



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

ESTRATÉGIA REPRODUTIVA DA CARAÚNA-AZUL *Acanthurus coeruleus* BLOCH & SCHNEIDER, 1801 (PERCIFORMES: ACANTHURIDAE) CAPTURADA NO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO

Railma Maria Vilanova Rocha Queiroz

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. PAULO G. VASCONCELOS DE OLIVEIRA

Orientador

Prof.(a) Dr.(a) MARIANA GOMES RÊGO

Co-orientadora

Recife,

Agosto/2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

Q3e Queiroz, Railma Maria Vilanova Rocha
Estratégia reprodutiva da caraúna-azul *Acanthurus coeruleus*
BLOCH & SCHNEIDER, 1801 (Perciformes: ACANTHURIDAE)
capturada no litoral norte de Pernambuco / Railma Maria Vilanova
Rocha Queiroz. – 2018.
64 f. : il.

Orientador: Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira.

Coorientador: Mariana Gomes Rêgo.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura,
Recife, BR-PE, 2018.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Peixe – Desova 2. Peixe - Reprodução 3. Peixe - Fecundidade
I. Oliveira, Paulo Guilherme Vasconcelos de orient. II. Rêgo, Mariana
Gomes, coorient. III. Título

CDD 639

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

ESTRATÉGIA REPRODUTIVA DA CARAÚNA-AZUL *Acanthurus coeruleus* BLOCH & SCHNEIDER, 1801 (PERCIFORMES: ACANTHURIDAE) CAPTURADA NO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO

RAILMA MARIA VILANOVA ROCHA QUEIROZ

Tese julgada adequada para obtenção do título de doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e aprovada em 27/08/2018 pela seguinte Banca Examinadora.

Prof. Dr. Paulo G. Vasconcelos de Oliveira

Orientador

Departamento de Pesca e Aquicultura/UFRPE

Prof^a. Dr^a. Ana Carla Asfora El-Deir

Membro Externo

Departamento de Biologia/UFRPE

Prof. Dr. Diogo Martins Nunes

Membro Externo

Departamento de engenharia de Pesca/UFRPE – UAST

Prof^a. Dr^a. Flávia Lucena Frédou

Membro Interno

Departamento de Pesca e Aquicultura/UFRPE

Prof. Dr. Humberto Gomes Hazin

Membro Interno

Departamento de Ciências Animal/UFERSA

Dedicatória

A minha filha, Laura Rocha Queiroz, todos os planos da minha vida é você que me encoraja a seguir e jamais desistir.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por ter me dado força e coragem para chegar até aqui. Obrigada Senhor pela vitória alcançada.

Aos meus queridos orientadores, Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira e Dr^a Mariana Gomes do Rego, pelo apoio, paciência, e disposição ao longo desse caminho.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiro e Aquicultura, em especial ao professor Paulo Travassos, Fábio Hazim, Flávia Frédou e Thierry Frédou, que sempre estiveram dispostos a ajudar e a contribuir.

Ao professor Joaquim Evêncio, que abriu a porta do seu laboratório para o processamento e análise de material biológico.

A coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa.

Aos integrantes do Laboratório de Etologia de Peixes, por me receber e por tudo o que aprendi com vocês, especialmente a Isa, Poliana, Alessandra e Paulo.

Às minhas amigas e companheiras de pesquisa, Ester e Valdimeire (Mires), obrigada pelo carinho e companheirismo. Agradeço a Deus pela vida de vocês e por fazerem parte da minha vida.

Aos meus pais José e Raimunda (in memoria), obrigada por acreditarem em mim. Mãe não poderia deixar de te agradecer por seus ensinamentos e valores. Obrigada por tudo! Saudades eternas!

As minhas irmãs Karyna e Goreth, pelo apoio e amor sem limite.

Ao meu querido esposo João Victor, por sua dedicação, paciência e carinho. Essa conquista também é sua, e sei que juntos alcançaremos muito mais.

A minha pequena princesa Laura. Obrigada por iluminar os meus dias, mamãe te ama muito.

A todos os que fizeram possível este trabalho, muito obrigada!

Resumo

A espécie *Acanthurus coeruleus* (Bloch & Schneider, 1801), popularmente conhecida como caraúna-azul é um peixe recifal que pertence à família Acanthuridae que, apresenta distribuição geográfica desde a costa leste dos Estados Unidos até sudeste do Brasil. No litoral do nordeste brasileiro essa espécie é componente da pesca artesanal, sendo capturada principalmente com armadilhas do tipo covó, e boa parte da sua produção tem sido destinada à exportação. E embora não exista nenhuma avaliação quantitativa das capturas, disponível para essa região, a espécie tem sido apontada como frequente nos desembarques. Considerando, portanto o potencial econômico dessa pescaria, este trabalho teve como objetivo determinar a estratégia reprodutiva da caraúna-azul capturada no litoral norte do estado de Pernambuco. Os espécimes foram coletados mensalmente, entre janeiro de 2013 e dezembro 2016. Para cada indivíduo coletado foram registrados o comprimento total em centímetros, o peso total, peso eviscerado e peso das gônadas em gramas. As gônadas foram classificadas macro e microscopicamente quanto ao sexo e fase maturacional. A frequência de machos e fêmeas foi utilizada para estabelecer a proporção sexual, e a estrutura de comprimentos baseou-se na distribuição das frequências de comprimento em classes de 3cm. A relação peso-comprimento foi estimada para machos e fêmeas a partir da equação $PT = aCT^b$. As estimativas de frequência de desova, foram obtidas a partir do método dos ovócitos hidratados (HO) e folículos pós-ovulatório (POF), e o ciclo reprodutivo da espécie foi determinado a partir da proporção mensal de fêmeas em cada fase de maturidade gonadal e pela evolução mensal do índice gonadossomático, calculado a partir da equação: $IGS = (PG/PE) \times 100$. Para determinar o padrão de desenvolvimento e recrutamento dos ovócitos e o tipo de fecundidade da caraúna-azul, foram utilizados 68 exemplares de fêmeas amostradas durante os meses maior atividade reprodutiva da espécie (agosto a janeiro), assim, porções de 0,04g de gônadas nas fases desenvolvimento, capaz de desovar e desova ativa foram dissociadas e os ovócitos contados e medidos, afim de determinar a distribuição de frequência dos ovócitos e a prevalência dos estágios ovocitários, em cada uma destas fases de maturação ovariana. No total, foram mostrados 496, deste 235 eram machos e 261 fêmeas. A proporção sexual encontrada foi de 1,11 fêmeas para 1 macho e não diferiu significativamente entre os sexos. A distribuição de frequência de comprimento variou entre 14 e 41,7cm, com predominância de fêmeas nas classes 24 a 32 cm e de machos nas classes 26 a 32 cm. O coeficiente de alometria estimado (2,7695), sugere crescimento alométrico negativo para a espécie. Conforme o IGS e a análise histológica das gônadas, o período reprodutivo se estende de julho a janeiro, com períodos de maior atividade reprodutiva a partir do mês de agosto. A fecundidade do lote variou de 20.000 a

55.000 ovócitos, e as estimativas de frequência de desova, pelo método dos ovócitos hidratados (HO), indicou que a espécie desova uma vez a cada 3,8 dias, e segundo o método do folículo pós-ovulatório (POF), ocorre uma desova a cada 3,4 dias, entre os meses de agosto e janeiro. A distribuição de frequência dos ovócitos foi contínua ao longo das fases de desenvolvimento, e a variação da porcentagem de ovócitos alvéolos corticais e vitelógicos totais permaneceram relativamente constante entre as fases de maturação e durante o período de desova. A variação sazonal do diâmetro dos ovócitos Vtg3 em ovários na fase capaz de desovar, não apresentou diferenças significativas ao longo dos meses de atividade reprodutiva. Assim, esses resultados, indicam que a espécie apresenta desenvolvimento assincrônico dos ovócitos, desova parcelada e modelo de fecundidade indeterminada.

Palavras-chave: Peixe recifal, ovócito, desova, fecundidade

Abstract

The species *Acanthurus coeruleus* (Bloch & Schneider, 1801), popularly known as the blue tang, is a reef fish belonging to the Acanthuridae family, which is geographically distributed from the eastern coast of the United States to the southeast of Brazil. In the Brazilian northeast coast this species is a component of artisanal fishing, being captured mainly with traps, and much of its production has been destined for export. Although there is no quantitative assessment of catches available for that region, the species has been identified as frequent in landings. Considering, therefore, the economic potential of this fishery, the objective of this study was to determine the reproductive strategy of the blue tang fish captured in the north coast of the state of Pernambuco. The specimens were collected monthly between January 2013 and December 2016. For each individual collected, the total length in centimeters, total weight, eviscerated weight and gonads weight in grams were recorded. The gonads were classified macro and microscopically as to sex and maturational phase. The frequency of males and females was used to establish the sexual proportion, and the length structure was based on the distribution of the length frequencies in classes of 3cm. The weight-length relation was estimated for males and females from the equation $PT = aCT^b$. Spawning frequency estimates were obtained from the hydrated oocytes (HO) and post-ovulatory (FS) follicles method, and the reproductive cycle of the species was determined from the monthly proportion of females at each gonadal maturity stage and by monthly evolution of the gonadosomatic index, calculated from the equation: $IGS = (PG / PE) \times 100$. To determine the pattern of development and recruitment of oocytes and the type of fecundity, 68 specimens of females sampled during the months of greatest reproductive activity of the species (August to January). The portions of 0.04g of gonads in the development stages, able to spawn and active spawn were dissociated and the oocytes counted and measured, in order to determine the frequency distribution of the oocytes and the prevalence of oocyte stages in each of these stages of ovarian maturation. In total, 496 were shown, of which 235 were males and 261 females. The sex ratio was 1.11 females for 1 male and did not differ significantly between the sexes. The length frequency distribution varied between 14 and 41.7 cm, with predominance of females in the classes 24 to 32 cm and of males in the classes 26 to 32 cm. The estimated allometry coefficient (2.76), suggests negative allometric growth for the species. According to the IGS and the histological analysis of the gonads, the reproductive period extends from July to January, with periods of greater reproductive activity as of August. The fecundity of the lot ranged from 20.000 to 55.000 oocytes, and estimates of spawning frequency by the hydrated oocyte (HO) method indicated that the species spawned once every 3.8 days, and

according to the follicle post ovulation (POF), spawning takes place every 3.4 days between August and January. The frequency distribution of the oocytes was continuous throughout the developmental stages, and the variation in the percentage of oocyte cortical and total vitellogic alveoli remained relatively constant between the maturation phases and during the spawning period. The seasonal variation of the Vtg3 oocyte diameter in ovaries at the spawning stage did not show significant differences during the months of reproductive activity. Thus, these results indicate that the species shows asymptotic development of the oocytes, split spawning and indeterminate fecundity model.

Key words: Reef fish. Oocyte. Spawning. Fecundity.

Lista de figuras

Artigo I

Página

Figura 1. Itamaracá Island, north coast of the State of Pernambuco, Brazil.....24

Figura 2. Length frequency distribution of *Acanthurus coeruleus* males and females in the coast of Pernambuco State in Brazil.....26

Figura 3. Weight-length ration for clustered genders of *Acanthurus coeruleus* in the coast of the State of Pernambuco, Brazil.....27

Figura 4. Monthly variation of GSI of *Acanthurus coeruleus* females (a) and males (b) in the coast of Pernambuco State. Bars correspond to the standard error. The number pointed above the bars represent the absolute frequency.....28

Figura 5. Frequency of oocytes diameter from 16 actively spawning sub-phase females.....29

Figura 6. Photomicrograph of *Acanthurus coeruleus* reproductive phases. A-B) development phase; C) spawn capable; D) active spawning sub-phase; E) regression and F) regeneration. PG = primary growth; CA = cortical alveolus; Vtg1 = primary vitellogenesis; Vtg2 = secondary vitellogenesis; Vtg3 = tertiary vitellogenesis; HO = hydrated oocytes; AO = atresic oocytes and POF = post-ovulatory follicle. Staining by HE.....30

Figura 7. Monthly percentage of the frequency distribution of gonadal maturation phases of *Acanthurus coeruleus* females (A) and males (B) over the months of the year in the coast of the Pernambuco State.....32

Figura 8. Photomicrography of *Acanthurus coeruleus* development. A) Development phase; B) capable to spawn; C) Regression and D) Regeneration (Epg = spermatogonia; Epc = spermatocytes; Ept = spermatids; Epz = spermatozoa)33

Artigo II

Página

Figura 1. Ilha de Itamaracá, costa norte do litoral de Pernambuco, nordeste do Brasil.....	43
Figura 2. Fotomicrografia dos estágios ovocitários de <i>Acanthurus coeruleus</i> . CA= alvéolos corticais; Vtg1= vitelogêneses primária; Vtg2= vitelogêneses secundária; vtg3= vitelogêneses terciária; HO= ovócitos hidratados.....	47
Figura 3. Distribuição de frequência do diâmetro dos ovócitos da caraúna-azul <i>Acanthurus coeruleus</i> em intervalos de 50 µm, nas diferentes fases reprodutivas: (a) fase desenvolvimento (n=5), (b) capaz de desovar (n=6) e (b) subfase desova ativa (n=30).....	48
Figura 4. Percentagem média dos estágios de desenvolvimento ovocitário da caraúna-azul <i>Acanthurus coeruleus</i> em diferentes fases reprodutivas: (a) fase desenvolvimento (n=5), (b) capaz de desovar (n=6) e (b) subfase desova ativa (n=30).....	49
Figura 5. Variação sazonal da distribuição de frequência do diâmetro dos ovócitos da caraúna-azul <i>Acanthurus coeruleus</i> , em intervalos de 50 µm de diâmetro em diferentes fases em diferentes fases reprodutivas.....	50
Figura 6. Variação sazonal da frequência dos estágios de desenvolvimento ovocitário durante a fase capaz de desovar da caraúna-azul <i>Acanthurus coeruleus</i> (n = 27).....	51

Lista de tabelas

Artigo I

Página

Tabela 1- Spawning frequency of *Acanthurus coeruleus*; N - number of fish sampled; HO - number of fish with hydrated oocyte; POF - number of fish with post-ovulatory follicle.....31

Artigo II.

Tabela 1. Descrição do desenvolvimento ovocitário da caraúna-azul *Acanthurus coeruleus*.....45

Sumário

	Página
Dedicatória.....	04
Agradecimentos.....	05
Resumo.....	06
Abstract.....	08
Lista de Figuras (Artigo I).....	10
Lista de Figuras (Artigo II).....	11
Lista de Tabela (Artigo I).....	11
Lista de Tabela (Artigo II).....	12
1 - Introdução.....	14
2 - Reproductive biology of <i>Acanthurus coeruleus</i> (Bloch & Schneider, 1801) (Perciformes: Acanthuridae) in the north coast of the State of Pernambuco, Brazil.....	22
3 - Desenvolvimento dos ovócitos e tipo de fecundidade da caraúna-azul capturada no litoral norte do Estado de Pernambuco, Brasil.....	41
4 - Considerações Finais.....	59
5 - Referencias.....	60
APÊNDICE	

1- Introdução

A família Acanthuridae com ênfase em *Acanthurus coeruleus*

A família dos cirurgiões ou acanturídeos (Acanthuridae) compõe um importante e diversificado grupo de peixes herbívoros que vivem em associação obrigatória com os recifes de coral, desempenhando importante papel ecológico na dinâmica das comunidades bentônicas (BELLWOOD e CHOAT, 1990; MUMBY et al., 2006).

Essa família possui seis gêneros e aproximadamente 75 espécies, distribuídas em todos os mares tropicais e subtropicais (NELSON, 1994). Para o Oceano Atlântico são descritas cinco espécies: *Acanthurus coeruleus*, *A. bahianus*, *A. chirurgus*, *A. monroviae* e *A. randalli* (FLOETER et al., 2001; JOYEUX et al., 2001; LUIZ-JÚNIOR et al., 2004), entretanto, somente as três primeiras são mais comuns em águas brasileiras (DIAS, 2000).

A espécie alvo deste estudo é a *A. coeruleus*, vulgarmente conhecida como caraúna-azul, que apresenta distribuição desde a costa leste dos Estados Unidos, Golfo do México, Bermudas, costa da América Central até o sudeste do Brasil (DESOUTTER, 1990; BÖHLKE e CHAPLIN, 1993; HUMANN, 1994), e pode ser encontrada em profundidades que variam entre 2 e 40 metros (ROBINS e RAY, 1986).

De modo geral, os peixes cirurgiões apresentam tamanhos relativamente pequenos e são facilmente reconhecidos pela presença de um pequeno espinho móvel em forma de lanceta em cada lado do pedúnculo caudal, evidenciado pela coloração diferente do restante do corpo, o que constitui o seu mecanismo de defesa e ataque ((FROESE e PAULY, 2007; FISHER, 1978; FIGUEIREDO e MENEZES, 2000; CERVIGÓN et al., 1993).

Na caraúna-azul, o padrão de colorido do corpo varia segundo à sua faixa etária; do amarelo dos jovens, ao azul violáceo com linhas estreitas e escuras no flanco nos adultos; e no período de reprodução o macho fica com um padrão bicolor, mais escuro na porção anterior e mais claro na porção posterior do corpo (FISHER, 1978; CERVIGÓN et al., 1993; FIGUEIREDO e MENEZES, 2000; ARAÚJO et al., 2004). Outra característica distintiva desse grupo é o formato do corpo que, evidencia um perfil elevado de forma oval e comprimido lateralmente, além do focinho curto, olho distante da boca, nadadeiras dorsal e anal contínuas e escamas ctenóides pequenas (FIGUEIREDO e MENEZES, 2000).

Todos os acanturídeos são herbívoros e desempenham um papel importante na sustentação das teias alimentares, transformando a energia fixada pelas plantas bentônicas (OGDEN e LOBEL, 1978). Atuam na reciclagem e na regeneração de nutrientes devido à sua migração desde zonas de alimentação até zonas de dormitório, contribuindo com o transporte de

grandes quantidades de nitrogênio inorgânico e carbono (RANDALL, 1967; DUARTE e ACERO, 1988).

Além de agir como agente biológico (herbivoria), esse grupo exerce também papel importante como agente físico (bioerosão) na estruturação do ecossistema (HORN, 1989). A atividade de pastoreio desses indivíduos afeta as comunidades bênticas dos recifes de corais de modo variado. Sua atividade de escavação do substrato duro contribui para o processo erosivo (bioerosão) e de sedimentação intensiva, influenciando na composição, desenvolvimento, abundância e padrão de distribuição das populações de algas e comunidades associadas (HORN, 1989; BARDACH, 1961).

