

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

JÉSSICA APARECIDA XAVIER

**Dinâmica populacional do budião-verde *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842)
na região do Banco dos Abrolhos - BA**

Maringá
2015

JÉSSICA APARECIDA XAVIER

**Dinâmica populacional do budião-verde *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842)
na região do Banco dos Abrolhos - BA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Carolina Viviana Minte-Vera

Maringá
2015

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

X3d

Xavier, Jéssica Aparecida, 1989-

Dinâmica populacional do budião-verde *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842) na região do Banco dos Abrolhos - BA / Jéssica Aparecida Xavier. -- Maringá, 2015. 62 f. : il. (algumas color.).

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)-- Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2015.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Carolina Viviana Minte-Vera.

1. *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842) (Labridae: Scarini) "budião-verde" - Populações, Dinâmica de - Banco dos Abrolhos - Oceano Atlântico - Bahia (Estado). 2. Peixe recifal - Populações, Dinâmica de - Banco dos Abrolhos - Oceano Atlântico - Bahia (Estado). 3. Peixes herbívoros - Recifes de corais - Biologia e ecologia - Oceano Atlântico - Bahia (Estado). I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento e Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -597.71788098142
NBR/CIP - 12899 AACR/2

JÉSSICA APARECIDA XAVIER

**Dinâmica populacional do budião-verde *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842)
na região do Banco dos Abrolhos - BA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Dr.^a Andréa Bialetzki
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Dr. Matheus Oliveira Freitas
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Aprovada em: 28 de agosto de 2015.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedico este trabalho ao meu querido namorado, noivo, marido e amigo que sempre abrandou meus desesperos e à minha mãe, que é também pai e que sempre acreditou na minha capacidade, mesmo quando eu não pude acreditar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me deu a oportunidade de passar por todos os eventos que me trouxeram até aqui, que me fortaleceu em meus momentos difíceis quando me faltou saúde para cumprir meu trabalho e que me deu esperanças me dizendo que tudo daria certo.

À minha mãe Eliana Xavier que é a pessoa mais guerreira e mais corajosa que conheço. Ela que sempre esteve disposta a me ajudar no que quer que fosse e sempre fez o impossível para que eu fosse uma pessoa íntegra. Obrigada mãe, por ter dado broncas quando eu não dava valor à escola. É pelo seu esforço que hoje estou aqui. Tudo o que conquistei não foi sozinha, conquistei com você. Sou “filha de zeladora” com muito orgulho!

Ao meu marido Thales Wendpap, que é meu chão, que sempre soube simplificar as coisas pra mim. Que nunca me deixou desistir. Que estudou comigo e aprendeu até mais que eu sobre biologia. Uma das pessoas mais inteligentes que conheço.

Ao meu pai Admilson e à minha “outra” mãe Inês por terem cuidado de mim desde sempre e em todos os sentidos. O apoio e o suporte de vocês foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Ao meu tio Cícero, que, juntamente com o meu marido, é uma das pessoas mais inteligentes que conheço. Obrigada por sempre ficar feliz com as minhas conquistas, tio.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Carolina Viviana Minte-Vera que me deu a oportunidade de trabalhar com ela, de aprender com ela. Foi uma honra ser orientada por alguém como você, Carol. Você sempre passa aos seus alunos serenidade e simplicidade. Obrigada por tratar-nos como iguais, por toda a sua paciência e por nos transmitir todo o seu rico conhecimento.

Aos meus amigos de turma do mestrado, que sempre me escutaram quando as coisas não davam muito certo e que até se dispuseram a me ajudar, caso eu precisasse.

À mestre Marília Previero que sempre me rendeu boas risadas, que me abrigou em São Paulo e que me passou todo o seu conhecimento sobre a espécie e sobre Abrolhos.

Ao mestre Herick Santana, que sempre me divertiu no laboratório, e que sempre tirou minhas dúvidas sobre crescimento e estatística. Herick, sua ajuda foi fundamental para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao Dr. Matheus Freitas, que se dispôs a me ensinar ainda na graduação todo o processamento e leitura de anéis de crescimento em otólitos e que ainda hoje responde minhas dúvidas tão prontamente. Também agradeço por ter aceito compor a banca julgadora deste trabalho.

Ao professor Dr. Luiz Carlos Gomes por ter aceito compor a banca julgadora deste projeto e pelos muitos conhecimentos estatísticos que me passou durante as aulas do mestrado.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Leão de Moura que me escalou para uma expedição de campo e me proporcionou uma visão real do que eu somente conhecia no papel, além de ter avaliado meu projeto de pesquisa e me fornecido informações importantíssimas sobre a espécie e seus hábitos.

À Dr.^a Andréa Bialecki por ter aceito tão prontamente substituir a minha orientadora na presidência da banca.

Agradeço à professora Dr.^a Claudenice Dei Tos por disponibilizar o laboratório e todo o material que pudesse para que desenvolvêssemos nossas pesquisas.

À MSc. Nicole Lellys, que me levou para o meu primeiro encontro com um exemplar maravilhoso da espécie *Sparisoma amplum* em um mergulho divertido com snorkel.

Ao Sr. Antônio, pescador e presidente da Associação de Moradores e Pescadores da Barra de Caravelas que me concedeu uma entrevista para que eu entendesse mais acerca da pesca e da abundância da espécie na região.

À Salete e ao João, da Biblioteca Setorial do Nupélia, que me auxiliaram nas pesquisas bibliográficas, sendo sempre gentis e atenciosos comigo. O trabalho de vocês é essencial!

À Aldenir e Jocemara, secretárias da Pós-Graduação, que sempre me atenderam maravilhosamente e sempre esclareceram todas as minhas dúvidas claramente mesmo sendo extremamente ocupadas.

À Cooperação Internacional (CI), sede de Caravelas-Bahia pelo suporte logístico em campo.

À CAPES, instituição financiadora que concedeu a bolsa.

À Rede Abrolhos pela cessão de material para a pesquisa e pelo apoio em campo.

Ver na vida algum motivo pra sonhar.

Ter um sonho todo azul,

Azul da cor do mar.

(Tim Maia)

Dinâmica populacional do budião-verde *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842) na região do Banco dos Abrolhos - BA

RESUMO

Os budiões (Labridae: Scarini) são um grupo monofilético, composto por 99 espécies de peixes herbívoros. Eles exercem papel fundamental nos recifes de corais. São encontrados mais comumente em locais rasos, onde há maior ocorrência de algas fotossintéticas. *Sparisoma amplum* é o representante deste grupo mais especializado ao preda sobre corais brasileiros, atuando sobre o fitness dos mesmos alimentando-se de algas calcárias incrustantes. Ocorre desde o estado do Maranhão até o estado de São Paulo. Pouco se conhece acerca da biologia e das tendências populacionais da espécie. Abordou-se a caracterização do otólito *sagitta* da espécie por meio de análises morfológicas e morfométricas e os padrões de idade e crescimento, mortalidade, maturidade, seletividade e longevidade de *Sparisoma amplum* da região do Banco dos Abrolhos/BA. As amostras foram obtidas de desembarques pesqueiros dos municípios de Caravelas e Alcobaça entre os anos de 2007 e 2014. Os otólitos *sagitta* de *Sparisoma amplum* apresentaram crescimento contínuo que se relacionou com o crescimento somático. Foi constatado que a espécie é longeva (17 anos), tem crescimento lento ($K = 0,21; 0,20$) e chega a grandes tamanhos ($L_{inf} = 55,55$ cm). Dois modelos de crescimento foram comparados: von Bertalanffy e Schnute-Richards. Os modelos se mostraram concorrentes. As taxas de mortalidade, seletividade e maturidade obtidas para a espécie inferem que a pressão pesqueira tem contribuído com uma grande fração da mortalidade total da espécie, mas que ela tem sido capturada após estar apta a se reproduzir. A espécie necessita ser levada em consideração nos ordenamentos pesqueiros. É necessário maior fiscalização dos desembarques da espécie na região do Banco dos Abrolhos.

Palavras-chave: Peixes recifais. Otolito. Idade e crescimento.

Population Dynamics of budião-verde *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842) from Abrolhos Bank-BA

ABSTRACT

The parrotfishes (Labridae: Scarini) are a monophyletic group with 99 species of herbivorous fishes. They play a key role on coral reefs. They are found most commonly in shallow water, where there is a higher incidence of photosynthetic algae. *Sparisoma amplum* is the most specialized exponent of this group to prey on Brazilian coral reef, acting on them fitness feeding on calcareous algae. The species occurs from Maranhão state to São Paulo state. Little is known about the biology and the species population trends, therefore this work has addressed the characterization of the species *sagitta* otolith through morphometrical and morphological analysis and the patterns of age and growth, mortality, maturity, selectivity and longevity of *Sparisoma amplum* of the Abrolhos Bank region/BA. Samples were obtained from fish landings in the municipalities of Caravelas and Alcobaça between the years 2007 and 2014. The *sagitta* otoliths of *Sparisoma amplum* showed continued growth that was related to somatic growth. Was found that the species is long-lived (17 years), have slow growth ($K = 0,21; 0,20$) and reaches large sizes ($L_{inf} = 55,55$ cm). Two growth models were compared: von Bertalanffy and Schnute-Richards. The models were competitors. Mortality rates, selectivity and maturity obtained infers that the fishing pressure has contributed to a large fraction of total mortality of the species, but it has been captured after being able to reproduce. The species needs to be taken into account in fisheries systems. It needs more oversight of species landings on the Abrolhos Bank region.

Keywords: Recifal fishes. Otolith. Age and growth.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1 INTRODUÇÃO GERAL

- Figura 1 - *Sparisoma amplum* – Fase Inicial (IP – *Initial phase*). 17
- Figura 2 - *Sparisoma amplum* – Fase Terminal (TP – *Terminal phase*). 17
- Figura 3 - Espécime de *Sparisoma amplum* obtido das capturas da pesca artesanal na região do Banco dos Abrolhos no ano de 2010 19

2 MORFOLOGIA E MORFOMETRIA DO OTÓLITO SAGITTA DE *Sparisoma amplum* DA REGIÃO DO BANCO DOS ABROLHOS/BA

- Figura 1 - Mapa do Banco de Abrolhos (BA), evidenciando as áreas marinhas protegidas, as reservas extrativistas e os municípios de coleta (Caravelas e Alcobaça) 26
- Figura 2 - Face externa (a) e face interna (b) do otólito *sagitta* esquerdo de *Sparisoma amplum*, demonstrando seu formato e as partes componentes 28-29
- Figura 3 - Regressão entre o comprimento total dos indivíduos (CT) e as mensurações obtidas dos otólitos *sagitta* de *Sparisoma amplum* da região do Banco dos Abrolhos/BA. 30
- Figura 4 - Regressão entre o peso do otólito *sagitta* de *Sparisoma amplum* e as demais mensurações obtidas do otólito (LO, CO, EO) e regressão entre o peso do otólito *sagitta* e o peso total (PT) dos indivíduos 31

3 O CRESCIMENTO, A SELETIVIDADE, A MATURIDADE E A MORTALIDADE DE *Sparisoma amplum* DA REGIÃO DO BANCO DOS ABROLHOS

- Figura 1 - Distribuição das frequências de tamanhos observadas. a – Todos os dados obtidos de tamanho. b – Dados obtidos de tamanho por ano de captura 45-46
- Figura 2 - Otolito *sagitta* esquerdo de *Sparisoma amplum* seccionado e fotografado sob luz transmitida em aumento de 40x, evidenciando os anéis de crescimento 46
- Figura 3 - Regressão entre a idade observada e o comprimento (CO), espessura (EO), largura (LO) e peso (PO) dos otólitos *sagitta* de *Sparisoma amplum* da região do Banco dos Abrolhos/BA. 47
- Figura 4 - Proporção (%) de frequência de incremento marginal relativo por mês 48
- Figura 5 - Comprimentos retrocalculados e comprimentos observados para *Sparisoma amplum* 49
- Figura 6 - Comparação das regressões entre peso do otólito e idade (Média das leituras 1 e 2) de *Sparisoma amplum* com a regressão obtida para outras espécies de Scarini dos gêneros *Chlorurus* e *Scarus*, em Choat (1996) e Previero (2013) 49
- Figura 7 - Curva de crescimento de von Bertalanffy (Médias das leituras 1 e 2) para *Sparisoma amplum* da região do Banco dos Abrolhos - BA 50
- Figura 8 - Curva de crescimento de Schnute-Richards (Média das leituras 1 e 2) para *Sparisoma amplum* da região do Banco dos Abrolhos – BA 51

Figura 9 - Comparação entre as curvas de crescimento de von Bertalanffy e Schnute-Richards para <i>Sparisoma amplum</i> . (Média das leituras 1 e 2).....	51
Figura 10 - Distribuição da estrutura etária para a leitura 1, por sexo, de <i>Sparisoma amplum</i> da região do Banco dos Abrolhos/BA	54
Figura 11 - Curva de maturidade plotada com classes de idade com $n > 2$ para <i>Sparisoma amplum</i> da região do Banco dos Abrolhos	55
Figura 12 - Curvas de seletividade, maturidade, sobrevivência e crescimento de <i>Sparisoma amplum</i> da região do Banco dos Abrolhos	55
Figura 13 - Proporção de fêmeas distribuídas por idade	56

LISTA DE TABELAS

2 MORFOLOGIA E MORFOMETRIA DO OTÓLITO SAGITTA DE *Sparisoma amplum* DA REGIÃO DO BANCO DOS ABROLHOS/BA

Tabela 1 - Amplitude, Média e Desvio padrão obtidas das mensurações do otólito *sagitta* esquerdo de *Sparisoma amplum* 29

Tabela 2 - Análise de regressão entre as mensurações do otólito *sagitta*, o peso total e o comprimento padrão de *Sparisoma amplum*. Largura do otólito (LO), Peso do otólito (PO), Espessura do otólito (EO), Comprimento do otólito (CO), Comprimento padrão (CP) e Peso total (PT) 289

3 O CRESCIMENTO, A SELETIVIDADE, A MATURIDADE E A MORTALIDADE DE *Sparisoma amplum* DA REGIÃO DO BANCO DOS ABROLHOS

Tabela 1 - Distribuição de indivíduos coletados por ano na região do Banco dos Abrolhos/BA 45

Tabela 2 - Valores estimados para os parâmetros das curvas de crescimento de von Bertalanff e Schnute-Richards 52

Tabela 3 - Distribuição das frequências de comprimento total observado (CT) por idade (Leitura 1) (Chave idade-comprimento)..... 53

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas de publicação da revista científica *Environmental Biology of Fishes*.

Disponível em:

<<http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10641?detailsPage=societies>>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	15
REFERÊNCIAS	19
2 MORFOLOGIA E MORFOMETRIA DO OTÓLITO SAGITTA DE <i>SSparisoma amplum</i> DA REGIÃO DO BANCO DOS ABROLHOS/BA	22
RESUMO	23
ABSTRACT	23
2.1 INTRODUÇÃO.....	24
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
2.2.1 A região do Banco dos Abrolhos	25
2.2.2 Amostragem	26
2.2.3 Preparação do material	27
2.2.4 Análise do material.....	27
2.3 RESULTADOS	27
2.4 DISCUSSÃO	31
REFERÊNCIAS	32
3 O CRESCIMENTO, A SELETIVIDADE, A MATURIDADE E A MORTALIDADE DE <i>Sparisoma amplum</i> DA REGIÃO DO BANCO DOS ABROLHOS	36
RESUMO	37
ABSTRACT	37
3.1 INTRODUÇÃO.....	38
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
3.2.1 Área de estudo.....	39
3.2.2 Preparação do material	40
3.2.3 Análise do material.....	40
3.3 RESULTADOS	44
3.3.1 Leituras.....	44
3.3.2 Curvas de crescimento	47
3.3.3 Estrutura etária	52
3.3.4 Seletividade, maturidade e mortalidade	54
3.4 DISCUSSÃO	56
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os budiões (Família Labridae, subfamília Scarini) são um grupo monofilético composto por cerca de 99 espécies de teleósteos, que habitam os recifes de corais ao redor do mundo (Kazancioglu et al. 2009; Eschemeyer e Fong 2013). Os budiões são peixes herbívoros que se utilizam de suas mandíbulas em formato de bico para remover algas e detritos do substrato exercendo papel importante sobre o fitness dos corais (Bellwood & Choat 1990; Haggerty et al. 2012). Os peixes herbívoros de recifes de coral diferem significativamente em sua morfologia. Além disso, sua mandíbula, seu comportamento, sua fisiologia digestiva e seu forrageamento também são peculiares. Eles possuem boca terminal com uma abertura pequena apropriada a contínuas extrações de itens alimentares pequenos. A mandíbula com dentes fundidos dos budiões permite que eles também se alimentem de algas calcificadas. O forrageamento envolve episódios de alimentação contínua com inúmeras mordidas rápidas (Sale 1991). De acordo com a morfologia e com o comportamento no momento da alimentação, os budiões são distintos em três grupos funcionais: raspadores, escavadores e podadores (Bellwood & Choat 1990; Streelman et al. 2002).

A mudança de sexo parece ser comum em indivíduos da subfamília Scarini, sendo eles hermafroditas protogínicos encontrados sob duas fases. A fase inicial (IP – *Initial phase*) compreende indivíduos machos primários, fêmeas adultas ou jovens adultos. A fase terminal (TP – *Terminal phase*) compreende machos secundários, ou seja, machos que foram fêmeas e sofreram reversão sexual. A maioria dos indivíduos da fase inicial é de fêmeas e os machos iniciais frequentemente se parecem com elas. Com o passar do tempo, estas fêmeas da fase inicial (IP) podem mudar sua coloração, o que está associado à reversão sexual, e então, atingir a fase terminal (TP). Para os machos iniciais esta mudança na coloração não está associada ao evento da mudança de sexo (Choat & Bellwood 1995; Colin 2012; Nelson 2006; Moyle 2004).

