



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

THAÍSY EMMANUELLE FLORENTINO DA SILVA

**USO DO HABITAT E DEMOGRAFIA DO TUBARÃO AZUL (*Prionace glauca*,
Linnaeus, 1758) NO OCEANO ATLÂNTICO SUL OCIDENTAL**

RECIFE-PE
FEVEREIRO-2019

THAÍSY EMMANUELLE FLORENTINO DA SILVA

**USO DO HABITAT E DEMOGRAFIA DO TUBARÃO AZUL (*Prionace glauca*,
Linnaeus, 1758) NO OCEANO ATLÂNTICO SUL OCIDENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGE/UFRPE), como exigência para a obtenção do título de Mestre

Orientador:

Dr. Francisco Marcante Santana da Silva

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2019**

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

S586u Silva, Thaísy Emmanuelle Florentino da
Uso do habitat e demografia do tubarão azul (*Prionace glauca*, Linnaeus, 1758) no oceano atlântico sul ocidental / Thaísy Emmanuelle Florentino da Silva. – 2019.
79 f. : il.

Orientador: Francisco Marcante Santana da Silva.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Demografia 2. Mortalidade 3. Tubarão azul (Peixe) I. Silva, Francisco Marcante Santana da, orient. II. Título

CDD 574

THAÍSY EMMANUELLE FLORENTINO DA SILVA

**USO DO HABITAT E DEMOGRAFIA DO TUBARÃO AZUL (*Prionace glauca*,
Linnaeus, 1758) NO OCEANO ATLÂNTICO SUL OCIDENTAL**

Dissertação defendida e aprovada em 25 fevereiro de 2019

Banca examinadora:

Prof. Dr. Francisco Marcante Santana da Silva -UFRPE (UAST)
(Orientador/presidente)

Titulares

Dra. Ana Carla Asfora El-Deir -UFRPE (Membro Interno)

Dra. Rosângela Paula Teixeira Lessa -UFRPE (Membro Externo)

Suplente

Dr. Mauro de Melo Júnior (UFRPE) (Membro Interno)

Dr. Draúcio Pinheiro Vêras (UFRPE) (Membro Externo)

DEDICO

Aos meus pais, Noemia Florentino Santos da Silva e Sebastião José da Silva, por sempre me apoiarem e serem minha âncora.

“Um grão na balança determinará qual indivíduo viverá e qual morrerá - qual variedade ou espécie aumentará em número e qual diminuirá ou finalmente se tornará extinta”

 Charles Darwin 

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente,

A Deus, por tranquilizar esse coração repleto de anseios e inquietações, a quem sou grata pela minha existência e por ser meu escudo, fortaleza e morada em cada momento difícil vivido. “Sou grata a ti meu Deus!

Aos meus pais Noemia e Sebastião, por tanto amor recebido durante minha vida, por todo apoio e incentivo nessa caminhada em busca dos meus sonhos. Não iria chegar até aqui se não fosse a dedicação de vocês e é com os olhos repleto de lágrimas que agradeço por ter Noemia e Sebastião como pai e mãe. Aos meus familiares (irmão, sobrinhos, tios e tias, padrinho e madrinhas, primos e primas) por vibrar a cada conquista e me motivar sempre nessa trajetória.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Francisco Marcante Santana da Silva que vem me acompanhando desde a graduação, antes como meu professor e hoje no mestrado como meu orientador, obrigada por toda confiança e ensinamentos.

De uma forma especial, agradeço a professora Dra. Rosângela Lessa que me recebeu tão bem em seu laboratório, disponibilizando todo o material necessário para a pesquisa, além de todas as valiosas sugestões.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) por todo o suporte e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia (PPGE) que me acolheu durante esse período, onde conseguir crescer como pessoa e profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de mestrado.

A todos os docentes que participaram da minha formação, principalmente do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, obrigada pelos valorosos ensinamentos.

A professora Dra. Ana Carla Asfora El-Deir (Aninha), uma pessoa incrível que tive a sorte de conhecer, obrigada por todos os ensinamentos, conversas, conselhos e sua amizade.

Ao professor Mauro de Melo Júnior, que sempre disponibilizou uma parte do seu tempo para contribuir com ensinamentos e valiosas contribuições, desde a graduação.

Aos colegas do PPGE/UFRPE, em especial a turma de 2017.1, que compartilharam comigo essa experiência linda e de grande aprendizado durante esses dois anos.

Aos colegas do Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas (DIMAR), pelos muitos momentos de descontração e aprendizado.

Agradeço aos meus amigos, tantos amigos especiais, que longe ou perto alegram e vibram a cada conquista minha (Nay Ribeiro, Mayarinha, Priscilla Gouveia, Bárbara França,

Mayara Lúcia, Michele Lúcia, Lucas Oliveira, Allan Jefferson, Jaiane Nascimento e Laís Barcellos) amigos de infância, de ensino médio, graduação e mestrado, “*Levo vocês comigo sempre*”.

