opaque and translucent rings. Opaque rings were presumed to be annuli and were counted from the core to the proximal surface of the sagittal otoliths along the ventral margin of the sulcus acoustics.

Annuli were counted two times by the same reader after a time interval of 30 days, without knowledge of any morphometric data on the specimen. The average percentage of error (APE) (Beamish and Fournier, 1981) was calculated to compare the reliability of the readings.

The validation of ageing was verified by the examination of monthly changes in the appearance (opaque or translucent band) of the edges (Morales-Nin, 1987). The percentage of fish having otoliths with an opaque zone (versus a translucent zone) on the edge was plotted on a bimonthly basis. Analysis of variance (ANOVA) least significant difference test were used to determine significant differences between months.

The von Bertalanffy growth function (VBGF) was fitted to the size-at-age data of all individuals of *R. pretiosus*: $L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]$; where L_t = total length at age t ; L_∞ is the theoretical asymptotic length; K is the rate at which the curve approaches the L_∞ and t_z is the theoretical age of the fish at zero. For estimating von Bertalanffy growth parameters, the monthwise length composition data were analyzed using the *Kaleidagraph* 4.2. Software (Rezende, 2008). Because of a lack of smaller individuals in the sample, no y -intercepts for t_0 were specified and models were forced through zero (Szedlmayer and Shipp, 1994; Fischer *et al.*, 2004; Rezende, 2008) to better estimate juvenile growth.

RESULTS

Whole sagittal otoliths of *R. pretiosus* are laterally flat structures with a long rostrum. The anterior and posterior region showed a lanceolated shape. The dorsal and ventral faces were, respectively, convex and concave. The postero-ventral

margin was irregular with deep indentations. The *rostrum* was long and prominent, while the *anti-rostrum* was small and indented from the *rostrum* (Fig. 1). The whole sagittal otolith presented a high, with an average length (measured from the rostrum to the anti-rostrum) of 12.14 μm and width (ventral to dorsal) of 5.16 μm . The sagittal otolith presented a pattern of alternating translucent annuli and wide opaque annuli (zones) with distinguishable, although not sharp, contrast between zones (Fig.2).

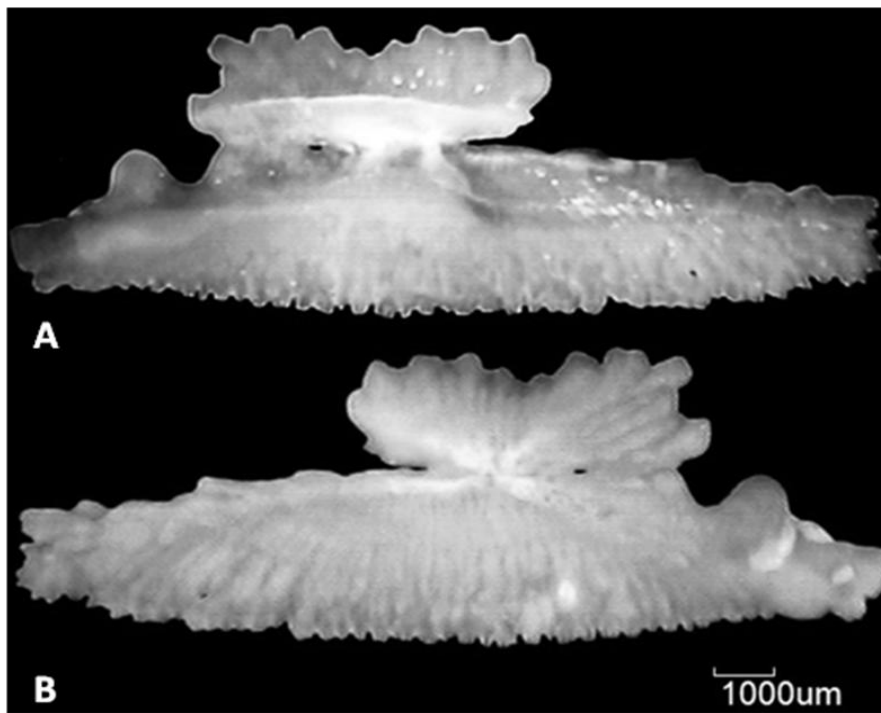


Figure 1- Whole otolith in dorsal side (A) and ventral side (B) margins of a 12 years old *Ruvettus pretiosus*, under transmitted light with black background.

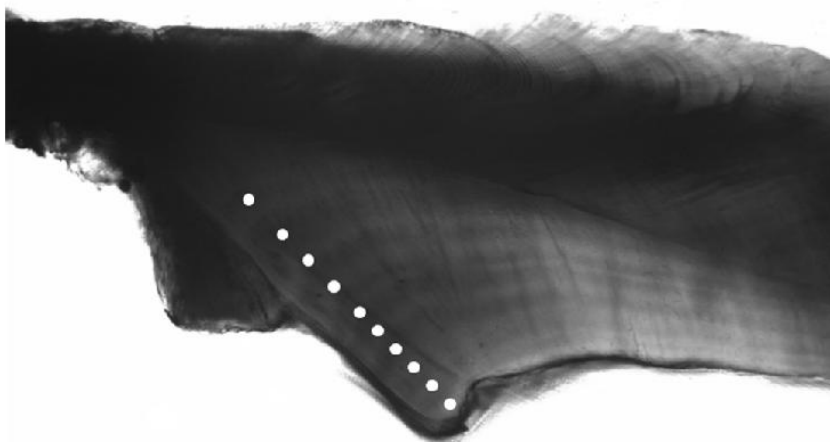


Figure 2- Thin-sectioned otolith of *Ruvettus pretiosus* showing ten annuli (white circles).

The sex ratio was 13.8:1 (female: male), showing a significant predominance of females ($\chi^2 = 554,5$; $p > 0,05$, $DF=1$). Females ranged in size from 68.0 to 189.0 cm total length (TL) and males from 52.4 to 154.0 cm TL. The size of females was also significantly higher than that of males (Kolmogorov-Smirnov $p < 0.0001$) (Fig. 3). The relationship between total length (TL) and fish weight (total weight- TW and eviscerated weight- EW) increased potentially (Fig. 4).

Of the 383 otoliths examined with clear growth rings, 352 were females, 23 were males, and in 8 individuals it was not possible to identify the sex. The average percentage error (APE) between readings ranged from 0% to 33.3% of 1 to 19 bands, whereas the overall sample had an APE of 11.5%.

The otoliths weight increased potentially with total length (Fig. 5) ($OW = 4 \times 10^{-5} TL^{1.3674}$), whereas the relationship between number of rings and otolith weight (OW) (Fig. 6) increased linearly ($OW = 0.002 \text{rings} + 0.0186$).

The bimonthly changes in appearance of the edge's margin of otoliths (opaque or translucent), present on sectioned otoliths of *R. pretiosus*, indicate that one annulus was formed per year (Fig. 7). The percentage of otoliths with an opaque edge was significantly higher (ANOVA, $p < 0.001$) between September-October, indicating that opaque annulus formation in SPSPA occurs during austral spring.