A caraúna-azul é considerada uma espécie seletiva por ingerir o alimento com pouca ou nenhuma quantidade de matéria inorgânica, mordendo porções inteiras ou partes individuais das macroalgas, sendo essa característica predatória indicativo de como esses peixes afetam a comunidade de macroalgas (LOBEL, 1981; CHOAT, 1982).

Entretanto, esta espécie desempenha importante papel ecológico dentro dos ecossistemas costeiros tropicais, por ser parte integrante da cadeia trófica e possibilitar a circulação de nutrientes e energia (OGDEN e LOBEL, 1978; HAY, 1984). Além disso, a espécie atua na regeneração e reciclagem de nutrientes, através de migrações entre zonas mais rasas de "pastagem" e zonas mais profundas, pelo transporte de grandes quantidades de nitrogênio inorgânico (sob a forma de matéria fecal e produtos de excreção) para as comunidades recifais mais profundas (BAKUS, 1969).

Os peixes herbívoros não produzem celulase ou outras enzimas para digerir componentes da parede celular. No entanto, eles são capazes de digerir os materiais presentes no interior das células das plantas porque desenvolveram mecanismos para quebrar a parede celular. Isto pode ser feito de duas maneiras: através da trituração do alimento por meio da mastigação ou por meio da trituração do alimento no interior de uma moela, um estômago muscular. Uma estratégia alternativa é a utilização de secreções ácidas, tipicamente secretadas pelas paredes finas do estômago (LOBEL, 1981).

Segundo estudo realizado por Aragão (2003) na Reserva Biológica do Atol das Rocas, a *A. coeruleus* tem uma dieta alimentar bastante diversificada, compreendendo cerca de 27 táxons, sendo a maior parte dos itens alimentares consumidos pertencentes à Classe Rhodophyta, e gêneros *Gelidium* e *Digenea*, abundantes tanto no inverno como no verão.

Muitas espécies da família Acanthuridae apresentam variação intraespecífica em seus sistemas sociais (BARLOW, 1974; ROBERTSON et al., 1979). Algumas espécies podem ser solitárias, embora seja mais comum a formação de pequenos grupos. Quando adultos, podem se

unir em grandes cardumes heterogêneos para se reproduzir ou forragear em áreas maiores, inclusive em territórios defendidos por outros peixes, como os pomacentrídeos (RISK, 1998; BELL e KRAMER, 2000; ROCHA et al., 2002).

Para a caraúna-azul, a organização social parece estar parcialmente associada à história de vida. Quando jovens são solitários e territorialista e quando adultos são tanto territorialistas como não territorialistas (FOSTER, 1985; BELL e KRAMER, 2000). Essa mudança de comportamento ocorre quando os concorrentes por alimentos são altamente territorialistas (LOTT, 1991). Essa condição permite que, a caraúna-azul se alimente de algas em áreas defendidas agressivamente por outros peixes (ROBERTSON et al., 1976; FOSTER, 1985).

Todos os peixes cirurgiões têm sexos separados e a maioria das espécies de tamanho médio têm ciclos de vida similares. A maioria se recolhe em grandes cardumes para se reproduzir (em agregações de desova) quando as águas se aquecem e frequentemente na época da lua cheia. As áreas ou os locais de desova estão frequentemente localizadas na borda exterior dos recifes ou em passagens próximas dele. A desova ocorre durante o final da tarde e à noite. Esse evento é indicado por uma mudança no padrão de coloração dos indivíduos, de um azul escuro uniforme para um azul pálido na região anterior a um azul escuro na região posterior. Os machos cortejam agressivamente as fêmeas do cardume, conduzindo-as a arremetidas ascendentes rápidas à superfície da água durante a qual os ovos e esperma são libertados (SPC, 2014).

Os ovos são planctônicos e eclodem depois de aproximadamente um dia, sendo seu estágio larval relativamente longo, durando até 75 dias (THRESHER, 1984). As larvas são pequenas e transparentes, assentando nos recifes quando estão com 2 a 3 cm de comprimento total. Depois de assentadas passam a ter uma coloração amarela que, com o desenvolvimento se modifica para azul escuro nos adultos. A transição da coloração amarela para o azul ocorre aproximadamente após sete meses depois do assentamento, com cerca de 8 cm (FOSTER, 1985).

Reprodução de *actinopterygii*

A reprodução constitui um aspecto de extrema importância no ciclo de vida dos organismos, ao promover a formação de novos indivíduos, e conseqüentemente a renovação da população, compondo um dos fatores preponderantes que governam o desenvolvimento individual dos animais (BARBIERI, 1981).

Os primeiros estudos sobre o comportamento reprodutivo dos peixes sob a perspectiva da dinâmica populacional e suas relações com o meio ambiente datam do início do século passado. Desde então, a importância de se compreender o potencial reprodutivo das populações, tem

avançado muito, principalmente ao que se refere aos processos reprodutivos relacionados à pesca (KJESBU, 2009; LOWERRE-BARBIERI, 2009).

Juntos, os ambientes marinhos e de água doce suportam mais de 20.000 espécies de teleósteos. A diversidade de espécies de peixes manifesta-se numa ampla variedade de modelos reprodutivos. A maioria das espécies tem sexos separados, mas algumas espécies são hermafroditas seqüencial e alguns são hermafroditas sincrônicas. A maioria das espécies é ovípara, outras são vivíparas e algumas espécies são semelparas, embora a maioria sejam iteróparas (BREder e ROSEN, 1966; DEMARTINI e SIKKEL, 2006; TYLER e SUMPTER, 1996).

Assim também, as estratégias reprodutivas de algumas espécies de peixes, o desenvolvimento ovocitário, o tempo preciso em que ocorre a vitelogenesis (principalmente hidratação dos ovócitos) ao longo de uma estação reprodutiva, a regulação da fecundidade, a frequência de desova, os processos atrésicos regulares e também adversos como no caso do comportamento de omissão de desova, também apresentam variações consideráveis, e são ferramentas cruciais para o entendimento da história de vida dos peixes (LOWERRE-BARBIERI et al., 2011).

A dinâmica do desenvolvimento ovocitário, por exemplo, difere entre as espécies e define a estratégia reprodutiva. Segundo Wallace & Selman (1981), três padrões básicos de organização ovariana podem ocorrer em função do desenvolvimento ovocitário nos teleósteos: sincrônico, sincrônico em grupos e assincrônico. No sincrônico, todos os ovócitos, uma vez formados, crescem e são liberados do ovário em uma única desova, não ocorrendo reposição dos ovócitos; este tipo de ovário pode ser encontrado em teleósteos que desovam apenas uma vez e morrem. O padrão sincrônico em grupos apresenta ao mesmo tempo, pelo menos dois grupos de ovócitos em diferentes etapas de desenvolvimento; um grupo de ovócitos grandes de desenvolvimento sincrônico e outro grupo mais heterogêneo de ovócitos pequenos; este tipo de organização é o padrão mais comum encontrado nos ovários dos teleósteos. Já no ovário assincrônico, ovócitos em todos os estágios de desenvolvimento estão presentes sem dominância de qualquer um dos grupos.

De acordo com a frequência de liberação dos ovócitos, as desovas podem ser classificadas como total ou parcelada. Na desova total, os ovócitos têm maturação sincrônica e são liberados em um lote único. Por outro lado, na desova parcelada, os ovócitos maturam em lotes, sendo eliminados a intervalos, durante a estação de desova, ou mesmo podem não exibir sazonalidade na desova. Esta última constitui uma estratégia reprodutiva que foi desenvolvida para diminuir a predação de ovos e reduzir o risco de desovar em condições hidrográficas e

climáticas desfavoráveis e também a concorrência por sítios de desova (MCEVOY e MCEVOY, 1992).

Entretanto, apesar das distintas espécies de peixes apresentarem particularidades no comportamento reprodutivo, mostrando gradações entre as categorias apresentadas, no conjunto, espécies com desova total apresentam estações de desova mais bem definidas e são mais fecundas, produzindo numerosos ovócitos pequenos, sendo que muitas delas realizam longas migrações, enquanto as espécies com desova parcelada apresentam estações de reprodução menos definidas e realizam apenas deslocamentos locais para áreas de reprodução (LOWE-MCCONNEL, 1999).

Quanto a caracterização das fases reprodutivas, Brown-Peterson et al. (2011) apresentam uma proposta, a qual reúne os aspectos macro e microscópicos das gônadas ao longo do ciclo reprodutivo. Nessa proposta, são reconhecidas quatro fases sequenciais ao longo do ciclo reprodutivo dos indivíduos aptos à reprodução: desenvolvimento (os ovários estão começando a se desenvolver, mas não estão prontos para desovar), capaz de desovar (os peixes são fisiologicamente capazes de desovar neste ciclo de desova), regressão (cessação da desova) e regeneração (sexualmente maduros, reprodutivamente inativo). As gônadas imaturas seriam, conforme esses critérios, aquelas dos indivíduos que ainda não estão aptos para a reprodução, isto é, ainda estão fora do ciclo reprodutivo porque são jovens.

A fecundidade, definida como o número de ovos que são susceptíveis a serem desovados durante a época de desova (BAGENAL, 1957), é considerado um dos parâmetros mais importantes para o estudo da biologia pesqueira, uma vez que a intensidade anual do recrutamento depende tanto da quantidade de fêmeas "desovantes" como da fecundidade individual dessas fêmeas. Quando as estimativas de fecundidade e abundância de ovos no mar são combinadas, podem ser utilizadas para presumir a biomassa de um estoque (CSIRKE, 1980).

Entretanto, é necessário efetuar correções das taxas de atresia dos ovócitos (ovócitos não desovados), assim como também quantificar a omissão de desova, a qual influencia diretamente as estimativas da fração desovante e, conseqüentemente, a estimativa da fecundidade (ARMSTRONG e WITTAHAMES, 2012; GANIAS, 2013), uma vez que esses números podem sofrer variações dentro de uma mesma espécie, em respostas a diferentes adaptações ao ambiente, refletindo diferentes estratégias reprodutivas (MURUA e SABORIDO-REY, 2003).

A Pesca no litoral de Pernambuco

O estado de Pernambuco possui uma costa com extensão de 187 km, onde estão localizados 14 municípios costeiros e 34 comunidades pesqueiras, nas quais vivem cerca de 12.000 pescadores envolvidos na exploração artesanal de pequena escala (LESSA et al., 2006).

A atividade pesqueira no estado de Pernambuco, a exemplo do que ocorre em outros estados da região nordeste, é predominantemente artesanal (IBAMA, 2007). Banhada por águas quentes, a costa do estado é caracterizada por elevada riqueza de espécies e baixas biomassas específicas. Esta baixa produtividade está associada a uma termoclina permanente, que não permite a disponibilização de nutrientes desde as áreas mais profundas à zona eufótica, o que contribui juntamente com outras condições oceanográficas para que o estado apresente os menores índices de abundância relativa de pescado da região nordeste (LESSA et al., 2004; LESSA, 2006).

Boa parte dos recursos pesqueiros explorados no estado de Pernambuco são oriundos dos ecossistemas recifais e zonas estuarinas. Dos dezessete sistemas pesqueiros artesanais identificados por Lessa et al. (2011) para essa região, oito atuam predominantemente no ambiente costeiro, externo à linha de recifes, utilizando embarcações motorizadas e explorando recursos de maior valor comercial como peixes recifais, peixes agulhas e lagostas. Os demais sistemas atuam em zonas estuarinas com propulsão a pé ou a remo, gerando pouca renda pela exploração de recursos de baixo valor.

Ao longo de toda região nordeste, os recifes compõem a costa, formando ecossistemas altamente diversificados, ricos em recursos naturais e de grande importância ecológica, econômica e social, abrigando estoques pesqueiros importantes e contribuindo para a subsistência de várias comunidades costeiras tradicionais (MMA, 2002).

Entretanto, a natureza da topografia dos ambientes recifais impossibilita o uso de muitas técnicas de coleta tradicionais, e embora existam várias modalidades de pesca no estado, o covo tem sido o mais utilizado na pescaria de peixes recifais (RIBEIRO, 2004). Essa modalidade de pesca é considerada uma das mais produtivas no litoral norte de Pernambuco, por promover uma captura multiespecífica. Entretanto, até recentemente muitas espécies de peixes recifais eram capturadas apenas como fauna acompanhante da pesca de lagosta, mas com a evolução da pesca artesanal, os peixes recifais começaram a ser valorizados no mercado em consequência da demanda de peixes para o consumo humano (RIBEIRO, 2000; 2004).

Deste modo, espécies que antes faziam parte da fauna acompanhante (Scaridae, Acanthuridae, Lutjanidae e Mullidae), e que eram descartadas, ou consumidas em pequena

escala, passaram para uma condição de espécies alvo de pescarias específicas, como por exemplo, as caraúnas (*A. chirurgus* e *A. coeruleus*) (RIBEIRO, 2006; MARQUES e FERREIRA, 2010).

Atualmente, as espécies mais observadas nos desembarques pesqueiros do estado de Pernambuco são saramunete (*Pseudupeneus maculates*), budião (*Sparisoma axillar*, *S. frondosum*, Agassiz), biquara (*Haemulon plumier*, *Anisotremus virginicus*), cioba (*Lutjanus analis*), sapuruna (*Haemulon aurolineatum*, *H. squamipinna*, *H. parra*, *Orthopristis rubra*), caraúna (*Acanthurus chirurgus*, *A. coeruleus*), ariocó (*Lutjanus synagris*), piraúna (*Cephalopholis fulva*), xira (*Haemulon squamipinna*), moreia (*Gymnothorax funebris*, *G. moringa*, *G. vicinus*) e mariquita (*Holocentrus adscencionis*). (NOBREGA e LESSA, 2007; MARQUES e FERREIRA, 2010).

Esse aumento do número de espécies-alvo e a reorientação do esforço de pesca para espécies que não faziam parte das pescarias são tendências no mercado mundial, entretanto, isso pode resultar na queda dos estoques tradicionalmente explorados devido ao aumento excessivo do esforço pesqueiro (CUNHA et al., 2012). Assim, considerando, o atual cenário de exploração das espécies de peixes recifais no litoral de Pernambuco, onde se conhece pouco sobre os impactos da pesca, faz-se necessário à realização de estudos sobre a biologia dessas espécies. Assim, este estudo teve como objetivo gerar informações sobre o ciclo reprodutivo e as características que esta espécie manifesta para ter sucesso na sua perpetuação, considerando que as informações disponíveis na literatura são insuficientes para a elaboração de planos de manejo e conservação dessa espécie, no litoral de Pernambuco.

1.2 - Objetivos

1.2.1 - Objetivo geral

Determinar a estratégia reprodutiva da caraúna-azul, capturada pela pesca de covo no litoral norte de Pernambuco, a partir de informações acerca dos estágios de maturação gonadal, desenvolvimento ovocitário, índice gonadal, fecundidade, época e frequência de desova.

1.2.2- Objetivos específicos

Determinar as fases de maturação gonadal, épocas de desova, relação peso-comprimento e proporção sexual;

Descrever o desenvolvimento ovocitário, e o padrão de regulação da fecundidade da caraúna-azul, a partir de análises histológicas das gônadas, com base no desenvolvimento dos ovócitos e tipo de recrutamento;

Estimar a frequência de desova, o potencial reprodutivo e a biomassa do estoque desovante da população de caraúna-azul;

2 - Reproductive biology of *Acanthurus coeruleus* (Bloch & Schneider, 1801) (Perciformes: Acanthuridae) in the north coast of the State of Pernambuco, Brazil

RAILMA MARIA VILANOVA ROCHA QUEIROZ^{1*}, MARIANA GOMES DO RÊGO²,
FABIO HISSA VIEIRA HAZIN¹, PAULO GUILHERME VASCONCELOS DE OLIVEIRA¹

Running headline: Reproduction of blue-tag in Brazilian coast

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aqüicultura, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.

*Corresponding author: oliveirapg@hotmail.com

Bibliographic citation: QUEIROZ, R.M.V.R., RÊGO, M.G, HAZIN, F.H.V., OLIVEIRA, P.G.V.

Abstract. The objective of this work was to determine aspects of reproductive biology of Blue tang surgeonfish, *Acanthurus coeruleus*. 496 specimens were sampled, between January 2013 and December 2015, out of which, 235 were male and 261 were female. Sexual ratio did not significantly differ among genders, and a ratio of 1.11 females per 1 male was found. Total length frequency distribution ranged from 14 to 41.7 cm with predominance of females in the 24-32 cm classes and of males in the 26- 32 cm classes. The estimated allometric coefficient (2.76), suggests that the species presents negative allometric growth. According to the GSI and the gonads histological analysis, the reproductive period of the species occurs from July to January with periods of greater reproductive activity from August. The oocyte diameter-frequency distribution analysis revealed a multimodal distribution, confirming the evidence of multiple spawning and batch fecundity varied from 20.000 to 55.000 oocytes. Spawning frequency estimates, based on the hydrated oocytes (HO) method indicated that the species spawns once every 3.8 days, while the estimates based on the post-ovulatory follicle (POF) method indicated a spawning every 3.4 days, during a 6-month spawning season lasting from August to January.

Key words: Reef fish, oocyte, spawning, fecundity

Resumo. Biologia reprodutiva de *Acanthurus coeruleus* (Bloch & Schneider, 1801) (Perciformes: Acanthuridae) na costa norte do Estado de Pernambuco, Brasil. Este trabalho buscou determinar aspectos reprodutivos da caraúna-azul. 496 exemplares foram amostrados entre janeiro de 2013 e dezembro de 2015, sendo 235 machos e 261 fêmeas. A proporção sexual encontrada foi de 1,11 fêmeas para 1 macho, não diferindo significativamente entre os sexos. A distribuição de frequência de comprimento total variou entre 14 e 41,7cm, com predominância de fêmeas nas classes 24 a 32 cm e de machos nas classes 26 a 32 cm. O coeficiente de alometria estimado (2,76), sugere crescimento alométrico negativo para a espécie. Conforme o IGS e a análise histológica das gônadas, o período reprodutivo se estende de julho a janeiro com períodos de maior atividade reprodutiva a partir do mês de agosto. A análise da distribuição de frequência do diâmetro dos ovócito, revelou uma distribuição multimodal, confirmando a evidência de múltiplas desovas; e a fecundidade em lotes variou de 20,000 a 55,000 ovócitos. As estimativas de frequência de desova, com base no método dos ovócitos hidratados (HO), indicaram que a espécie desova uma vez a cada 3,8 dias, e segundo o método do folículo pós-ovulatório (POF), ocorre uma desova a cada 3,4 dias, entre os meses de agosto e janeiro.