Os scarini possuem semelhanças morfológicas, mas diferem em aspectos ecológicos, comportamentais e reprodutivos (Bellwood & Choat 1990). Os primeiros estudos taxonômicos ligados ao grupo dos budiões foram dificultados pelo fato das espécies que o compõem apresentarem mudanças ontogenéticas que atuam modificando a coloração que diferencia estágios sexuais, o tamanho e o formato corporal. Animais com diferente

colorações foram erroneamente classificados como sendo de espécies diferentes (Streelman et al. 2002).

Estes peixes herbívoros são encontrados mais comumente em águas rasas onde há atividade fotossintética. Com o aumento da profundidade, sua ocorrência diminui. Há uma maior correlação entre a distribuição das algas nos recifes de corais e a distribuição dos peixes herbívoros (Sale 1991; Ferreira & Gonçalves 2006).

Muitas das espécies de budiões são endêmicas e parte importante da densidade e da riqueza dos recifes coralíneos. Essas espécies tem mostrado que sofrem com a pressão pesqueira (impulsionada pelo aumento populacional humano) que contribui para o observado aumento na cobertura algal em alguns recifes coralíneos que ainda sofrem influência da sedimentação grave causada por exposição dos recifes costeiros, desenvolvimento industrial e da atividade turística intensa (Leão et al. 2003; Floeter et al. 2005; Floeter et al. 2006; Francini-filho & Moura 2008b).

O gênero *Sparisoma* ocorre no Brasil desde o estado do Maranhão até o estado de Santa Catarina (27°30'S 48°31'W). Ocorre ainda nas ilhas oceânicas de Atol das Rocas (3°52'S 33°49'W), Trindade (20°31'S 29°19'W) e Fernando de Noronha (3°54'S 32°25'W). O gênero é bastante diversificado, seus representantes são escavadores ou raspadores e ocupam de bancos de angiospermas marinhas a recifes e corais (Bernardi et al. 2000; Streelman et al. 2002; Ferreira et al. 1999).

No Brasil, a espécie anteriormente identificada como *Sparisoma viride* (Bonaterre 1783) uma espécie de budião bastante visada comercialmente no Caribe (Choat et al. 2003) é atualmente denominada *Sparisoma amplum* (Ranzani 1842) (Moura et al. 2001). A espécie é mais frequentemente encontrada habitando locais rasos (1-30 m de profundidade) e turbulentos em recifes de corais, recifes algais e rochosos, podendo ocorrer também, em número reduzido em maiores profundidades. *Sparisoma amplum* é endêmica do Brasil e tem sua ocorrência restrita ao sudoeste do Atlântico, sendo registrada desde os recifes Manoel Luís (00°50'S 44°15'W), norte do Brasil, até a costa sul do estado de São Paulo, no sudeste do Brasil (de 0°52'S a 24°20'S) e nas ilhas oceânicas de Atol das Rocas e Fernando de Noronha (Moura et al. 2001; Rocha et al. 2013). Assim como ocorre em outros representantes da subfamília Scarini, *Sparisoma amplum* apresenta padrões de coloração de fase inicial caracterizados por coloração rosa-avermelhado (IP) (Figura 1) e fase terminal caracterizados por coloração verde-azulada (TP) (Figura 2).



Figura 1. *Sparisoma amplum* – Fase Inicial (IP – *Initial phase*). Créditos: João Paulo Krajewski.



Figura 2. *Sparisoma amplum* – Fase terminal (TP – *Terminal phase*). Créditos: Ronaldo B. Francini-Filho.

A União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) classifica esta espécie como “menos preocupante” (LC – *Least concern*) quanto ao seu estado de conservação. Dados do programa REVIZEE indicam que a espécie tem sido amplamente pescada (Lessa & Nóbrega 2000). Além disso, a espécie não foi incluída na Portaria n° 445/2014 (Brasil 2014), que relaciona as espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção, no entanto, suas tendências populacionais são desconhecidas. Além disso, muitas das espécies classificadas como “menos preocupantes” tem sido exploradas no âmbito da

pesca artesanal e comercial e sofrem com a degradação ambiental. Não há estudos sobre a dinâmica das populações desta espécie. Apesar de a espécie ocorrer também dentro do Parque Nacional Marinho de Abrolhos, uma área de proteção ambiental, a proteção não está sendo efetiva na região. De fato, as áreas de proteção ambientais brasileiras (MPAs) têm servido apenas como um meio de expandir a jurisdição da costa brasileira a nível de estado (Comeros-Raynal 2012; Moura et al. 2013, Rocha et al. 2013). A região do Banco dos Abrolhos possui diversas espécies ameaçadas de extinção. Dentre elas, está o budião azul (*Scarus trispinosus*). A sobrepesca desta espécie e de outras espécies de budiões tem contribuído para o observado aumento na cobertura algal dos recifes coralíneos da região, que é uma MPA (>50%) (Francini-Filho & Moura 2008a). No entanto, há ainda pouca informação disponível para essas áreas protegidas e seus efeitos no Brasil. Ainda, determinados grupos tróficos, como os peixes herbívoros territoriais podem ter sua abundância aumentada quando ocorrem dentro de MPAs (Floeter et al. 2006)

Sabe-se para a espécie irmã, *S. viride*, que a idade da maturidade é estimada entre 2,5 a 3 anos e a longevidade estimada é de 9 anos, mas pode variar, chegando até a 14 anos (Choat et al. 2003). Para *S. amplum* inexistem informações de biologia básica que permitam a compreensão de sua dinâmica populacional, tais como longevidade, crescimento, maturidade e idade da reversão sexual. A espécie é considerada entre os budiões brasileiros, a mais especializada que preda sobre os recifes de corais e é reconhecida, de acordo com Francini-Filho et al. (2008b) como uma espécie escavadora. *Sparisoma amplum*, em conjunto com outras espécies do grupo dos Scarini são os principais responsáveis pela retirada de material da matriz dos recifes de corais por processo biológico. O grupo é composto pelos maiores produtores de sedimento dos recifes. Durante a alimentação, as espécies herbívoras adaptadas a escavar ou raspar o substrato para obter o alimento causam uma bioerosão no substrato duro, que possui papel fundamental nas mudanças estruturais nos recifes de corais, já que modifica a topografia dos mesmos. Elas ingerem não somente algas, mas também uma grande quantidade de detrito que é parcialmente digerido e posteriormente, ao ser defecado e distribuído pela superfície recifal, é colonizado por micróbios que irão enriquecer o pool detrital dos recifes de corais (Bellwood & Choat 1990; Sale 1991; Choat & Clements 1998).

A partir da década de 80, com o declínio de espécie de Lutjanídeos e Serranídeos importantes comercialmente, os budiões passaram a ser alvo da pesca comercial. *Sparisoma amplum* tem grande importância econômica, pois ocorre nas capturas da pesca artesanal (Figura 3) de peixes recifais. Por seu tamanho comercialmente atraente, a espécie é altamente

pescada em toda a sua área de ocorrência, o que pode levar à sobreexploração da espécie (Rocha et al. 2013).



Figura 3. Espécime de *Sparisoma amplum* obtido das capturas da pesca artesanal na região do Banco dos Abrolhos no ano de 2010. Créditos: Carolina V. Minte-Vera.

Este trabalho desenvolveu estudos sobre os aspectos da dinâmica populacional, tais como o crescimento, a mortalidade, a seletividade e a maturidade da espécie na região do Banco dos Abrolhos. Devido à crescente exploração de *Sparisoma amplum*, e a escassez de informações sobre ela, vê-se a necessidade de estudar aspectos de sua biologia que embasem medidas de ordenamento pesqueiro e a manutenção dos estoques da espécie na região.

REFERÊNCIAS

- Bellwood DR, Choat JH (1990) A description of the juvenile phase colour patterns of 24 parrotfish species (Family Scaridae) from the Great Barrier Reef, Australia. *Records of the Australian Museum* 41: 1-41.
- Bernardi G, Robertson DR, Clifton KE, Azzuro E (2000) Molecular systematics, zoogeography, and evolutionary ecology of the Atlantic genus *Sparisoma*. *Mol Phylogenet Evol*, 15:292–300.
- Brasil (2014) Ministério do Meio Ambiente. Reconhece como espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da

- “Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção – Peixes e Invertebrados Aquáticos”. Portaria n. 445. Diário Oficial da União, Brasília. Seção 1, p. 126.
- Choat JH, Bellwood DR (1995) Wrasses and Parrotfishes. In: Paxton JR, Eschmeyer WN. Encyclopedia of fishes. San Diego, p. 212-215.
- Choat JH, Clements KD (1998) Vertebrate herbivores in marine and terrestrial environments: A nutritional ecology perspective. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29: 375–403.
- Choat JH, Robertson DR, Ackerman JL, Posada JM (2003) An age-based demographic analysis of the Caribbean stoplight parrotfish *Sparisoma viride*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 246:265-277.
- Colin PL (2012) Striped Parrotfish – *Scarus iserti*, and Blunthead Parrotfish – *Chlorurus sordidus*, and Notes on Other Small Parrotfishes(Scaridae). pp 502-507. In: Mitcheson YS, Colin PL. Reef Fish Spawning Aggregations: Biology, Research and Management. Ed. Springer. Vol. 35. New York.
- Comeros-Raynal M., Choat JH, Polidoro BE et al (2012) The likelihood of extinction of iconic and dominant components of coral reefs: the parrotfishes and surgeonfishes. *PLoS ONE* 7(7):e39825.
- Eschmeyer WN, Fong D (2013) Species by family/subfamily in the catalog of fishes. Link: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp#Scaridae>. Acesso em 29 junho 2015.
- Ferreira CEL, Gonçalves JEA (1999) The unique Abrolhos reef formation (Brazil): need for specific management strategies. *Coral Reefs*, 18:352.
- Ferreira CEL, Gonçalves, JEA (2006) Community structure and diet of roving herbivorous reef fishes in the Abrolhos Archipelago south-western Atlantic. *Journal of Fish Biology*, 69: 1533-1551.
- Floeter SR, Behrens MD, Ferreira CEL, Paddock MJ, Horn MH (2005) Geographical gradients of marine herbivorous fishes: patterns and processes. *Mar. Biol.* 147: 1435–1447.
- Floeter SR, Halpern BS, Ferreira CEL (2006) Effects of fishing and protection on Brazilian reef fishes. *Biol. Conserv.* 128:391- 402.
- Francini-Filho RB, Moura RL (2008a) Dynamics of fish assemblages on coral reefs subjected to different management regimes in the Abrolhos Bank, eastern Brazil. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 18: 1166–1179.

- Francini-Filho RB, Moura RL, Ferreira CM, Coni EOC (2008b) Live coral predation by parrotfishes (Perciformes: Scaridae) in the Abrolhos Bank, eastern Brazil, with comments on the classification of species into functional groups. *Neotropical Ichthyology*. 6 (2):191-200.
- Haggerty JM, Brett MN, Francini-Filho RB, Dinsdale EA (2012) Night surveys along the Abrolhos Bank, Brazil, generate first observation of mucous cocoon production in *Scarus trispinosus*. *Bulletin of Marine Science* 88(4):883–884.
- Kazancioglu E, Near TJ, Haner R, Wainwright PC (2009) Influence of sexual selection and feeding functional morphology on diversification rate of parrotfishes (Scaridae). *Proc. R. Soc. Lond., B*. 276:3439–3446.
- Leão ZMAN, Kikuchi RKP, Testa V (2003) Corals and Coral Reefs of Brazil. In: Cortês J (ed) *Latin America Coral Reefs*. Elsevier Publisher, Amsterdam, p.9-52.
- Lessa R. Nóbrega MF (2000) Guia de indentificação de peixes marinhos da Região Nordeste. Programa REVIZEE, Score-NE. Recife. pp 128.
- Moura RL, Figueiredo JL, Sazima I (2001) A new parrotfish (Scaridae) from Brazil, and revalidation of *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842), *Sparisoma frondosum* (Agassiz, 1831), *Sparisoma axillare* (Steindachner, 1878) and *Scarus trispinosus*. *Bulletin of Marine Science*, Miami, 68, 1-20.
- Moyle PB, Cech JJ Jr. (2004) *Fishes: an introduction to ichthyology*. Pearson Prentice Hall. San Francisco.
- Nelson JS (2006) *Fishes of the world*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- Rocha LA, Gaspar AL, Francini-Filho RB, Moura RL, Padovani-Ferreira B, Feitosa C, Ferreira CE, Floeter S, Choat JH, Russell B, Myers R (2012) *Sparisoma amplum*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 31 de Julho de 2013.
- Sale, PF (1991) *The Ecology of Fishes on Coral Reefs*. Academic Press Inc, San Diego.
- Streelman JT, Alfaro M, Westneat MW, Bellwood DR, Karl SA (2002) Evolutionary history of the parrotfishes: biogeography, ecomorphology, and comparative diversity. *Evolution*, 56:961-971.

2 MORFOLOGIA E MORFOMETRIA DO OTÓLITO *SAGITTA* DE *Sparisoma amplum* NA REGIÃO DO BANCO DOS ABROLHOS/BA.

RESUMO

Sparisoma amplum é uma espécie de budião (Labridae:Scarini) endêmica do Brasil. Ocorre desde o Maranhão até Santa Catarina, bem como nas ilhas oceânicas de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e Trindade. A espécie desempenha papel chave em sistemas recifais, onde escava o substrato ao se alimentar de algas (frondosas, filamentosas e calcárias incrustantes) e detritos, sendo tido como o peixe coralívoro mais especializado do Atlântico Sul. Apesar dessa relevância e de ser importante alvo de pescarias em ambientes recifais, pouco se conhece acerca de sua biologia. Este trabalho analisou os padrões de morfologia e morfometria do otólito *sagitta* de *Sparisoma amplum* para fins de identificação da espécie e utilização das informações obtidas para embasamento em estudos sobre a dinâmica populacional da espécie. Um total de 150 otólitos *sagitta* foram analisados. Os pesos dos otólitos direito e esquerdo não diferiram significativamente ($gl=103$, $t= 1.52$, $p= 0.131$, $\alpha=0,05$) e o otólito esquerdo foi escolhido para as mensurações. As medidas obtidas com paquímetro digital e com o software Image Measure® foram: Comprimento (CO), Largura (LO), Espessura (EO) e Peso (PO) do otólito. Foram obtidos ainda o Peso (PT) e o Comprimento Padrão (CP) dos espécimes. O otólito *sagitta* de *S. amplum* possui formato elíptico- cuneiforme, com borda ventral dentada e borda dorsal lisa. O *sulcus acusticus* é dividido em *ostium* (anterior) e *cauda* (posterior) por um *coliculum* medial. O *sulcus* é heterosulcóide, ostial e mediano. A abertura do *sulcus* é ostial. O óstio é menor que a cauda e ambos são elípticos. O extremo posterior é anguloso e o extremo anterior possui uma profunda *excissurae* que separa o *rostrum* do *antirostrum*. As análises de regressão se mostraram significativas ($p<0,001$). Embora significativas, as relações entre as medidas obtidas do otólito *sagitta* e o comprimento padrão CP-PO ($r^2=0,35$), CP-CO ($r^2=0,37$), CP-LO ($r^2=0,25$) e CP-EO ($r^2=0,30$) evidenciaram que estas relações são mais fracas. As relações entre as medidas (CO, LO e EO) dos otólitos e o peso dos mesmos foram todas correlacionadas positivamente ($p<0,001$). A relação entre o peso corporal e o peso do otólito (PT-PO) mostrou alto grau de associação ($r^2=0,96$). De modo geral, otólitos com maiores comprimentos, espessuras e pesos pertenceram a peixes maiores, revelando que há relação positiva entre o crescimento e peso dos otólitos e o crescimento corporal.

Palavras chave: Labridae, Peixes Recifais, Manejo e Conservação, Scarini.

ABSTRACT

Sparisoma amplum is a species of parrotfish (Labrus: Scarini) endemic to Brazil. It occurs from Maranhão to Santa Catarina, as well as on islands of Fernando de Noronha, Atol das Rocas and Trindade. The species plays a key role in reef systems where digging the substrate to feed on algae (leafy, filamentous and calcareous fouling) and detritus, being considered the most specialized fish to prey on coral reefs in the South Atlantic. Despite this importance and to be an important fishery resource, little is known about its biology. This work analyzed the morphology and morphometry patterns of the *sagitta* otolith of *Sparisoma amplum* for species identification purposes and use of information obtained for grounding in studies on the population dynamics of the species. A total of 150 *sagitta* otoliths were analyzed. The weights of the left and right otoliths did not differ significantly ($df = 103$, $t = 1.52$, $p = 0.131$, $\alpha = 0.05$) and the left otolith was chosen for measurements. The measurements obtained with a digital caliper and the software Image Measure® were: length (CO), width (LO), thickness (EO) and weight (PO) of the otolith. Were also obtained the weight (PT) and standard length (CP) specimens. The *sagitta* of *S. amplum* otolith has elliptic-cuneiform format, notched ventral edge and smooth dorsal edge. The *sulcus acusticus* is divided into *ostium* (anterior) and *cauda* (posterior) by a medial *coliculum*. The sulcus is heterosulcoid, ostial and median. The opening of the *sulcus* is ostial. The *ostium* is less than the *cauda* and both are elliptical. The rear end is angled and the front end has a deep *excissurae* separating the *rostrum* of *antirostrum*. Regression analyzes were statistically significant ($p < 0.0001$). Although significant, the relationship between measures of the *sagitta* otolith and the standard length CP-PO ($r^2 = 0.35$), CP-CO ($r^2 = 0.37$), CP-LO ($r^2 = 0.25$) and CP-EO ($r^2 = 0.30$) showed that these relationships are weaker. Relations between measurements (CO, LO and EO) otolith and the weight of them were all positively correlated ($p < 0.0001$). The relationship between body weight and the weight of the otolith (PT-PO) showed a high degree of association ($r^2 = 0.96$). In general, otolith with longer lengths, thicknesses and weights belonged to larger fish, revealing that there is positive correlation between growth of the otolith and body growth.

Keywords: Labridae, Recifal fishes, Management and Conservation, Scarini.