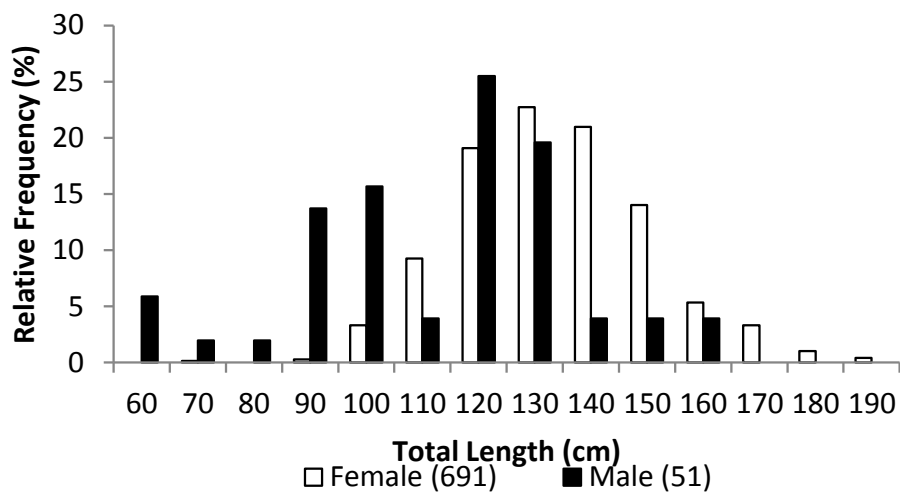


Figure 3- Distributions of total length in cm for male and female of *Ruvettus pretiosus* caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011.

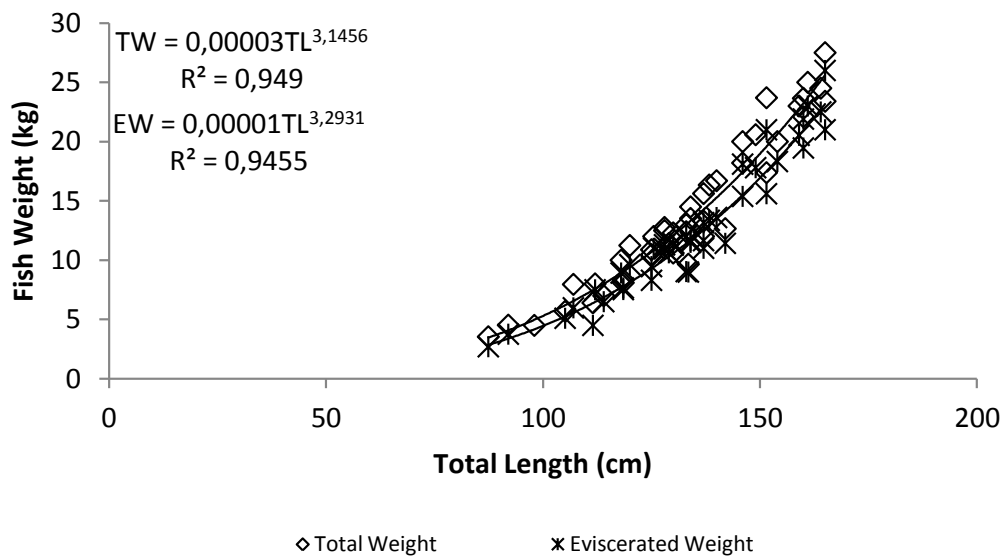


Figure 4- Length-weight relationship of oilfish, *Ruvettus pretiosus* caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011 (n= 834).

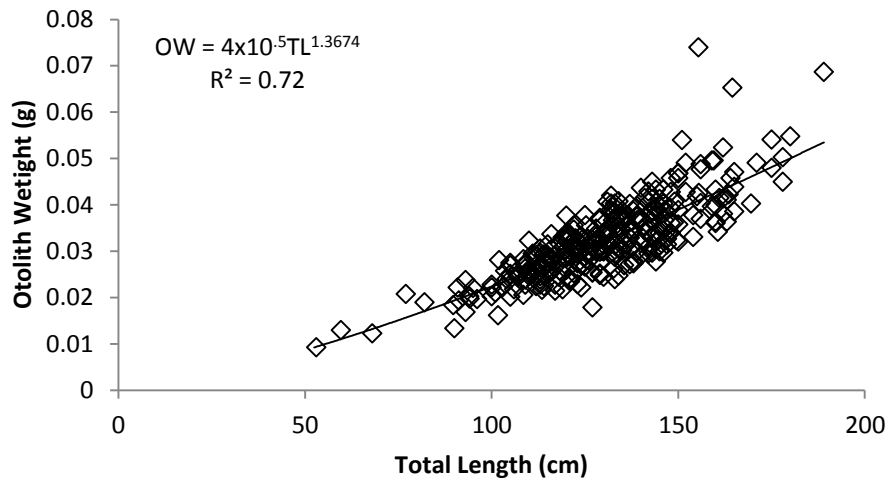


Figure 5- Relationship between otolith weight and total length of *Ruvettus pretiosus* caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011 (n = 383).

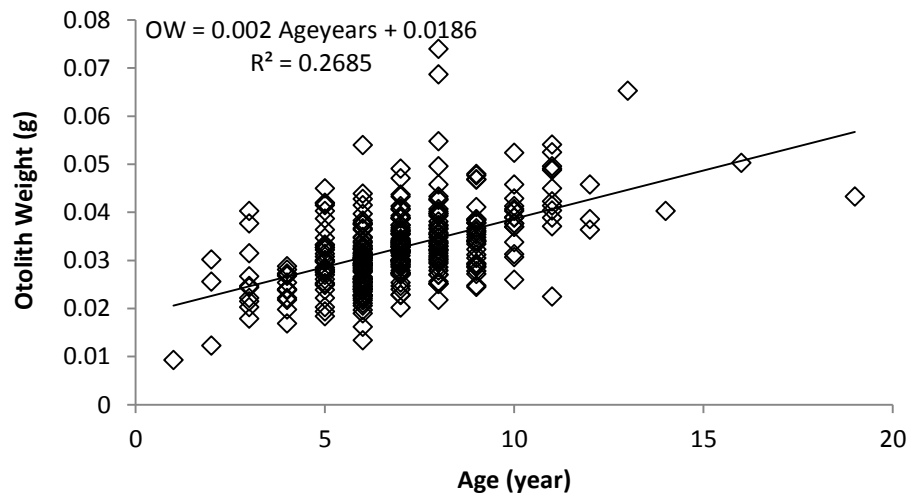


Figure 6- The linear relationship between age and otolith weight of oilfish, *Ruvettus pretiosus* caught in SPSPA between January 2007 and September 2011 (n= 318).