Palavras-chave: Peixe recifal, ovócito, desova, fecundidade

Introduction

Acanthurus coeruleus (Acanthuridae) is an herbivorous, gonochoristic species with diurnal habitat that inhabits coastal coral reefs and rocky areas where it plays an important ecological role in the dynamics of benthic communities (Mumby *et al.* 2006). In the western Atlantic, its occurrence is from the east coast of the United States, Bermuda to the Gulf of Mexico and Brazil. In the eastern Atlantic, it occurs on Ascension Island (Desoutter 1990).

In the Brazilian coast, this species occurs in greater abundance in the northeast region, where, until recently, it was captured only as a bycatch of the lobster fishery, being discarded or consumed on a small scale. However, due to the increasing demand for fish consumption and the overexploitation of the main fishing resources traditionally used in this region, several species of reef fish, considered of small importance for fishing as *A. coeruleus* has been target by specific fishing obtaining large volumes of captured fish (Marques & Ferreira 2010, Cunha *et al.* 2012), with a large part of the production assigned for export market (Carvalho 2013).

The studies carried out on this species report its morphometric and meristic characteristics (Szpilman 2000, Figueiredo & Menezes 2000), distribution and habitat (Lawson *et al.* 1999), reproduction and behavior (Morgan & Kramer 2004, Dromard *et al.* 2012) and

feeding (Thighman *et al.* 2001). Little is known, however, of the reproductive strategy of this species fish in Brazil, particularly on the population structure and reproduction.

Studies on population structure and reproduction provide important information for the knowledge of the biology of a species and they are essential to establish management measures that can guarantee the maintenance of the stock and the economic potential of this fishery. Hence, the objective of this work was to contribute to the knowledge of some aspects of the biology of this species in Brazil, by analyzing the structure in sex and length and the weight-length ratio in addition to determining from the histological analysis of gonads and monthly evaluation of the gonadosomatic index, the reproductive cycle of the species, estimation of the spawning frequency, estimation of batch fecundity and analysis of the oocyte diameter-frequency distribution, considering that these aspects are the parameters used in the management of the fish resources.

Material and Methods

The specimens were collected monthly from January 2013 to December 2015 from the landings of artisanal fishing boats that operate with traps on the Island of Itamaracá, north coast of the State of Pernambuco, Brazil (Fig. 1). For each individual collected, the following were recorded: total length (TL) in centimeters, total weight (TW), eviscerated weight (WE) and weight of gonads (WG) in grams. The gonads were macro and microscopically classified for sex and maturational stage, according to the scale developed by Brown-Peterson *et al.* (2011), adapted for the species under study.

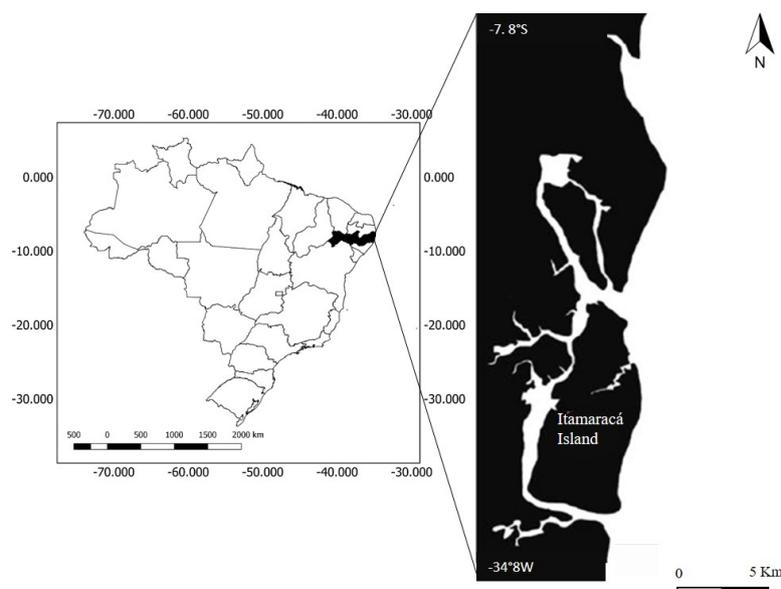


Figure 1. Itamaracá Island, north coast of the State of Pernambuco, Brazil

The sex ratio was established by the frequency of males and females over the study period. The chi-square test (χ^2) was applied to test the equality hypothesis.

Length structure was based on the distribution of TL frequencies in 3-cm classes, considering the separated sexes. To determine possible differences in lengths between genders, the data were submitted to the Mann-Whitney test.

The weight-length ratio was estimated for males and females from the equation $TW = aTL^b$, where (a) is the linear coefficient, relative to the body shape and (b) is the angular coefficient, which indicates the type of growth. Parameters *a* and *b* were estimated after logarithmic transformation of the data. Possible differences between the weight-length relationship of males and females were verified through analysis of covariance (ANCOVA).

For the histological analysis, medium portions of the gonads were dehydrated, in an increasing alcohol series (80 - 100), diaphanized in xylol, impregnated and included in liquid paraffin at 59°C. After that, the material was cut at 5 μ m in a Leica type microtome and stained with hematoxylin and Harris eosin. Histological analysis and images was performed by a light microscope (Leica DM 500). The ovaries classification was based on the most advanced stage of oocyte development. The reproductive cycle of the species was based on the monthly proportion of females at each gonadal maturity phase and the monthly evolution of the gonadosomatic index (GSI), calculated from the equation: $GSI = (WG/WE) \times 100$.

In order to assess the spawning pattern, the oocyte diameters from actively spawning sub-phase females were estimated by stereomicroscope following Brown-Peterson *et al.* (2011). To estimate batch fecundity, the gravimetric methodology of Hunter & Macewicz (1980) and Murua *et al.* (2003) was applied where the number of hydrated oocytes in a small section (0.03 g) of the gonad of 16 ripe females was counted, with batch fecundity being then calculated by the following formula: $BF = [(H_i / W_i) / n] * GoW$, where: H_i = number of oocytes from each portion, W_i = weight of each portion of the ovary, n = number of repetitions, GoW = weight of each ovary.

Monthly spawning frequency was determined by calculating the percentage of females with postovulatory follicles (POF) and hydrated oocytes (HO) from histological examination of ovarian tissues, following the procedures described by Hunter & Macewicz (1980). These provide estimates of fish in the population that will spawn within the next 12 h (HO) or have just spawned in the past 12-24 h (POF). Spawning frequency was determined by dividing 100% (representing all the fish in the sample) by the percentage of fish in the sample with HO or POF in the ovaries. Multiplying the mean spawning frequency by the duration of the spawning season

results in a potential total number of spawns during the year (Brown-Peterson *et al.* 2002). An ANOVA test was applied to investigate the differences between the methods.

Results

A total of 496 specimens of *Acanthurus coeruleus* (235 males and 261 females) were sampled over the study period. By analyzing the frequency distribution of males and females, it was found that there were no statistically significant differences ($\chi^2 = 1.366$, FD = 1, $p = 0.2426$), with a ratio of 1.11 females to 1 male.

For males, the total length ranged from 19.3 to 41.7 cm, with a mean of 28.8 (± 3.9) cm, with most individuals in the 24 to 32 cm classes. In relation to the females, the total length ranged from 14 to 39 cm with an average of 27.7 (± 3.6) cm, with an average between the 24-32 cm classes (Fig. 2). No significant differences were observed between sexes (Mann-Whitney test; $U = 262.2$; $P = 0.0053$).

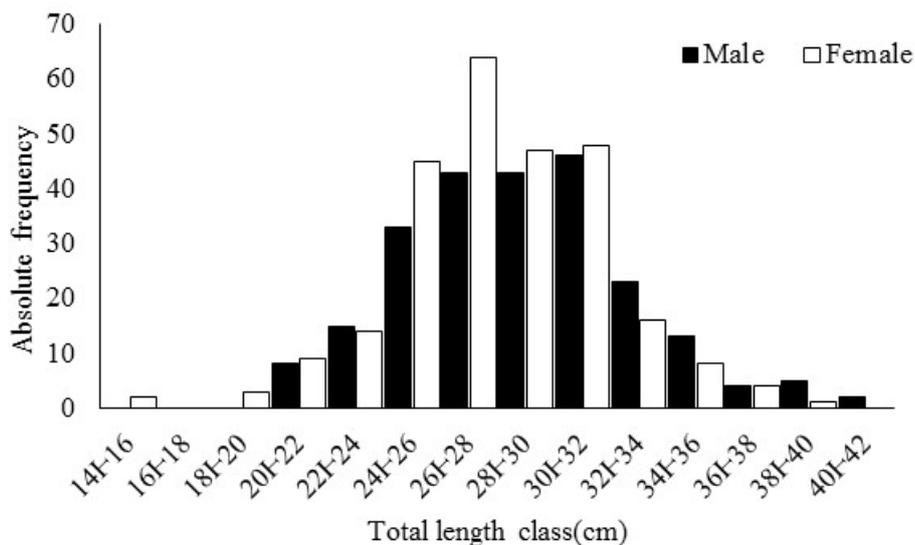


Figure 2. Length frequency distribution of *Acanthurus coeruleus* males and females in the coast of Pernambuco State in Brazil.

The equations obtained for the weight-length relationship were analyzed separately for males ($TW = 0.0399 TL^{2.79}$) and females ($TW = 0.0516 TL^{2.73}$). However, no significant differences were found between the sexes (ANCOVA, $P < 0.0001$). In addition, the weight-length ratio is represented by the equation $TW = 0.0449 TL^{2.7695}$ obtained for the clustered genders (Fig. 3). The allometry coefficient obtained indicates negative allometric growth for the species.

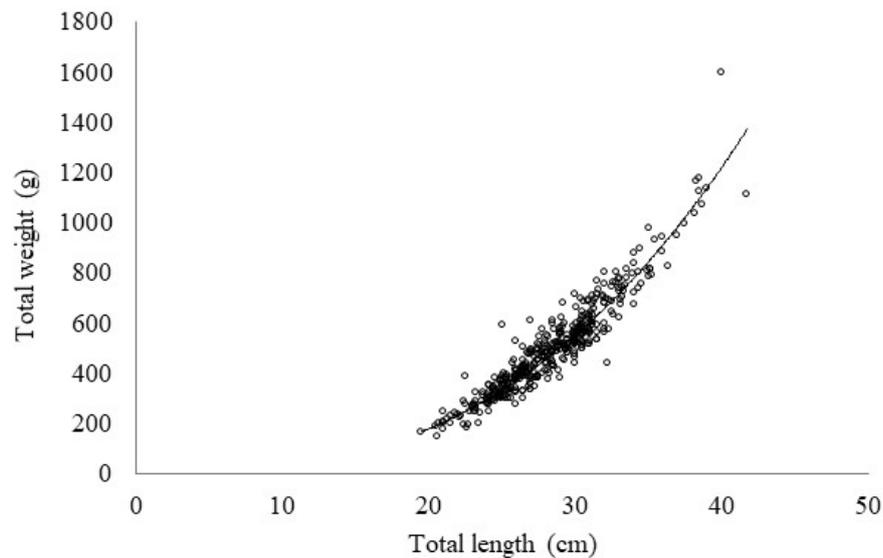


Figure 3. Weight-length relation for clustered genders of *Acanthurus coeruleus* in the coast of the State of Pernambuco, Brazil.

The results of GSI for females suggest that the reproductive period occurs from July to January. With spawning peaks during the months of September (1.48 ± 0.76), November (1.65 ± 1.1) and January (1.32 ± 1.0), when the highest GSI average values were recorded followed by falls. During this period, the weight of the gonads represented, on average, 1.48%, 1.65% and 1.32% of the gutted weight. From February to June, the GSI presented the lowest mean values, with fluctuations between 0.36 and 0.53. From July, GSI increased (0.84 ± 0.7), marking the beginning of the reproductive period. For males, small variations of average GSI values were recorded throughout the year. However, GSI increases were observed during the reproductive period (between July and January), with the highest average values recorded in July (0.27 ± 0.2), August (0.34 ± 0.2) and December (0.30 ± 0.3), (Fig. 4).

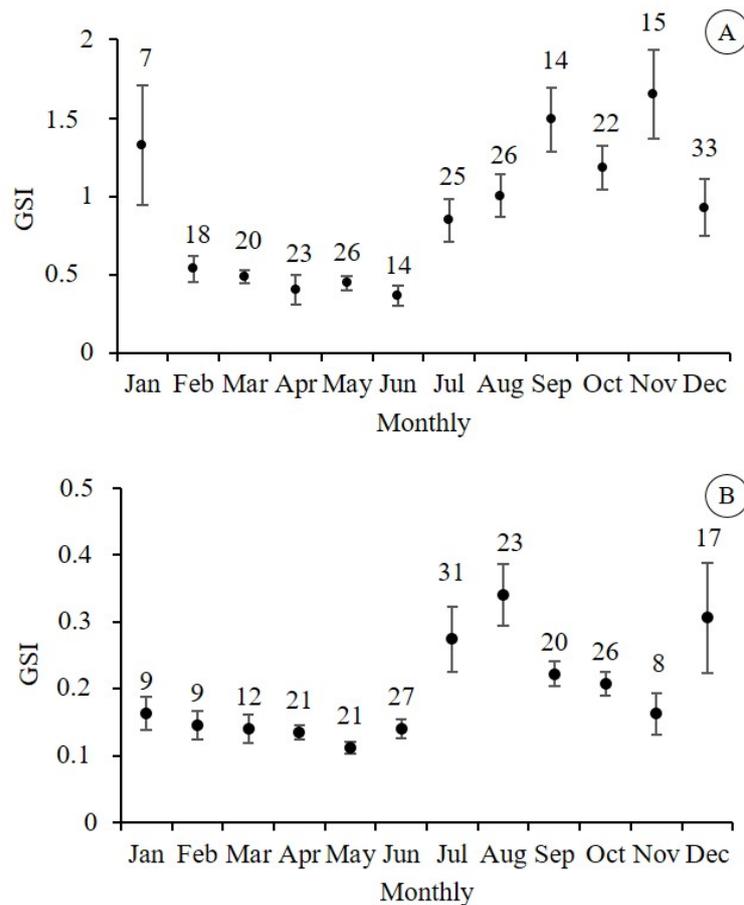


Figure 4. Monthly variation of GSI of *Acanthurus coeruleus* females (a) and males (b) in the coast of Pernambuco State. Bars correspond to the standard error. The number pointed above the bars represent the absolute frequency.

The diameters of oocytes, which corresponds to actively spawning sub-phase, ranged from 16.6 to 600 μm (mean 180.42 ± 133.03) and was trimodal (Fig. 5). The smallest group refers to primary growth oocytes, cortical alveoli and partially yolked (Vtg1 and Vtg2) with sizes of 16.6 to 200 μm . The second one was constituted by advanced yolked oocytes (Vtg3), and ranged between 253.6 and 350 μm . The third group was composed by the hydrated (GVM, GVBD and HO) oocytes with diameters from 367.4 to 600 μm .

Batch fecundity estimation from 16 in spawning capable maturation phase female (actively spawning sub-phase), with size ranging from 23.2 to 37.2 cm TL, with corresponding weights of 0.521 and 0.997g, were used for the batch fecundity analysis. Batch fecundity ranged from a minimum of 20.000 oocytes for a 23.2 cm TL fish weighing 0.412g, to a maximum of 55.000 oocytes for a 30.5 cm TL fish weighing 0.641g, with a mean of 39.30988 ± 11.98301 oocytes.

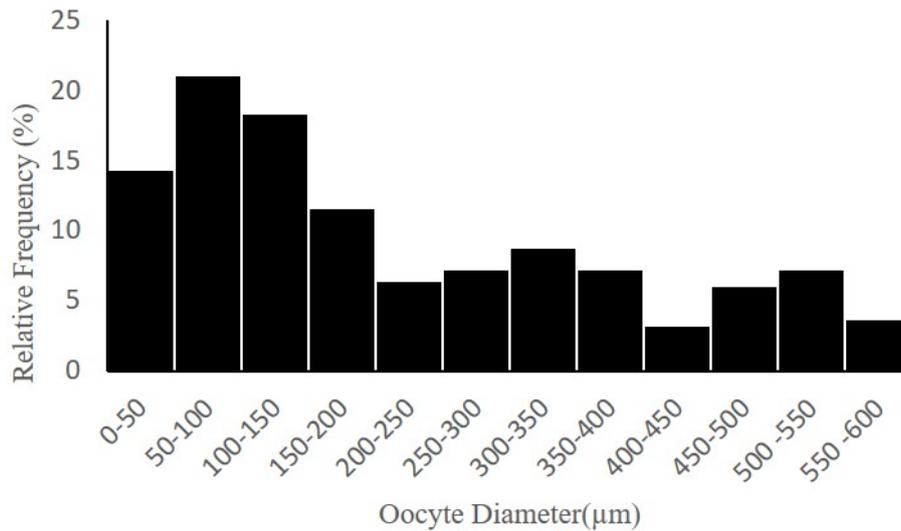


Figure 5. Frequency of oocytes diameter from 16 actively spawning sub-phase females.

According to the histological observations, no immature females were captured in this study. Only four phases of gonadal development and one sub-phase were recorded in this study: development phase, characterized by the presence of cortical alveoli oocytes (CA) and as the phase progressed, the first oocytes in primary (Vtg1) and secondary vitellogenesis (Vtg2); spawn capable phase, characterized by the presence of oocytes in more advanced stages of development (tertiary vitellogenesis, Vtg3), followed by mature oocytes (GVM - germinal vesicle migration and GVBD - germinal vesicle breakdown) and hydrated oocytes (HO) that characterized the active spawning sub-phase. The regression phase, was characterized mainly by the abundance of atretic oocytes (A); and the regeneration phase was represented by the presence of primary growing oocytes (PG) and oocytes atresia, in some cases (Fig. 6).