2.1 INTRODUÇÃO

A espécie de budião *Sparisoma amplum* é endêmica do mar territorial brasileiro e ocorre desde o estado do Maranhão até o estado de Santa Catarina. Possui papel fundamental no fitness dos recifes de corais e é tida como a espécie de budião mais importante no que se refere à manutenção dos recifes coralíneos brasileiros (Bellwood & Choat 1990, Sale 1991, Choat & Clements 1998, Moura et al. 2001, Francini-Filho et al. 2008, Rocha et al. 2013).

Ossos, otólitos e escamas são as estruturas encontradas nos peixes teleósteos que podem fornecer informações sobre a idade. Para peixes, a mais utilizada e mais confiável estrutura são os otólitos, que tem grande potencial em estimar precisamente a idade baseada nos anéis de crescimento. Os otólitos são capazes de armazenar informações da história de vida dos peixes e não são reabsorvidos sob condições de estresse, o que pode ocorrer com ossos e escamas (Jones 1992, Campana & Thorrold 2001). Otólitos são três pares (*sagitta*, *lapillus* e *asteriscus*) de estruturas calcificadas utilizadas para a manutenção do equilíbrio e/ou audição em todas as espécies de peixes teleósteos. Os otólitos são compostos por mais de 95% de carbonato de cálcio, com aproximadamente 3-5% de matriz orgânica e pouco menos de 1% de elementos traço (Campana 1999; Campana 2004). Além da idade obtida através dos anéis de crescimento, os otólitos podem armazenar outras informações que estão associadas com o assentamento larval (Wilson & McCormick 1997; 1999), com as mudanças bruscas nos regimes alimentares de luz e temperatura (Eckmann & Rey 1987) e mudanças de sexo, uma vez que a fisiologia e o comportamento são afetados por mudanças dramáticas associadas a estas transições (Warner 1984; Devlin & Nagahama 2002).

O aparato vestibular é onde estão localizados, dentro dos sacos óticos, (*lagena*, *sacculus*, *utrículus*) os três pares de otólitos. O aparelho vestibular apresenta simetria bilateral. Os três pares de otólitos possuem diferentes localizações dentro do aparato vestibular, diferentes funções, tamanhos, formas e diferentes microestruturas (Secor et al. 1992).

A análise da morfometria e da morfologia de otólitos fornece informações importantes que podem embasar estudos de determinação da idade de peixes (Pirker 2008). O formato dos otólitos *sagitta* varia muito entre as espécies por consequência dos padrões ontogenéticos e de fatores ambientais (Campana 2004). Por este motivo o tamanho e o formato deles devem ser levados em consideração para a identificação de espécies. Há ainda uma estreita relação entre o crescimento do otólito e o crescimento somático (Panfili 2002, Lombarte et al. 2003).

Assim, analisou-se os padrões de morfologia – descrição - do otólito *sagitta* de *Sparisoma amplum* para fins de identificação da espécie em estudos posteriores e também procurou relacionar as medidas morfométricas os padrões de morfometria para a utilização das informações obtidas em estudos futuros sobre a dinâmica populacional da espécie.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 A Região do Banco dos Abrolhos

A região do Banco dos Abrolhos – Bahia ($16^{\circ} 40'/19^{\circ} 40'S-39^{\circ} 10'/37^{\circ} 20'W$) encontra-se em um alargamento da plataforma continental leste entre o sul do estado da Bahia e norte do estado do Espírito Santo (Figura 1), com área total de cerca de 46.000 km². Possui os maiores e mais ricos recifes coralíneos do Atlântico Sul, além de bancos de algas e fanerógamas marinhas, manguezais, restingas, brejos e remanescentes de mata Atlântica (Leão, et al. 2003; Moura et al. 2011; Leão e Dominguez 2000; Dutra 1999). Os recifes dessa região formam dois arcos: um localizado a 5-25 km da linha costeira e um arco exterior a 60-65 km da costa, que margeia o lado leste do Arquipélago de Abrolhos com até 25 m de profundidade (Moura et al. 2013; Leão et al. 2003). A fauna costeira e recifal da região do Banco dos Abrolhos é composta por aproximadamente 270 espécies, dentre elas, 65 são espécies de peixes endêmicas do Brasil (Moura & Francini-Filho 2006; Moura 2000).

Os recifes coralíneos brasileiros possuem uma diversidade baixa de fauna coralinífera com uma alta incidência de endemismo, sendo considerado área de grande importância para a conservação de espécies (Moura 2003). O Banco dos Abrolhos possui os mais notáveis recifes de corais que possuem um alto grau de espécies endêmicas e formações coraliníferas únicas, em formato de cogumelo (chapeirões). (Leão & Kikuchi 2005). Os chapeirões crescem do fundo do oceano. Sua base é afilada e no topo, eles se expandem lateralmente (Leão 2000).

Na Região de Abrolhos, já ocorrem impactos antropogênicos importantes tais como a sobreexploração dos estoques pesqueiros (observada por um observado aumento na ocorrência de embarcações pesqueiras de grande porte), a destruição de *habitats* por exploração do petróleo e a poluição aquática. O Banco dos Abrolhos exerce papel de grande importância para a conservação e para o uso sustentável de recursos marinhos e costeiros, mas tem sido negligenciado pelas agências governamentais, o que tem ameaçado substancialmente o estado de um dos maiores ecossistemas marinhos do Atlântico Sul (Ferreira & Gonçalves 1999, Marchioro et al. 2005).

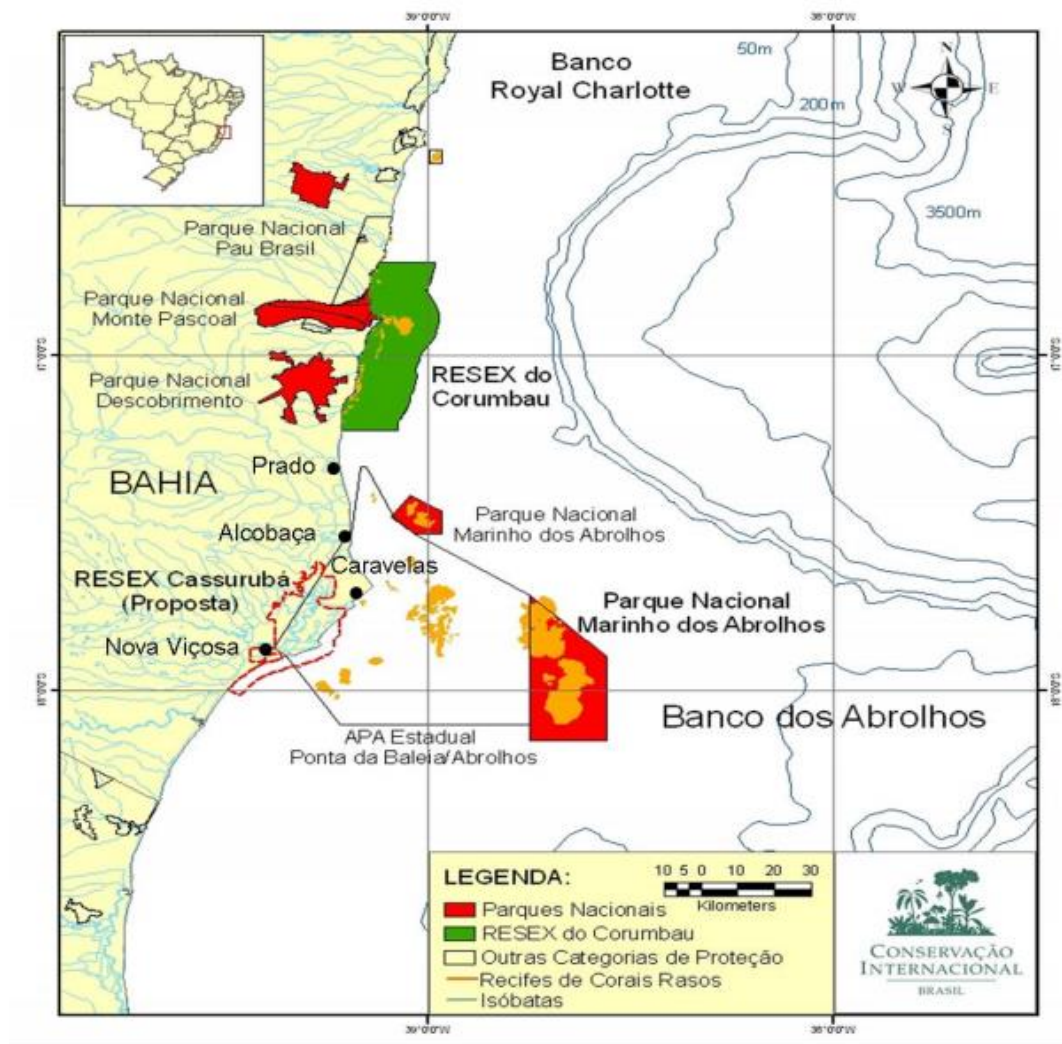


Figura 1. Mapa do Banco de Abrolhos (BA), evidenciando as áreas marinhas protegidas, as reservas extrativistas e os municípios de coleta (Caravelas e Alcobaça). Mapa: Conservação Internacional Brasil.

2.2.2 Amostragem

O material de estudo foi obtido de desembarques pesqueiros de frota artesanal no período entre março de 2007 e setembro de 2014, na região do Banco dos Abrolhos, BA, nos municípios de Caravelas e Alcobaça no âmbito dos projetos MMAS (Marine Management Areas Science) e “Rede Abrolhos: Estrutura, funcionamento e conservação do principal complexo coralíneo do Atlântico Sul”. As artes de pesca empregadas para as capturas foram linha e arpão.

2.2.3 Preparação do material

Dos indivíduos amostrados foram obtidos o comprimento furcal (CF) e comprimento padrão (CP) e o comprimento total (CT) (Freitas 2006). Este último foi utilizado na descrição morfométrica dos otólitos. O peso total (PT) foi obtido para alguns espécimes e estimado por meio de regressão linear para os demais que não tiveram os pesos obtidos após a captura.

Os exemplares tiveram os otólitos *sagitta* direito e esquerdo extraídos da cápsula auditiva, limpos, identificados com etiquetas e armazenados secos. Em laboratório, os otólitos foram fotografados, e através de análise de imagens com o software Image Measure® e auxílio de paquímetro digital, deles foram obtidas as medidas de Comprimento (CO), Largura (LO) e Espessura (EO) com precisão de 0,001 mm. Os pesos dos otólitos esquerdo e direito (PO) foram obtidos em balança digital com precisão de 0.0001g.

2.2.4. Análise do material

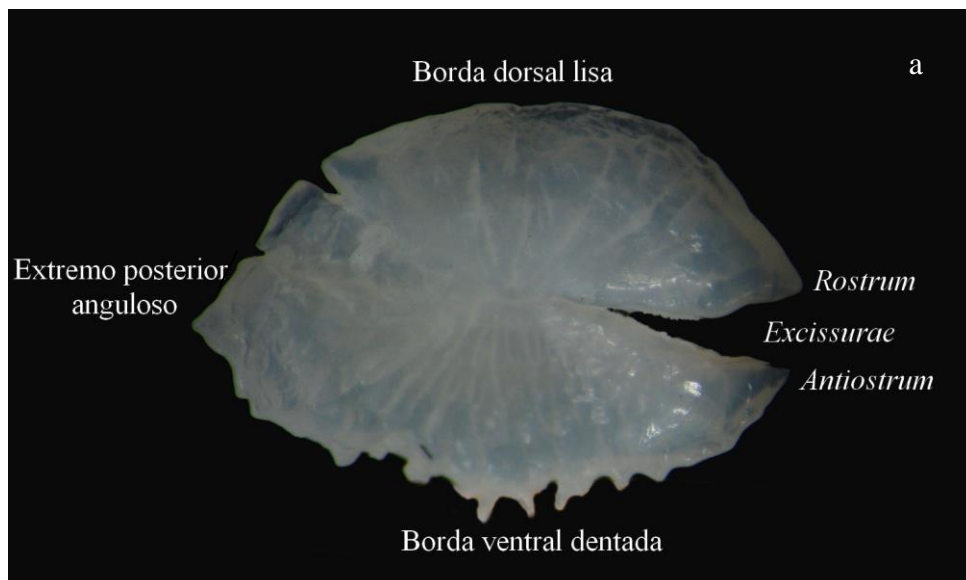
Através do método de caracterização de otólitos proposto por Tuset et al. (2008), o otólito *sagitta* de *Sparisoma amplum* teve os padrões morfológicos estimados. Análises de regressão linear foram utilizadas para a verificação de relação entre as mensurações obtidas dos otólitos *sagitta* de *S. amplum*, e o comprimento total (CT). Estes dados foram logaritmizados para que fossem alcançados os pressupostos do modelo. Por fim, foram relacionadas por meio de análise de regressão linear as mensurações de comprimento (CO), largura (LO) e espessura (EO) com o peso (PO) dos otólitos. A fim de comparar e verificar diferenças entre os pesos dos otólitos direito e esquerdo, foi realizado teste t de Student pareado. As análises de regressão e o teste t de Student foram realizados no software Statistica.

2.3 RESULTADOS

Foram coletados 234 indivíduos de *Sparisoma amplum*, dos quais 150 tiveram o otólito *sagitta* extraído. O tamanho corporal (CT) variou entre 14-70 cm. A ausência de indivíduos menores que 14 cm se deve, provavelmente à seletividade da arte da pesca. Os pesos dos otólitos (*sagitta*) direito e esquerdo não diferiram significativamente ($gl=103$, $t= 1.52$, $p= 0.131$, $\alpha=0,05$), então o otólito esquerdo foi escolhido para mensuração e realização das análises estatísticas.

O otólito *sagitta* de *S. amplum* possuiu, no geral, formato elíptico-cuneiforme, com borda ventral dentada e borda dorsal lisa (Figura 2a). O sulco é dividido em *ostium* (anterior) e *cauda* (posterior) por um *coliculum* medial (Figura 2b). O *sulcus acusticus* apresentou-se heterosulcóide, ostial e de posição mediana. A abertura do sulco foi ostial, abrindo-se largamente na margem anterior do otólito. O óstio mostrou-se menor que a cauda e ambos foram determinados elípticos, o extremo posterior mostrou-se anguloso e o extremo anterior possuiu uma profunda *excissurae* que separou o *rostrum* do *antirostrum* (Figura 2a), que possuíram aproximadamente o mesmo tamanho. Os otólitos dos indivíduos imaturos diferiram dos otólitos de indivíduos maduros quanto ao formato, que foi considerado elíptico e à *excissurae* que separa o *rostrum* do *antirostrum* e foi considerada estreita. A tabela 1 contém os dados das mensurações, a média e o desvio padrão para o comprimento, a largura, a espessura e o peso dos otólitos.

O teste de regressão linear mostrou que todas as mensurações obtidas do otólito *sagitta* estão correlacionadas com o comprimento total ($p < 0,001$). Embora estas relações tenham sido significativas, elas são fracas, os seus respectivos coeficientes de determinação explicam pouco da variabilidade dos dados. O coeficiente de determinação para cada relação estabelecida foi de (Tabela 2) (Figura 3) CP-PO ($r^2=0,35$), CP-CO ($r^2=0,37$), CP-LO ($r^2=0,25$) e CP-EO (Figura 8) ($r^2=0,30$).



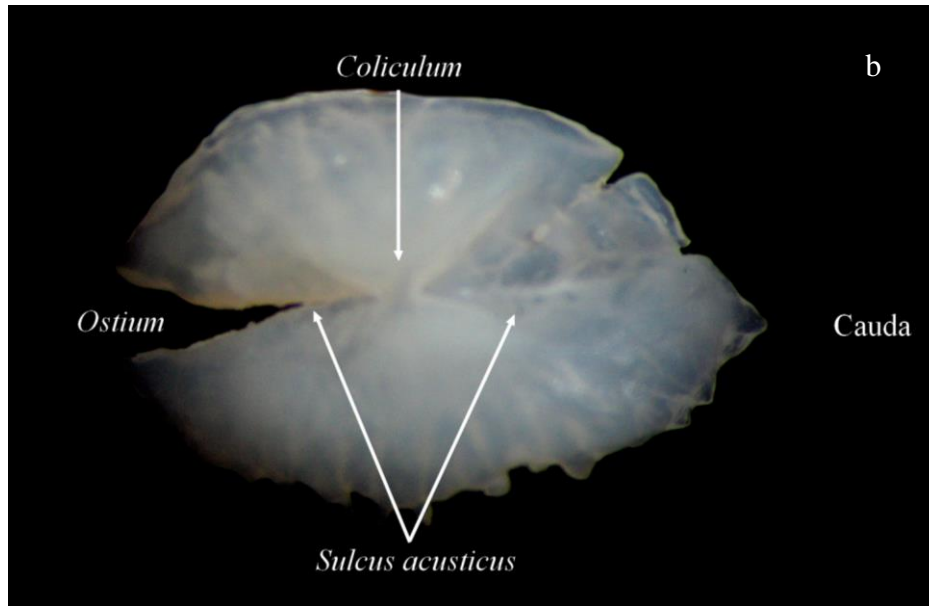


Figura 2. Face externa (a) e face interna (b) do otólito *sagitta* esquerdo de *Sparisoma amplum*, demonstrando seu formato e as partes componentes.

	Amplitude	Média	Desvio Padrão
CO	4.166 - 6.681	5.461	±0.506
LO	2,621- 4.490	3.474	±0.309
EO	0.480 - 1.460	0.884	±0.144
PO	0.006- 0.037	0.018	±0.006

Tabela 1. Amplitude, Média e Desvio padrão obtidas das mensurações do otólito *sagitta* esquerdo de *Sparisoma amplum*.

Relação	R²	R	P	Intercepto	Inclinação
LO-PO	0,68	0,82	0.00	14661,61	0.01516
EO-PO	0,65	0,80	0.00	-0.00469	0.02552
CT-PO	0,36	0,60	0.00	23,3435	744,4845
CO-PO	0,69	0,83	0.00	-0.0324	0.0092
CT-LO	0.25	0,50	0.00	-20,333	105,847
CT-EO	0,30	0,55	0.00	38,6359	41,8357
CT-CO	0,61	0,37	0.00	0,3142	0,2705
PT-PO	0,96	0,98	0.00	0.0056	0.00000

Tabela 2. Análise de regressão entre as mensurações do otólito *sagitta*, o peso total e o comprimento padrão de *Sparisoma amplum*. Largura do otólito (LO), Peso do otólito (PO), Espessura do otólito (EO), Comprimento do otólito (CO), Comprimento padrão (CP) e Peso total (PT).