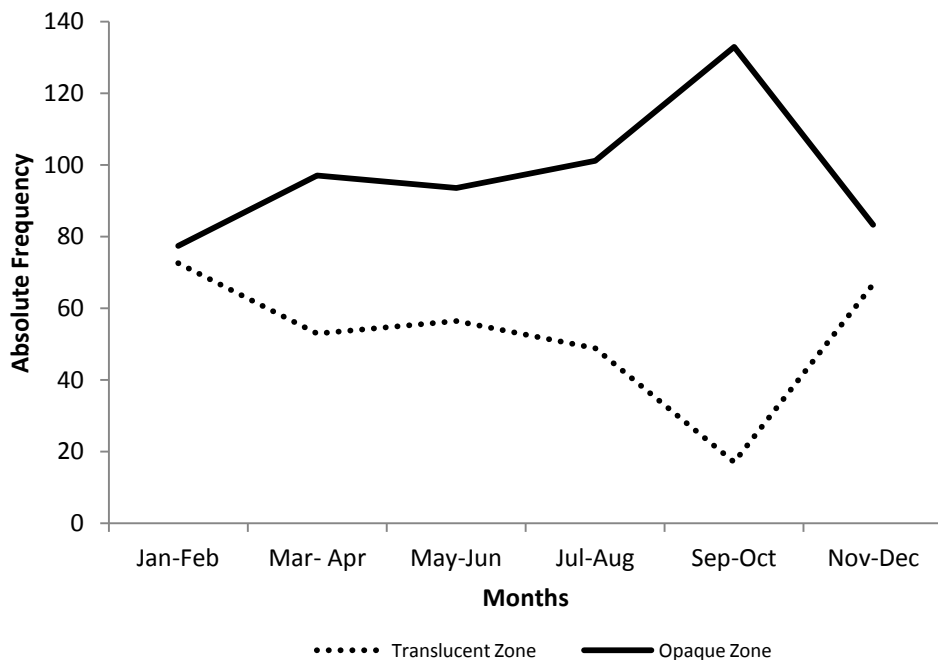


Figure 7- Bimonthly variation of otolith margin (opaque or translucent margin) of oilfish, *Ruvettus pretiosus* caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011 (n=324).

Growth model

Ages were estimated for 383 individuals (352 females, 23 males, and 8 of unknown sex). Females ranged in size from 68.0 to 189.0 cm total length (TL) and males from 52.4 to 154.0 cm TL. The ages found ranged from 1 to 19 years (Table 1).

The age-at-length results for *R. pretiosus* showed that some larger individuals (189.0 cm) were younger (8 years) than smaller ones (16 years, 178.0 cm), and that juvenile individuals (1-4 years) grew faster than the older ones.

Only individuals larger than 50 cm TL were caught and, consequently, the age 1 year class (50-60 cm TL) was represented by only one individual collected in additional samples (Table 1).

The VBGF without $t_0 = 0$ was much slower for females than males' classes, as indicated by the growth coefficient K . Consequently, the estimated L_∞ of females

was larger and the estimated t_0 also was larger. The resulting growth model was $L_t = 267.7 [1 - e^{-0.034(t-12.4)}] R^2 = 0.31$ for females and $L_t = 131.9 [1 - e^{-0.25(t-1.19)}] R^2 = 0.54$ for males. The VBGF for females and males with curve fitted to length at age data fixed at zero ($t_0 = 0$), in form of a von Bertalanffy model, was $L_t = 170.0 [1 - e^{-0.26(t-0)}] R^2 = 0.13$ for females and $L_t = 138.0 [1 - e^{-0.35(t-0)}] R^2 = 0.37$ for males (Fig. 8). The growth coefficients of VBGF for *Ruvettus pretiosus* caught in SPSPA with the values of standard errors are presented in Table 2.

Table 1- Age-length key for all *Ruvettus pretiosus* caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011.

TL (cm)	Age group (year)																Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	19	
50-60	1	1															2
60-70		1															1
70-80				1													1
80-90		1			1	1											3
90-100			1	3	3	4											14
100-110		2	2	5	3	9	4	3									30
110-120		3	5	6	8	24	12	8	3		1						71
120-130			3	6	15	26	18	11	4	2							82
130-140			2	2	7	10	24	15	13	4							76
140-150				1		7	18	7	13	6	3	1					54
150-160					1	1	4	7	4	2	3	1					24
160-170					1	2	4	2	1	2	2	2	1	1		1	18
170-180					1				1		2				1		5
180-190								2									2
Total	1	8	13	24	40	84	84	55	39	16	11	4	1	1	1	1	383

Table 2- The growth coefficients of VBGF of *Ruvettus pretiosus* caught in SPSPA. Values in parentheses are standard errors.

	L_{∞}	$K(\text{yr}^{-1})$	t_0
♀ $t_0 \neq 0$	267.7 (147.1)	0.034 (0.037)	-12.4 (6.01))
♀ $t_0 = 0$	170.0 (293.3)	0.26 (6925)	0
♂ $t_0 \neq 0$	131.9 (26.18)	0.25 (0.21)	-1.19 (1.80)
♂ $t_0 = 0$	138.0 (75.13)	0.35 (9801.6)	0

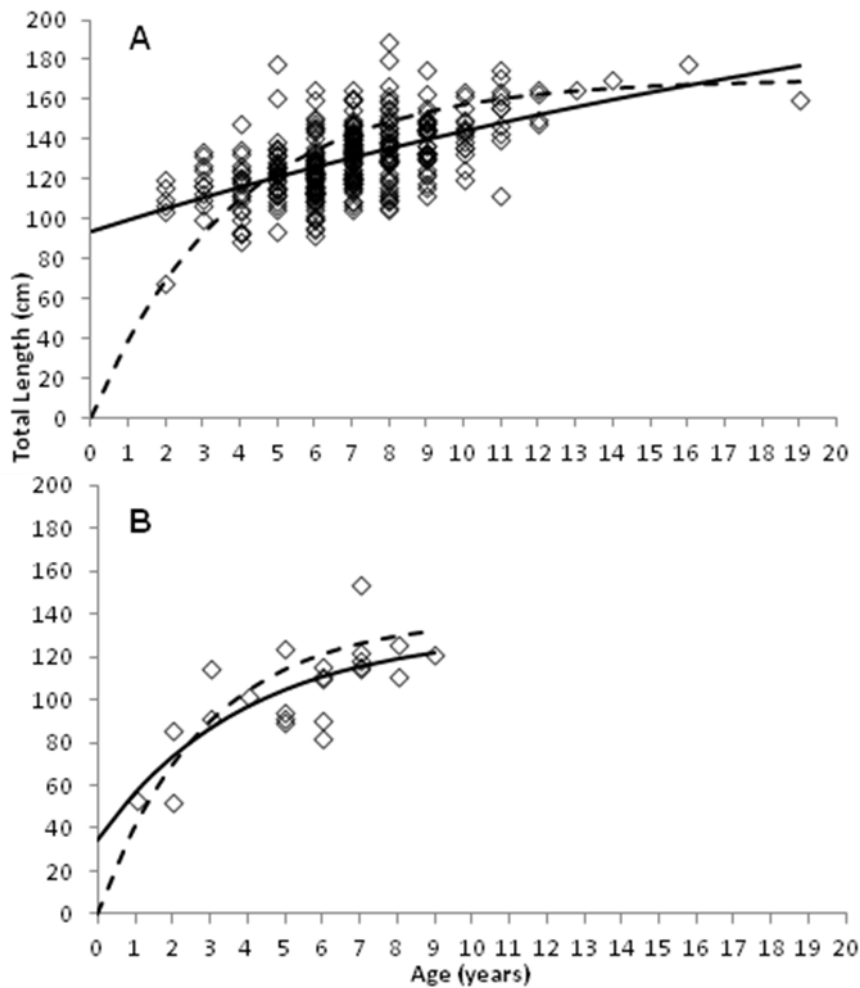


Figure 8- Von Bertalanffy growth curve fitted to length at age data curve without fixed at zero and curve fitted to length at age data fixed at zero ($t_0 = 0$) of *R. pretiosus*. (A) females (n=353); (B) males (n=23).