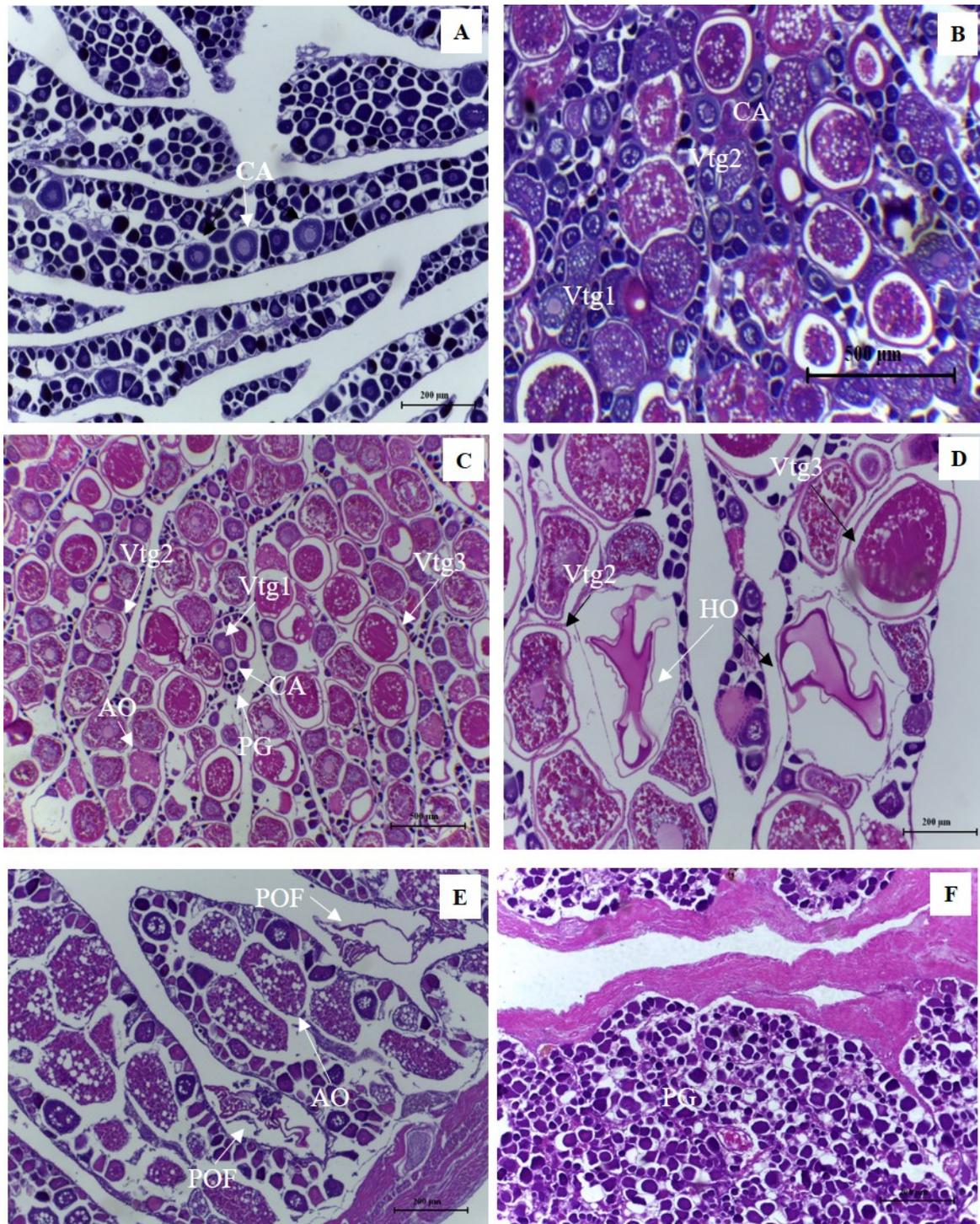


Figure 6. Photomicrograph of *Acanthurus coeruleus* reproductive phases. A-B) development phase; C) spawn capable; D) active spawning sub-phase; E) regression and F) regeneration. PG = primary growth; CA = cortical alveolus; Vtg1 = primary vitellogenesis; Vtg2 = secondary vitellogenesis; Vtg3 = tertiary vitellogenesis; HO = hydrated oocytes; AO = atresic oocytes and POF = post-ovulatory follicle. Staining by HE.

Atresic oocytes were observed in all ovarian development phase described in this paper, however, the highest incidence of ovaries containing atresic oocytes were recorded in the spawn

capable phase (31.8%) and regression (45.7%). In relation to the others, the number of ovaries with atresic oocytes was 17,5% in the regeneration phase and 5% in the development phase. Post-ovulatory follicles were also visualized in ovaries in active spawning sub-phase and in the regression phase (Fig. 6E).

In the ovaries of females in reproductive activity, it was possible to identify oocytes in all development stages, indicating that the species present oocytes in asynchronous development (Fig. 5 and Fig. 6C). Out of the 224 analyzed ovaries, 16% were in the development stage, 10.2% at the spawning capable phase, 16% in active spawning, 26.3% in the regression phase and 31.2% in the regeneration phase. Based in the frequency distribution of the different phases of gonadal maturation during the year, ovaries in the development phase had been recorded since April, females in the capable to spawn phase were observed from June to January, however, most females in the active spawning sub-phase were captured in August, September and October. Females in the regression and regeneration phases were observed in all months, except in September when no female in regeneration was recorded (Fig. 7A).

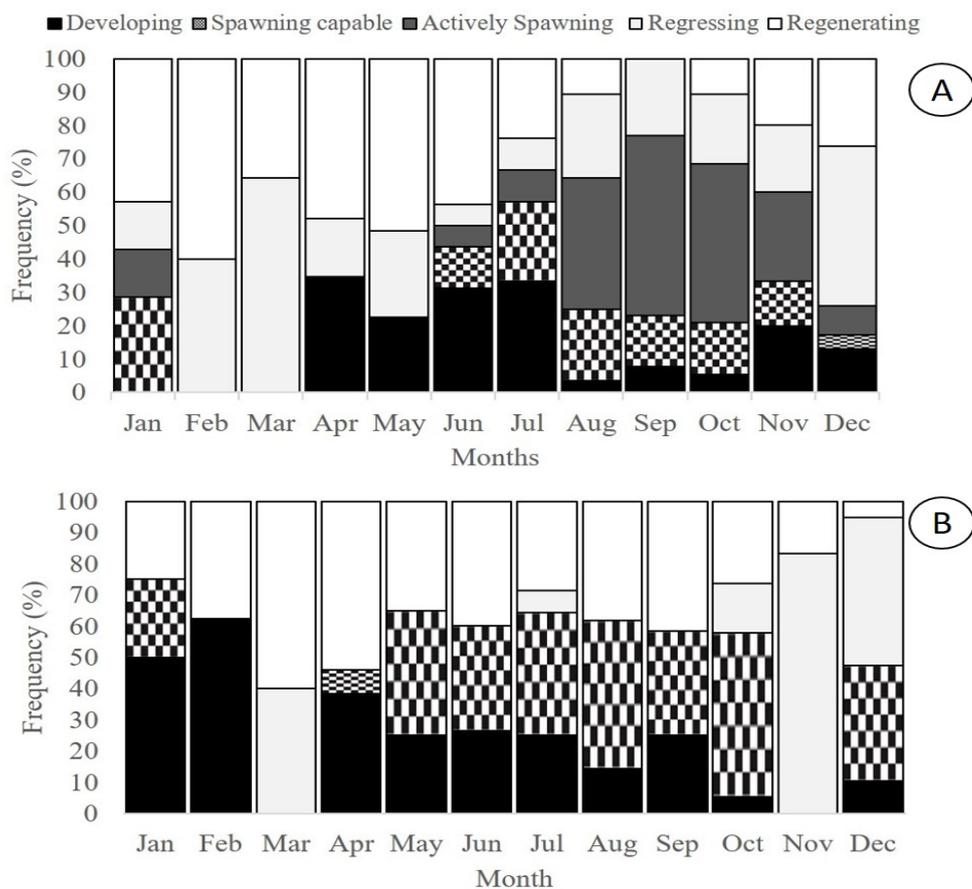


Figure 7. Monthly percentage of the frequency distribution of gonadal maturation phases of *Acanthurus coeruleus* females (A) and males (B) over the months of the year in the coast of the Pernambuco State.

During the spawning months, (August to January), a total of 141 ovaries were sectioned, of which 37 were in the OH stage and 39 in the POF stage (Table 1). The mean monthly spawning frequency was 26% using the HO method and 29.1% using the POF method, indicating spawning frequencies of 3.8 days and 3.4 days respectively. There was no statistically significant difference in between the HO method and the POF method (ANOVA, $p=0.7338$). Which These figures give a potential number of spawns during the year of 23 and 20, using the HO and POF methods, respectively.

Table 1. Spawning frequency of *Acanthurus coeruleus*; N - number of fish sampled; HO - number of fish with hydrated oocyte; POF - number of fish with post-ovulatory follicle.

Month	N	HO	POF	Monthly spawnings (%)	
				HO	POF
June	16	1	2	6.3	12.5
July	19	2	3	10.5	15.8
August	29	11	9	37.9	31.0
September	12	7	2	58.3	16.7
October	20	9	8	45.0	40.0
November	15	4	5	26.7	33.3
December	23	2	6	8.7	26.1
January	7	1	4	14.3	57.1
Mean%				26.0	29.1

In relation to the males, 178 testicles were histologically analyzed and like the females, no mature individual was recorded, 23.5% were in the development phase, 32.1% were in the capable for spawning phase, 11.9% in the regression phase and 32.5% in the regeneration phase (Fig. 8).

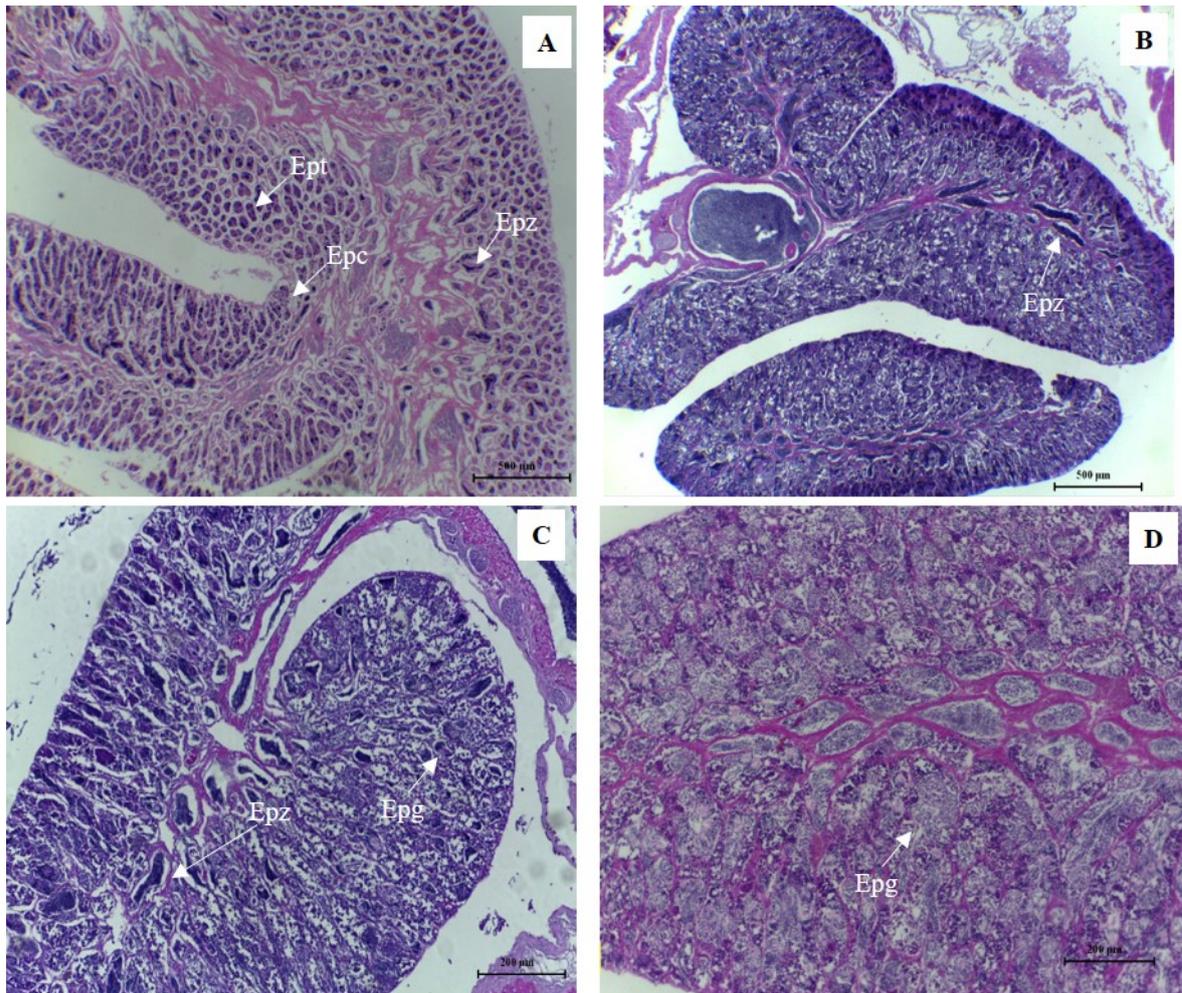


Figure 8. Photomicrography of *Acanthurus coeruleus* development. A) Development phase; B) capable to spawn; C) Regression and D) Regeneration (Epg = spermatogonia; Epc = spermatocytes; Ept = spermatids; Epz = spermatozoa)

Individuals in the development and capable to spawn phases occurred nearly all over the year, expect for the months of March and November, when only individuals in regression or in regeneration were observed. From November to March, the highest frequency of individuals was recorded in the regression phase. Testicles in regeneration were recorded in all months of the year (Fig. 7B).

Discussion

The sexual proportion found for *A. coeruleus* captured by the artisanal fleet that operates with cage traps on the coast of the State of Pernambuco did not show significant variations between months and years sampled. Temporal variations and length classes were not observed either. The same behavior was observed by other authors, when observing that adult individuals

of this species form paired aggregations for forage and reproduction (Deloach 1999, Lawson *et al.* 1999, Bell & Kramer 2000, Lukoschek & McCormick 2000, Rocha 2002).

Regarding the length frequency distribution, statistical analysis showed no significant differences between sexes, however, it was possible to observe that males reach slightly higher lengths, indicating a possible sexual dimorphism for the species.

The equation of the weight-length ratio obtained for males and females showed that the value of the angular coefficient (b) was less than 3 for both sexes, indicating negative allometry for this species, which according to Froese (2006) occurs because the fish grows faster in length than in weight. Other studies conducted in *Indo-Pacific* waters (Choat & Axe 1996) reported values of the scaling exponent ranging from 2.5 to 3.06 for ten surgeonfish species.

According to the GSI evolution, females gonadal development occurs from July and the period of greatest reproductive activity is from August to January. These results are consistent with histological analysis of the ovaries that show a gradual increase in mature females frequency from June to August, followed by the appearance of post-ovulatory follicles, which reinforces the hypothesis that the major spawning season is from August to January. However, there is histological evidence of less intense spawning events since June. From February, GSI decreased and mature females were no longer observed. The few studies on the Acanthuridae reproductive period show considerable differences between the annual spawning patterns of the species (Bushnell *et al.* 2010).

According to Fishelson *et al.* (1987), in the Red Sea region, *Acanthurus nigrofuscus* shows a well-demarcated reproductive cycle and divided into three seasons: the first season is from October to December (winter), when gonads recover from the previous year's reproductive activity; the second season is from January to April (spring) when the reactivation of gametogenesis occurs and the third is from May to September (summer) when the highest values of the gonadal index were recorded. In American Samoa, *Acanthurus lineatus*, *Acanthurus guttatus* and *Acanthurus triostegus* spawn throughout the year, with periods of greater reproductive intensity during the summer months (Craig 1998). In Hawaii, *Acanthurus triostegus sandoicensis* also presented distinct spawning period although it spawns throughout the year (Randall 1961). According to the results obtained in this study, *Acanthurus coeruleus* presents a well-demarcated reproductive period, with optimization of gonadal development during the rainy season, which occurs from March to August in this region, and spawning peaks occurs at the beginning of the dry season, when temperatures increase due to the reduction of the rainfall volume and the proximity with the beginning of summer. The increase in temperatures is

probably the main factor to determine the total development of the gonads and consequently spawning peaks.

The spawning period is chosen based on the adequacy of females to accumulate sufficient energy reserves for gonadal development. For *Acanthurus nigrofuscus*, changes in diet between winter and summer exert strong influence on the determination of the reproductive period, so that the winter diet provides energy for gonadal development, and the summer diet provides energy for subsistence and maintenance of activity (Fishelson *et al.* 1987). For *Acanthurus coeruleus*, it was observed that gonadal development occurs mainly during the rainy period of the region, when primary productivity increases due to the greater nutrient supply, although it cannot be said that there is any relationship between food availability and gonadal development of this species during the dry and rainy periods, it is likely that the increase in food availability during the rainy season is a factor that influences the reproductive cycle of the species.

Oocytes at different development stages were observed in the ovaries of *Acanthurus coeruleus* mature females, which appears to be an indicator of asynchronous development of the oocytes and split spawning, with multiple batches of oocytes being spawned over a prolonged spawning season. Species with a long reproductive period and multiple spawns present advantages that can maximize reproductive success, since a greater number of reproductive opportunities will be able to ensure that their offspring are born in adequate environmental conditions, allowing the development and survival of the offspring (Yamahira 2004). In addition, species with prolonged spawning seasons have an offspring that widely varies with age, resulting in different life histories associated with the traits of the individuals born at the beginning or in the end of the reproductive period, as well as different vulnerability to the minimum size of capture (Lowerre-Barbieri *et al.* 1998).

Oocyte diameter-frequency distribution revealed a multimodal pattern, in further confirmation of multiple spawning. Moreover, the asynchronous oocytes development and no hiatus observed between clutches, as presence of hydrated oocytes both post-ovulatory follicles evidences batch spawning. This is an indicative for continuous oocyte recruitment during the spawning season.

The batch fecundity in the *Acanthurus coeruleus* (between 20.000 and 55.000 oocytes) is relatively similar to that of other small surgeonfish worldwide, such as *Acanthurus triostegus sandvicensis* (mean 40.000 batch oocytes) in Hawaiian Islands (Randall 1961) and *Zebrasoma Flavescens* (20. 000 and 44.000 oocytes per batch) (Bushnell 2010). Fecundity is regulated in response to environmental conditions, food availability nutrition, predation, and energetic resources to reproductive success (Kjesbu *et al.* 2003). However, low batch fecundity the

surgeonfishes is associated with body shape strongly laterally compressed and a sharply asymptotic growth curve both of which contribute to a relatively small range of adult body size and ovary size (Choat & Axe 1996, Bushnell 2010).