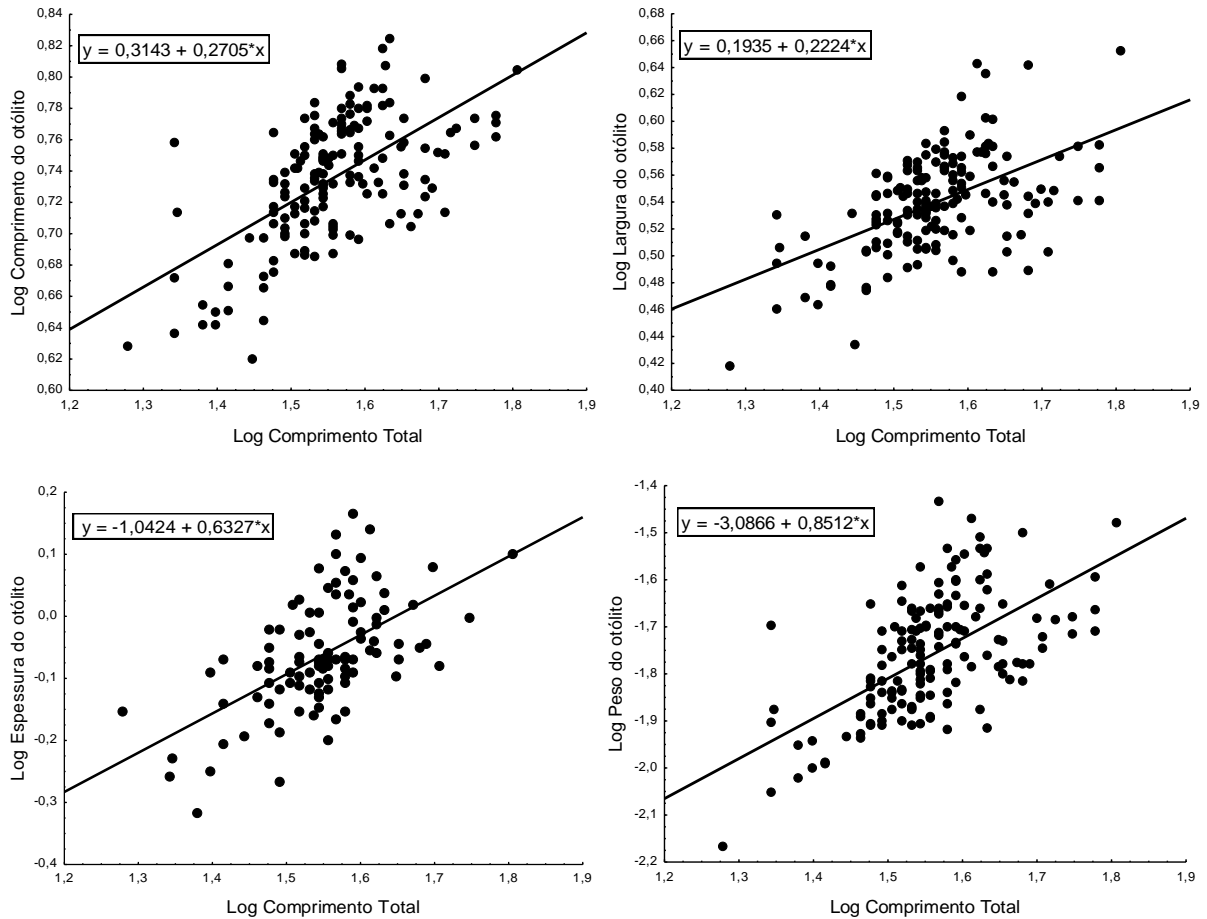


Figura 3. Regressão entre o comprimento total dos indivíduos (CT) e as mensurações obtidas dos otólitos *sagitta* de *Sparisoma amplum* da região do Banco dos Abrolhos/BA

As relações entre as medidas (CO, LO e EO) dos otólitos e o peso dos mesmos foram todas correlacionadas ($p < 0,001$) com o peso do otólito e os coeficientes de determinação para cada uma das relações foi de (Figura 9) CO-PO ($r^2 = 0,69$), LO-PO ($r^2 = 0,68$) e EO-PO ($r^2 = 0,65$). A relação entre o peso corporal e o peso do otólito (PT-PO) (Figura 4) mostrou alto grau de associação ($r^2 = 0,96$).

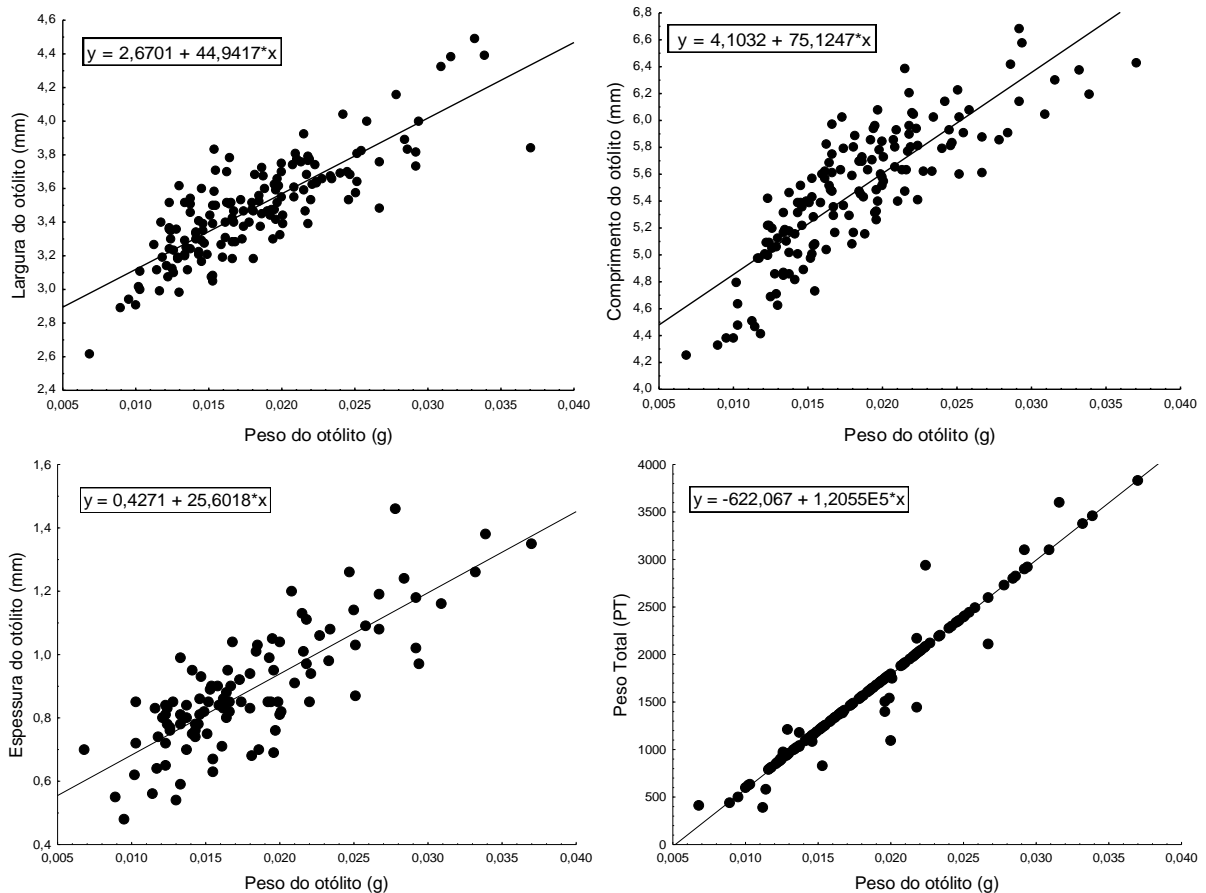


Figura 4. Regressão entre o peso do otólito *sagitta* de *Sparisoma amplum* e as demais mensurações obtidas do otólito (LO, CO, EO) e regressão entre o peso do otólito *sagitta* e o peso total (PT) dos indivíduos.

2.4 DISCUSSÃO

Não foram encontradas na literatura outras descrições do otólito *sagitta* de *Sparisoma amplum* para fins de comparação. Tuset et al. (2008) traz a descrição do otólito *sagitta* de duas espécies da subfamília Scarini (*Sparisoma cretense* e *Sparisoma rubripinne*) que possuem semelhanças com os padrões encontrados neste estudo. *Sparisoma amplum* e *Sparisoma cretense* apresentam a borda ventral dentada e as três espécies apresentaram o sulco heterosulcóide, ostial e mediano; o óstio menor que a cauda, onde ambos são elípticos; e a *excisurae* profunda separando o *rostrum* do *antirostrum*. Os padrões morfológicos encontrados nos otólitos *sagitta* de *Sparisoma amplum* neste estudo, podem ser utilizados para fins de identificação da espécie em estudos futuros.

A análise de regressão linear para as medidas dos otólitos (Largura, peso, espessura e comprimento) e o comprimento total (CT) dos indivíduos foi significativa e atingiu todos os pressupostos. Para Ross (2005), os padrões de forma dos otólitos parecem estar ligados mais à

taxonomia que ao tamanho corporal em peixes. Isto pode explicar os valores baixos do coeficiente de determinação encontrada nesses dados para a espécie em questão.

O peso do otólito se mostrou um bom indicador a ser utilizado para a estimação do peso total corporal para a espécie, pois sua relação explica 96% da variância, demonstrando um padrão alométrico de crescimento entre essas duas variáveis. O otólito *sagitta* de *Sparisoma amplum* possuiu um crescimento homogêneo, pois quando suas medidas (CO, PO, LO, EO) foram relacionadas entre si por regressão linear, apresentaram correlação ($p < 0,05$). Campana & Thorrold (2001) discutem que o uso dos otólitos em estudos de crescimento é plausível por seu crescimento contínuo.

O crescimento dos otólitos fornece informações cruciais para os estudos de idade e crescimento de peixes, e isto fica evidente nos estudos sobre morfometria (Megalofonou 2006, Skeljo 2012, Ghanbarzadeh 2014) de otólitos, inclusive neste, já que o crescimento dessa estrutura acompanha o crescimento e o envelhecimento de peixes. Uma análise detalhada da morfologia e morfometria do otólito *sagitta* é de extrema importância em estudos de idade e crescimento (Rondon et al. 2014). De modo geral, otólitos com maiores comprimentos, larguras e pesos pertenceram a peixes maiores, revelando que há relação positiva entre o crescimento otólitos e o crescimento corporal de *Sparisoma amplum*.

REFERÊNCIAS

- Bellwood DR, Choat JH (1990) A description of the juvenile phase colour patterns of 24 parrotfish species (Family Scaridae) from the Great Barrier Reef, Australia. Records of the Australian Museum 41: 1-41.
- Choat JH, Clements KD (1998) Vertebrate herbivores in marine and terrestrial environments: A nutritional ecology perspective. Annu. Rev. Ecol. Syst. 29: 375–403.
- Campana SE (1999) Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. Marine Ecology Progress Series 188, 263–297.
- Campana SE, Thorrold SR (2001) Otoliths, increments and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58:30-38.
- Campana SE (2004) Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean. NRC Research Press, Ottawa.
- Devlin RH, Nagahama Y (2002) Sex determination and sex differentiation in fish: An overview of genetic, physiological, and environmental influences. Aquaculture, 208: 191-364.

- Dutra GF (1999) Coral Reefs of the Abrolhos Bank, Brazil. In: Dight I, Kenchington R, Baldwin J (eds). Proceedings: International Tropical Marine Ecosystems Management Symposium (ITMEMS) November 1998, Townsville Australia. pp:363-365.
- Eckmann R, Rey P (1987) Daily increments on the otoliths of larval and juvenile, and their modification by environmental factors. *Hydrobiologia* 148: 137-143.
- Ferreira CEL, Gonçalves JEA (1999) The unique Abrolhos reef formation (Brazil): need for specific management strategies. *Coral Reefs*, 18:352.
- Francini-Filho RB, Moura RL, Ferreira CM, Coni EOC (2008) Live coral predation by parrotfishes (Perciformes: Scaridae) in the Abrolhos Bank, eastern Brazil, with comments on the classification of species into functional groups. *Neotropical Ichthyology*. 6 (2):191-200.
- Freitas MO (2006) Biologia de espécies ameaçadas e comercialmente importantes no Banco dos Abrolhos: Acompanhamento de desembarques de lutjanídeos e serranídeos capturados pela frota artesanal. *Conservação internacional – Brasil*.
- Ghanbarzadeh M, Soofiani, NM, Keivanny Y, Taghavi-Motlagh AS (2014) Use of otolith length and weight in age estimations of the kingsoldier bream, *Argyrops spinifer*, in the Persian Gulf. *Iranian Journal of Ichthyology* 1(1):1-6.
- Jones CM. (1992) Development and application of the otoliths increment technique. In: Stevenson DK, Campana SE (eds) Otolith microstructure examination and analysis. *Can. Spec. Publ. Fish, Aquat. Sci.* p 02.
- Leão ZMAN, Dominguez JML (2000) Tropical Coast of Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 41:112-122.
- Leão ZMAN, Kikuchi RKP, Testa V (2003) Corals and Coral Reefs of Brazil. In: Cortês J (ed) *Latin America Coral Reefs*. Elsevier Publisher, Amsterdam, p 9-52.
- Lombarte A, Torres GJ, Morales-Nin B (2003) Specific *Merluccius* otolith growth patterns related to phylogenetics and environmental factors. *J. Mar. Biol. Ass.*, 83, 277:281.
- Megalofonou P (2006) Comparison of otolith growth and morphology with somatic growth and age in young-of-the-year bluefin tuna. *J. Fish Biol.*, 68: 1867-1878.
- Moura RL (2000) Brazilian reefs as a priority of biodiversity conservation in the Atlantic Ocean. Proceedings 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia, 2.
- Moura RL, Francini-Filho RB (2006) Reef and shore fishes of the Abrolhos Region, Brazil. In: Dutra GF, Alen GR, Werner T, Mckenna SA (eds). *A rapid marine biodiversity*

assessment of the Abrolhos Bank, Bahia, Brazil. RAP Bulletin of Biological Assessment 38, Washington, p 40-55.

Moura RL, Francini-Filho RB, Chaves EM, Minte-Vera CV, Lindeman KC (2011). Use of riverine through reef habitat systems by dog snapper (*Lutjanus jocu*) in Eastern Brazil. Estuarine, Coastal and Shelf Science (Print), 1-5.

Panfili J, Morales-Nin B (2002) Influence of shape and structure of the interpretation. In: Panfili J, de Pontual H, Troadec H, Wright PJ (eds) Manual of fish sclerochronology. Ifremer, France, pp 105-110.

Pirker, LEM (2008) Morfometria e descrição de otólitos de dourada (*Brachyplatystoma rosseauxii*) (Castelnau, 1855) e de piramutaba (*B. vaillantii*) (Valenciennes, 1840) (Siluriformes: pimelodidae) e verificação de anéis de crescimento em otólitos de juvenis de dourada e de piramutaba na Ilha de Colares - Baía de Marajó-PA.

Rocha LA, Gaspar AL, Francini-Filho RB, Moura RL, Padovani-Ferreira B, Feitosa C, Ferreira CE, Floeter S, Choat JH, Russell B, Myers R (2012) *Sparisoma amplum*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 31 de Julho de 2013.

Skeljo F, Ferri J (2012) The use of otolith shape and morphometry for identification and size-estimation of five wrasse species in predator-prey studies. Journal of Applied Ichthyology, 28: 524-530.

Tuset VM, Lombarte A, Assis CA (2008) Otoliths of Mediterranean and east Atlantic fishes. SCI. MAR., 72S1, 7-198.

Rondon AS, Vaz-dos-Santos AM, Rossi-Wongtschowski CLDB (2014) Morfologia e biometria dos otólitos de *Beryx splendens* e *Hoplostethus occidentalis* (Beryciformes) no Atlântico Sudoeste. Bol. Inst. Pesca, 40(2): 195 – 206.

Sale, PF (1991) The Ecology of Fishes on Coral Reefs. Academic Press Inc, San Diego.

Warner RR (1984) Mating behavior and hermaphroditism in coral reef fishes. American Scientist. 72: 128-136.

Wilson DT, McCormick MI (1999) Microstructure of settlement marks in the otoliths of tropical reef fish. Marine Biology, 134: 29-41.

Wilson DT, McCormick MI (1997) Spatial and temporal validation of settlement marks in the otoliths of tropical reef fishes. Marine Ecology Progress Series, 153, 259–271.

Wright PJ et al. (2002) Types of calcified structures: otoliths. In: Panfili J, de Pontual H, Troadec H, Wright PJ (eds) Manual of fish sclerochronology. Ifremer, France, pp 31-57.