The smaller males had the same age of larger females showing they have slower growth. The sizes of males and females in different age classes showed significant differences (Kolmogorov-Smirnov $P < 0.0001$) (Fig. 9).

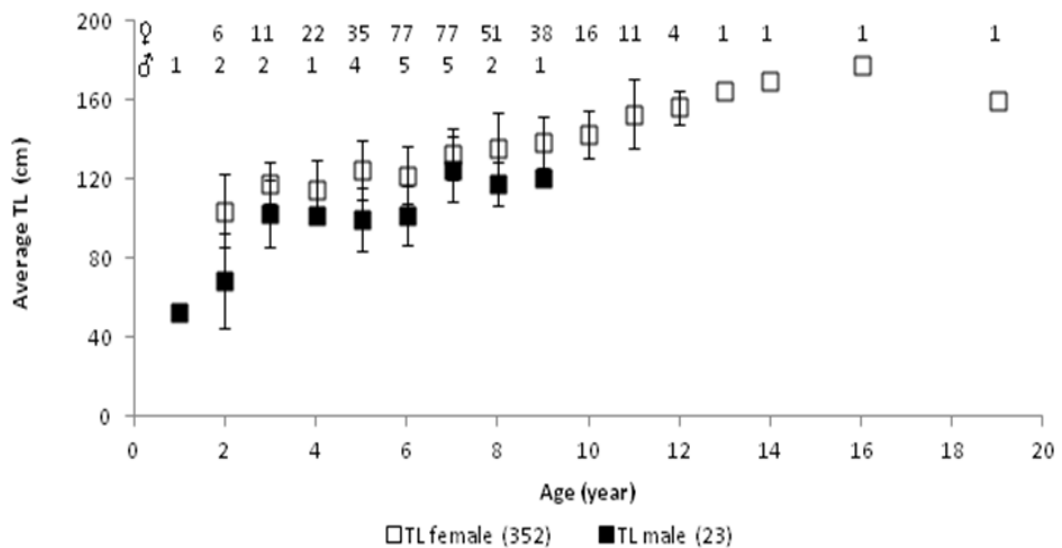


Figure 9- Average of total length (TL) by age group of *Ruvettus pretiosus* caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011. Error bars show standard error (n= 375).

The age distribution of females and males of *Ruvettus pretiosus* showed that most individuals had 6 and 7 years (Fig. 10A), with the overlap between the sexes occurring between 2 and 9 years. The modal size of females of *Ruvettus pretiosus* was 130 cm TL whereas males exhibited a bimodal distribution and were represented in the greatest numbers at 120 cm TL (Fig. 10B). Although the number of male samples has been much smaller than that of females, only one female smaller than 90 cm TL (Fig. 10B) was observed.

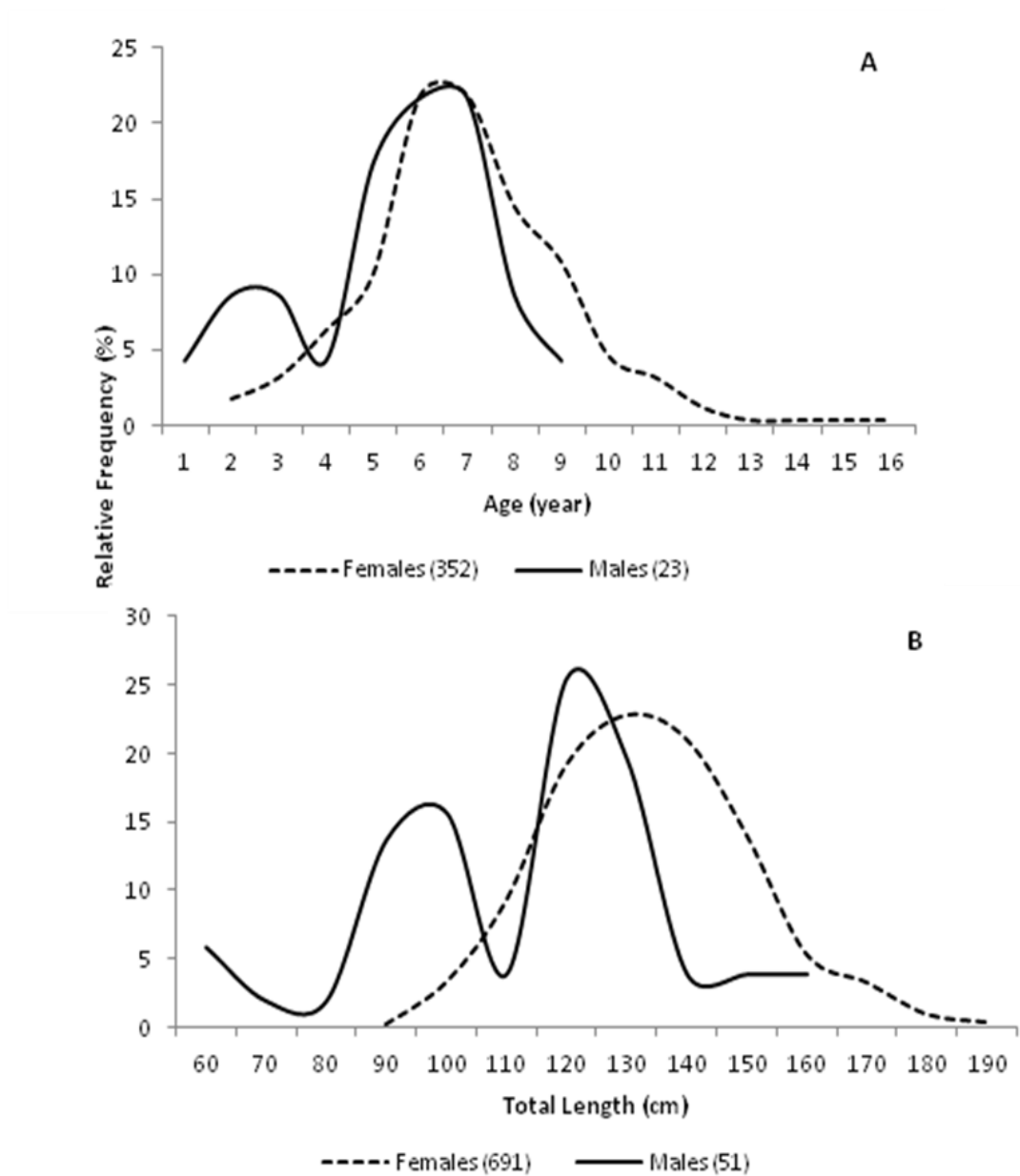


Figure 10- Age (A) (n=375) and size (B) (n=742) distribution of females and males of *Ruvettus pretiosus* caught in the SPSPA from January 2007 to September 2011.