The HO and POF methods for estimating spawning frequencies have been used and the results are quite striking and have important implications for estimating annual reproductive output. From the present study females are reproductively active over extended periods and are likely to spawn many times, with spawning occurring in females on average every 3.8 days according to the HO method of estimation, and every 3.4 days as revealed by the POF method, it may be concluded that the potential annual number of spawns in *Acanthurus coeruleus* is 23 and 20, according to the HO and POF methods, respectively. Most of the fish that perform multiple spawning have high spawn frequencies and can spawn successively during the breeding season (Ganias *et al.* 2011). The high spawning frequency of *Acanthurus coeruleus* species compensates for their low batch fecundity.

During this study, immature specimens were not captured because of the high selectivity of the fishing gear for the capture of specimens smaller than 14 centimeters of total length, which does not mean that this population cannot suffer the impacts caused by the fishing, once that gear operates within the spawning area, capturing individuals that would still reproduce. In this study, the smallest mature female and the smallest mature male captured measured 20.6 and 20.4 cm of total length, respectively. In addition, it is known that this type of equipment has led to the reduction of fish stocks by interfering with the dynamics of populations (Wolff *et al.* 1999, Maron & Hunte 2001).

Acknowledgements

We would like to thank CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for supporting this research and the Fishery Resources and Aquaculture from the Department of Fishery and Aquaculture from Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brazil and Laboratory of Animal Histology from DMFA/UFRPE.

References

- Bell, T. & Kramer, D. L. 2000. Territoriality and habitat use by juvenile blue tangs, *Acanthurus coeruleus*. **Environmental Biology of Fishes**, 58(4): 401-409.
- Brown-Peterson, N. J., Peterson, M. S., Niedland, D. L., Murphy, M. D., Taylor, R. G. & Warren, J. R. 2002. Reproductive biology of female spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*, in

the Gulf of Mexico: differences among estuaries? **Environmental Biology of Fishes**, 63(4): 405-415.

Brown-Peterson, N. J., Wyanski, D. M., Saborido-Rey, F., Macewicz, B. J. & Lowerre-Barbieri, S. K. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. **Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science**, 3(1): 52-70.

Bushnell, M. E., Claisse, J. T. & Laidley, C. W. 2010. Lunar and seasonal patterns in fecundity of an indeterminate, multiple-spawning surge on fish, the yellow tang *Zebrasoma flavescens*. **Journal of Fish Biology**, 76(6): 1343-1361.

Carvalho, R. A. A., Cunha, F. E. A., Montezuma, A. M. N. & Araújo, M. E. 2013. Captura e processamento de peixes recifais no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, 1(1): 91-103.

Choat, J. H. & Axe, L. 1996. Growth and longevity in acanthurid fishes; an analysis of otolith increments. **Marine Ecology Progress Series**, 134(1): 15-26.

Craig, P. C. 1998. Temporal spawning patterns of several surgeonfishes and wrasses in American Samoa. **Pacific Science**, 52(1): 35-39.

Cunha, F. E. A., Carvalho, R. A. A. & Araújo, M. E. 2012. Exportation of reef fish human consumption: Long-term analysis using date from Rio Grande do Norte, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, 38(4): 369-378.

DeLoach, N. 1999. Reef fish behavior. Jacksonville, New World Publications, 359p.

Desoutter, M. 1990. Acanthuridae. Pp. 962-964. *In*: Quero, J. C., Hureau, J. C., Karrer, C., Post, A. & Saldanha, L. (Eds.). **Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA)**. JNICT, Lisboa; SEI, Paris, UNESCO, Paris, v.2.

Dromard, C., Bouchon-Navaro, Y., Harmelin-Vivien, M. & Bouchon, C. 2012. Partitioning of Trophic Resources Allows Multi-specific Foraging Groups of Acanthurid Fishes (Guadeloupe,

Lesser Antilles). **Proceedings of the 65th Gulf and Caribbean Fisheries Institute**, Santa Marta, Colombia, 357-364.

Figueiredo, J. L. & Menezes, N. A. 2000. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil: VI Teleostei**. Museu Zoologia USP, São Paulo, v.4, 116p.

Fishelson, L., Montgomery, L. W. & Myrberg JR, A. H. 1987. Biology of surgeonfish *Acanthurus nigrofuscus* with emphasis on changeover in diet and annual gonadal cycles. *Marine Ecology Progress Series*, 39(1): 37-47.

Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationship: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4): 241-253.

Ganias, K., Nunes, C., Vavalidis, T., Rakka, M. & Stratoudakis, Y. 2011. Estimating oocyte growth rate and its potential relationship to spawning frequency in teleosts with indeterminate fecundity. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management and Ecosystem Science*, 3(1): 119–126.

Hunter, J. R. & Macewicz, B. 1980. Sexual maturity, batch fecundity, spawning frequency and temporal pattern in the northern anchovy, *Engraulis mordax*, during the 1979 spawning season. *Oceanic Fisheries Investigations Report*, 21: 139-149.

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 on the Working Group**, Bergen, 137p.

Lawson, G. L., Kramer, D. L. & Hunte, W. 1999. Size-related habitat use and schooling behavior in two species of surgeonfish (*Acanthurus bahianus* and *A. coeruleus*) on a fringing reef in Barbados, West Indies. *Environmental Biology of Fishes*, 54(1): 19-33.

Lowerre-Barbieri, S. K., Lowerre, J. M. & Barbieri, L. R. 1998. Multiple spawning and the dynamics of fish populations: inferences from an individualbased simulation model. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55(10): 2244-2254.

Lukoschek, V. & McCormick, M. I. 2000. A review of multi-species foraging associations in fishes and their ecological significance. **Proceedings of the 5th International Coral Reef Symposium**, Bali, Indonesia, 23-27.

Maron, R. & Hunte, W. 2001. Trap Mesh Selectivity and the Management of Reef Fishes. **Fish and Fisheries**, 2(4): 356-357.

Marques, S. & Ferreira, B. P. 2010. Composição e característica da pesca de armadilhas no litoral norte de Pernambuco - Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, 18(1): 49-60.

Morgan, I. E. & Kramer, D. L. 2004. The social organization of adult blue tangs (*Acanthurus coeruleus*) on a fringing reef, Barbados, West Indies. **Environmental Biology of Fishes**, 71(3): 261-273.

Mumby, P. J., Dahlgren, C. P., Harborne, A. R., Kappel, C. V., Micheli, F., Brumbaugh, D. R., Holmes, K. E., Mendes, J. M., Broad, K., Sanchirico, J. N., Buch, K., Box, S., Stoffle, R. W. & Gill, A. B. 2006. Fishing, trophic cascades, and the process of grazing on coral reefs. **Science**, 311(5757): 98-101.

Murua, H., Kraus, G., Saborido-Rey, F., Witthames, P. R., Thorsen, A. & Junquera, S. 2003. Procedures to Estimate Fecundity of Marine Fish Species in Relation to their Reproductive Strategy. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, 33(1): 33-54.

Randall, J. E. 1961. A contribution to the biology of the convict surgeonfish of the Hawaiian Islands, *Acanthurus triostegus sandvicensis*. **Pacific Science**, 15(2): 215-272.

Rocha, L. A., Bass, A. L., Robertson, D. R. & Bowen, B. W. 2002. Adult habitat preferences, larval dispersal, and the comparative phylogeography of three Atlantic surgeonfishes (Teleostei: Acanthuridae). **Molecular Ecology**, 11(2): 243-252.

Szpilman, M. 2000. **Peixes marinhos do Brasil: guia prático de identificação**. Instituto Ecológico Aqualung, Rio de Janeiro, 288p.

Tilghman, G. C., Klinger-Bowen, R. & Francis-Floyd, R. 2001. Feeding electivity indices in surgeonfish (Acanthuridae) of the Florida Keys. **Aquarium Sciences and Conservation**, 3(1): 215-223.

Yamahira, K. 2004. How do multiple environmental cycles in combination determine reproductive timing in marine organisms? A model and test. **Functional Ecology**, 18(1): 4-15.

Wolff, N., Grober-Dunsmore, R., Rogers, C. S. & Beets, J. 1999. Management implications of fish trap effectiveness in adjacent coral reef and gorgonian habitats. **Environmental Biology of Fishes**, 55(1): 81-90.

3 - DESENVOLVIMENTO DOS OVÓCITOS E TIPO DE FECUNDIDADE DA CARAÚNA – AZUL CAPTURADA NO LITORAL NORTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo, determinar o padrão de desenvolvimento e recrutamento dos ovócitos e o tipo de fecundidade da caraúna-azul no litoral norte do Estado de Pernambuco. As análises foram realizadas a partir de 67 exemplares de fêmeas coletadas durante a estação de desova. Após confirmação histológica, ovários de fêmeas nas fases desenvolvimento, capaz de desovar e subfase desova ativa foram analisados, afim de determinar a distribuição de frequência dos ovócitos e a prevalência dos estágios ovocitários, em cada uma destas fases de maturação ovariana durante os meses de atividade reprodutiva. Do total de ovários analisados, 16,17% foram classificados na fase desenvolvimento, 39,72% na fase capaz de desovar e 44,11% na subfase desova ativa. A distribuição de frequência dos ovócitos foi contínua ao longo das fases de desenvolvimento, e a variação da porcentagem de ovócitos alvéolos corticais e vitelógicos totais permaneceram relativamente constante entre as fases de maturação e durante o período de desova. A variação sazonal do diâmetro dos ovócitos Vtg3 em ovários na fase capaz de desovar não apresentou diferenças significativas ao longo dos meses de atividade reprodutiva. Esses resultados, indicam que a espécie apresenta desenvolvimento assincrônico dos ovócitos, desova parcelada e fecundidade indeterminada.

Palavras-chave: Estratégia reprodutiva; fecundidade indeterminada e desova parcelada

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the pattern of oocyte development and recruitment and the fecundity type of Blue tang surgeonfish, *Acanthurus coeruleus* on the northern coast of the State of Pernambuco. The analyses were performed from 67 females collected during the spawning season. After histological confirmation, ovaries of females in the development phase, spawn capable and subphase active spawning were analysed in order to determine the distribution of oocyte frequency and the prevalence of oocyte stages in each of these stages of ovarian maturation during the months of reproductive activity. From total ovaries analyzed, 16.17% were classified in development phase, 39.72% in spawn capable and 44.11% in active spawning subphase. The frequency distribution of the oocytes was continuous throughout the developmental stages, and the variation in the percentage of cortical alveoli oocytes and total vitellogenesis remained relatively constant between the maturation phases and during the spawning period. The seasonal variation of Vtg3 oocyte diameter in ovaries at the spawning stage did not show significant differences during the months of reproductive activity. These

results indicate that the species shows asynchronous development of the oocytes, batch spawning and indeterminate fecundity.

Key words: Reproductive strategy; indeterminate fecundity and batch spawning

INTRODUÇÃO

Acanthurus coeruleus (Bloch & Schneider, 1801), popularmente conhecido como caraúna-azul ou cirurgião-azul, por causa de sua cor e devido à presença de espinhos extremamente afiado em ambos os lados do pedúnculo caudal (Randal, 2001) é um peixe da família Acanthuridae, que apresenta distribuição geográfica desde o Atlântico Ocidental: Nova York, Bermudas, golfo do México, Brasil, e no Atlântico Oriental, ocorre em torno da Ilha de Ascensão e Santa Helena (Desoutter, 1990). É comumente encontrado em ambientes recifais e bancos de algas com profundidades que variam de 2 a 60 metros (Lawson e Kramer, 1999; Rocha et al., 2002).

Essa espécie é componente de pescarias de subsistência e é capturada principalmente com armadilhas e redes de emalhe em algumas áreas de sua distribuição, sendo amplamente explorado pelas pescarias em regiões do Haiti, Jamaica e Caribe (Dromard, 2012; IUCN, 2018). No litoral do nordeste brasileiro até recentemente, essa e outras espécies de *Acanthurus* eram consideradas mercadorias secundárias, pescadas apenas quando capturadas durante a pesca artesanal da lagosta. Entretanto, com a escassez deste recurso, a caraúna-azul que era tida como fauna acompanhante passou a fazer parte de capturas direcionadas. Atualmente, parte da produção é destinada à exportação, principalmente para os Estados Unidos e Europa. Os peixes são exportados inteiros ou eviscerados, frescos ou congelados (Carvalho et al., 2013; Marques e Ferreira, 2010), fato esse que evidencia a importância dessa espécie para o setor pesqueiro artesanal. Embora não exista nenhuma avaliação quantitativa das capturas disponível para essa região, a espécie tem sido apontada como frequente nos desembarques de pescarias, seja elas direcionadas a captura de peixes recifais ou como fauna acompanhante da pesca da lagosta (Marques e Ferreira, 2010; Oliveira et al., 2015).

A caraúna-azul é iterópara e gonocórica, com fertilização externa e sem cuidados parentais. Atinge maturidade sexual após um ano com aproximadamente 11 a 13 cm de comprimento e podem sobreviver por até 37 anos (Reeson, 1983; Mutz, 2006). A desova ocorre durante o final da tarde e início da noite e os ovos, são pelágicos e pequenos, com aproximadamente 0,8 mm de diâmetro (MarineBio, 2013; Bissoon, 2015).

No entanto, nada se sabe sobre a estratégia reprodutiva desta espécie principalmente em relação ao padrão de desenvolvimento dos ovócitos e do modelo de regulação da fecundidade,

(isto é, determinado ou indeterminado). Informações fundamentais para estabelecer estimativas mais precisas sobre a biomassa do estoque desovante que diferem de acordo com o tipo de fecundidade da espécie (Lowerre-Barbieri et al., 2011).

Comumente ocorre um efeito latitudinal na definição do estilo reprodutivo dos peixes, assim, espécies de regiões temperadas tendem a apresentar fecundidade do tipo determinada, enquanto as espécies tropicais e subtropicais tendem a exibir fecundidade do tipo indeterminada e desova parcelada ao longo de um extenso período reprodutivo (Ganias et al., 2011), entretanto, como isto não é regra, existem alguns comportamentos que não seguem este padrão. Assim, o principal objetivo deste estudo é definir, o tipo de fecundidade da caraúna-azul no litoral norte de Pernambuco, em termos de desenvolvimento dos ovócitos e do padrão de recrutamento para testar a hipótese de que a espécie apresenta modelo de fecundidade indeterminada.

MATERIAL E MÉTODOS

Os espécimes foram coletados a partir de desembarques dos barcos da pesca artesanal que operam com armadilhas, na Ilha de Itamaracá, litoral norte do Estado de Pernambuco, Brasil (Figura 1), durante os meses de provável atividade reprodutiva da espécie (agosto a janeiro), entre os anos de 2015 e 2016. Após serem identificados, cada exemplar foi dissecado para identificação macroscópica do sexo e do estágio de maturação segundo Brown-Peterson *et al.* (2011), em seguida os ovários foram pesados e fixados em solução neutra de formaldeído a 4%.

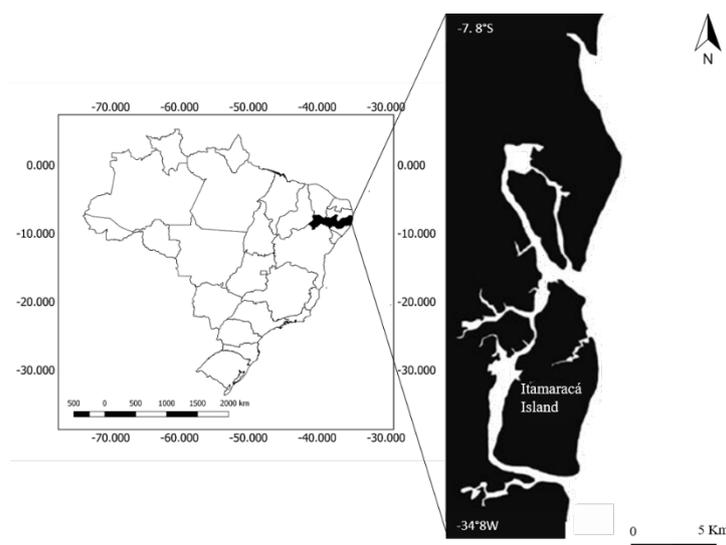


Figura 1. Ilha de Itamaracá, costa norte do litoral de Pernambuco, nordeste do Brasil (Queiroz et al., 2018).

Para classificar cada espécime na fase de maturação gonadal correspondente ao desenvolvimento ovocitário, porções das gônadas foram desidratadas em uma bateria crescente

de álcool (80 – 100), diafanizadas em xilol, impregnadas e incluídas em parafina líquida a 59° C. Posteriormente, o material foi cortado a 5µm de espessura em micrótomo do tipo Leica, e coradas com hematoxilina e eosina de Harris (Mackie e Lewis, 2001). Os ovários foram classificados microscopicamente de acordo com a escala desenvolvida por Brown-Peterson et al. (2011) e adaptada para a espécie em estudo, considerando o estágio ovocitário mais avançado, presente no ovário (West, 1990).

Para analisar a distribuição de frequência do diâmetro dos ovócitos, ovários de fêmeas nas fases desenvolvimento, capaz de desovar e subfase desova ativa foram analisados. Sub-amostras de 0,04g destes ovários foram pesadas em balança de precisão ($\pm 0,0001$ g) e depois de serem dissociados, os ovócitos foram colocados em placa de Petri, e uma imagem da amostra foi tomada e posteriormente processada usando o Software Image J. Cerca de 100 ovócitos foram medidos aleatoriamente para cada amostra, usando a metodologia adaptada de West (1990), Hunter e Macewicz (1985); Grande et al. (2012) e Fernandes et al. (2016). O diâmetro dos ovócitos foi determinado a partir da média obtida entre a medida do maior e menor eixo. Os ovócitos presentes na amostra com diâmetros igual ou superior a 50µm foram contados e medidos.

A porcentagem de ovócitos alvéolos corticais e vitelogicos totais (Vtg1, Vtg2 e Vtg3) foram estimados para cada fase de maturação ovariana (Brown-Peterson et al., 2011), a fim de encontrar padrões de desenvolvimento e recrutamento dos ovócitos. A variação do diâmetro médio dos ovócitos em Vtg3 foi analisada durante a época de desova, estimando-se o diâmetro médio dos 100 maiores ovócitos de ovários na fase capaz de desovar. Para essas análises, e com base em estudos reprodutivos prévios realizados na área de estudo, o período reprodutivo assumido foi de agosto a janeiro, resultado descrito em Queiroz et al. (2018) em que foi avaliada a estação reprodutiva da caraúna-azul.

A variação sazonal da porcentagem e do diâmetro dos diferentes estágios de desenvolvimento ovocitário presentes nos ovários durante o período reprodutivo também foi estimado em secções histológicas, e o diâmetro médio de cerca de 75 ovócitos por estágio foi medido (Grande et al., 2012).