3 O CRESCIMENTO, A SELETIVIDADE, A MATURIDADE E A MORTALIDADE DE *Sparisoma amplum* DA REGIÃO DO BANCO DOS ABROLHOS

RESUMO

O ordenamento pesqueiro necessita das informações básicas que são fornecidas pelas avaliações dos estoques, que dependem de informações de idade, taxas de crescimento e de mortalidade. Otólitos são importantes estimadores do crescimento e são muito utilizados com esta finalidade. Na maior parte dos estudos de crescimento, o otólito adotado é o *sagitta*. Pretende-se estimar a frequência de tamanhos de *Sparisoma amplum* nas capturas na região do Banco dos Abrolhos/BA, comparar as curvas de crescimento de von Bertalanffy (VBGC) e Schnute-Richards para a espécie e obter dados que possam embasem o ordenamento pesqueiro. Foram obtidas as gônadas e os otólitos de *Sparisoma amplum* para fins de análise. Os otólitos esquerdos foram seccionados e lidos em microscópio estereoscópico e as gônadas passaram por análise histológica. Para estimar o crescimento de peixes através de anéis de crescimento de otólitos, foram utilizados dois modelos de crescimento: VBGC e Schnute-Richards. Foram obtidas ainda as taxas de mortalidade natural, por pesca e total, as taxas de sobrevivência, de seletividade e exploração. A espécie apresentou rápido crescimento nas idades iniciais. A longevidade foi de 17 anos e a maturidade de 5.5 anos. As taxas de mortalidade indicam que a espécie está em estado de exploração. VBGC e Schnute-Richards se mostraram modelos concorrentes quando analisado o AICc. *Sparisoma amplum* necessita ser levada em consideração nos ordenamentos pesqueiros. Os dados mostram que o declínio dos estoques da espécie na região é iminente e medidas de ordenamento são necessárias para a manutenção dos estoques.

Palavras-Chave: Pesca, Scarini, Dinâmica Populacional.

GROWTH, SELECTIVITY, MATURITY AND MORTALITY OF *Sparisoma amplum* FROM ABROLHOS BANK REGION.

ABSTRACT

The fisheries management needs of basic information that is provided by the assessments of stocks, which depend on the age of information, growth and mortality rates. Otoliths estimators are important for growth and are widely used for this purpose. In most growth studies, the otolith adopted was the *sagitta*. It is intended to estimate the frequency of *Sparisoma amplum* sizes catches in the Abrolhos Bank region / BA, compare the growth curves of von Bertalanffy (VBGC) and Schnute-Richards for the species and obtain data that can be used for the fisheries management. Gonads and otoliths of *Sparisoma amplum* were obtained for analysis. The left otoliths were sectioned and read in stereoscopic microscope and the gonads gone through histological analysis. To estimate the growth of fish through otolith growth rings, we used two models of growth: VBGC and Schnute-Richards. They were also obtained the natural mortality by fishing and total survival rates, selectivity and exploitation. The species showed rapid growth in early ages. The longevity was 17 years and the maturity of 5.5 years. Mortality rates indicate that the species is in a state of exploitation. VBGC and Schnute-Richards proved competing models when analyzing the AIC. *Sparisoma amplum* needs to be taken into account in fishery managements. The data show that the decline of the species inventory in the region is imminent and management measures are needed for maintenance of the stock.

Keywords: Fishery, Scarini, Population Dynamics.

3.1 INTRODUÇÃO

O ordenamento pesqueiro necessita das informações básicas que são fornecidas pelas avaliações dos estoques, que por sua vez, dependem de estudos básicos, tais como a idade, as taxas de crescimento e de mortalidade que são algumas das mais importantes características da história de vida que controlam a produtividade de populações de peixes (Maunder et al. 2015, Campana 2001).

Um dos maiores desafios enfrentados por pesquisadores da área pesqueira é o de fornecer informações que possam descrever o passado e o estado atual da pesca e aplicar essas informações para a manutenção da pesca futura. A interpretação de otólitos de peixes pode fornecer informações sobre a biologia das espécies que podem ser utilizadas nas decisões tomadas para o manejo da pesca (Green et al. 2009).

Assume-se frequentemente que o crescimento individual de peixes é um dos mais bem compreendidos processos da dinâmica pesqueira, mas ele é pobremente estimado para a maior parte das espécies, especialmente para àquelas pertencentes à região neotropical (Campana 2001, Dei Tos et al. 2009).

Os otólitos são importantes por sua precisão em estimar a idade baseada em anéis de crescimento. A deposição sucessiva de carbonato de cálcio e matriz orgânica nessa estrutura, formam bandas que observadas sob luz transmitida apresentam-se claras (L-zones) e escuras respectivamente (D-zones). Para a maior parte das espécies o otólito maior e mais utilizado em estudos de idade e crescimento é o *sagitta* (Wright 2002).

Para estimar o crescimento de peixes através de anéis de crescimento de estruturas calcificadas, existem diversos modelos propostos. O mais utilizado é o modelo de crescimento de von Bertalanffy (1957, VBGF), que assume que o crescimento é um balanço entre os processos catabólicos e anabólicos do organismo. Quando a taxa de crescimento decai rapidamente, a curva de VBGF não é capaz de representar o crescimento e outras curvas de crescimento então se fazem necessárias. Além disso, o modelo prevê bem o crescimento de indivíduos adultos, mas é menos preciso quando se trata do crescimento de juvenis (Enberg et al. 2008; Maunder et al. 2015; Minte-Vera et al. *submetido*).

Schnute & Richards (1990) propuseram um modelo de crescimento mais flexível de quatro parâmetros para o crescimento. O resultado do modelo Schnute-Richards depende se a relação entre a variável independente e a idade é alométrica (Quinn & Deriso 1999; Methot & Wetzel 2013).

Dentro da dinâmica populacional de peixes, o coeficiente de mortalidade natural (M) é nitidamente um dos mais difíceis parâmetros de se obter boas estimativas. No entanto, esse parâmetro precisa ser estimado se quisermos utilizar a maioria dos modelos de dinâmica populacional (Pauly 1980).

As taxas de mortalidade natural são importantes determinantes do potencial de produtividade dos estoques pesqueiros. Além disso, elas podem inferir o potencial de exploração que o estoque pode arcar. Estoques com altas taxas de mortalidade natural são mais produtivos e conseguem sustentar melhor altas taxas de exploração (Hewitt et al. 2007).

Estimou-se a frequência de tamanhos de *Sparisoma amplum* nas capturas na região do Banco dos Abrolhos/BA, comparar as curvas de crescimento de von Bertalanffy e Schnute-Richards a fim de selecionar a que melhor descreve o crescimento da espécie e obter dados de mortalidade, sobrevivência e seletividade para subsidiar estudos de dinâmica populacional e para propor medidas de gestão para a manutenção dos estoques da espécie na região do Banco dos Abrolhos.

3.2 MATERIAIS E MÉTODO

3.2.1 Área de estudo

Esse estudo foi realizado na região do Banco dos Abrolhos – Bahia, que se localiza em um alargamento da plataforma continental entre o sul do estado da Bahia desde o município de Prado – BA 16° 40' S e norte do Espírito Santo na foz do rio Doce - ES 19° 40' S. A área abrange aproximadamente 46,000 km², fazendo parte da plataforma continental leste do Brasil. Este ambiente é uma área de conservação dos ecossistemas marinhos e costeiros no Brasil e nela estão contidos os maiores e mais ricos recifes coralíneos do Atlântico Sul, além de bancos de algas e fanerógamas marinhas, manguezais, restingas, brejos e remanescentes de mata Atlântica, algas calcárias, áreas estuarinas e feições vulcânicas que constituem o Arquipélago dos Abrolhos (Marchioro et al. 2005) (Leão et al. 2003). Os recifes dessa região formam dois arcos, um mais próximo à costa, e outro menos extenso e externo (Moura et al. 2013).

Os impactos que sofre a Região dos Abrolhos são bastante significantes e justificam que haja uma ampliação dos esforços de conservação destes ecossistemas únicos. Atividades de pesca excessiva, de visitação e altas taxas de sedimentação com a consequente eutrofização das águas costeiras têm ocorrido na região (Leão & Kikuchi 2005).

3.2.2 Preparação do material

Os 234 peixes coletados foram identificados, tiveram as medidas de comprimento padrão (CP), comprimento furcal (CF) e comprimento total (CT) obtidas. O peso foi obtidos para alguns indivíduos e para os demais foi estimado. Dos 234 peixes coletados, 154 tiveram o otólito *sagitta* extraído. Dos 154 indivíduos dos quais foram extraídos os otólitos, 42 (28%) eram fêmeas, 23 eram machos (15,33%) e 89 (59,33%) não tiveram o sexo determinado. Dos indivíduos dos quais foram obtidos os otólitos *sagitta* e que tiveram o sexo determinado, 6 eram imaturos e 59 eram maduros. As gônadas foram pesadas, armazenadas e posteriormente foram seccionadas e passaram por preparação e análise histológicas no laboratório de Ictiologia do Museu de História Natural Capão da Imbuia da Prefeitura Municipal de Curitiba, quando então foram identificadas quanto ao sexo e estado de maturação.

Os otólitos foram extraídos do aparato vestibular dos espécimes, foram limpos e armazenados secos. Os otólitos esquerdos foram incluídos em resina poliéster cristal. Após a inclusão em resina, esperou-se, no mínimo, 24h até a secagem dos blocos. Em seguida, os blocos foram cortados transversalmente, na região do núcleo (Panfili et al. 2002), com serra diamantada de baixa rotação (Buehler-Isomet). Após testes iniciais, os cortes tiveram a espessura padronizada em 0,60 mm e foram lixados com lixa d'água quando necessário, antes das leituras (Secor et al. 1992). Os cortes foram colados em lâminas de vidro para a leitura e identificação dos anéis de crescimento. Para permitir melhor visualização dos anéis de crescimento, uma gota de água foi inserida sobre os cortes no momento da leitura. Foram feitas duas leituras independentes de cada otólito, pelo mesmo leitor, com intervalo de 2 semanas em microscópio estereoscópico da marca Olympus, modelo SZ40 em aumento de 40x sob transmitida.

3.2.3 Análises

A fim de comparar e verificar diferenças entre os pesos dos otólitos direito e esquerdo e selecionar um deles para as análises, foi realizado teste t de Student pareado. Foram realizadas análises de regressão simples para relacionar a largura (LO), o comprimento (CO) a espessura (PO) e o peso (PO) dos otólitos com a idade.

A precisão entre as duas leituras foi obtida de acordo com a estimativa do erro percentual médio (APE) descrito em Beamish & Fournier (1981).

$$APE = \frac{1}{N} \times \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \times \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right]$$

Onde:

N é o número de amostras;

R é o número de determinações de idade para a amostra;

X_{ij} é a idade determinada;

X_j é a média entre as determinações.

Para a verificação da periodicidade de formação dos anéis de crescimento, foi utilizado o método de análise do incremento marginal (Lai et al. 1987), o mais utilizado (Campana 2001) para a validação dos anéis de crescimento em peixes recifais. A equação que representa o incremento marginal é a seguinte:

$$IM = (R_t - R_i) / (R_i - R_{i-1})$$

Onde:

R_t = raio total

R_i = raio do último anel

R_{i-1} = raio do penúltimo anel

Para as estimativas dos modelos de crescimento, optou-se por utilizar a média das duas leituras realizadas.

As curvas de crescimento foram obtidas através do modelo da função de crescimento de von Bertalanffy (Bertalanffy 1983), que estima o tamanho esperado para uma certa idade:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Sendo,

L_t = o comprimento total dos indivíduos com idade t ;

L_∞ = o comprimento total máximo assintótico (cm);

e = base do logaritmo neperiano;

k = taxa de crescimento (ano^{-1});

t = idade dos indivíduos em anos;

t_0 = idade teórica quando o comprimento dos indivíduos é igual a zero.

Valores “semente” de $k = 0,7$ e $L_{\infty} = 50$ e $t_0 = 0$ foram inseridos na função inicial para estimação dos parâmetros e da curva de crescimento.

As estimativas dos parâmetros para o modelo de von Bertalanffy assumem que amostras representativas dos tamanhos para cada classe etária foram coletadas, no entanto, esta afirmação é falha, porque o processo de amostragem pesqueira é tamanho-seletiva. Os maiores membros das classes etárias são os mais visados durante a pesca, sendo assim, os mais vulneráveis. Quando uma parte considerável dos membros mais velhos morrem, pode ocorrer o chamado fenômeno Rosa-Lee, que foi verificado através do retrocálculo de comprimentos em idades mais precoces. Isto pode ocasionar um viés que ocasiona uma baixa nas estimativas do valor do parâmetro L_{∞} e uma baixa nas estimativas dos valores de K , e t_0 (Ricker 1975; Taylor 2005). O método de retrocálculo utilizado foi o método do Intercepto Biológico (BCM) proposto por Campana (1990).

O modelo de crescimento proposto por Schnute & Richards (1990) foi também comparado ao modelo de von Bertalanffy. A equação que representa o modelo de Schnute & Richards é a seguinte:

$$L_t = [L_1 + (L_2 - L_1) * ((1 - \exp(-k(a - a_1)))/(1 - \exp(-k(a_2 - a_1))))]^{1/\theta}$$

k = taxa de crescimento (ano^{-1});

a_1 = menor idade encontrada na amostra;

a_2 = maior idade encontrada na amostra;

L_1 = o comprimento estimado para a idade a_1 ;

L_2 = o comprimento estimado para a idade a_2 .

θ = parâmetro.

Valores “semente” de $k = 0,26$; $\theta = 0,9$; $L_1 = 1$ e $L_2 = 70$ foram inseridos na função inicial para estimação dos parâmetros e da curva de crescimento.

Para comparar os modelos de crescimento de von Bertalanffy e Schnute-Richards e apontar aquele que mais expressa a relação comprimento x idade para a espécie, foi utilizado Critério de Informação de Akaike corrigido – para amostras pequenas - (AICc) (Burnham e Anderson 1998). O menor AICc indica o modelo mais parcimonioso.

A partir dos dados de crescimento e de reprodução, obtiveram-se as estimativas de seletividade, maturidade e mortalidade, assumindo um equilíbrio da amostra (a estrutura etária

amostrada é representativa da estrutura etária ao longo de vários anos e a mortalidade é constante).

Foi estimada a taxa de mortalidade natural (M) (Maunder & Wong 2011) pelo método proposto por Hewitt e Hoenig (2005), através da idade máxima encontrada:

$$M = -\ln(p)/a_{m\acute{a}x}$$

Onde:

M = Mortalidade natural;

$a_{m\acute{a}x}$ = Idade máxima encontrada.

$p = 0,05$

Minimizando a soma dos quadrados (SSQ) obtida através dos comprimentos observados e dos comprimentos esperados (obtidos das estimativas dos modelos de crescimento), foi possível obter a mortalidade por pesca (F) e os dois parâmetros da seletividade (S_{50} e S_{95}).

A seletividade (curva logística) foi estimada assumindo que a amostra é uma amostra aleatória da estrutura etária das capturas. Foi utilizada a equação:

$$S(a) = (1 + \exp((- \ln(19) \times (a - S_{50})) / (S_{95} - S_{50})))^{-1}$$

Onde:

$S(a)$ = A probabilidade de o indivíduo ser pescado na idade;

a = a idade;

S_{50} = a idade em que o indivíduo apresenta 50% de probabilidade de ser capturado;

S_{95} = a idade em que o indivíduo apresenta 95% de probabilidade de ser capturado.

Assim, a mortalidade total por idade é:

$$Z(a) = M + S(a) \times F$$

Onde:

Z = Mortalidade total;

M = Mortalidade natural;

F = Mortalidade por pesca

sa = seletividade na idade a.

A sobrevivência foi estimada pela equação descrita em Quinn & Deriso (1999):

$$S = \exp(-Z)$$

Por fim, foi estimada a taxa de exploração (Pauly 1983) pela equação:

$$E = \frac{F}{F + M}$$

Onde:

F= Mortalidade por pesca;

M= mortalidade natural.

O estoque encontra-se em estado de exploração quando $E > 0,5$ e em estado de subexploração quando $E < 0,5$.

O AICc foi obtido com o software SAM (Rangel et al. 2010), a mortalidade por pesca e os parâmetros da seletividade foram obtidos através da ferramenta Solver no Excel, a taxa de exploração, a sobrevivência, a mortalidade total e natural foram obtidos através do Excel e todas as demais análises estatísticas foram realizadas na plataforma R, utilizando os pacotes FSA, nlstools, lattice e doBy. O nível de significância adotado foi $\alpha = 5\%$.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Leituras

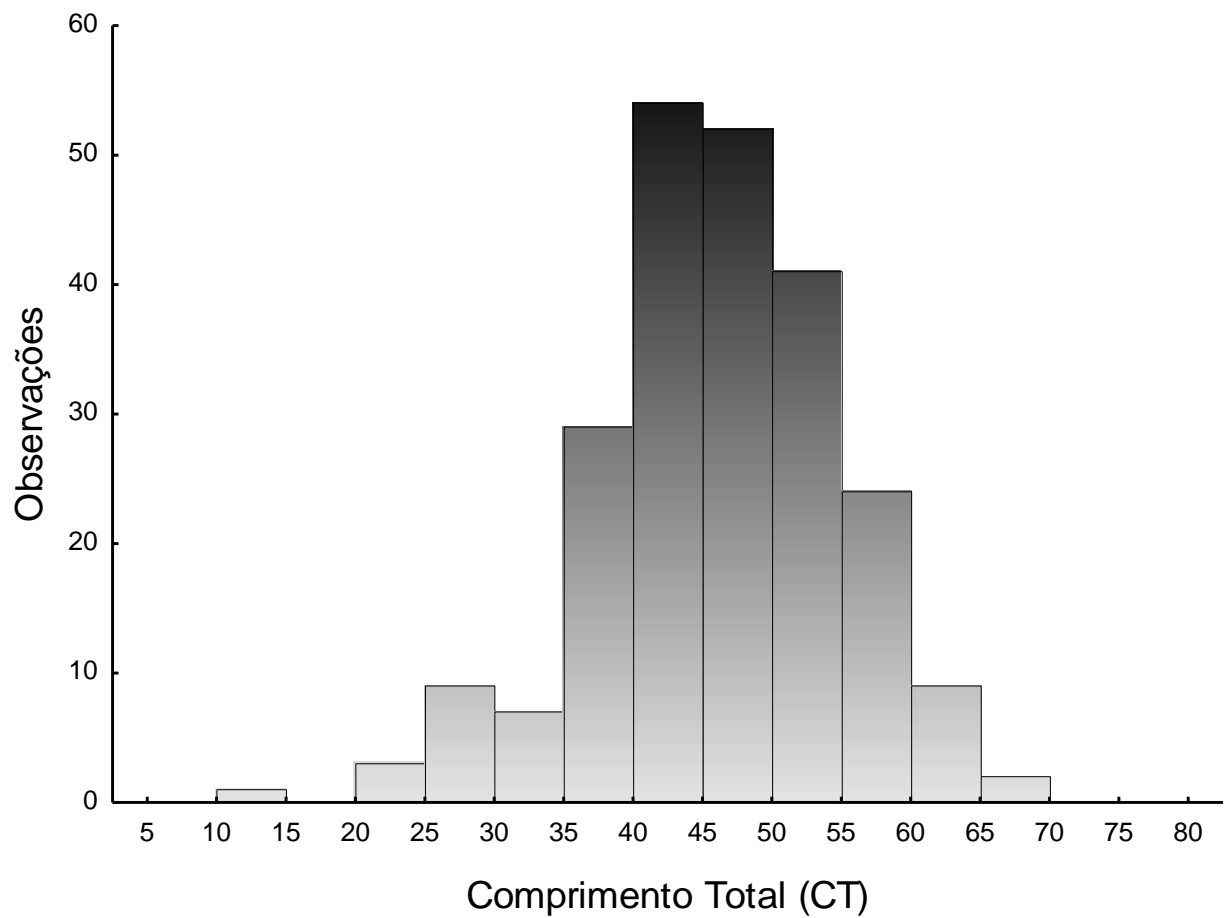
Os otólitos *sagitta* de *Sparisoma amplum* mostraram-se de difícil padronização e leitura. A média de anéis de crescimento encontrada foi de 8,13 e as leituras variaram entre 2-17 anéis (Leitura 1) e entre 3-16 anos (Leitura 2). O indivíduo mais velho da amostra, com média de 16,5 anéis tinha 49,5 cm de comprimento total e o indivíduo mais novo da amostra, com média de 2,5 anéis tinha 14cm de comprimento total. O erro percentual médio (APE) entre as duas leituras foi de 9,61%. Considerou-se anel de crescimento (Figura 2) marcas contínuas, sem interrupções, de formação proteica, que quando observadas à luz transmitida apresentaram-se escuras (Wright 2002).