DISCUSSION

In this study, the sex ratio of the oilfish was clearly unbalanced in favor of females, similar to results found by Vasilakopoulos *et al.* (2011) for the same species in the Mediterranean Sea, for fish caught with demersal longline (1 male: 12.3 females). In addition, Lorenzo and Pajuelo (1999) reported that the sex-ratio in *Promethichthys prometheus*, another Gempylid species from Canary islands with similar ecology to that of the oilfish, varied between 1:6.5 to 1:5.3 in favour of females, in depths of 200-500 m, while in depths of 600-900 m, it changed for 1:0.63 to 1:0.37, in favour of males. It is possible, therefore, that males in the vicinity of SPSPA occur in different habitats and depths than those of females.

According to Labropoulou and Papaconstantinou (2000), edge analysis does not assign a state of completion to the marginal increment, but rather records its presence as either an opaque or translucent zone. In both marginal increment analysis and edge analysis, a yearly cycle of formation can be difficult to distinguish from other frequencies, contributing to their poor performance as validation methods (Campana, 2001). Despite the problems inherent to their use for age validation, both marginal analyses are well suited for determining the month or season of formation of the opaque or translucent zone once annulus formation has been validated through independent means (Pearson, 1996; Natanson *et al.*, 2001). In the present study, the edge analysis was used to validate the age results, despite the caveats above noted, because the alternated pattern of opaque and translucent zones was easily distinguishable on the otoliths of the oilfish from SPSPA. Since these zones are deposited due to alternating periods of rapid and slow growth (Williams and Bedford, 1974), it might provide a valid tool for age validation in the present case.

The long period of translucent zone formation could be associated with larger period of feeding when fish accumulate energy, while the short period of opaque zone formation could be associated with the period of physiological stress during the reproductive period (Villamil *et al.*, 2002). According to the present results, the

opaque zone is formed during the spring months and the translucent zone during the remaining months of the year. The peak of formation of opaque zone (Sep-Oct) of the specimens examined in the present study, therefore, happens just before the occurrence of mature females, from December to March, when the highest values of GSI were also recorded. It is likely, therefore, that the opaque areas were formed during the period immediately before the spawning season, when the energy and nutrient reserves were being used to develop and mature the gonads, instead of body growth.

Ciou (2011), who analyzed the age and growth of the escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) sampled from the Atlantic Ocean, Indian Ocean, south Pacific Ocean and the waters off eastern Taiwan, based on otolith analysis, concluded that the ring formed about once an year, during spring, in all the three oceans. According to Choat and Robertson (2002), there is an emerging consensus of studies on age determination, that consistent increments observed in sagittal otoliths of tropical and temperate species can be reliably interpreted as having an annual periodicity.

The oldest age class observed for *Ruvettus pretiosus* in SPSPA (Table 3) was 19 years, indicating that the oilfish is a moderately long-lived species, similar to results found by Rowling and Reid (1992) to another Gempylid species in Australia. The different mean lengths at age for males and females also show males grow more slowly than females.

In older fish, opaque zones are formed more closely together in the otolith, making accurate counts and interpretation of the otolith margin more difficult, a fact which can explain the low number of growth marks in the two individuals above 1.80 cm TL, which showed only eight rings. Other possibility to explain this fact can be the phenotypic characteristics of the specimens sampled.

The oldest age class observed was 19 years, although this class, as well as age classes 13, 14 and 16, was poorly represented in the landings. The growth parameters obtained seem reasonable since the theoretical maximal length value is greater than

the size of the largest fish sampled, although the growth coefficient value indicates relatively slow attainment of maximal size.

The growth rate ($K = 0.034$) obtained for females was very different from that found by Lorenzo and Pajuelo, (1999) in the Canary Islands for the *P. prometheus* ($K=0.18$) and by Rowling and Reid (1992) in the Australia for females of *Rexea solandri* ($K=0.18$), while the growth rate for males ($K= 0.25$) obtained in this study was close to that found by Rowling and Reid (1992) in the Australia for females of *Rexea solandri* (Table 3).

Table 3- Age and parameters of the growth for gempylid species.

Species	Localization	Years	L_{∞} (cm)	K (yr ⁻¹)	Reference
<i>R. solandri</i> *	Australia	3 to 16	109.4	0.180	Rowling & Reid, 1992
<i>R. solandri</i> **	Australia	2 to 11	97.5	0.212	Rowling & Reid, 1992
<i>P. Prometheus</i>	Canary Islands	3 to 11	93.6	0.18	Lorenzo & Pajuelo, 1999
<i>L. flavobrunneum</i>	Pacific Ocean	1 to 9/	189.3	0.096	Ciou, 2011
<i>L. flavobrunneum</i>	Indian Ocean	2 to 10	191.1	0.097	Ciou, 2011
<i>L. flavobrunneum</i>	Atlantic Ocean	2 to 10	204.7	0.099	Ciou, 2011
<i>L. flavobrunneum</i>	Taiwan	1 to 14	182.2	0.100	Ciou, 2011
<i>R. pretiosus</i> *	SPSPA (Brazil)	2 to 19	267.7	0.034	Present study
<i>R. pretiosus</i> **	SPSPA (Brazil)	1 to 9	131.9	0.25	Present study

* females, ** males

In general, the t_0 values obtained by the VGBF, and other studies carried out on gempylid species, are negative (Rowling and Reid, 1992; Lorenzo and Pajuelo, 1995, 1999; Ciou, 2011), a pattern which is common for species with rapid growth in their first phases of life (Bustos *et al.*, 2009). To counter balance the selectivity of fishing against smaller sizes and the effects of their absence on the estimates of growth parameters obtained from length at age data, however, Gwinn *et al.* (2010) suggests setting t_0 age at zero.

According to Jennings *et al.* (2001) there will always be errors associated with estimates of the parameters that describe the key attributes of a population,

which may be aggravated by errors in the data or samples that do not represent the population. The effects of different ranges of age on the parameter estimates of von Bertalanffy growth have been recognized for many years (Knight, 1968; Hirschhorn, 1974). Although the applicability of the von Bertalanffy function for modeling fish growth has been questioned by some authors (Knight 1968; Roff 1980), it seems to provide a good representation of the estimated age-at-length data for oilfish in the SPSPA. The reduced number of males, however, prevented the estimation of growth parameters separated by sex.

The study of age and growth of fish based on the analysis of periodic rings formed in their otoliths is always challenging, particularly when the species is not regularly targeted by some specialized fisheries, such as in the case of the oilfish caught in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago. In spite of its intrinsic limitations, the data provided by this study on the age and growth of *Ruvettus pretiosus* are perhaps the first for the genus *Ruvettus* in the world. The growth parameters and characteristics estimated for the oilfish, based on specimens caught by the artisanal fishery in SPSPA, represent an important contribution to our knowledge on the species, which will hopefully help future assessments of the exploited stocks, essential to ensure the sustainability of their fisheries, as well as their conservation.

REFERENCES

- Beamish R. J.; Fournier, D. A. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* 38: 982-983.
- Beamish, R. J.; McFarlane, G. A. 1983. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Transactions of the American Fisheries Society* 112: 735-743.
- Beverton, R. J. H.; Holt, S. J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fishery Investigations Series II No. 19.* 533 pp.
- Bettoso, N.; J. First record of the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Pisces: Gempylidae) in the northern Adriatic Sea. *J. Mar. Biol. Ass. UK.* v.79, p.1145-1146. 1999.