À banca avaliadora desta dissertação, Rosângela Paula Teixeira Lessa (UFRPE), Ana Carla Asfora El-Deir (UFRPE), Mauro de Melo Júnior (UFRPE) e Draúcio Pinheiro Vêras (UFRPE) por terem aceitado o convite e pelas valiosas considerações na dissertação.



SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	Vi
ABSTRACT	i
1. INTRODUÇÃO GERAL	Ix
1. HIPÓTESES	1
2. HIPÓTESES	5
3. OBJETIVOS	5
4. REFERÊNCIAS	6
5. CAPÍTULO 1: Ecologia e pesca do tubarão azul (<i>Prionace glauca</i>), com ênfase no Oceano Atlântico Sul: uma revisão	12
5.1. Resumo.....	13
5.2. Introdução.....	14
5.3. Taxonomia e distribuição.....	14
5.4. Pesca.....	15
5.5. Biologia.....	16
5.5.1. <i>Idade e crescimento</i>	16
5.5.2. <i>Reprodução</i>	17
5.5.3. <i>Dieta</i>	18
5.5.4. <i>Demografia</i>	18
5.5.5. <i>Conservação e conclusão</i>	20
5.6. Referências Bibliográficas.....	21
5.7. Apêndice.....	27
6. CAPÍTULO 2: Uso do habitat e demografia do tubarão azul (<i>Prionace glauca</i>, Linnaeus, 1758) no Oceano Atlântico Sul Ocidental	31
6.1. Resumo.....	32
6.2. Introdução.....	33
6.3. Material e Métodos.....	34
6.3.1. <i>Demografia</i>	34
6.3.2. <i>Matriz de Leslie</i>	37
6.3.3. <i>Microquímica</i>	39
6.3.3.1. <i>Coleção de amostras</i>	39
6.3.3.2. <i>Idade estimada</i>	40
6.3.3.3. <i>Análise multi-elementares</i>	40
6.4. Resultado.....	41
6.5. Discussão.....	47
6.6. Referências Bibliográficas.....	50
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
ANEXO	56

RESUMO

Os elasmobrânquios (tubarões e raias) são espécies que apresentam uma grande vulnerabilidade a exploração antrópica. As populações destas espécies vêm sofrendo declínios significativos principalmente devido à sobrexploração causada pela sobrepesca. O tubarão azul (*Prionace glauca*) é a espécie de tubarão mais amplamente distribuída e mais pescada do mundo, sendo a mais abundante nas pescarias com espinhel pelágico na região oceânica. Embora seja uma espécie altamente explorada pela pesca, *P. glauca* é considerada como uma espécie quase ameaçada de extinção no Brasil e no mundo. No entanto, o *status* de conservação pode estar ligado à ausência ou escassez de informações quanto a sua demografia e uso do habitat. Por estas razões, o objetivo do presente estudo foi analisar através de revisão de literatura as evidências publicadas sobre a biologia e pesca do tubarão azul, avaliar o uso do habitat (identificação de população e de área de berçário) através de análises microquímica multi-elementar em vértebras e estimar parâmetros demográficos do tubarão azul (*Prionace glauca*) no Oceano Atlântico Sul, com vista a auxiliar o manejo sustentável e conservação da espécie. Para o estudo da demografia, um total de 798 exemplares de *P. glauca* foram capturados entre os anos de 1994 a 2002 em embarcações que operaram no Oceano Atlântico sul. Um modelo populacional de matriz foi construído e assim, obtida a elasticidade. Três cenários foram gerados a partir da mortalidade natural (M), total (Z) e equilíbrio (Z'). No cenário real, com impacto da atividade pesqueira, a taxa de crescimento populacional intrínseca foi de -0,043, mostrando que a população diminui a cada ano. A análise de elasticidade mostrou que os jovens são fundamentais para a sustentabilidade da população. A análise multi-elementares nas vértebras de 7 exemplares, mostraram diferenças significativas (teste U de Mann-Whitney, $P < 0,05$). No entanto, as proporções Sr:Ca, Mn:Ca e Cu:Ca exibiu uma relação direta, sendo significativa entre os indivíduos (Kruskal-Wallis, $P < 0,05$). O tubarão azul é considerado como deficiente em dados de demografia e uso do habitat, tais informações são necessárias devido ao esforço de pesca atual ao qual está submetida a espécie. Medidas de conservação, são necessárias uma vez que declínios já estão sendo registrados.