O limite para cada estágio foi determinado a partir da construção do intervalo de confiança de 99%, considerando que, quando estes não se sobrepõem, as médias diferem, segregando os diferentes estágios. As médias aritméticas e desvios-padrão foram calculados para todas as fases de desenvolvimento dos ovócitos e para todas as fases de maturação ovariana.

A análise da normalidade dos dados foi feita aplicando-se o teste de Shapiro-Wilk ($P < 0,05$). Nas distribuições não normais, possíveis diferenças significativas entre o diâmetro dos

ovócitos nos diferentes estágios e entre o diâmetro dos ovócitos nas diferentes fases de maturidade foram testadas por teste não paramétrico, Kruskal-Wallis ou Mann-Whitney (Zar, 1999).

RESULTADOS

Estágios de desenvolvimento dos ovócitos

No total, 68 ovários foram analisados histologicamente e classificados nas fases reprodutivas correspondentes. Ovários contendo ovócitos CA, Vtg1, Vtg2, ou uma combinação destes, mas sem apresentar ovócitos em Vtg3 ou sinais de desova anterior (folículos pós-ovulatórios), foram classificados na fase desenvolvimento.

A fase capaz de desovar foi caracterizada pela presença de ovócitos em Vtg1, Vtg2 e Vtg3, e em alguns ovários classificados dentro dessa fase, foram observados folículos pós-ovulatórios. A presença de ovócitos nos estágios finais de desenvolvimento (GVM, GVBD e HO) foram determinantes para classificar os ovários na subfase desova ativa. Dessa maneira, 16,17% dos ovários analisados foram classificados na fase desenvolvimento, 39,72% na fase capaz de desovar e 44,11% na subfase desova ativa.

As observações histológicas dos ovários das fêmeas maduras mostraram a presença simultânea de ovócitos em todos os estágios de desenvolvimento sem a dominância de qualquer um deles, sugerindo, que a espécie apresenta padrão de desenvolvimento assincrônico dos ovócitos, com múltiplas desovas ao longo do período reprodutivo.

Tabela 1. Descrição do desenvolvimento ovocitário da caraúna-azul *Acanthurus coeruleus*.

Estágio de desenvolvimento do ovócito	Descrição	Diâmetro (μm)
Cortical alveolar	Nesta fase, os alvéolos corticais apareceram inicialmente circundando a vesícula germinal e com o a progressão do desenvolvimento, se espalharam pelo citoplasma. A zona radiata começou a se formar e as células foliculares tornaram-se mais distintas.	53,1 – 99,3 (71,61 \pm 11,9)
Vtg1	Além dos alvéolos corticais, os ovócitos apresentaram grânulos de vitelo, inicialmente na periferia da célula progredindo para o centro. Estes, continuaram aumentando em número e tamanho durante o	96,1-149 (121,1 \pm 15,7)

	desenvolvimento.	
Vtg2	Ocorreu aumento no tamanho dos grânulos de vitelo, entretanto, estes ainda permaneceram mais abundante na periferia da célula.	152,1 – 214,8 (185,4±19)
Vtg3	Os grânulos de vitelo aumentaram consideravelmente de tamanho e passaram a apresentar distribuição mais uniforme pelo citoplasma.	253,6 – 342,4 (297,5±26,9)
GVM, GVBD e HO	Durante estas fases ocorreu a migração da vesícula germinal, a quebra da mesma e a coalescência das vesículas de vitelo em um único glóbulo de óleo.	360,7 – 600 (457,5±62,5)

Durante os estágios de crescimento primário (cromatina nucleolar e perinucleolar), os ovócitos apresentaram citoplasma escasso, vesícula germinal relativamente grande, contendo entre um a vários nucléolos. Ao principiar os estágios de crescimento secundário os ovócitos apresentaram um incremento no volume citoplasmático em comparação aos estágios anteriores, provavelmente em virtude do surgimento dos alvéolos corticais (Figura 2A), principal indicador do início do processo de desenvolvimento do ovócito para a estação de reprodutiva. Inicialmente, estes apareceram circundando a vesícula germinal e foram aumentando gradativamente em número e tamanho de acordo com o desenvolvimento da célula espalhando-se por todo o citoplasma. Além disso, neste estágio, a zona radiata começou a se formar e as células foliculares tornaram-se mais distintas.

O surgimento dos grânulos de vitelo marcou o início dos estágios vitelogênicos. No estágio Vtg1 (Figura 2A e 2B), os primeiros grânulos de vitelo apareceram na periferia da célula e foram visualizados concomitantemente com os alvéolos corticais. A zona radiata e a camada granulosa tornaram-se mais evidentes.

Os grânulos de vitelo continuam aumentando em número e tamanho caracterizando o estágio Vtg2 (Figura 2A e 2B), mas ainda permaneceram mais abundantes na periferia da célula. A partir do estágio Vtg3 (Figura 2A e 2B) os grânulos de vitelo aumentaram consideravelmente de tamanho e passaram a apresentar distribuição mais uniforme pelo citoplasma. Nos estágios GVM, GVBD e Hidratados (Figura 2B, 2C e 2D) foram observados respectivamente a migração da vesícula germinal para o polo animal do ovócito, a quebra da vesícula germinal e a coalescência dos grânulos de vitelo num único glóbulo de óleo indicando que a desova é iminente.

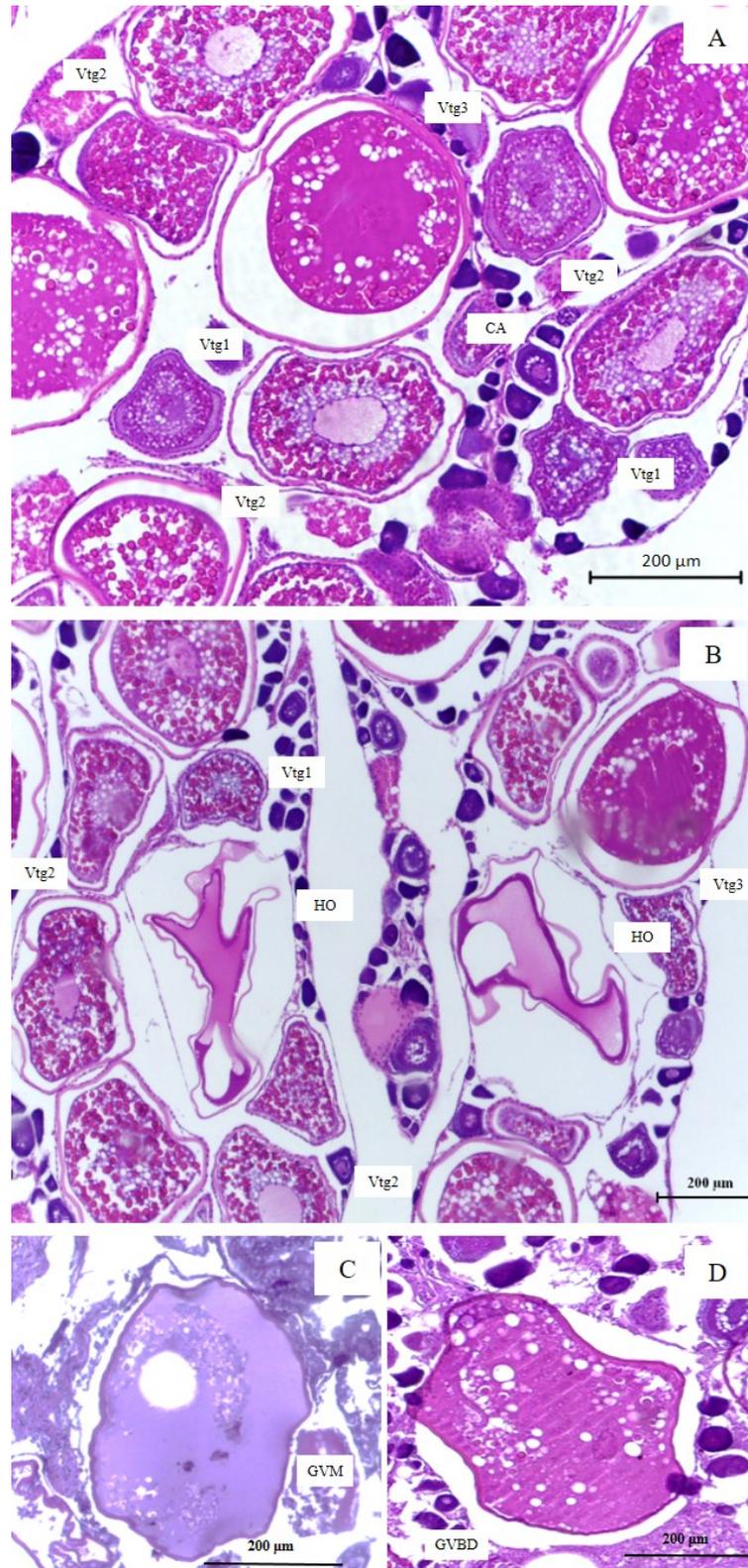


Figura 2. Fotomicrografia dos estágios ovocitários de *Acanthurus coeruleus*. CA= alvéolos corticais; Vtg1= vitelogêneses primária; Vtg2= vitelogêneses secundária; vtg3= vitelogêneses terciária; HO= ovócitos hidratados.

Distribuição do diâmetro dos ovócitos

A distribuição de diâmetros dos ovócitos ao longo das fases de maturação ovariana, variou entre 53,1 e 600 μm (Figura 3). Nenhuma lacuna foi observada entre os estágios de crescimento primário e secundário durante a fase desenvolvimento e capaz de desovar (Figura 3a e 3b), indicando uma distribuição contínua do diâmetro dos ovócitos. No entanto, durante a subfase desova ativa, foi observada uma lacuna no intervalo 400-450 μm (Figura 3c). Esse intervalo separou um grupo de ovócitos em vitelogêneses terciária (Vtg3) de um grupo de ovócitos no estágio inicial de migração da vesícula germinal (GVM), que continuarão se desenvolvendo para compor o lote de ovócitos que serão desovados, sugerindo que o processo de desenvolvimento dos ovócitos, finaliza ao longo desta subfase. Nos estágios GVBD e HO os ovócitos atingiram o máximo de 600 μm de diâmetro.

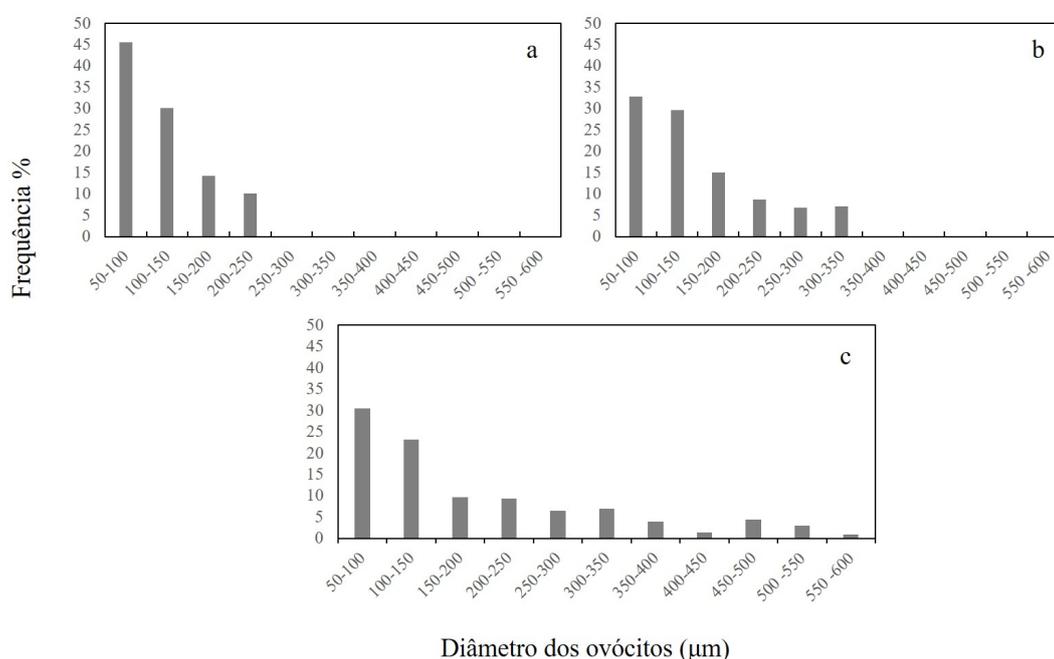


Figura 3. Distribuição de frequência do diâmetro dos ovócitos da caraúna-azul *Acanthurus coeruleus* em intervalos de 50 μm , nas diferentes fases reprodutivas: (a) fase desenvolvimento (n=5), (b) capaz de desovar (n=6) e (c) subfase desova ativa (n=30).

Durante a fase desenvolvimento o diâmetro dos ovócitos variou entre 53,1 e 214,9 μm (média de $118,12 \pm 46,45$) (Figura 3a). A maior porcentagem de ovócitos observados nesta fase foi de alveolar cortical com 45,5%, Vtg1 com 30,21% e Vtg2 com 24,27% (Figura 4a). Nos ovários classificados na fase capaz de desovar o diâmetro dos ovócitos variou entre 53,3 e 354,8 μm (média $144,44 \pm 76,4$) (Figura 3b). Comparando com a fase anterior, foi observada uma menor prevalência de ovócitos alvéolos corticais (32,79%) em quanto que os ovócitos Vtg1 e Vtg2 permaneceram relativamente constante, com 29,7% e 23,7% respectivamente, os ovócitos em Vtg3 representaram 13,7% (Figura 4b). O diâmetro dos ovócitos entre as fases

desenvolvimento e capaz de desovar não diferiu significativamente (Mann-Whitney; $U=709,83$; $P=0,5877$).

Na subfase desova ativa o diâmetro dos ovócitos variou de 54 e 600 μm (média $195,3 \pm 135,4$) (Figura 3c), essa fase foi caracterizada pela presença de ovócitos maduros, principalmente com aspecto hidratado, GVM e GVBD que juntos, representaram 15,3% dos ovócitos. A prevalência de ovócitos alvéolos corticais foi de 30,4%, Vtg1 22,6%, Vtg2 18,47% e Vtg3 13,1% (Figura 4c). O diâmetro dos ovócitos não apresentou variações significativas ao longo da fase capaz de desovar e subfase desova ativa (Mann-Whitney, $U=409,78$; $P=0,6646$).

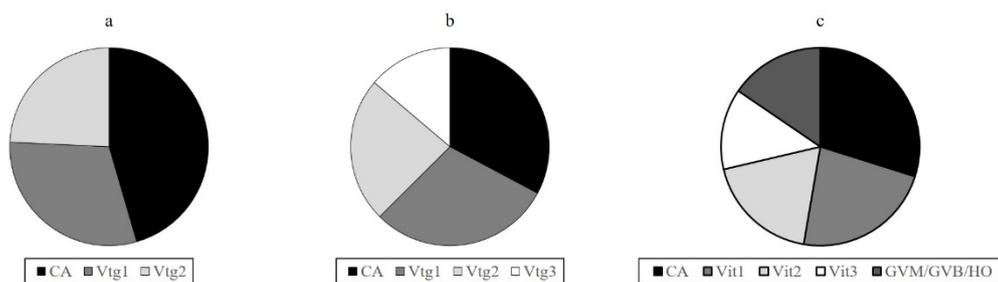


Figura 4. Percentagem média dos estágios de desenvolvimento ovocitário da caraúna-azul *Acanthurus coeruleus* em diferentes fases reprodutivas: (a) fase desenvolvimento (n=5), (b) capaz de desovar (n=6) e (c) subfase desova ativa (n=30).

A frequência relativa e o padrão de desenvolvimento dos ovócitos nas diferentes fases de maturação ovariana também foram analisados ao longo dos meses de atividade reprodutiva, e nenhuma variação sazonal foi observada (Figura 5).

Variação sazonal da porcentagem dos estágios de desenvolvimento ovocitário durante a fase capaz de desovar

Durante esta fase, a frequência sazonal dos estágios de desenvolvimento ovocitário permaneceu relativamente constante ao longo do tempo e não apresentou diferenças significativas (Kruskal-Wallis; $H=0,0900$; $P=0,9999$). A variação da porcentagem de alvéolos corticais ao longo da fase capaz de desovar foi de 15,4% em janeiro e 19,2% em agosto ($17,7 \pm 1,31$). Considerando a porcentagem de ovócitos Vtg3 durante o mesmo período, a variação foi de 26% em agosto e 36,4% em janeiro ($30,8 \pm 4,41$), meses que correspondem ao início (agosto) e fim (janeiro) do período reprodutivo (Figura 6).