Bigelow, H.B.; Schroeder, W.C. 1953. Sawfish, guitarfish, skates and rays. *In*: Bigelow, H.B.; Schroeder, W.C. (Eds) *Fishes of the Western North Atlantic, Part 2*. Sears Foundation for Marine Research, Yale University, New Haven, pp. 508-514.

Bone, Q. 1972. Buoyancy and hydrodynamic functions of integument in the castor oil fish, *Ruvettus pretiosus*. *Copeia*. 1; 78-87.

Bustos, R.; Luque, A.; Pajuelo, J. G. 2009. Age estimation and growth pattern of the island grouper, *Mycteroperca fusca* (Serranidae) in an island population on the northwest coast of Africa. *Scientia Marina* 73(2): 319-328.

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.

Castro, J.; De La Serna, J. M.; Macías, D.; Mejuto, J. 2000. Estimaciones científicas de los desembarcos de especies asociadas realizados por La flota española de palangre de superficie en 1997 y 1998. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT.*, v. 51, p. 1882-1893. 2000.

Cervigón, F.; Cipriani R.; Fischer, W.; Garibaldi, L.; Hendrickx M.; Lemus, A. J.; Márquez, R.; Poutiers, J. M.; Robaina, G.; Rodríguez, B. 1992. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. FAO, Rome. 513 p. Preparado con el financiamiento de la Comisión de Comunidades Europeas y de NORAD.

Cheung, W. W. L., T. J. Pitcher; D. Pauly. 2005. A fuzzy logic expert system to estimate intrinsic extinction vulnerability of marine fishes to fishing. *Biology Conservation*. 124 97-111.

Choat, J. H.; Robertson, D.R. 2002. Age-Based Studies *In*: SALE, P.F. 2002. *Coral Reef Fishes. Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem*. Academic Press US 549 pp.

Ciou, Huei-Jyun. 2011. Age and growth study of escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) in three oceans using otoliths. Thesis . Submitted to Department of Environmental Biology and Fisheries Science. National Taiwan Ocean University

Cox W. M.; Reid E. E. 1932. The chemical composition of oil of *Ruvettus pretiosus*, the "castor oil fish". *J. Am. Chem. Soc.* 54: 220–229.

Damalas, D; Megalofonou, P. 2010. Environmental effects on blue shark (*Prionace glauca*) and oilfish (*Ruvettus pretiosus*) distribution based on fishery-dependent data

from the eastern Mediterranean Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom., v. 90 (3), p. 467-480.

Elbaraasi H.; Elmariami M.; Elmeghrabi M.; Omar, S. 2007. First record of oilfish, *Ruvettus pretiosus* (Actinopterygii, Gempylidae), off the coast of Benghazi, Libya (Southern Mediterranean). Acta Ichthyol. Piscat. 37: 67–69.

Everhart, W.H.; Eipper, A.W.; Youngs, W.D. 1975. Principles of Fishery Science. Cornell University Press, Ithaca, NY.

Figueiredo, J. L.; Menezes, N. A. 2000. Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 116p.

Fischer, A. J., M. S. Baker Jr.; C. A. Wilson. 2004. Red snapper, *Lutjanus campechanus*, demographic structure in the northern Gulf of Mexico based on spatial patterns in growth rates and morphometrics. Fish. Bull. 102:593–603.

Froese, R.; D. Pauly. Editors. 2010. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (05/2010).

Gayanilo, F. C. Jr., Sparre, P.; Pauly, D. 1996. The FAOICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT) User's Guide. FAO computerized information series (Fisheries). No. FAO, Rome, 8: 126 pp.

Gudger, E. W. 1928. The distribution of *Ruvettus*, the oil- fish, throughout the south seas, as shown by the distribution of the peculiar wooden hook used in its capture. The American Naturalist, Vol. 62, No. 682: 467-477

Gudger E.W.; Mowbray L.L. 1927. The oilfish, *Ruvettus pretiosus*, at Bermuda. Science v. LXV (1675): 145–146.

Gutierrez, V. R.; Zarza, M. C. P.; Muriana, F. J. G.; Bravo, L. 1997. Lipid and fatty acid composition of muscle and internal organs from *Ruvettus pretiosus*. Journal of Fish Biology. 50; (6) 1353-1357.

Gwinn, D. C.; Allen, M. S.; Rogers, M. W. 2010. Evaluation of procedures to reduce bias in fish growth parameter estimates resulting from size-selective sampling. Fisheries Research 105; (2) 75-79.

Hazin F.H.V.; Vaske-Júnior T.; Oliveira P.G.; Macena B. C. L.; Carvalho F. 2008. Occurrences of whale shark (*Rhincodon typus* Smith, 1828) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. Brazilian J. of Biology. 68: 385-389.

Hirschhorn, G. 1974. The effects of different age ranges on estimated Bertalanffy growth parameters in three fishes and one mollusk of the northeastern Pacific Ocean. In Bagenal, T.B. (ed.), Ageing of fish. Unwin Bros., Surrey, England.

Jennings, S.; Kaiser, M.J.; Reynolds, J. D. 2001. Marine Fisheries Ecology. Oxford: Blackwell Science. 417 p.

Kaya, M.; Bilecenoglu, M. 1999. *Ruvettus pretiosus* Cocco, 1829 (Teleostei: Gempylidae) a new fish record for the Mediterranean coast of Turkey. Journal of Fisheries and Aquatic Science 16, 433–435.

Knight, W. 1968. Asymptotic growth: an example of nonsense disguised as mathematics. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 25, 1303-1307.

Labropoulou, M.; Papaconstantinou, C. 2000. Comparison of otolith growth and somatic growth in two macrourid fishes. Fisheries Research 46, 177–188.

Ling, K. H.; Cheung, C. W.; Cheng, S. W.; Cheng, L.; LI, S.; Nichols, P. D.; Ward, R. D.; Graham, A.; But, P. P. 2008. Rapid detection of oilfish and escolar in fish steaks: A tool to prevent keriorrhea episodes. Food. Chem. 110; 538-546. doi:10.1016/j. food chem.2008.02.066

Lopes, P. R. D.; Oliveira-Silva, J. T.; Sampaio, C. L. S.; Olavo, G. 2003. Reports of *Gempylus serpens* Cuvier, 1829, *Lepidocybium flavobrunneum* (Smith, 1849) and *Ruvettus pretiosus* Cocco, 1829 (Actinopterygii: Gempylidae) in inshore waters of Bahia State, Brazil. Arquivos de Ciencias do Mar. 36; 45-48.

Lorenzo, J. M.; Pajuelo, J. G. 1999. Biology of a deep benthopelagic fish, roudi escolar *Promethichthys prometheus* (Gempylidae), off the Canary islands. Fishery Bulletin. 97; 92-99.

Lorenzo, J. M.; Pajuelo, J. G. 1995. Population biology of the roudi escolar *Promethichthys prometheus* (Gempylidae), off the Canary islands. Scientia Marina. 59; (3-4) 235-240.

Maguire J.; Sissenwine M.; Csirke J.; Grainger R.; Garcia S. 2006. The state of world highly migratory, straddling and other high seas fishery resources and associated species. FAO Fisheries Technical Paper 495. FAO, Rome.

Martinez, J. 2007. El pez Escamudo en el Puerto de Santa Rosa (*Ruvettus pretiosus*) / Presence of Pez Escamudo in Santa Rosa port. Revista Pesca Blanca Internacional. <http://pescablanca.com>.