A distribuição da frequência de tamanhos com todos os dados (Figura 1a) e com por ano (Figura 1b) mostrou que houve nas capturas uma maior frequência de ocorrência de

indivíduos nos tamanhos entre 40-50 cm que corresponderam a indivíduos com média de idade entre 8 e 11 anos. Os números de capturas por ano podem ser observados na tabela 1.

Ano	Capturas
2007	6
2008	0
2009	0
2010	37
2011	60
2012	78
2013	47
2014	2
Total	230

Tabela 1. Distribuição de indivíduos coletados por ano na região do Banco dos Abrolhos/BA.



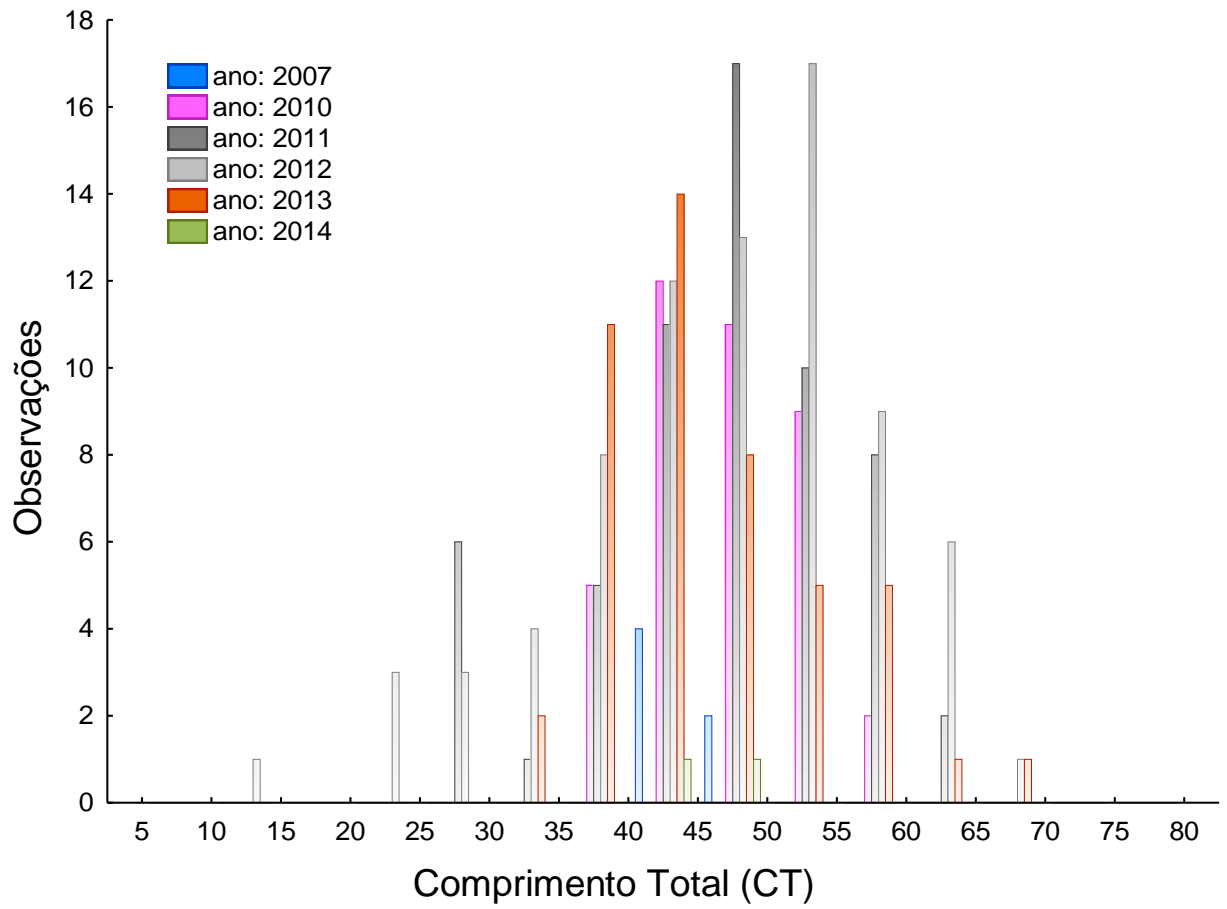


Figura 1. Distribuição das frequências de tamanhos observadas. a – Todos os dados obtidos de tamanho. b – Dados obtidos de tamanho por ano de captura.

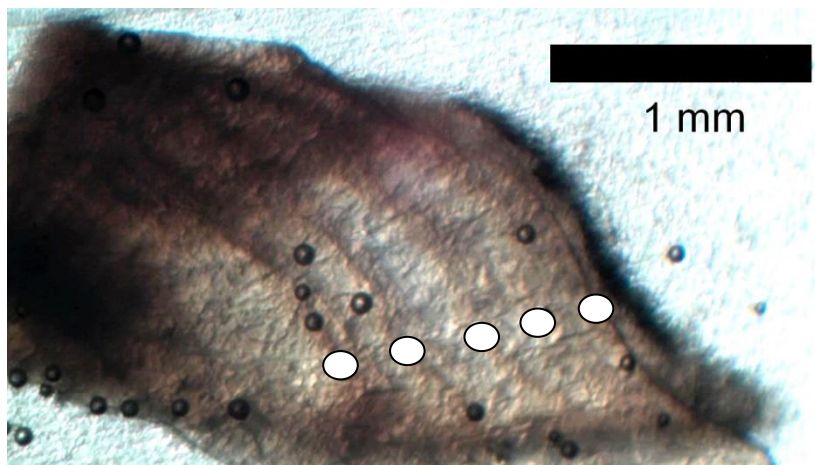


Figura 2. Otólito *sagitta* esquerdo de *Sparisoma amplum* seccionado e fotografado sob luz transmitida em aumento de 40x, evidenciando os anéis de crescimento.

A espessura, a largura, o peso e o comprimento do otólito correlacionaram-se com a idade significativamente ($p < 0,0001$) (Figura 3).

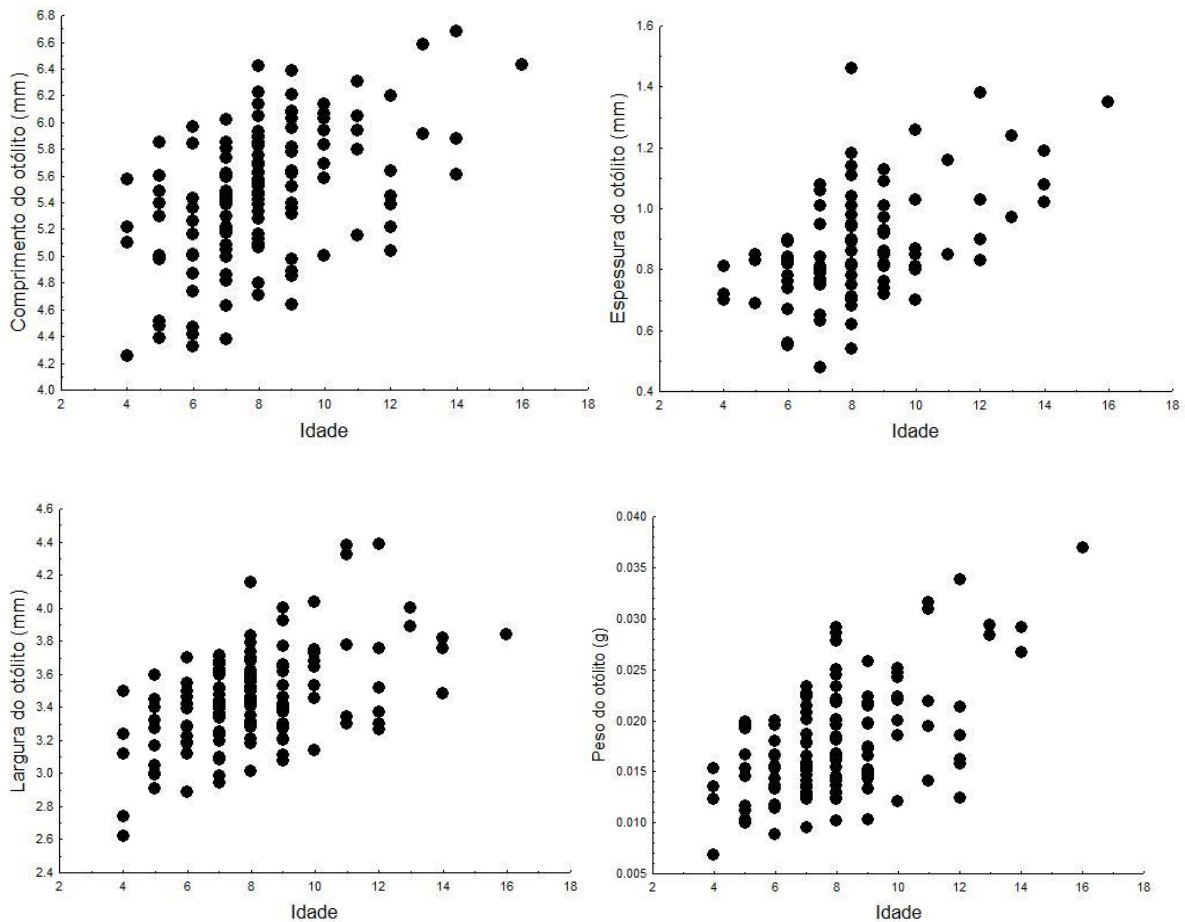


Figura 3. Regressão entre a idade observada e o comprimento (CO), espessura (EO), largura (LO) e peso (PO) dos otólitos *sagitta* de *Sparisoma amplum* da região do Banco dos Abrolhos/BA

3.3.2 Curvas de crescimento

A análise do gráfico do incremento marginal relativo (IM) (Figura 4) não forneceu informações suficientes para a inferência da periodicidade de formação dos anéis etários para *Sparisoma amplum*. De acordo com os dados obtidos, a formação dos anéis pareceu ser uniforme durante o ano todo.

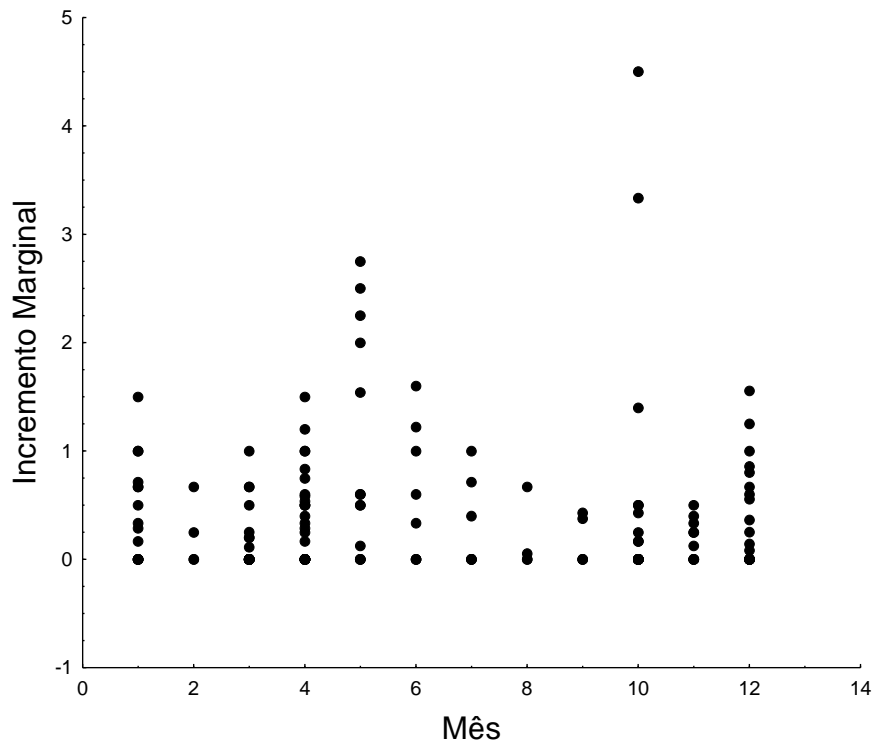


Figura 4. A - Proporção (%) de frequência de incremento marginal relativo por mês.

A figura 5 mostra os comprimentos retrocalculados à idade de formação de cada anel. Os indivíduos mais jovens apresentaram crescimento mais rápido. Os comprimentos retrocalculados para cada idade e os comprimentos observados foram ainda plotados para verificar a existência do efeito Rosa-Lee.

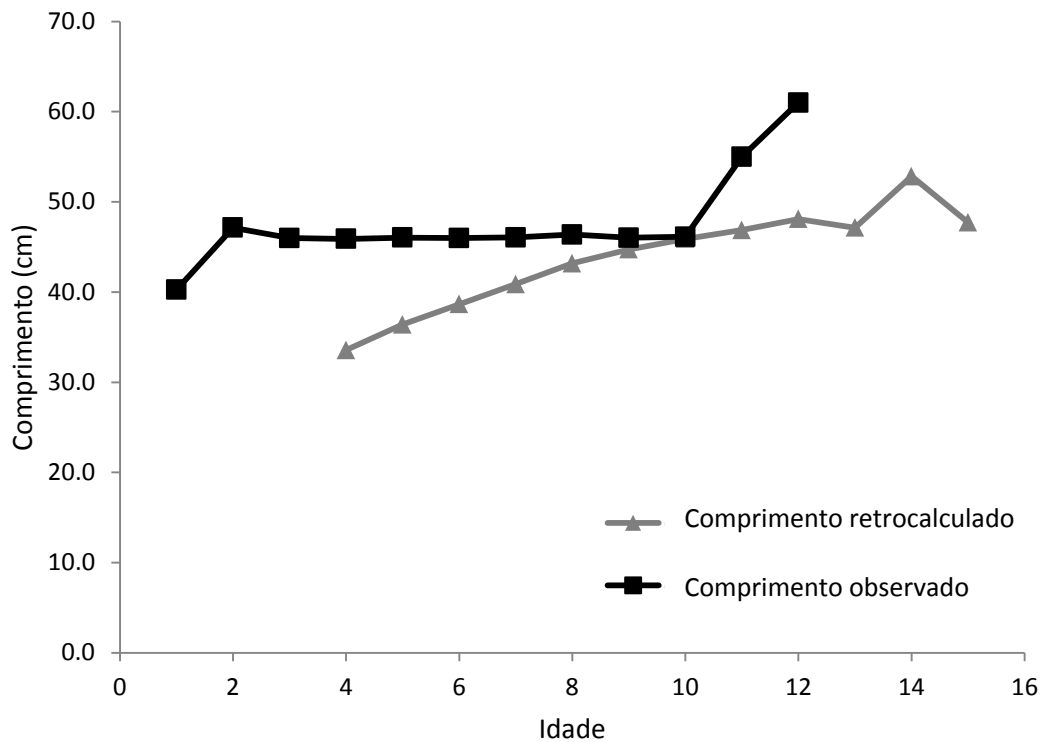


Figura 5. Comprimentos retrocalculados e comprimentos observados para *Sparisoma amplum*.

A relação idade-peso do otólito de *Sparisoma amplum* foi comparada com as relações existentes na literatura (Previero 2013; Choat 1996) para espécies do mesmo grupo (Figura 6).