ABSTRACT

Elasmobranchs (sharks and rays) are species that present a great vulnerability to anthropogenic exploitation. The populations of these species have suffered significant declines mainly due to overexploitation caused by overfishing. The blue shark (*Prionace glauca*) is the most widely distributed and species in the world, being the most abundant in the pelagic fisheries in the oceanic region. Although it is a species highly exploited by fishing, *P. glauca* is considered as an almost endangered species in Brazil and in the world NT. However, conservation status may be linked to the absence or scarcity of information regarding their demographics and habitat use. For these reasons, the objective of the present study was to analyze the published evidence on the biology and fishing of the blue shark, to evaluate the use of the habitat (population and nursery area identification) through multi-elemental microchemical analyzes in vertebrae and to estimate demographic parameters of the blue shark (*Prionace glauca*) in the South Atlantic Ocean, in order to assist the sustainable management and conservation of the species. For the study of demography, a total of 798 *P. glauca* specimens were captured between the years of 1994 and 2002 on vessels operating in the South Atlantic Ocean. A matrix population model was constructed and thus, obtained the elasticity. Three scenarios were generated from natural mortality (M), total (Z) and equilibrium (Z'). In the real scenario, with an impact of fishing activity, the intrinsic population growth rate was -0.043, showing that the population decreases every year. The elasticity analysis showed that young are fundamental for the sustainability of the population. The multi-elemental analysis in the vertebrae of 7 specimens showed significant differences (Mann-Whitney U test, $P < 0.05$). However, the proportions Sr: Ca, Mn: Ca and Cu: Ca exhibited a direct relationship, being significant among individuals (Kruskal-Wallis, $P < 0.05$). Blue shark is considered to be deficient in demographic data and habitat use, such information is necessary because of the current fishing effort to which the species is subjected. Conservation measures are necessary since declines are already being recorded.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os membros da classe dos Chondrichthyes, ou peixes cartilagosos incluem cerca de 1.115 espécies descritas (Camhi et al., 2009), sendo divididas em duas subclasses: *Holocephali* (quimeras) e *Elasmobranchii* (tubarões e raias).

Os tubarões e raias (elasmobrânquios) formam um grupo importante ecologicamente, pois geralmente são predadores de topo nos ecossistemas marinhos (HEITHAUS et al., 2008; FALLOWS et al., 2015; HUSSEY et al., 2015). Assim, a remoção desse predador no ambiente amplamente diversificado com complexas inter-relações pode ocasionar mudanças na composição das comunidades de presa ou um aumento no seu número (STEVENS et al., 2000, HEUPEL et al., 2014). Entretanto, mesmo diante da elevada importância algumas populações de elasmobrânquios sofrem um alto impacto antropogênico e declínios, extinções de espécies e mudanças nos ecossistemas são prováveis e iminentes devido aos atuais níveis de exploração pesqueira (Stevens et al., 2000; Dulvy et al., 2014).

A suscetibilidade dos elasmobrânquios à pressão pesqueira aumenta devido a sua estratégia de história de vida sendo considerados K-estrategistas, ou seja, possuem uma biologia caracterizada por um crescimento lento, maturidade sexual tardia, alta longevidade, baixa fecundidade e alta mortalidade natural (SMITH et al., 1999; STEVENS et al., 2000; GRAHAM et al., 2001; WILLEMS et al., 2016). Estas características os tornam mais vulneráveis a sobrexploração, quando comparados com os teleósteos (HEUPEL et al., 2014). Por isso, vários elasmobrânquios encontram-se em listas de espécies ameaçadas em todo mundo. Consequentemente, esse assunto é tema de maior preocupação entre vários pesquisadores (MEGALOFONOU et al., 2005; AIRES- DA- SILVA & GALLUCCI, 2007).

Historicamente, os tubarões são explorados pela pesca, inicialmente capturados acidentalmente em pescarias oceânicas com espinhel pelágico para atuns (*Thunnus* spp.) e espadarte (*Xiphias gladius*) (COELHO et al., 2003; AIRES-DA-SILVA & GALLUCCI, 2007; CARVALHO et al., 2010; MOURATO et al., 2011). De modo geral, o espinhel consiste em um aparelho de pesca utilizado nas pescarias comerciais, formados por uma linha principal suspensa horizontalmente na coluna de água por flutuadores e boias, com anzóis iscados em samburás, ficando à deriva durante toda a operação de pesca (BAUM & MYERS, 2003). Por sua vez, com as mudanças tecnológicas nas artes de pesca aliado a demanda no comércio, algumas espécies de tubarões tornaram-se alvo nas pescarias para abastecer os mercados internacionais (CLARKE, 2004; CLARKE et al., 2006; FORDHAM, 2006; AIRES-DA-SILVA & GALLUCCI, 2007). Dentre estes, o tubarão azul (*Prionace glauca*) é bastante apreciado devido

as suas longas barbatanas, ocupando o primeiro lugar nas capturas oceânico-pelágicas em todo mundo (CLARKE *et al.*, 2006).

O tubarão azul pertence à família Carcharhinidae (COMPAGNO, 1984), apresenta corpo alongado com longas nadadeiras peitorais, olhos grandes e coloração azul escuro na região dorsal, azul brilhante nos lados e branco na parte inferior (NAKANO & SEKI, 2003; NAKANO & STEVEN, 2008). É uma espécie oceânico-pelágica, distribuindo-se em profundidade até 152 m (LESSA *et al.*, 2004), podendo chegar a ter aproximadamente 4m de comprimento, sendo sua dieta constituída principalmente de peixes e cefalópodes (STEVENS, 1984; NAKANO & STEVEN, 2008; MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI, 2010). O seu modo reprodutivo é vivíparo placentário, e sua gestação pode durar cerca de 9- 10 meses, gerando em média 15 e 30 filhotes (COMPAGNO, 1984; HAZIN & LESSA, 2005; NAKANO & STEVEN, 2008; EBERT *et al.*, 2013).