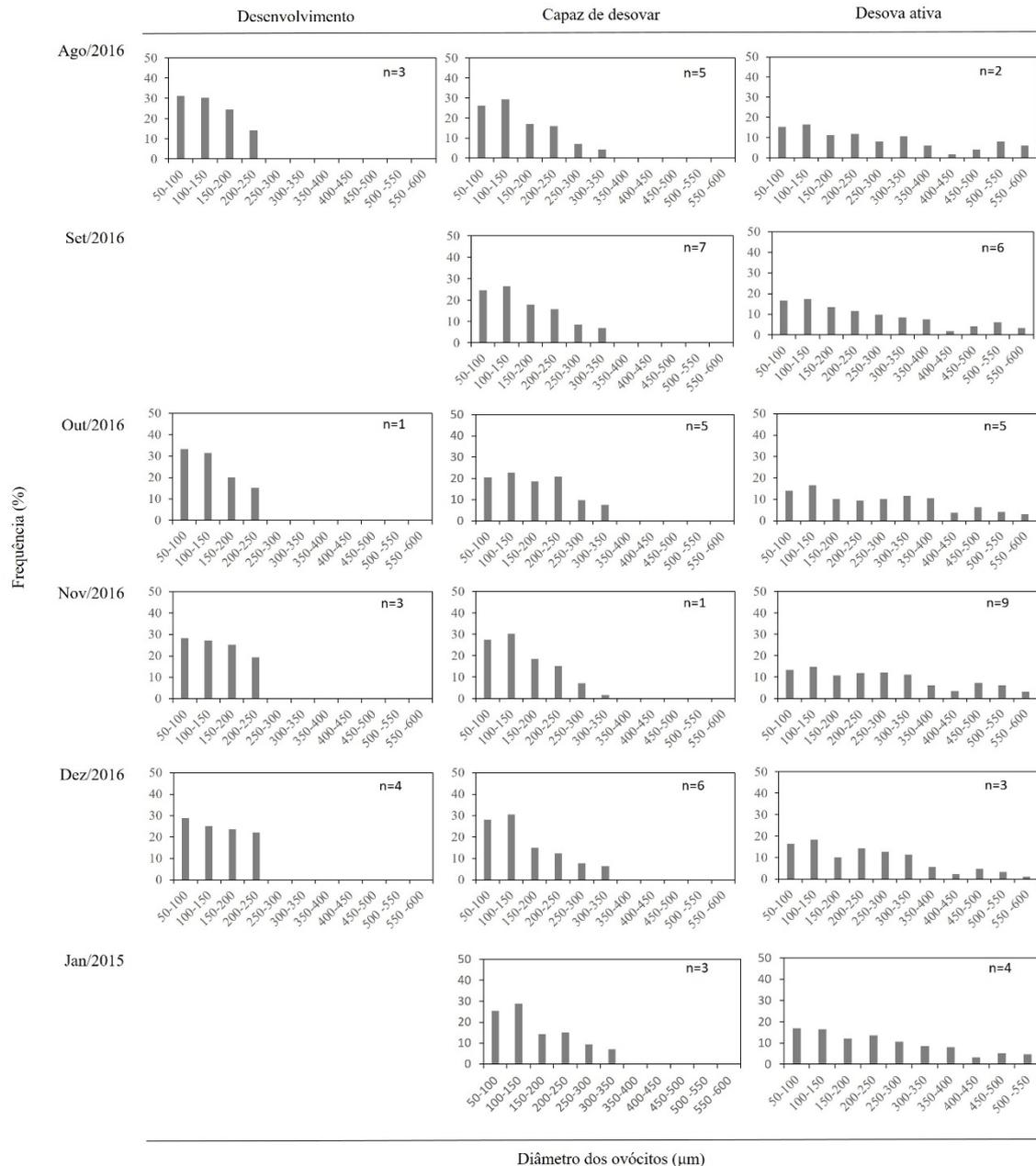


Figura 5. Variação sazonal da distribuição de frequência do diâmetro dos ovócitos da caraúna-azul *Acanthurus coeruleus*, em intervalos de 50 µm de diâmetro em diferentes fases reprodutivas.

Variação sazonal do diâmetro médio dos ovócitos em estágio vitelogênico avançado em fêmeas na fase capaz de desovar

A variação sazonal do diâmetro dos ovócitos Vtg3 em ovários na fase capaz de desovar não apresentou diferenças significativas ao longo dos meses de atividade reprodutiva (agosto a janeiro) (Kruskal-Wallis, $H = 11,42$; $P = 0,0435$). O diâmetro dos ovócitos Vtg3 durante esta fase apresentou curta variação de 18, 32 µm.

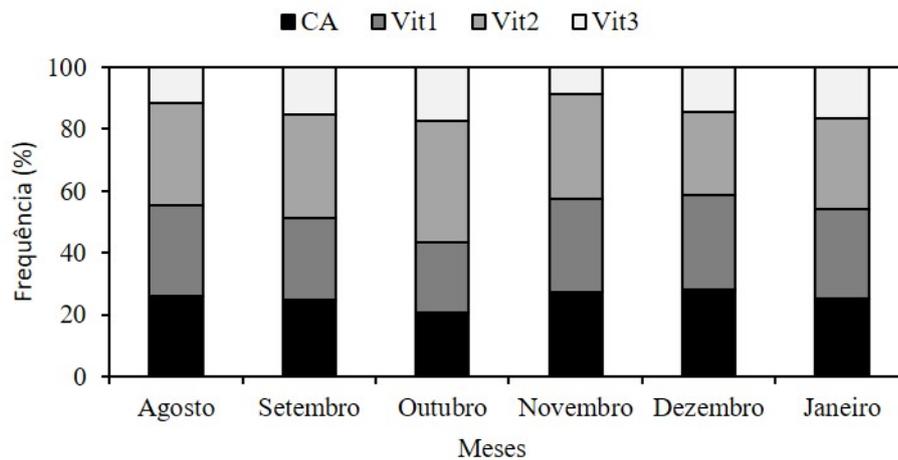


Figura 6. Variação sazonal da frequência dos estágios de desenvolvimento ovocitário durante a fase capaz de desovar da caraúna-azul *Acanthurus coeruleus* (n = 27).

DISCUSSÃO

O padrão de desenvolvimento ovocitário da caraúna-azul foi apontado como assíncrono, devido à presença de todos os estágios de desenvolvimento ovocitário em um mesmo ovário, sem a formação de coortes de ovócitos nas diferentes fases de maturação aqui analisadas. Quanto ao modelo de regulação da fecundidade, este foi caracterizado como indeterminado devido a constatação de algumas evidências que segundo Hunter et al. (1992) e Lowerre-Barbieri et al. (2011) delimitam esse tipo de estratégia, como o aumento do estoque de ovócitos vitelogenicos ao longo da fase capaz de desovar e subfase desova ativa, além da ausência de lacunas na distribuição de frequência do diâmetro dos ovócitos entre os estágios alvéolos corticais e vitelogênicos.

Uma pequena lacuna foi observada entre os lotes de ovócitos vitelogênicos e hidratados, entretanto, de acordo com Brown- Peterson et al. (2011), a presença dessa pequena lacuna entre os ovócitos em vitelogênes avançada e o lote de ovócitos hidratados é comum em peixes com fecundidade indeterminada uma vez que estes exibem vários lotes de ovócitos hidratados ao longo do período de desova, o que provavelmente acontece com a caraúna-azul.

Segundo Hunter et al. (1992), algumas espécies de peixes de fecundidade determinada como o *Microstomus pacificus*, também podem apresentar distribuição contínua do diâmetro dos ovócitos entre os estágios alvéolos corticais e crescimento secundário, entretanto, essa condição é acompanhada por uma redução no número de alvéolos corticais ao longo da estação reprodutiva, uma vez, que o número total de ovócitos que serão ovulados durante a estação é fixado antes de iniciar o período de desova (Murua e Saborido-Rey, 2003).

Todavia, a porcentagem dos ovócitos alvéolos corticais em fêmeas de caraúna-azul não mostrou diferenças significativas entre as fases reprodutivas, e apenas uma pequena redução na porcentagem desses ovócitos foi observada entre a fase desenvolvimento e capaz de desovar, porém, essa porcentagem permaneceu constante entre a fase capaz de desovar e subfase desova ativa. Esse fato pode estar relacionado, a um alto pulso de recrutamento de ovócitos no início da estação reprodutiva, afim de produzir o estoque principal de ovócitos vitelogênicos, assim como observado para *Katsuwonus pelamis* (Grande et al., 2012); *Thunnus albacares* (Zudaire et al., 2013) no Oceano Indico e *Lutjanus alexandrei* no litoral norte do estado de Pernambuco (Fernandes et al., 2016).

Além disso, a variação sazonal da porcentagem dos diferentes estágios ovocitário durante a fase capaz de desovar permaneceu relativamente constante ao longo dos meses, indicando que, novos ovócitos são recrutados à medida que a estação de desova evolui, afim de produzir novos lotes, uma vez que, espécies indeterminadas apresentam desova parcelada, como estratégia para aumentar a probabilidade de sobrevivência da prole durante o extenso período reprodutivo (Murua e Saborido-Rey, 2003; Gantias, 2013).

Peixes com fecundidade indeterminada e desova parcelada apresentam uma variedade de estágios de ovócitos em vitelogênes, em concomitância com ovócitos hidratados e POF's, num mesmo ovário durante a subfase desova ativa (Brown- Peterson et al., 2011). Essas características foram observadas nos ovários de caraúna-azul na subfase desova ativa, indicando que, ao longo do período reprodutivo, vários lotes de ovócitos são recrutados a desova.

Outra evidência que reforça o modelo de fecundidade indeterminada para a espécie é a estabilidade no diâmetro médio dos ovócitos em vitelogênes avançada, ao longo do período reprodutivo (Hunter e Macewicz, 1985). O diâmetro médio dos ovócitos Vtg3 da caraúna-azul permaneceu relativamente constante durante a época de desova apresentando variação de 18, 32 μm ao longo do período.

Espécies com fecundidade determinada produzem ovócitos maiores, à medida que a estação de desova progride, uma vez que, a maturação dos ovócitos fixados antes do período reprodutivo continua durante a época de desova, promovendo o aumento do tamanho. Em contraste, espécies indeterminadas como *Engraulis mordax* e *Rhomboplites aurorubens* por recrutarem os ovócitos continuamente durante a estação de desova, apresentam ovócitos com crescimento primário, substituindo os ovócitos em desenvolvimento avançado e que serão desovados, resultando na estabilidade do diâmetro médio dos ovócitos ao longo do período reprodutivo (Hunter e Macewicz, 1985; Cuellar et al., 1996).

Devido estes acontecimentos, os ovários de peixes com fecundidade indeterminada e desenvolvimento assincrônico dos ovócitos geralmente apresentam ovócitos em vários estágios de desenvolvimento, assim como observado para a caraúna-azul, que em um mesmo ovário foram observados ovócitos em vários estágios de desenvolvimento, os quais representam, classes de tamanho contínuo. Enquanto que, os ovários de espécies com fecundidade determinada e desenvolvimento sincrônico dos ovócitos, tem lacunas de tamanho notáveis entre os lotes de ovócitos em desenvolvimento (Wallace e Selman, 1981; Hunter e Macewicz, 1985).

Assim, o tipo de desenvolvimento dos ovócitos exerce influência na estratégia e sazonalidade reprodutiva das espécies assim como observado para a caraúna-azul que apresenta recrutamento contínuo dos ovócitos ao longo de uma estação reprodutiva prolongada que se estende de julho a janeiro segundo Queiroz et al. (2018). Alguns estudos sobre Acanthuridae relatam diferenças nos padrões anuais de desova entre as espécies, o que talvez seja reflexo da estratégia de desenvolvimento ovocitário e fecundidade inerente a cada espécie. Segundo Bushnell et al. (2010), *Zebrasoma flavescens* desova ao longo de todo ano e apresenta padrões sazonais de fecundidade. Já *Acanthurus nigrofuscus* e *Acanthurus triostegus*, *Acanthurus lineatus* e *Acanthurus guttatus*, apresentam padrões de desova distintos em diferentes regiões geográficas, *A. triostegus*, por exemplo, desova ao longo do ano na Samoa Americana, mas apresentam período de desova distinto no Havaí, assim como a caraúna-azul no litoral de Pernambuco (Craig, 1998; Fishelson et al., 1987; Kiflawi e Mazeroll, 2006).

O recrutamento contínuo de ovócitos para o estoque permanente de ovócitos vitelogênico em peixes com fecundidade indeterminada, gera uma produção excedente de ovócitos que, se tornam atrésicos ao fim da temporada reprodutiva, quando então serão reabsorvidos. Esse processo de reabsorção é um fenômeno natural conhecido como atresia e em espécies com fecundidade determinada ocorre de maneira contínua e com baixos níveis ao longo de toda estação reprodutiva (Murua e Motos, 2006; Armstrong e Witthames, 2012; Gantias, 2013). No presente estudo, a maior porcentagem de atresia foi registrada no final do período reprodutivo, durante a subfase desova ativa, entretanto, ovócitos atrésicos também foram registrados em menor porcentagem nas fases anteriores.

Conclusão

As análises realizadas ao longo deste estudo, revelaram distribuição contínua do diâmetro dos ovócitos nas diferentes fases de maturação e ao longo do período reprodutivo, recrutamento contínuo dos ovócitos em crescimento primário para o estoque permanente de ovócitos vitelogênico e prevalência relativamente constante dos estágios ovocitários nas diferentes fases

de maturação ovariana, sugerindo que a caraúna- azul apresenta, desenvolvimento assincrônico dos ovócitos, comportamento de múltiplas desovas e padrão de regulação da fecundidade indeterminado.

Bibliografia

Armstrong, M.J.; Witthames, P.R. 2012. Developments in understanding of fecundity of fish stocks in relation to egg production methods for estimating spawning stock biomass. *Fisheries Research*, 117-118(1): 35-47. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.12.028>.

Bissoon, A. 2015. The Online Guide to the Animals of Trinidad and Tobago. Disponível em: <<https://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/sites/default/files/lifesciences/images/Acanthurus%20coeruleus-%20Blue%20Tang%20Surgeonfish.pdf>> Acesso em: 07 ago. 2018.

Brown-Peterson, N.J.; Wyanski, D.M.; Saborido-Rey, F.; Macewicz, B.J.; Lowerre-Barbieri, S.K. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries* 3(1): 52–70. <https://doi.org/10.1080/19425120.2011.555724>.

Bushnell, M.E.; Claisse, J.T.; Laidley, C.W. 2010. Lunar and seasonal patterns in fecundity of an indeterminate, multiple-spawning surge on fish, the yellow tang *Zebrasoma flavescens*. *Journal of Fish Biology*, 76(6): 1343-1361. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02569.x>.

Carvalho, R.A.A.; Cunha, F.E.A.; Montezuma, A.M.N.; Araújo, M.E. 2013. Captura e processamento de peixes recifais no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 1(1): 91-103. <http://dx.doi.org/10.2312/Actafish.2013.1.1.91-103>.

Craig, P.C. 1998. Temporal spawning patterns of several surgeonfishes and wrasses in American Samoa. *Pacific Science*, 52(1): 35-39. <http://hdl.handle.net/10125/1555>.

Cuellar, N.; Sedberry, G.R.; Wyanski, D.M. 1996. Reproductive seasonality, maturation, fecundity, and spawning frequency of the vermilion snapper, *Rhomboplites aurorubens*, off the southeastern United States. *Fishery Bulletin*, 94(4): 635-653. <http://hdl.handle.net/10827/10561>.

Desoutter, M. 1990. Acanthuridae. In: Quero, J.C.; Hureau, J.C.; Karrer, C.; Post A.; Saldanha, L. (eds.). Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris, v. 2., p. 962-964.

Dromard, C.; Bouchon-Navaro, Y.; Harmelin-Vivien, M.; Bouchon, C. 2012. Partitioning of Trophic Resources Allows Multi-specific Foraging Groups of Acanthurid Fishes (Guadeloupe, Lesser Antilles). Proceedings of the 65th Gulf and Caribbean Fisheries Institute, p. 357-364. <http://nsgl.gso.uri.edu/flsgp/flsgpw12004/data/papers/65-73.pdf>.

Fernandes, C.A.F.; Oliveira, P.G.V.; Oliveira, C.H.B.; Hazin, F.H.V.; Travassos, P. 2016. Oocyte development and fecundity type of the Brazilian Snapper *Lutjanus alexandrei* Moura & Lindeman, 2007 (Perciformes: Lutjanidae). Brazilian Journal of Biology, 76(1): 126-135. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.14714>.

Fishelson, L.; Montgomery, L.W.; Myrberg JR, A.H. 1987. Biology of surgeonfish *Acanthurus nigrofuscus* with emphasis on changeover in diet and annual gonadal cycles. *Marine Ecology Progress Series*, 39(1): 37-47. <https://www.jstor.org/stable/24825644>.

Ganias, K. 2013. Determining the indeterminate: Evolving concepts and methods on the assessment of the fecundity pattern of fishes. *Fisheries Research*, 138(1): 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.05.006>.

Ganias, K.; Nunes, C.; Vavalidis, T.; Rakka, M.; Stratoudakis, Y. 2011. Estimating oocyte growth rate and its potential relationship to spawning frequency in teleosts with indeterminate fecundity. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, 3(1):119-126. <https://doi.org/10.1080/19425120.2011.555729>.

Grande, M.; Murua, H.; Zudaire, I.; Korta, M. 2012. Oocyte development and fecundity type of the skipjack, *Katsuwonus pelamis*, in the Western Indian Ocean. *Journal of Sea Research*, 73(1): 117-125. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2012.06.008>.

Hunter, J.R.; Macewicz, B.J. 1985. Measurement of Spawning frequency in multiple spawning fishes. In: Lasker, R. An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic

fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Dep Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 36, p. 79-94.

Hunter, J.R.; Macewicz, B.J.; Lo, N.C.H.; Kimbrell, C.A. 1992. Fecundity, spawning, and maturity of female Dover sole *Microstomus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. Fishery Bulletin, 90(1): 101-128. <https://swfsc.noaa.gov/publications/CR/1992/9246.PDF>.

IUCN 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>> Acesso em: 05 jul. 2018.

Kiflawi, M.; Mazeroll, A.I. 2006. Female leadership during migration and potential for sex-specific benefits of mass spawning in the brown surgeonfish (*Acanthurus nigrofuscus*). Environmental Biology of Fishes, 76(1): 19-23. <https://doi.org/10.1007/s10641-006-9003-x>.

Lawson, G.L.; Kramer, D.L.; Hunte, W. 1999. Size-related habitat use and schooling behavior in two species of surgeonfish (*Acanthurus bahianus* and *A. coeruleus*) on a fringing reef in Barbados, West Indies. Environmental Biology of Fishes, 54(1): 19-33. <https://doi.org/10.1023/A:1007477527663>.

Lowerre-Barbieri, S.K., Ganas, K., Saborido-Rey, F., Murua, H., Hunter, J.R., 2011. Reproductive timing in marine fishes: variability, temporal scales, and methods. Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science, 3(1): 71–91. <https://doi.org/10.1080/19425120.2011.556932>.

Mackie, M.; Lewis, P. 2001. Assessment of gonad staging systems and other methods used in the study of the reproductive biology of narrow-barred Spanish mackerel, *Scomberomorus commerson*, in Western Australia. Fisheries Research Report [Western Australia], 1(136): 1-44. http://www.fish.wa.gov.au/Documents/research_reports/fr136.pdf.

MarineBio. 2013. *Marinebio - Blue Tangs, Acanthurus coeruleus*. Disponível em: <http://marinebio.org/species.asp?id=277>.> Acesso em: 19 jul. 2018.

Marques, S.; Ferreira, B.P. 2010. Composição e característica da pesca de armadilhas no litoral norte de Pernambuco - Brasil. Boletim Técnico Científico do CEPENE, 18(1): 49-60. http://www.academia.edu/2087457/COMPOSI%C3%87%C3%83O_E_CARACTER%C3%8DTICAS_DA_PESCA_DE_ARMADILHAS_NO_LITORAL_NORTE_DE_PERNAMBUCO_-_BRASIL.

Murua, H.; Motos, L. 2006. Reproductive strategy and spawning activity of the European hake *Merluccius merluccius* (L.) in the Bay of Biscay. Journal of Fish Biology, 69(5): 1288-1303. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01169.x>.