Mejuto, J.; García-Cortés, B.; De La Serna, J. M. 2002. Preliminary scientific estimations of by-catches landed by the Spanish surface longline fleet in 1999 in the Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT., v. 54, p. 1150-1163.

Morales-Nin, B. 1992. Determination of Growth in Bony Fishes from Otolith Microstructure. *FAO Fisheries Technical Papers*. no. 332, 51p.

Musik, J. A. 1999. Ecology and conservation of long-lived marine animals. in J. A. Musk, ed. *Life in the Slow Lane*. American Fishery Society, Baltimore MD. 1-10.

Nakamura, I.; Parin, N. V. 2001 [ref. 26304] Families Gempylidae, Trichiuridae. In: Carpenter and Niem 2001 [ref. 26276]. *Species identification guide for fishery purposes*. Bony fishes part 4. v. 6: 3698-3720.

Nakamura, I. 1995. Gempylidae Escolares [in]; Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider W.; Sommer, C.; Carpenter, K.E. and Niem, V. *Guia FAO para Identificación de Especies para lo Fines de la Pesca*. Pacifico Centro-Oriental. FAO, Rome. 3; 1106-1113.

Nakamura, I.; Parin, N. V. 1993. FAO species catalogue. Vol. 15. Snake mackerels and cutlassfishes of the world (families Gempylidae and Trichiuridae). An annotated and illustrated catalogue of the snake mackerels, snoeks, escolars, gemfishes, sackfishes, domine, oilfish, cutlassfishes, scabbardfishes, hairtails, and frostfishes known to date. FAO fish. Syn. 15; (125) 1-136.

Nichols, P.D.; Mooney, B.D.; Elliott, N.G. 2001. Unusually high levels of non-saponifiable lipids in the fishes escolar and rudderfish, identification by gas and thin-layer chromatography. *J. Chromatography A*, v. 936, p. 183-191.

Ochiai, Y.; Watabe, S.; Hashimoto, K.; Narita, H.; Ukishima, Y.; Nara, M. 1984. Biochemical identification of two gempylid fishes causative of a food poisoning. *Nippon Suisan Gakkaishi*. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries /Nissuishi. 5; (4) 721-725.

Pakhorukov, N. P.; Boltachev, A. R. 2001. On the Distribution and Behavior of the Oilfish *Ruvettus pretiosus* (Gempylidae) over Seamounts. *Journal of Ichthyology/Voprosy*. 41; (9) 755-760.

Paul, L. J. 1992. Age and Growth Studies of New Zealand Marine Fishes, 1921-90: A Review and Bibliograph. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43: 879-912.

Pearson, D. E. 1996. Timing of hyaline-zone formation as related to sex, location, and year of capture in otoliths of the widow rockfish, *Sebastes entomelas*. *Fishery Bulletin*, U.S. 94, 190-197.

Rebollo, C.; Cosculluela Aisa, M.; Beltrán Lacort, F.; Rihuete Heras, M.A. 2011. Diarrea oleosa anaranjada. Keriorrhoea inducida por pescado. *Anales de Pediatría*. 74; (1) 67-68. UR -
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1695403310004893>

- Rezende, S. M. 2008. Evolução das capturas, idade, crescimento e recrutamento de espécies de Lutjanidae do Nordeste do Brasil. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. 198p.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Population. J. Fish. Res. Board Can. 191:382.
- Roff, D. A. 1980. A motion for the retirement of the von Bertalanffy function. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37, 127-9.
- Rowling, K. R.; Reid, D. D. 1992. Effect of Temporal Changes in Size Composition on Estimates of von Bertalanffy Growth Parameters for Gemfish, *Rexea solandri* (Cuvier), Gempylidae. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 43, 1229-39
- Sato, Y.; Tsuchiya, Y. 1969. Lipids of *Ruvettus pretiosus*. I. Composition of alcohols and fatty acids. Tohoku J. Agric. Res. 20: 89-95.
- Santos M. N.; Gaspar M. B.; Monteiro C. C.; Vasconcelos P. 2002. Gill net and long-line catch comparisons in a hake fishery, the case of southern Portugal. Scientia Marina. 66: 433-441.
- Scott, W.B.; M.G. Scott 1988 Atlantic fishes of Canada. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 219: 731 p.
- Silas E. G.; Regunathan A. 1974. Studies on demersal fishes of the deep neritic waters and the continental slope 3. On the occurrence of the oil fish *Ruvettus pretiosus* Cocco (Gempylidae: Pisces) on the upper continental slope along the south-west coast of India. Journal of the Marine Biological Association of India, 16 (1). Pp.. 291-293. In: <http://eprints.cmfri.org.in/1794/>> accessed in May, 16/2011.
- Sokal, R. R.; F. J. Rohlf. 1995. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. W.H. Freeman and Co., NewYork, NY. 3rd ed., 887 p.
- Sparre, P., Ursin, E.; Venema, S.C. 1989. Introduction to tropical Fish Stock Assessment. Part 1. Manual FAO Fish. Techn. Paper, 306/1, 337 p. Rome
- Szedlmayer, S. T.; R. L. Shipp. 1994. Movement and growth of red snapper, *Lutjanus campechanus*, from an artificial reef area in the northeastern Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci. 55 (2-3):887-896.
- Uyeno, T.; Matusuura, K.; Fujii, E. 1983. E. Fishes trawled off Suriname and French Guiana. Japan Marine Fishery Resource Research Center. 519 p.

Tserpes G., Tatamanidis G.; Peristeraki P. 2005. Oilfish and shark by-catches of the Greek swordfish fishery in the E. Mediterranean; a preliminary analysis applied to 'presence-absence' data. (SCRS/2005/065) ICCAT. Collected Volumes Scientific Papers 52, 740–744.

Vasilakopoulos, P.; Pavlidis, M.; Tserpes, G. 2011. On the diet and reproduction of the oilfish *ruvettus pretiosus* (Perciformes: Gempylidae) in the eastern Mediterranean. J. Mar. Biol. Ass. UK., v. 91 (4), p. 873-881.

Viana, D. L.; Hazin, F. H. V.; Nunes, D.; Carvalho, F.; Vêras, D.; Travassos, P. 2008. Wahoo *Acanthocybium solandri* Fishery in the Vicinity of Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil, from 1998 to 2006. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT., v. 62, p. 1662-1670.

Viana, D.; Tolotti, M.; Araujo, R.; Vaske Junior, T.; Hazin, F. H. V. in press. Diet of the oilfish *Ruvettus pretiosus* (Actinopterygii: Gempylidae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. Brazilian Journal of Oceanography.

Villamil, M. M.; Lorenzo, J. M.; Pajuelo, J. G.; Ramos, A.; Coca, J. 2002. Aspects of the life history of the salema, *Sarpa salpa* (Pisces, Sparidae), off the Canarian Archipelago (central-east Atlantic). *Environmental Biology of Fishes* 63: 183-192.

Weidner, D. M.; F. Arocha, 1999. South America: Atlantic, part A, section 2 (segment B) in Latin America World swordfish fisheries: An analysis of swordfish fisheries, market trends, and trade patterns. Silver Spring National Marine Fisheries Service, vol. IV. 628p.