O *P. glauca* é uma espécie abundante e amplamente distribuída em todos os oceanos tropicais e temperados devido aos seus movimentos migratórios (MEGALOFONOU *et al.*, 2005; 2005b). Esses movimentos são influenciados pelas variações sazonais na temperatura da água, ciclo reprodutivo e disponibilidade de recursos alimentares (KOHLENER *et al.*, 2002; WERRY *et al.*, 2014). Assim, é possivelmente a espécie de tubarão mais amplamente distribuída e mais pescada do mundo (EBERT *et al.*, 2013). Embora seja altamente explorada pela pesca, *P. glauca* é considerada como quase ameaçada de extinção (NT – Near Threatened) tanto na lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN – Sigla em inglês) (STEVENS, 2009), como também no Brasil (ICMBio, 2016), isso quer dizer que houve redução de biomassa.

No Atlântico sul, o tubarão azul vêm sendo capturado desde o Século XX, quando teve início a atividade de pesca com espinhel pelágico (HAZIN *et al.*, 1990; CAMHI *et al.*, 2008). O Brasil por sua vez é responsável por uma parcela considerável das capturas de tubarão azul no Atlântico Sul (CARVALHO *et al.*, 2015). Nessa região, o ciclo reprodutivo da espécie ocorre com o acasalamento das fêmeas em águas do sul do Brasil durante o verão, seguindo posteriormente para o Nordeste onde ocorre a ovulação e fertilização (LEGAT & VOOREN, 2004; HAZIN & LESSA, 2005).

Apesar de ser uma espécie bastante estudada, principalmente em relação a sua distribuição, abundância e biologia estudos sobre a demografia e o uso do habitat da espécie ainda são escassos. Análises demográficas são métodos determinísticos e estocásticos que podem ser estimados usando dados baseados na idade (age-based) ou em estágios (stage-based) de vida da espécie estudada (CORTÉS, 1998; MOLLET & CAILLIET, 2002; CHEN & YUAN,

2006; CORTÉS, 2007; SANTANA *et al.*, 2009). Para populações de tubarões, começaram a ser utilizadas na década de 1990, devido à dificuldade dos dados biológicos necessários para a análise (CHEN & YUAN, 2006). As primeiras análises demográficas foram realizadas utilizando tabelas de vida (CORTÉS, 2002) sendo úteis para estudos de populações onde os dados são insuficientes para realizar uma avaliação de estoques (AU & SMITH, 1997, CORTÉS, 2007).

A demografia fornece uma descrição mais adequada da população estudada, através de informações dos parâmetros da história de vida da espécie (BOOTH *et al.*, 2011) tais como maturidade sexual, idade máxima de reprodução, taxa de mortalidade e natalidade (CORTÉS, 1998; TAKEUSHI *et al.*, 2004). Este método avalia a possibilidade da população aumentar ao longo do tempo, mesmo sem a mortalidade por pesca (CAMHI *et al.*, 2008). Além de caracterizar sua vulnerabilidade à exploração (CORTÉS, 2007) e gerenciar o estoque de tubarões (CHEN & YUAN, 2006), sendo uma ferramenta essencial para auxiliar as espécies altamente exploradas ou com ameaça devido à sobrepesca (SANTANA *et al.*, 2009).

Este tipo de abordagem vem sendo amplamente utilizada para avaliar a situação de populações de tubarões e raias em todo mundo (BEERKIRCHER *et al.*, 2003; CARLSON *et al.*, 2003; SANTANA *et al.*, 2009; PIERCE & BENNETT, 2010), inclusive com o tubarão azul (TAKEUCHI *et al.*, 2004; AIRES-DA-SILVA & GALLUCCI, 2007; MONTEALEGRE-QUIJANO & VOOREN, 2009). Nestes estudos dirigidos para *P. glauca*, não foram encontrados indícios de declínios populacionais, sendo o principal motivo a alta fecundidade da espécie, que compensaria a perda de indivíduos causada pela pesca, porém, em todos fica o alerta que a sobrevivência dos jovens (imaturos) é fundamental para o equilíbrio da população.

No Atlântico sul, Carvalho *et al.* (2014) observou que o estoque do *P. glauca* registrado estava abaixo dos níveis de biomassa nos quais a produtividade máxima sustentável é alcançada. Da mesma forma, a ICCAT (2015) descobriu que o estoque nessa região poderia estar um pouco sobrepesado. Aliado a isto, Montealegre-Quijano (2007) e Carvalho *et al.* (2010; 2011) revelam uma grande captura de indivíduos jovens de tubarão azul no Brasil, em uma região que pode ser o local de berçário da espécie no Oceano Atlântico sul. As capturas de *P. glauca* neste possível berçário podem afetar diretamente a população inteira no Atlântico sul, causando declínios nunca considerados para a espécie.