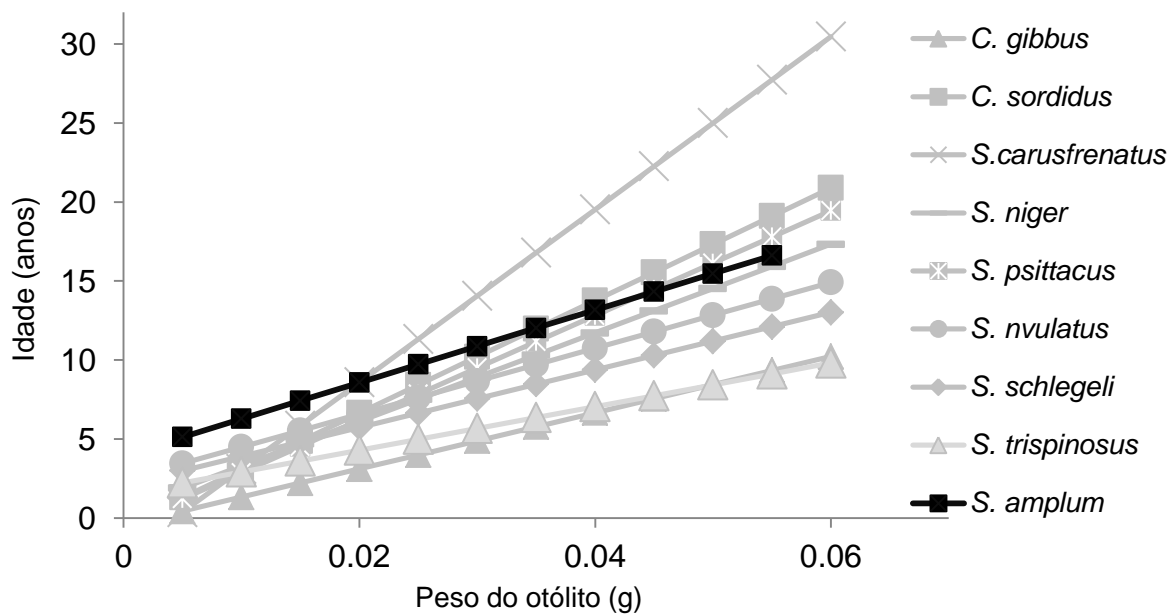


Figura 6. Comparação das regressões entre peso do otólito e idade (Média das leituras 1 e 2) de *Sparisoma amplum* com a regressão obtida para outras espécies de Scarini dos gêneros *Chlorurus* e *Scarus*, em Choat (1996) e Previero (2013).

Os valores estimados dos parâmetros de crescimento para a curva de crescimento von Bertalanffy foram de 55,56 cm para o comprimento máximo assintótico (L_{∞}) e 0,21 para a taxa de crescimento (K) (Tabela 2). Os indivíduos mais velhos da amostra possuíram no geral, tamanhos em torno do comprimento máximo assintótico (Figura 7).

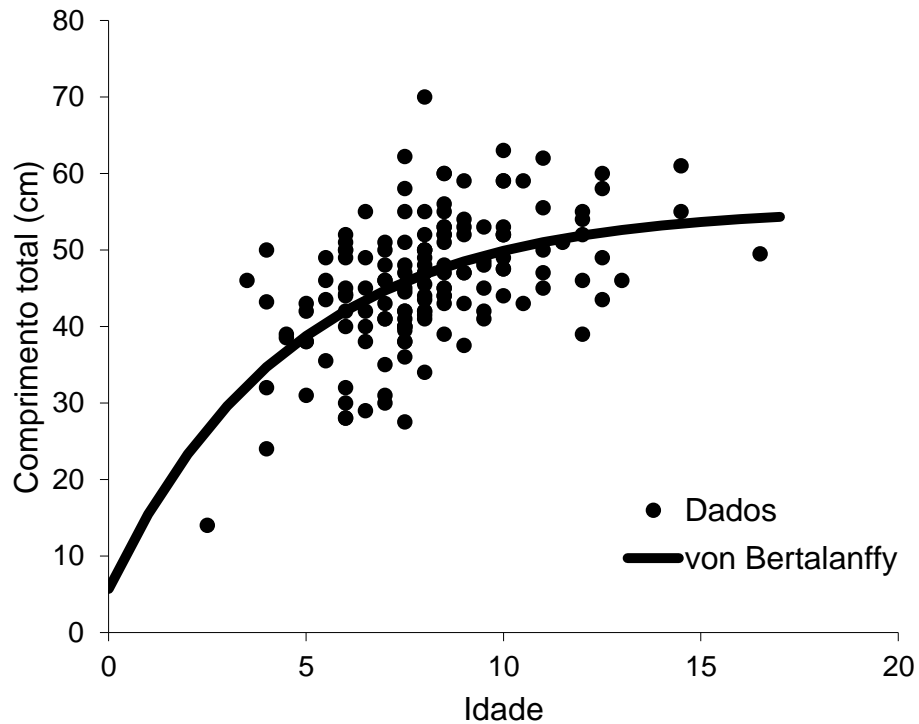


Figura 7. Curva de crescimento de von Bertalanffy (Médias das leituras 1 e 2) para *Sparisoma amplum* da região do Banco dos Abrolhos - BA.

A curva de crescimento (Figura 8) de Schnute-Richards teve os valores estimados dos parâmetros de crescimento em 0,20 para a taxa de crescimento (K) 0,6 para o parâmetro θ para L_1 21,69 e 54,10 para L_2 (Schnute-Richards) (Tabela 2). A figura 9 mostra a comparação entre as curvas de crescimento de von Bertalanffy e Schnute-Richards.

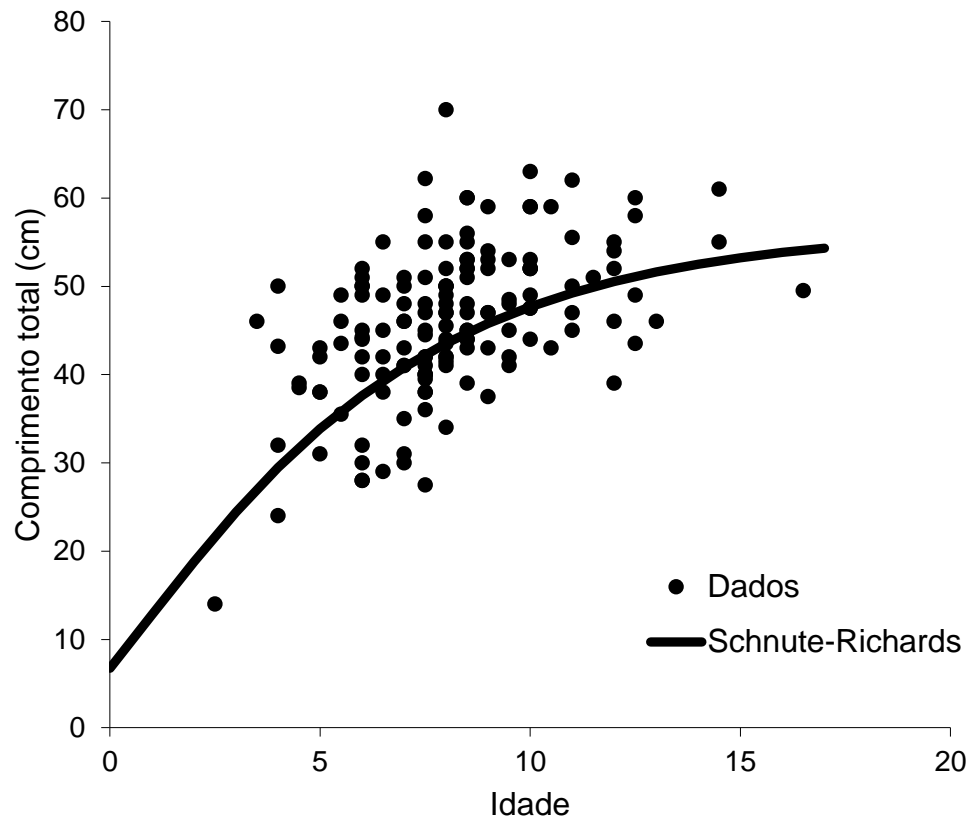


Figura 8. Curva de crescimento de Schnute-Richards (Média das leituras 1 e 2) para *Sparisoma amplum* da região do Banco dos Abrolhos – BA.

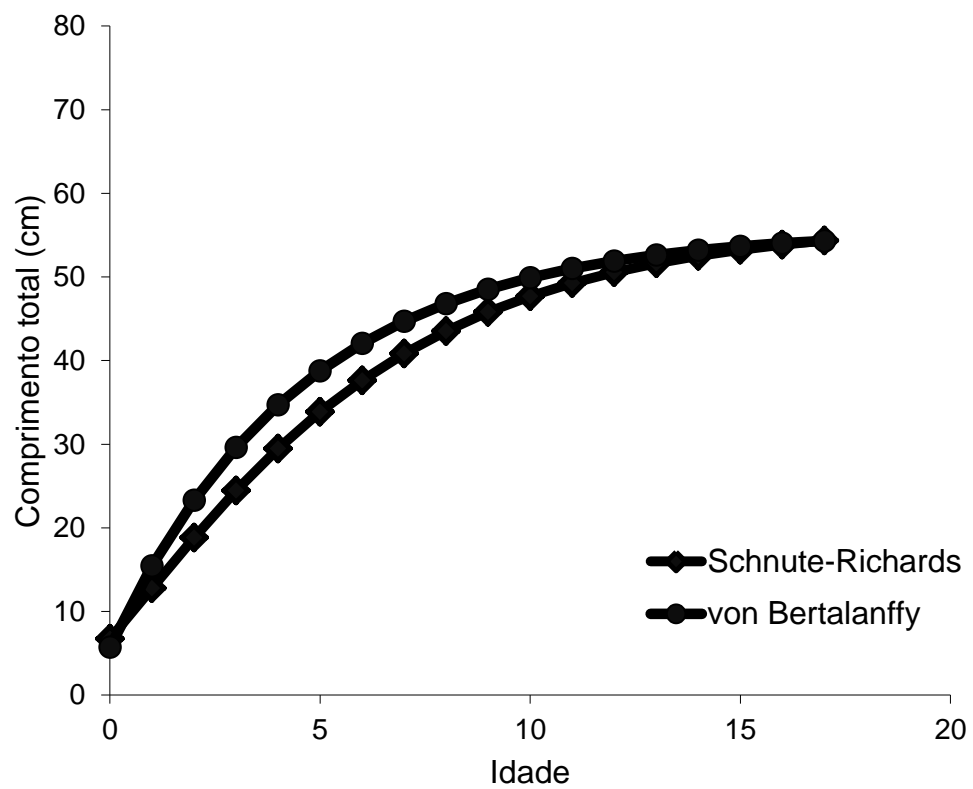


Figura 9. Comparação entre as curvas de crescimento de von Bertalanffy e Schnute-Richards para *Sparisoma amplum*. (Média das leituras 1 e 2).

Parâmetro	VBGF	Schnute-Richards
Linf	55,56	-
K	0,21	0,20
L1	-	21,69
L2	-	54,10
θ	-	0,6
AICc	141	140,3
Δ AICc	0,71	0

Tabela 2. Valores estimados para os parâmetros das curvas de crescimento de von Bertalanffy e Schnute-Richards.

3.3.3 Estrutura etária

Os dados de idade obtidos através da leitura (Leitura 1) dos otólitos *sagitta* e o comprimento padrão de *Sparisoma amplum* foram utilizados para formular a chave de idade-comprimento (Tabela 3), onde podem ser observadas as idades e tamanhos que se fizeram mais presentes na amostra. A amostra de *Sparisoma amplum* possui indivíduos com uma variação de idade (para a leitura 1) de 2 a 17 anos e as idades mais frequentes encontraram-se entre 6 e 12 anos. Os comprimentos encontrados variaram de 14-70 cm.

Quando observados os sexos separadamente (Figura 10), é possível verificar que a população é formada por machos com média de idade variando entre 5 e 12. Já para as fêmeas a média de idade oscila entre 4 e 17. Para os indivíduos que não foram sexados, a variação se estabelece entre 3 e 15 anos.

CP	Idade																	Total		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		17	
(14,16]	0			1															1	
(16,18]																			0	
(18,20]																			0	
(20,22]																			0	
(22,24]																			0	
(24,26]					1														1	
(26,28]									1										0	
(28,30]																			1	
(30,32]																			3	
(32,34]																			1	
(34,36]					1														4	
(36,38]																			2	
(38,40]																			2	
(40,42]																			10	
(42,44]																			11	
(44,46]																			17	
(46,48]																			15	
(48,50]					1														15	
(50,52]						1													13	
(52,54]																			14	
(54,56]																			9	
(56,58]																	1		1	
(58,60]																			1	
(60,62]																			6	
(62,64]																			4	
(64,66]																			3	
(66,68]																			0	
(68,70]																			0	
(70,72]																			0	
Total	0	0	0	1	2	3	8	15	19	28	27	14	7	10	1	1	1	1	1	150

Tabela 3. Distribuição das frequências de comprimento total observado (CT) por idade (Leitura 1) (Chave idade-comprimento).

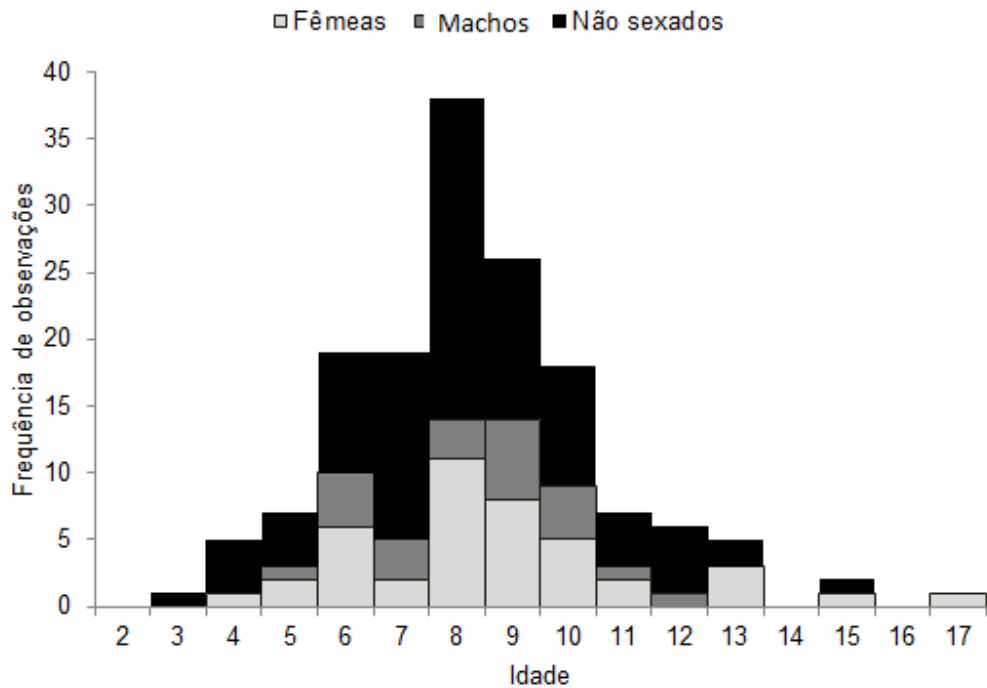


Figura 10. Distribuição da estrutura etária para a leitura 1, por sexo, de *Sparisoma amplum* da região do Banco dos Abrolhos/BA.

3.3.4 Seletividade, maturidade e mortalidade

A idade estimada para 50% de seletividade foi de 8,22 anos e a idade estimada para 95% de seletividade foi de 11,19 anos. A idade estimada para 50% de maturidade foi de 5,57 anos e a idade em que 95% dos indivíduos atingem a maturidade foi estimada em 7,78 anos. A proporção de peixes maduros para cada idade pode ser observada na figura 11. Apenas idades com $n > 2$ foram plotadas.

A mortalidade por pesca (F) (0,18) parece ser 3,27 vezes maior que a mortalidade natural (M) (0,58). A taxa de exploração (E) foi de 0,76. As curvas de seletividade, maturidade e crescimento foram plotadas conjuntamente e podem ser observadas na figura 12.

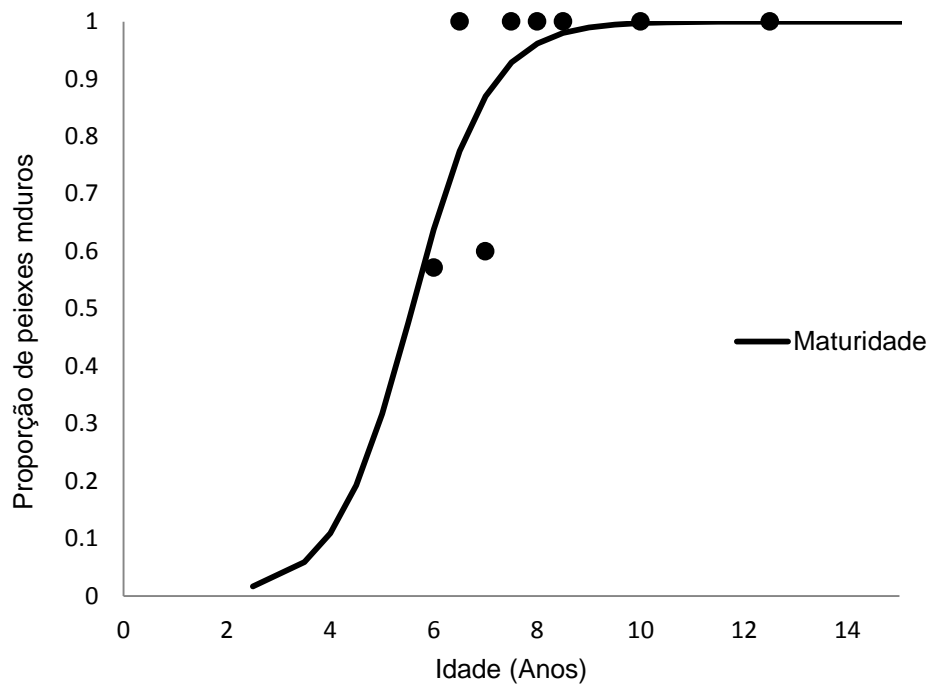


Figura 11. Curva de maturidade plotada com classes de idade com $n > 2$ para *Sparisoma amplum* da região do Banco dos Abrolhos.