Williams, T.; Bedford, B.C. 1974. The use of otoliths for age determination. In: T.B. Bagenal (ed.): *The Ageing of Fish*, pp. 114-123. Unwin Brothers Surrey.

Zarza, P.; Gutierrez, V. R.; Bravo, I. 1993. Lipid composition of two purgative fish: *Ruvettus pretiosus* and *Lepidocybium flavobrunneum*. *Grasas y Aceites*. v. 44, no. 1, pp. 47-52.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos por meio da análise dos desembarques, embora forneçam uma primeira aproximação dos volumes capturados e variação sazonal e interanual da abundância relativa das espécies capturadas no ASPSP, não permitem avaliar adequadamente as variações de CPUE, em razão da impossibilidade de se estimar adequadamente o esforço de pesca. Recomenda-se, portanto, que as capturas realizadas pelas embarcações no entorno do ASPSP passem a ser registradas de forma mais detalhada, por meio de Mapas de Bordo, particularmente em razão do ASPSP integrar a Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e São Pedro e São Paulo.

A avaliação do comportamento alimentar do peixe-prego no ASPSP permitiu confirmar a classificação da espécie como carnívora, com forte tendência a piscivoria, devido ao grande número de peixes encontrados no seu conteúdo estomacal. Segundo Mendonça (2004), encontrar um grande número de estômagos vazios é uma característica de espécies carnívoras, que só se alimentam após a completa absorção do item, fato que pode explicar o alto índice de estômagos vazios encontrados nos peixes-pregos capturados no ASPSP.

As análises histológicas realizadas nas gônadas permitiram identificar claramente cinco estágios do desenvolvimento ovocitário seguindo um padrão semelhante ao descrito para outras espécies de peixes marinhos, sendo necessário destacar, entretanto, que para o peixe-prego as gotículas de lipídios fundiram-se no primeiro estágio de maturação, enquanto para outras espécies isto só ocorre em estágios maturacionais mais avançados (Corriero *et al.*, 2003; Arocha, 2002; Grau *et al.*, 1996).

Segundo Viana (2007) o fato do Arquipélago de São Pedro e São Paulo constituir uma ilha de produtividade biológica, em uma região fortemente oligotrófica, sugere a sua provável utilização por diversas espécies como área de alimentação e ganho de energia, possivelmente necessário para o processo final de

amadurecimento gonadal, em antecedência à desova. As elevadas concentrações de peixe voador, um dos principais itens alimentares identificados para a espécie no ASPSP, principalmente a partir de dezembro, sugerem um sincronismo decorrente de uma relação presa-predador, conforme foi observado para outras espécies de grandes peixes pelágicos na mesma região (Hazin *et al.*, 2009).

A grande abundância das fêmeas em relação aos machos entre os peixes da família Gempylidae, constatada neste trabalho, já foi descrita por diversos autores (Lorenzo & Pajuelo, 1995, 1999; Griffiths, 2002; Vasilakopoulos *et al.*, 2011). Esta diferença, possivelmente está associada ao comportamento dos peixes, a estratificação vertical entre sexos ou à seletividade do aparelho utilizado na pesca, hipóteses já sugeridas por outros autores. Recomenda-se, assim, que se desenvolvam operações de pesca exploratórias, em maiores profundidades, com vistas a permitir a captura de machos, no intuito de se elucidar questões como: Qual a profundidade em que os machos se encontram? Existe diferença na preferência por itens alimentares entre machos e fêmeas? Quais os parâmetros de crescimento para os machos?

Os parâmetros de crescimento do *Ruvettus pretiosus* para a área de estudo mostram que esta espécie apresenta uma taxa de crescimento relativamente lenta e moderada expectativa de vida, sendo, portanto, naturalmente sensível a uma pressão de pesca elevada. O uso de otólitos para a determinação da idade desta espécie mostrou-se adequada, uma vez que os incrementos (bandas opacas e translúcidas alternadas) em sua estrutura mostraram-se bastante visíveis. Além disso, a análise do tipo de margem dos otólitos sugere que os anéis etários são formados em base anual, com a sua formação ocorrendo principalmente durante a primavera.

Os resultados encontrados no presente trabalho, de forma geral, contribuem para uma melhor avaliação dos estoques de peixe-prego no Oceano Atlântico, podendo subsidiar a adoção de medidas de manejo e ordenamento pesqueiro capazes de assegurar a sua conservação, como a proibição da pesca de determinadas espécies durante a reprodução destas. Recomenda-se, assim, a continuidade de trabalhos de pesquisa não apenas sobre o peixe-prego, mas com outras espécies da família

Gempylidae, as quais vem sendo crescentemente capturadas, tanto incidentalmente, pela pesca direcionada a atuns e afins, como de forma direcionada.

REFERÊNCIAS

Arocha F. 2002. Oocyte development and maturity classification of swordfish from the north-western Atlantic. *Journal of Fish Biology* 60; 13-27.

Corriero A.; Desantis, S.; Deflorio, M.; Acone, F.; Bridges, C. R.; De La Serna, J. M.; Megalofonou, P.; De Metrio, G. 2003. Histological investigation on the ovarian cycle of the bluefin tuna in the western and central Mediterranean. *Journal of Fish Biology*. 63; 108-119.

Grau A., Crespo S., Riera F., Pou S.; Carmen Sarasquete M. 1996. Oogenesis in the amberjack *Seriola dumerili* (Risso, 1810). A histological, histochemical and ultrastructural study of oocyte development. *Scientia Marina*. 60; 391-406.

Griffiths, M. H. 2002. Life history of South African snoek, *Thyrsites atun* (Pisces, Gempylidae), a pelagic predator of the Benguela ecosystem. *Fishery Bulletin*. 100; 690-710.

Hazin, F. H. V.; Viana, D. L. Pinheiro, D.; Fischer, A.; Macena, B.; Veras, D.; Oliveira, P.; Carvalho, F.; Vaske, T. and Branco, I. 2009. [in]; Viana, D. L., Hazin, F. H. V. and Carvalho, M. A. (Orgs.) O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de estação científica. Brasília: SECIRM. 226 - 233.

Kamler, E. 2005. Parent–egg–progeny relationships in teleost fishes, an energetics perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15, 399-421.

Lorenzo, J. M.; Pajuelo, J. G. 1999. Biology of a deep benthopelagic fish, roudi escolar *Promethichthys prometheus* (Gempylidae), off the Canary islands. *Fishery Bulletin*. 97; 92-99.

Lorenzo, J. M.; Pajuelo, J. G. 1995. Population biology of the roudi escolar *Promethichthys prometheus* (Gempylidae), off the Canary islands. *Scientia Marina*. 59; (3-4) 235-240.

Mendonça, M. C. F. B. 2004. Autoecologia do camorin, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792), (Peciformes: Centropomidae) em ambiente hipersalino em Galinhos, RN, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos-SP. 145p.

Vasilakopoulos, P.; Pavlidis, M. and Tserpes, G. 2011. On the diet and reproduction of the oilfish *ruvettus pretiosus* (Perciformes: Gempylidae) in the eastern Mediterranean. J. Mar. Biol. Ass. UK. 91 (4): 873-881.

Viana, D. L. 2007. Pesca e biologia reprodutiva da cavala impigem (*Acanthocybium solandri*, Cuvier, 1831) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife - PE. 63p.