As áreas de berçários geralmente fornecem uma ampla gama de itens alimentares, atenuação do risco de predação e condições para que os jovens cresçam rápido, e se juntem à parte adulta da população. Uma das formas de avaliar contribuição dos berçários para o estoque explorado e inferir sobre o comportamento migratório ao longo do ciclo de vida de uma espécie, constitui-se na análise de registros microquímicos em estruturas rígidas que refletem as

características físico-químicas do ambiente habitado previamente (CAMPANA *et al.*, 1995; PONTUAL & GEFFEN, 2002; ELSDON & GILLANDERS, 2003).

Desde a década de 70, a composição química de estruturas rígidas (escamas, vértebras, otólitos, espinhos, etc) em peixes é utilizada como fonte de informação para a elucidação de questões em biologia marinha. Esta metodologia parte da premissa que a estrutura rígida reflete as características físico-químicas do ambiente na qual o peixe evoluiu (CAMPANA *et al.*, 1995; CAMPANA *et al.*, 2000; PONTUAL & GEFFEN, 2002; ELSDON & GILLANDERS, 2003).

Ao longo dos últimos anos, diversos estudos sobre a microquímica em otólitos (estrutura rígida comum em peixes ósseos) foram realizados, e são divididos principalmente em dois temas de pesquisas. O primeiro refere-se à ecologia, na reconstituição da história individual do peixe, que utiliza como indicadores a relação Estrôncio/Cálcio (Sr/Ca) (TZENG *et al.*, 2003), os isótopos estáveis de Oxigênio e Carbono (DUFOR et al., 2005) e os isótopos de Sr (KENNEDY *et al.*, 2002). A outra aplicação é na discriminação de populações ou estoques e na validação da estimativa da idade, onde são utilizadas análises multielementares (CHITTARO *et al.*, 2004) ou do Carbono 14 emitido através de testes nucleares (CAMPANA, 1997).

Estes estudos também podem ser realizados em outras estruturas rígidas, (GILLANDERS, 2001). Elasmobrânquios (tubarões e raias) não possui otólitos, por este motivo utiliza as vértebras para as análises (HALE *et al.*, 2006). As vértebras cartilaginosas de tubarões e raias são metabolicamente inativas, crescem por toda a vida dos peixes ósseos e são depositados em faixas alternadas anuais, a partir do qual as idades podem ser determinadas, permite o registro da assinatura química do ambiente em que o indivíduo passou durante a sua vida (TILLET *et al.*, 2011; McMILLAN *et al.*, 2017).

Assinaturas de elementos químicos traços que identificam locais ou regiões de nascimento e migração possuem um enorme potencial para o manejo, permitindo o entendimento de padrões de movimento e de identificação e uso de berçários durante o ciclo de vida. Estudos utilizando análises microquímicas em vértebras de tubarões e raias para validação da idade, discriminação de populações e padrões migratórios já foram conduzidos com sucesso (ARDIZZONE *et al.*, 2006; CAMPANA *et al.*, 2002, HALE *et al.*, 2006;. LEWIS *et al.*, 2016; McCANN *et al.*, 2010; TILLET *et al.*, 2011). Entretanto, nenhum estudo com análise de microquímica foi realizado com o tubarão azul.

Diante do cenário apresentado, esta dissertação foi elaborada com o intuito de levantar informações sobre a biologia e pesca do tubarão azul, com destaque no Atlântico sul, buscando esclarecer o uso desse ambiente e os efeitos da pesca para a espécie. Além disso, buscou-se identificar uma ou mais populações e uso de habitat do tubarão azul nessa região. Assim, a dissertação foi dividida em dois capítulos:

- Capítulo 1: *Ecologia e pesca do tubarão azul (Prionace glauca), com ênfase no Oceano Atlântico Sul: uma revisão*
- Capítulo 2: *Uso do habitat e demografia do tubarão azul (Prionace glauca, Linnaeus, 1758) no Oceano Atlântico sul Ocidental*

2. HIPÓTESES

- No Oceano Atlântico Sul podem existir mais de uma população de tubarão azul e uma delas corresponde a região ocidental desta área;
- A elevação do Rio Grande é a área de berçário da espécie no Atlântico Sul ocidental;
- A população de *P. glauca* no Atlântico sul sofre declínios populacionais em consequência da pesca;

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

- Analisar através de revisão de literatura as evidências publicadas sobre a biologia e pesca, além de avaliar o uso do habitat e a demografia do tubarão azul (*Prionace glauca*), no Oceano Atlântico sul ocidental

3.2. Objetivos específicos

- Analisar através de revisão de literatura as evidências publicadas sobre a biologia e pesca do tubarão azul, destacando o oceano Atlântico sul;
- Inferir a área de berçário da espécie no Atlântico Sul ocidental;
- Estimar os parâmetros demográficos da espécie no Atlântico Sul que poderão subsidiar medidas de manejo sustentável da espécie na área estudada;
- Baseado nos resultados, indicar medidas de manejo da espécie no Atlântico Sul.