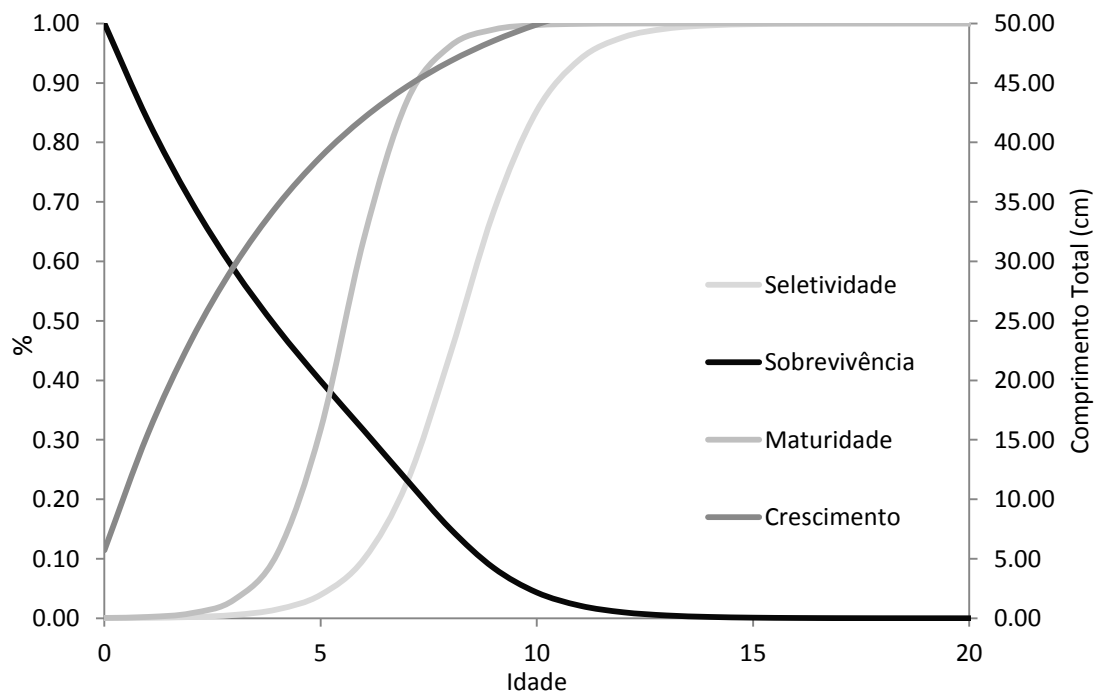


Figura 12. Curvas de seletividade, maturidade, sobrevivência e crescimento de *Sparisoma amplum* da região do Banco dos Abrolhos.

Como houve uma maior proporção de fêmeas presentes na amostra comparativamente com a proporção de machos, um gráfico de proporção x idade foi plotado (Figura 13). É possível verificar uma maior ocorrência de fêmeas nas idades intermediárias e um decaimento drástico de ocorrência nas idades mais avançadas.

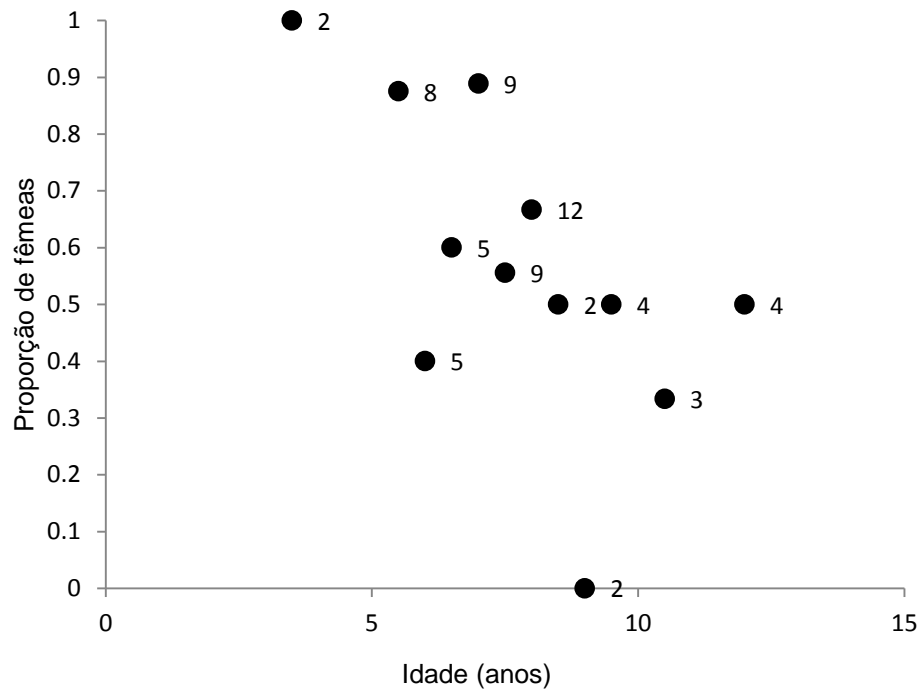


Figura 13. Proporção de fêmeas distribuídas por idade.

3.4 DISCUSSÃO

Os otólitos de *Sparisoma amplum* possuíram anéis de crescimento de difícil visualização sob luz transmitida. A espessura, a largura, o peso e o comprimento do otólito correlacionaram-se com a idade significativamente ($p < 0,0001$). Isso evidencia o crescimento contínuo dessa estrutura calcificada conforme o indivíduo se torna mais velho. Segundo Ross (2005), estas informações podem ser utilizadas para gerar dados de estrutura etária das populações de peixes.

Quando comparada com a relação entre peso de otólito e idade de outras espécies (gêneros *Scarus* e *Chlorurus*) de Scarini, a relação estabelecida entre tais mensurações para *Sparisoma amplum* também mostrou linearidade, indicando que essas estruturas não sofrem reabsorção e seu crescimento de aposição é linear e contínuo durante o tempo de vida (Choat et al. 1996, Campana 1999).

Choat et al. (1996, 2003) e Petrakis & Papaconstantinou (1990) em seus estudos sobre crescimento de Scarini (*Sparisoma viride*, *Chlorurus gibbus*, *Scarus psittacus*, *Scarus schlegeli*, *Chlorurus sordidus*, *Scarus frenatus*, *Scarus niger* e *Scarus rivulatus*) confirmaram a presença de formação de anéis anuais. Neste estudo, a análise do incremento marginal não forneceu informações precisas para inferência da periodicidade de formação de anéis etários. Vê-se a necessidade de uso de métodos de validação direta (ver mais em Campana 2001), que se apresentam mais robustos, bem como uma amostragem maior (Choat & Robertson 2002), visto que a amostra apresentou-se não representativa (indivíduos jovens escassos). A análise do incremento marginal, segundo Smith (2014) é a análise de validação mais difícil no que se trata da precisão de aplicação porque ela depende da reflexão da luz na borda do otólito, que pode também ter interferido na observação de incrementos pequenos.

A análise do APE (erro percentual médio) mostrou que o erro entre as leituras foi moderado (<10%) (Campana et al. 1995), portanto há confiabilidade nos dados.

Assim como vários outros estudos sobre idade e crescimento, este obteve amostras da pesca comercial. Presume-se que estas amostras são representativas da população, porém, a pesca é seletiva (Thorson & Simpfendorfer 2009). Apesar de as curvas dos comprimentos retrocalculados e dos comprimentos observados não terem os mesmos padrões e haver claros sinais de seletividade (Fenômeno Rosa-Lee) – principalmente nos indivíduos mais jovens nos dados apresentados – nenhum grupo de idade-comprimento foi retirado das análises, pois não foi possível o ajuste das curvas de crescimento sem estes dados. Não foi possível também, ajustar as curvas de crescimento para os sexos separadamente, pois os dados não foram adequados, portanto as curvas foram ajustadas para todos os indivíduos conjuntamente (os machos, as fêmeas e os não sexados). As curvas de crescimento para *Sparisoma amplum* mostram evidências de um crescimento assintótico, assim como ocorreu com outras espécies de Scarini em Choat et al (1996). Valores do parâmetro K baixos (crescimento lento) e tamanhos médios.

Os modelos de crescimento estimados neste estudo, ao serem submetidos à análise de $\Delta AICc$, mostraram valores de 0,77 para VBGC e 0 para Schnute-Richards. Com base nestes valores, podemos afirmar que os modelos de von Bertalanffy e Schnute-Richards foram concorrentes, no que se refere aos dados de idade e crescimento de *Sparisoma amplum*. O Critério de informação de Akaike é amplamente recomendado para a seleção de modelos de crescimento porque é efetivo na busca do modelo mais parcimonioso (Katsanevakis 2006).

O gráfico obtido de regressões idade x peso do otólito apresentado por Choat et al. (1996) e Previero (2014) com outras oito espécies da subfamília Scarini mostra que há semelhanças entre o crescimento em peso do otólito entre *Sparisoma amplum* e *Scarus psittacus*. Fica evidente que, assim como para as outras espécies do estudo de Choat et al. (1996), o otólito *sagitta* de *Sparisoma amplum* apresenta um ganho de peso linear com o aumento da idade.

A estrutura etária das capturas de *Sparisoma amplum* no Banco dos Abrolhos compõe-se de indivíduos com idades entre 2 e 17 anos (leitura 1). A variação de idade entre os sexos foi maior para as fêmeas, assim como ocorreu no estudo da espécie *Sparisoma frondosum* realizado por Lessa et al. (2015). A espécie alcança tamanhos corporais grandes e neste estudo, o maior exemplar mediu 70 cm. Houve uma grande variabilidade de tamanhos para as idades e isto pode ter sido ocasionado por crescimento heterogêneo. Analisando os padrões encontrados com o retrocálculo dos comprimentos, podemos inferir que, os comprimentos médios retrocalculados são menores que os comprimentos médios observados e que a espécie tem uma grande variabilidade de comprimentos para cada idade. Assim como outros membros do grupo dos Scarini, bem como sua espécie irmã *Sparisoma viride* (Choat 2003), *Sparisoma amplum* apresentou rápido crescimento nas idades iniciais (Choat et al, 1996).

A proporção de fêmeas na amostra foi de 28% e com o aumento da idade, pode-se observar que essa proporção diminuiu drasticamente. Este fenômeno pode estar ocorrendo pelo fato de as fêmeas, que são mais abundantes e menores, sofrerem reversão sexual quando machos terminais, maiores e mais velhos são retirados da população (Choat & Robertson 2002).

A longevidade estimada de 17 anos e a maturidade de 5,5 anos para *Sparisoma amplum* não diferem tanto da longevidade e da maturidade estimadas por Choat et al (2003) para a espécie irmã caribenha (*Sparisoma viride*), que é de 14 e 2,5 – 3 anos respectivamente. Choat (2003) relata que a longevidade de membros do gênero *Sparisoma* é menor do que a longevidade encontrada em membros do gênero *Scarus*. Isto se confirma neste estudo, quando comparamos a idade máxima encontrada para *Sparisoma amplum* (17 anos) com espécies do gênero *Scarus*, que atingiram idade máxima superior a 20 anos (Previero 2014, Choat 1996).

A idade de 50% de seletividade de 8 anos relacionada com a idade de 50% de maturidade infere que a espécie não sofre risco de captura antes de atingir a maturidade, o que é um bom indicativo para a manutenção dos estoques da espécie. A mortalidade por pesca

parece extrapolar em 3,27 vezes mais a mortalidade natural. O que pode inferir que a pesca da espécie não tem sido sustentável no Banco dos Abrolhos. Os níveis de mortalidade por pesca (F) foram os mais influentes nos níveis de mortalidade total (Z) para a espécie. A espécie pode estar em sobrepesca, visto que o valor da taxa de exploração (E) $> 0,5$. Assim como está ocorrendo com *Scarus trispinosus*, a espécie de budião mais importante nas pescarias da região do Banco dos Abrolhos (Francini-Filho & Moura 2008), cuja população encontra-se em declínio (Padovani et al. 2012), *Sparisoma amplum* pode estar sofrendo com a pressão pesqueira, por ser a segunda espécie de budião mais visada nas pescarias do Banco dos Abrolhos. Pela importância ecológica que exerce, e por ser um recurso pesqueiro de crescente interesse visto a aprovação da Portaria 445/2014 (Brasil 2014) - que reconhece *Scarus trispinosus* e outras espécies de peixes e invertebrados brasileiros como ameaçadas de extinção - *Sparisoma amplum* necessita ser levada em consideração nos ordenamentos pesqueiros. O declínio dos estoques da espécie na região é iminente e medidas de ordenamento são necessárias para a manutenção dos mesmos. As pescarias da espécie devem ser mais bem fiscalizadas e um controle maior dos desembarques deve ser considerado.

Este foi o primeiro estudo que incorpora a dinâmica populacional para *Sparisoma amplum*. Recomenda-se que estudos mais abrangentes acerca dos padrões de reprodução associados ao crescimento sejam realizados para *Sparisoma amplum*.

REFERÊNCIAS

- Anderson DR, KP Burnham (2002) Avoiding pitfalls when using information-theoretic methods. *Journal of Wildlife Management*, 66:910-916.
- Beamish RJ, Fournier DA (1981) A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38:982-983.
- Brasil (2014) Ministério do Meio Ambiente. Reconhece como espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da “Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção – Peixes e Invertebrados Aquáticos”. Portaria n. 445. Diário Oficial da União, Brasília. Seção 1, p. 126.
- Campana, SE (1990). How reliable are growth back-calculations based on otoliths? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47: 2219-2227.
- Campana SE, Annand MC, Mcmillan JI (1995) Graphical and Statistical Methods for Determining the Consistency of Age Determinations. *Trans Am Fish Soc*, 24:131-138

- Campana SE (2001) Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish Biol.*, 59:197-242.
- Campana SE (2004) Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean. NRC Research Press, Ottawa. pp 1- 3.
- Choat JH, Ax LM, Lou DC (1996) Growth and longevity in fishes of the family Scaridae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 145:33-42.
- Choat JH, Robertson DR (2002) Age-based studies on coral reef fishes. pp 57-80. In: Sale P.F., Ed. *Coral Reef Fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem*. Academic Press, San Diego.
- Choat JH, Robertson DR, Ackerman JL, Posada JM (2003) An age-based demographic analysis of the Caribbean stoplight parrotfish *Sparisoma viride*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 246:265-277.
- Enberg K, Dunlop ES, Jørgensen C (2008) Fish growth. In: Jørgensen SE, Fath BD. (eds). *Encyclopedia of Ecology*. Elsevier, Oxford. pp 1564-1572.
- Green BS, Mapstone BD, Carlos G, Begg GA (2009) In: Green BS, Mapstone BD, Carlos G, Begg GA (eds) *Introduction to otoliths and fisheries in the tropics*, in: *Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology*. Springer, Dordrecht, pp 1–22.
- Katsanevakis S (2006) Modelling fish growth: Model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fisheries Research*, 81: 229-235.
- Lai HL (1987) Age determination of pacific cod *Gadus macrocephalus* using five ageing methods. *Fish. Bull.*, 85:713-723.
- Leão ZMAN, Kikuchi RKP, Testa V (2003) Corals and Coral Reefs of Brazil. In: Cortês J (ed) *Latin America Coral Reefs*. Elsevier Publisher, Amsterdam, pp.9-52.
- Leão ZMAN, Kikuchi RKP (2005) A relic coral fauna threatened by global changes and human activities, Eastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 51: 599-611.
- Lessa R, Silva CR, Dias JF, Santana FM (2015) Demography of the Agassiz's parrotfish *Sparisoma frondosum* (Agassiz, 1831) in north-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-10.
- Maunder MN, Wong RA (2011) Approaches for estimating natural mortality: Application to summer flounder (*Paralichthys dentatus*) in the U.S. mid-Atlantic. *Fisheries Research*, 111: 92– 99.

- Maunder MN, Crone PR, Valero JL, Semmens BX (2015) Growth: theory, estimation, and application in fishery stock assessment models. CAPAM Workshop Series Report, 2: 55.
- Methot RD, Wetzel CR (2013) Stock synthesis: a biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fish. Res.*, 142:86-99.
- Minte-Vera CV, Maunder MN, Casselman JM, Campana SE (*submetido*) Growth functions that incorporate the cost of reproduction.
- Padovani-Ferreira B, Floeter S, Rocha L.A, Ferreira CE, Francini-Filho R, Moura R, Gaspar AL. & Feitosa C (2012) *Scarus trispinosus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 04 July 2015
- Pauly D (1980) On the inter relationship between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 stock. *Journal du Conseil international pour l'Exploration de la Mer, Makati*, 39(1):175-1920.
- Petrakis G, Papaconstantinou C (1990) Biology of *Sparisoma cretense*. *J. Appl. Ichthyol.* 6: 14-23
- Previero, M (2014) A pesca do budião-azul (*Scarus trispinosus* Valenciennes, 1840) no maior complexo coralíneo do Atlântico Sul.
- Quinn II TJ, Deriso RB (1999). *Quantitative Fish Dynamics*. Oxford University Press, New York.
- Rangel TFLVB, Diniz-Filho JAF e Bini LM (2010) SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. *Ecography*, 33:46-50.
- Ricker WE (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*
- Ross RM, Johnson JH, Adams CM (2005) Use of Fish–Otolith–Length Regressions to Infer Size of Double-Crested Cormorant Prey Fish from Recovered Otoliths in Lake Ontario. *Northeastern Naturalist* 2005, 12 (2):133-140.
- Schnute JT, Richards LJ (1990) A unified approach to the analysis of fish growth, maturity and survivorship data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47: 24-40.
- Secor DH, Dean JM, Laban EH (1992) Otolith removal and preparation for microstructural examination, p.19, 42. In: Stevenson DK, Campana SE (eds). *Otolith microstructure examination and analysis*. *Can. Spec. Publ. Fish, Aquat. Sci.* 117: 19-42

Smith J (2014) Age validation of lemon sole (*Microstomus kitt*), using marginal increment analysis. Elsevier, 157:41-46.

Taylor NG, Walters CJ, Martell SJD (2005) A new likelihood for simultaneously estimating von Bertalanffy growth parameters, gear selectivity and natural and fishing mortality. Canadian Journal of Fishery and Aquatic Sciences, 62:215-233.

von Bbertalanffy, L. (1957) Quantitative laws in metabolism and growth. Quarterly Review of Biology, 32:218.

Wright PJ et al. (2002) Types of calcified structures: otoliths. In: Panfili J, de Pontual H, Troadec H, Wright PJ (eds) Manual of fish sclerochronology. Ifremer, France, pp 31-57.