Murua, H.; Saborido-Rey, F. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science, 33(1): 23-31. <http://journal.nafo.int/J33/murua.pdf>.

Mutz, S.J. 2006. Comparative growth dynamics of Acanthurid fishes. School of Marine Biology and Aquaculture, James Cook University. 136p. Disponível em: <https://researchonline.jcu.edu.au/2133/2/02whole.pdf> Acesso em: 07 ago. 2018.

Oliveira, V.S.; Andrade, H.A.; Hazin, F.H.V.; Vieira, A.C. 2015. Pesca da lagosta com covos na costa central de Pernambuco: Taxas de captura da lagosta e fauna acompanhante. Boletim do Instituto de Pesca, 41(2): 373- 385. http://www.pesca.agricultura.sp.gov.br/41_2_373-385.pdf.

Queiroz, R.M.V.; Rêgo, M.G.; Hazin, F.H.V.; Oliveira, P.G.V. 2018. Reproductive biology of *Acanthurus coeruleus* (Bloch & Schneider, 1801) (Perciformes: Acanthuridae) in the north coast of the State of Pernambuco, Brazil. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 13(1): 25-35. [http://www.panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_13\(1\)_13-24.pdf](http://www.panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_13(1)_13-24.pdf).

Randal, J.E. 2001. Surgeon fishes of Hawaii and the World. Mutual Publishing and Bishop Museum Press. Hawaii. 123p.

Rocha, L.A.; Bass, A.L.; Robertson, D.R.; Bowen, B.W. 2002. Adult habitat preferences, larval dispersal, and the comparative phylogeography of three Atlantic surgeonfishes (Teleostei: Acanthuridae). Molecular Ecology, 11(2): 243-252. <https://doi.org/10.1046/j.0962-1083.2001.01431.x>.

Wallace, R.A.; Selman, K. 1981. Cellular and Dynamic Aspects of Oocyte Growth in Teleosts. *American Zoologist*, 21(2): 325-343. <https://www.jstor.org/stable/3882637>.

WEST, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41(2): 199–222. <https://doi.org/10.1071/MF9900199>.

Zudaire, I.; Murua, H.; Grande, M.; Korta, M.; Arrizabalaga, H.; Aresso, J.J.; Delgado-Molina, A. 2013. Fecundity regulation strategy of the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Western Indian Ocean. *Journal of Sea Research*, 138(1): 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.07.022>.

4 – Considerações finais

Atualmente no nordeste brasileiro, a família Acanthuridae compõe um conjunto de espécies de peixes recifais potencialmente exploráveis por pescarias multiespecíficas associadas a pesca de covos. Embora ainda boa parte da sua produção seja de baixo valor econômico e vendido por pequenos comerciantes para o consumo da população de baixa renda, esse recurso tem se tornado alvo alternativo das pescarias recifais, antes dirigidas para a captura de espécies de maior potencial econômico, mas cujos os estoques estão em sobrepesca. Tornando necessária a realização de estudos relacionados à biologia dessas espécies, afim de deter os efeitos negativos da pesca sobre estes recursos atualmente explorados.

Assim, uma análise da biologia reprodutiva dessas espécies, neste caso específico, da caraúna-azul, seguramente é requerida, para definir adequadamente estratégias de manejo e conservação que possam assegurar o uso sustentável deste recurso. Dessa maneira, os resultados aqui apresentados, podem ser utilizados para embasar a elaboração de tais medidas, como por exemplo determinar a época de defeso, afim de proteger a espécie, e o seu potencial reprodutivo.

As análises realizadas ao longo deste estudo, revelaram que *Acanthurus coeruleus* apresenta período de maior atividade reprodutiva na costa do Estado de Pernambuco entre os meses de agosto e janeiro. De acordo com o padrão de desenvolvimento gonadal, a espécie apresenta desenvolvimento assincrônico dos ovócitos, comportamento de múltiplas desovas, distribuição continua do diâmetro dos ovócitos nas diferentes fases de maturação e ao longo do período reprodutivo, recrutamento contínuo dos ovócitos em crescimento primário, para o estoque permanente de ovócitos vitelogênicos e prevalência relativamente constante dos estágios ovocitários nas diferentes fases de maturação ovariana, o que sugere que, a caraúna-azul apresenta padrão de regulação da fecundidade indeterminado.

Entretanto, cabe ressaltar a necessidade da realização de estudos que contemplem além de outros aspectos da biologia reprodutiva, como intensidade de atresia e omissão de desova, outras características do ciclo de vida e comportamento da espécie, a fim de conhecer melhor o potencial reprodutivo e econômico dessa população.

5 – Referências

- ARAGÃO, V.A. Métodos de análise de conteúdo estomacal. Estudo de caso: *Acanthurus coeruleus* (Bloch & Schneider, 1801) -Teleóstei, Acanthuridae na Reserva Biológica do Atol das Rocas. 2003. 72p. **Dissertação (Mestrado em Ciências – Biologia Marinha)** Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.
- ARAÚJO, M.E.; TEIXEIRA, J.M.C.; OLIVEIRA, A.M.E. **Peixes estuarinos marinhos do nordeste do Brasil**: Guia ilustrado. Fortaleza: Editoras UFC e UFPE, 2004. 260p.
- ARMSTRONG, M.J.; WITTHAMES, P.R. Developments in understanding of fecundity of fish stocks in relation to egg production method for estimating spawning stock biomass. **Fisheries Research**, v.117-118, p.35-47, 2012.
- BAGENAL, T.B. Annual variation in fish fecundity, **J. Mar. Biol. Ass. U.K.**, v.36, p.377-382, 1957.
- BAKUS, G.J. Energetics and feeding in shallow marine wllters. **Int. Rev. Ex. Zool.**, v.4, p.275-369, 1969.
- BARBIERI, M.C. Reprodução de *Gymnotus carapo* (Linnaeus, 1758) na Represa do Lobo (SP). Morfologia e histologia de ovário. Variação sazonal (Teleostei, Gymnotidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v.45, p.32-12, 1981.
- BARDACH, J.E. Transport of calcareous fragments by reef fishes. **Science**, v.33, p.98-99, 1961.
- BARLOW, G.W. Extraspecific imposition of social grouping among surgeonfishes (Pisces: Acanthuridae). **J. Zool. Lond.**, v.174, p.333–340, 1974.
- BELL, T.; KRAMER, D.L. Territoriality and habitat use by juvenile blue tangs, *Acanthurus coeruleus*. **Environ. Biol.Fish.**, v.58, p.401–409, 2000.
- BELLWOOD, D.R.; CHOAT, J.H. A functional analysis of grazing in parrotfishes (family Scaridae): the ecological implications. **Environ-mental Biology of Fishes**, v.28, p.189-214, 1990.
- BÖHLKE, J.E.; CHAPLIN, C.C.G. **Fishes of the Bahamas and Adjacent Tropical Waters**. Austin: University of Texas Press, 1993. 771p.
- BREder, C.M.; ROSEN, D.E. **Modes of reproduction in fishes**. T.F.H. Plublications, Neptune City, New Jersey, 1966. 941p.
- BROWN-PETERSON, N.J.; WYANSKI, D. M.; SABORIDO-REY, F.; MACEWICZ, B.J.; LOWERRE-BARBIERI, S.K. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. **Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science**, v.3, p.52–70, 2011.
- CERVIGÓN, F.; CIPRIANI, R.; FISHER, W.; GARIBALDI, L.; HENDRICKX, M.; LEMUS, A. J.; MÁRQUEZ, R.; POUTIERS, J. M.; ROBAINA, G.; RODRÍGUEZ, B. **Field guide to the**

commercial marine and brackish-water resources of the northern coast of South America. Roma, FAO, 1993. 513p.

CHOAT, J.H. Fish feeding and the structure of benthic communities in temperate waters. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.82, p.423-449, 1982.

CSIRKE, J. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. **Documento de la Pesca, FAO**, v.192, p.1-82, 1980.

CUNHA, F.E.A.; CARVALHO, R.A.A.; ARAÚJO, M.E. Exportation of reef fish for human consumption: Long-term analysis using data from Rio Grande do Norte, Brazil. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v.38, n.4, p.369–378, 2012.

DEMARTINI, E.D.; SIKKEL, P.C. **Reproduction**. In: The ecology of Marine Fishes: California and adjacent waters. ALLEN, L.G.; PONDELLA, D.J.; HORN, M.H. (eds.). University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, USA, 2006.

DESOUTTER, M. Acanthuridae. In: HUREAU, J.C.; KARRER, C.; POST, A.; SALDANHA, L.; (eds.) **Check-list of the fishes of the Eastern Tropical Atlantic (CLOFETA)**. Paris: UNESCO, 1990.

DIAS, T.L.P. Dieta e comportamento alimentar de três espécies de *Acanthurus* (Teleostei: Acanthuridae) na costa da Paraíba. 2000. 51p. (**Monografia**) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.

DUARTE, S.A.; ACERO, A. Hábitos alimentarios de los peces del género *Acanthurus* (Perciformes: Acanthuridae) en la región de Santa Marta (Caribe colombiano). **Rev. Biol. Trop.**, v.36, n.2B, p.399-405, 1988.

FIGUEIREDO, J.L.; MENEZES, N.A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil**. Vol. VI. Teleostei (5). São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 2000. 116p.

FISHER, W. **FAO species identification sheets for fishery purposes**. Western Central Atlantic (Fishing Area31) Roma, FAO, v.1, 1978.

FLOETER, S.R.; GUIMARÃES, R.Z.P.; ROCHA, L.A.; FERREIRA, C.E.L.; RANGEL, C.A.; GASPARINI, J.L. Geographic variation in reef-fish assemblages along the Brazilian coast. **Global Ecology and Biogeography**, v.10, n.4, p.423-433, 2001.

FOSTER, S.A. Group foraging by a coral reef fish: a mechanism for gaining access to defended resources. **Anim.Behav.** v.33, p.782–792, 1985.

FROESE, R.; PAULY, D. **Fishbase**. World wide web electronic publication, 2007.

GANIAS, K.; SOMARAKIS, S.; MACHIAS, A.; THEODOROU, A. Evaluation of spawning frequency in a Mediterranean sardine population, *Sardina pilchardus sardine*. **Mar Biol**, v.142, p.1169-1179, 2003.

HAY, M.E. **Spatial escape from herbivory and the Evolution of herbivore resistance in seaweeds on Coral Reefs**. In: Advances in Reefs Sciences, Atlantic Reefs Committee and

International Society for Reefs Studies. Rosentiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Florida, 1984. p.52-53.

HORN, M.H. Biology of marine herbivorous fishes. **Oceanography and Marine Biology Annual Review**, v.27, p.167-272, 1989.

HUMANN, P. **Reef Fish Identification – Florida, Caribbean, Bahamas**. Jacksonville: New World Publications, 1994. 396p.

IBAMA. **Estatística da Pesca 2007 - Brasil - Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Brasília, DF, 2007. 113p.

JOYEUX, J.C.; FLOETER, S.R.; FERREIRA, C.E.L.; GASPARINI, J.L. Biogeography of tropical reef fish: the South Atlantic pluzze. **Journal of Biogeography**. v.28, p.831-841, 2001.

KJESBU, O.S. **Applied fish reproductive biology**: contribution of individual reproductive potential to recruitment and fisheries management. In: JAKOBSEN, T., FOGARTY, M.J., MEGREY, B.A.; MOKSNESS, E. (Eds.), **Fish Reproductive Biology**: Implications for Assessment and Management., first ed. Wiley-Blackwell, Chichester, U.K, 2009. p.293–332.

LESSA, R.P.; MONTEIRO, A.; DUARTE-NETO, P.J.; VIEIRA, A.C. **Análise multidimensional dos sistemas de produção pesqueira do estado de Pernambuco, Brasil**. In: HAIMOVICI, M. Sistemas pesqueiros marinhos e estuarinos do Brasil - Caracterização e análise da sustentabilidade. Universidade Federal do Rio Grande, Editora da FURG; Rio Grande, 2011.

LESSA, R.P.; NÓBREGA, M.F.; BEZERRA, J.L.J. **Dinâmica de populações e avaliação de estoques dos recursos pesqueiros da região Nordeste - programa REVIZEE / SCORE-NE**. Recife: DIMAR, 2004. 246p.

LESSA, R.P. **Recursos pesqueiros da região Nordeste**. In: MMA. (Org.). Avaliação do potencial sustentável de recursos vivos da zona econômica exclusiva do Brasil -relatório executivo. Rio de Janeiro: Dupligráfica Editora - Rio de Janeiro, 2006, p.123-147.

LOBEL, P.S. Trophic biology of herbivorous reef fishes: alimentary pH and digestive capabilities. **Journal of Fish Biology**, v.19, p.365-397, 1981.

LOTT, D.F. **Intraspecific Variation in the Social Systems of Wild Vertebrates**. Cambridge University Press, Cambridge, 1991. 238p.

LOWE-MCCONNELL, R.H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. São Paulo, EDUSP, 1999. 584p.

LOWERRE-BARBIERI, S.K.; GANIAS, K.; SABORIDO-REY, F.; MURUA, H.; HUNTER, J.R. Reproductive timing in marine fishes: variability, temporal scales, and methods. **Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Sciences**, v.3, p.71–91, 2011.

LOWERRE-BARBIERI, S.K. **Reproduction in relation to conservation and exploitation of marine fishes**. In: JAMESON, B. G. M. Reproductive biology and phylogeny of fishes (agnathans and bony fishes). Science Publishers, Enfield, New Hampshire, v.8, 2009.

LUIZ-JÚNIOR, O.J.; FLOETER, S.R.; GASPARINI, J.L.; FERREIRA, C.E.L.; WIRTZ, P. The occurrence of *Acanthurus monroviae* (Perciformes: Acanthuridae) in the south-western Atlantic, with comments on other eastern Atlantic reef fishes occurring in Brazil. **Journal of Fish Biology**, v.65, p.1173–1179, 2004.

MARQUES, S.; FERREIRA, B.P. Composição e característica da pesca de armadilhas no litoral norte de Pernambuco - Brasil. **Bol. Téc. Cient. CEPENE**, v.18, n.1, p.49-60, 2010.

MCEVOY, L.A.; MCEVOY, J. Multiple spawning in several commercial fishes and its consequences for fisheries management, cultivation and experimentation. **Journal of Fish Biology**, v. 41, p. 125-136, 1992.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeiras e marinhas**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente (MMA/SBF). Brasília, 2002. 72p.

MUMBY, P.J.; DAHLGREN, C.P.; HARBORNE, A.R.; KAPPEL, C.V.; MICHELI, F.; BRUMBAUGH, D.R.; HOLMES, K.E.; MENDES, J.M.; BROAD, K.; SANCHIRICO, J.N.; BUCH, K.; BOX, S.; STOFFLE, R.W.; GILL, A.B. Fishing, trophic cascades, and the process of grazing on coral reefs. **Science**, v.311, p.98-101, 2006.

MURUA, H.; SABORIDO-REY, F. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v.33, p.33–31, 2003.

NELSON, J.S. 1994. **Fishes in the world**. New York: John Wiley e Sons, 1994. 600p.

NÓBREGA, M.F.; LESSA, R.P. Descrição e composição das capturas da frota pesqueira artesanal da região nordeste do Brasil. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, v.40, n.2, p.64–74, 2007.

OGDEN, J.C.; LOBEL, P.S. The role of herbivorous fishes and urchins in coral reef communities **Env. Biol. Fish.**, v.3, p.49-63, 1978.

RANDALL, J.E. Food habits of reef fishes of the West Indies. **Stud. Trop. Oceanogr**, v.5, p.665-847, 1967.

RIBEIRO, F.P. **A pesca de peixes demersais com armadilhas no nordeste do Brasil**. In: Ferreira, B. P.; Maida, M. (Eds). Monitoramento dos recifes de coral do Brasil. Brasília: MMA, 2006. p.71-72.

RIBEIRO, F.P. Composição da biocenose e abundância relativa de peixes capturados com covos nos estados do Rio Grande do Norte e Pernambuco (Brasil). **Boletim Técnico-científico do CEPENE**, v.12, n.1, p.113-128, 2004.

RIBEIRO, R.P. Caracterização e análise da pesca do saramunete, *Pseudopenaeus maculatus*, com a utilização de armadilhas (covos) na plataforma continental de Pernambuco. 2000. 60f. **Monografia (Graduação em Engenharia de Pesca)** – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

RISK, A. The effects of interactions with reef residents on the settlement and subsequent persistence of ocean surgeonfish, *Acanthurus bahianus*. **Environmental Biology of Fishes**, v.51, p.377–389, 1998.

ROBERTSON, D.R.; POLUNIN, N.V.C.; LEIGHTON, K. The behavioural ecology of the three Indian Ocean surgeonfishes (*Acanthurus lineatus*, *A. leucosternon* and *Zebrasoma scopas*): their feeding strategies, and social and mating systems. **Environmental Biology of Fishes**, v.4, p.125-170, 1979.

ROBERTSON, D.R.; SWEATMAN, H.P.A.; FLETCHER, E.A.; CLELAND, M.G. Schooling as a mechanism for circumventing the territoriality of competitors. **Ecology**, v.57, p.1208–1220, 1976.

ROBINS, C.R.; RAY, G.C. **A field guide to atlantic Coast Fishes of North America**. Houghton Mifflin Company, Boston. U.S.A, 1986. 54p.

ROCHA, L.A., BASS, A.L., ROBERTSON, D.R.; BOWEN, B.W. Adult habitat preferences, larval dispersal, and the comparative phylogeography of three Atlantic surgeonfishes (Teleostei: Acanthuridae). **Molecular Ecology**, v.11, p.243-252, 2002.

SPC, Secretariat of the Pacific Community. **União Européia, 2014**. Disponível em: http://www.spc.int/DigitalLibrary/Doc/FAME/Brochures/Anon_12_ISFC_08_Surgeonfish_VP.pdf. Acesso em 13 de outubro de 2014.

THRESHER, R.E. *Reproduction in reef fishes*. Neptune City, TFH Publications, 1984. 399p.

TILGHMAN, G.C.; KLINGER-BOWEN, R.; FRANCIS-FLOYD, R. Feeding electivity indices in surgeonfish (Acanthuridae) of the Florida Keys. **Aquarium Sciences and Conservation**, v.3, p.215-223, 2001.

TYLER, C.R.; SUMPTER, J.P. Oocyte growth and development in teleosts. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.6, p.287–318, 1996.

WALLACE, R.A.; SELMAN, K. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. **American Zoologist**, v.21, p.325–343, 1981.