4. REFERÊNCIAS

- AIRES-DA-SILVA, A. M.; GALLUCCI, V. F. (2007). Demographic and risk analyses applied to management and conservation of the blue shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean. **Marine and Freshwater Research**, v. 58, n.6, p. 570-580.
- AU, D. W.; SMITH, S. E. (1997). A demographic method with population density compensation for estimating productivity and yield per recruit of the leopard shark (*Triakis semifasciata*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.54, n.2, p. 415-420.
- BAUM, J. K.; MYERS, R. A.; KEHLER, D. G.; WORM, B.; HARLEY, S. J.; DOHERTY, P. A. (2003). Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. **Science**, v. 299, n. 5605, p. 389-392.
- BEERKIRCHER, L.; SHIVJI, M.; CORTÉS, E. (2003). A Monte Carlo demographic analysis of the silky shark (*Carcharhinus falciformis*): implications of gear selectivity. **Fishery Bulletin**, v. 101, p. 168-174.
- BOOTH, A. J; FOULIS, A. J.; SMALE, M. J. (2011). Age validation, growth, mortality, and demographic modeling of spotted gully shark (*Triakis megalopterus*) from the southeast coast of South Africa. **Fishery Bulletin**, v. 109, n. 1, p. 101-112.
- CAMHI, M. D.; LAUCK, E.; PIKITCH, E. K.; BABCOCK, E. A. (2008). A global overview of commercial fisheries for open ocean sharks. **Sharks of the open ocean: Biology, fisheries and conservation**, p. 166-192.
- CAMHI, M. D., VALENTI, S. V., FORDHAM, S. V., FOWLER, S. L., GIBSON, C. (2009). The conservation status of pelagic sharks and rays. **Newbury: IUCN Species Survival Commission Shark Specialist Group**, 78.
- CAMPANA, S. E.; G. A. CHOUINARD; J. M. HANSON; A. FRÉCHET e J. BRATTEY. (2000). Otolith elemental fingerprints as biological tracers of fish stocks. **Fisheries Research**, v. 46, p. 343 - 357.
- CAMPANA, S. E.; J. A. GAGNÉ e J. W. McLAREN. (1995). Elemental fingerprinting of fish otoliths using ID - ICPMS. **Marine Ecology Progress Series**, v.122, p. 115 - 120.
- CAMPANA, S. E.; L. J. NATANSON e S. MYKLEVOLL. (2002). Bomb dating and age determination of large pelagic sharks. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 59, p. 450–455.
- CAMPANA, S.E. (1997). Use of radiocarbon from nuclear fallout as a dated marker in the otoliths of haddock, *Melanogrammus aeglefinus*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 150, p. 49–56.
- CARLSON, J. K.; CORTÉS, E.; AND BETHEA, D. M. (2003). Life history and population dynamics of the finetooth shark (*Carcharhinus isodon*) in the northeastern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, v. 101, p. 281-292.

- CARVALHO, F. C.; MURIE, D. J.; HAZIN, F. H.; HAZIN, H. G.; LEITE-MOURATO, B.; TRAVASSOS, P.; BURGESS, G. H. (2010). Catch rates and size composition of blue sharks (*Prionace glauca*) caught by the Brazilian pelagic longline fleet in the southwestern Atlantic Ocean. **Aquatic Living Resources**, v. 23, n. 4, p. 373-385.
- CARVALHO, F. C.; MURIE, D. J.; HAZIN, F. H.; HAZIN, H. G.; LEITE-MOURATO, B.; BURGESS, G. H. (2011). Spatial predictions of blue shark (*Prionace glauca*) catch rate and catch probability of juveniles in the Southwest Atlantic. **ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil**, v. 68, n. 5, p. 890-900.
- CHEN, P.; YUAN, W. (2006). Demographic analysis based on the growth parameter of sharks. **Fisheries research**, v. 78, n. 2, p. 374-379.
- CHEN, S.; WATANABE, S. (1989). Age dependence of natural mortality coefficient in fish population dynamics. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 55, p. 205-208.
- CHITTARO, P. M.; B. J. FRYER e P. F. SALE. (2004). Discrimination of French grunts (*Haemulon flavolineatum*, Desmarest, 1823) from mangrove and coral reef habitats using otolith microchemistry. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 308, p. 169 – 183.
- CLARKE, S. (2004). Understanding pressures on fishery resources through trade statistics: a pilot study of four products in the Chinese dried seafood market. **Fish and Fisheries**, v. 5, p. 53–74.
- CLARKE, S. C.; MAGNUSSEN, J. E.; ABERCROMBIE, D. L.; MCALLISTER, M. K.; SHIVJI, M. S. (2006). Identification of shark species composition and proportion in the Hon Kong shark fin market based on molecular genetics and trade records. **Conservation Biology**, v. 20, n. 1, p. 201-211.
- COELHO, R.; BENTES, L.; GONÇALVES, J.; LINO, P. G.; RIBEIRO, J.; ERZINI, K. (2003). Reduction of elasmobranch by-catch in the hake semipelagic near-bottom longline fishery in the Algarve (Southern Portugal). **Fisheries Science**, v. 69, n. 2, p. 293-299.
- COMPAGNO, L. J. V. (1984). Carcharhiniformes. In: FAO species catalogue, vol. 4, part 2. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. FAO Fisheries Synopsis. v. 4, n. 125, p. 655.
- CORTÉS, E. (1998). Demographic analysis as an aid in shark stock assessment and management. **Fisheries research**, v. 39, n. 2, p. 199-208.
- CORTÉS, E. (2002). Incorporating uncertainty into demographic modeling: application to shark populations and their conservation. **Conservation biology**, v. 16, n. 4, p. 1048-1062.
- CORTÉS, E. (2007). Chondrichthyan demographic modelling: an essay on its use, abuse and future. **Marine and Freshwater Research**, v. 58, n. 1, p. 4-6.
- CORTÉS, E. 1995. Demographic analysis of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, v. 93, p. 57-66.

- DUFOUR, E.; PATTERSON, W. P.; HOOK, T. O.; RUTHERFORD, E. S.. (2005). Early life history of Lake Michigan alewives (*Alosa pseudoharengus*) inferred from intra-otolith stable isotope ratios. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 62, p. 2362 – 2370.
- DULVY, N. K.; ELLIS, J. R.; GOODWIN, N. B.; GRANT, A.; REYNOLDS, J. D.; JENNINGS, S. (2004). Methods of assessing extinction risk in marine fishes. **Fish and Fisheries**, v.5, p. 255-276.
- ELSDON, T. S.; GILLANDERS, B. M. (2003). Reconstructing migratory patterns of fish based on environmental influences on otolith chemistry. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 13, p. 219 – 235.
- FALLOWS, C.; BENOÎT, H. P.; HAMMERSCHLAG, N. (2015). Intraguild predation and partial consumption of blue sharks *Prionace glauca* by Cape fur seals *Arctocephalus pusillus pusillus*. **African Journal of Marine Science**, v.37, n.1, p. 125-128.
- FORDHAM, S.V. (2006). Shark Alert: Revealing Europe's Impact on Shark Populations. **The Shark Alliance**, Brussels.
- GILLANDERS, B. M. (2001). Trace metals in four structures of fish and their use for estimates of stock structure. **Fishery Bulletin**, v. 99, p. 410 - 419.
- GRAHAM, K. J.; ANDREW, N. L.; HODGSON, K. E. (2001). Changes in relative abundance of sharks and rays on Australian South East Fishery trawl grounds after twenty years of fishing. **Marine and Freshwater Research**, v.52, n.4, p. 549-561.
- HALE, L. F., J. V. DUDGEON, A. Z. MASON e C. G. LOWE. (2006). Elemental signatures in the vertebral cartilage of the round stingray, *Urobatis halleri*, from Seal Beach, California. **Environmental Biology of Fishes**, v. 77, p. 317-325.
- HALE, L. F., J. V. DUDGEON, A. Z. MASON e C. G. LOWE. (2006). Elemental signatures in the vertebral cartilage of the round stingray, *Urobatis halleri*, from Seal Beach, California. **Environmental Biology of Fishes**, v. 77, p. 317-325.
- HAZIN, F. H. V.; BROADHURST, M. K.; HAZIN, H. G. (2000). Preliminary analysis of the feasibility of transferring new longline technology to small artisanal vessels off northeastern Brazil. **Marine Fisheries Review**, v. 62, n. 1, p. 27-34.
- HAZIN, F. H.; LESSA, R. (2005). Synopsis of biological information available on blue shark, *Prionace glauca*, from the southwestern Atlantic Ocean. **ICCAT Collective Volume of Scientific Papers**, v. 58, n. 3, p. 1179-1187.
- HEESSEN, H.J.L. (2003). Development of elasmobranch assessments DELASS. Final Report of the DG Fish Study Contract 99/055. **Netherlands Institute for Fisheries Research (RIVO)**, IJmuiden, The Netherlands.
- HEITHAUS, M. R.; FRID, A.; WIRSING, A. J.; WORM, B. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 23, n. 4, p. 202-210.
- HEUPEL, M. R.; KNIP, D. M.; SIMPFENDORFER, C. A.; DULVY, N. K. (2014). Sizing up the ecological role of sharks as predators. **Marine Ecology Progress Series**, v. 495, p. 291-298.

HEWITT, D. A.; HOENIG, J. M. (2005). Comparison of two approaches for estimating natural mortality based on longevity. **Fishery Bulletin**, v. 103, p. 433–437.

HOOD, G. M. (2006). PopTools version 2.7.5. Disponível em: <http://www.cse.csiro.au/poptools>, acessado em 28 de junho de 2017).

HUSSEY, N. E.; MACNEIL, M. A.; SIPLE, M. C.; POPP, B. N.; DUDLEY, S. F.; FISK, A. T. (2015). Expanded trophic complexity among large sharks. **Food Webs**, v. 4, p.1-7.

ICMBio. (2016). **Avaliação do risco de extinção dos elasmobrânquios e quimeras no Brasil: 2010-2012**. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/trabalhos_tecnicos/pub_2016_avaliacao_elasmo_2010_2012.pdf, acessado em 27 de junho de 2017.

JENSEN, A. L. (1996). Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 53, p. 820-822.

KENNEDY, B. P.; KLAUE, A.; BLUM, J. D.; FOLT, C. L. NISLOW, K. H. (2002). Reconstructing the lives of fish using Sr isotopes in otoliths. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 59, p. 925 – 929.

KOHLER, N. E.; TURNER, P. A.; HOEY, J. J.; NATANSON, L. J.; BRIGGS, R. (2002). Tag and recapture data for three pelagic shark species: blue shark (*Prionace glauca*), shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*), and porbeagle (*Lamna nasus*) in the North Atlantic Ocean. **ICCAT Collective Volume of Scientific Papers**, v. 54, p. 1231–1260.

LEGAT, J. F.; VOOREN, C. M. (2004). Reproductive cycle and migration of the blue shark (*Prionace glauca*) in South Atlantic Ocean. In: **Fish Communities and Fisheries**. DE CARVALHO, C. E, PETRERE JR. M.; RIVAS, A. A. F.; MACKINLAY, D. (Eds.). Symposium proceedings, International Congress on the Biology of Fish, Manaus, Brazil, p. 25-35.

LESSA, R.; SANTANA, F. M.; HAZIN, F. H. (2004). Age and growth of the blue shark *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) off northeastern Brazil. **Fisheries Research**, v. 66, n. 1, p. 19-30.

MARKAIDA, U.; SOSA-NISHIZAKI, O. (2010). Food and feeding habits of the blue shark *Prionace glauca* caught off Ensenada, Baja California, Mexico, with a review on its feeding. **Journal of the marine biological association of the United Kingdom**, v. 90, n. 5, p. 977-994.

McCANN, H. M.; N. E. HUSSEY; A. T. FISK; S. P. WINTNER; G. CLIFF; S. F. J. DUDLEY e B. J. FRYER. (2010). Microchemistry of white shark (*Carcharodon carcharias*) vertebrae: a potential tool to age individuals and examine life-history strategies? Resumo do **International White Shark Symposium**, Honolulu, Havaí.

McMILLAN, M. N., IZZO, C., WADE, B. and GILLANDERS, B. M. (2017). Elements and elasmobranchs: hypotheses, assumptions and limitations of elemental analysis. **Journal of Fish Biology**, 90, 559–594.

- MEGALOFONO, P. YANNOPOULOS, C.; DAMALAS, D.; DE METRIO, G.; DEFLORIO, M.; DE LA SERNA, J. M.; MACIAS, D. (2005b). Incidental catch and estimated discards of pelagic sharks from the swordfish and tuna fisheries in the Mediterranean Sea. **Fishery Bulletin**, v. 103, n. 4, p. 620-634.
- MEGALOFONO, P.; DAMALAS, D.; DE METRIO, G. (2005). Size, age and sexual maturity of the blue shark, *Prionace glauca*, in the Mediterranean Sea.
- MOLLET, H. F.; CAILLIET, G. M. (2002). Comparative population demography of elasmobranchs using life history tables, Leslie matrices and stage-based matrix models. **Marine and Freshwater Research**, v. 53, p. 503-516.
- MONTEALEGRE- QUIJANO, S. (2002). Idade, crescimento e análise demográfica do cação *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1961) na plataforma continental do estado de Pernambuco, Brasil. Dissertação de Mestrado em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- MOURATO, B. L.; ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. F.; HAZIN, H. G.; CARVALHO, F. C.; HAZIN, F. H. (2011). Spatio-temporal distribution and target species in a longline fishery off the southeastern coast of Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 59, n. 2, p. 185-194.
- NAKANO, H.; SEKI, M. P. (2003). Synopsis of biological data on the blue shark, *Prionace glauca* Linnaeus. **Bulletin-Fisheries Research Agency Japan**, p. 18-55.
- NAKANO, H.; STEVENS, J. D. (2008). The biology and ecology of the blue shark, *Prionace glauca*. In: **Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation. Fish and aquatic resources series**, v. 13, p. 140-151.
- PAULY, D. (1980). A selection of simple methods for the assessment of tropical fish stocks. **FAO Fisheries Circular**, Rome, n.729, p. 53.
- PAULY, D. (2009). Beyond duplicity and ignorance in global fisheries. **Scientia Marina**, v. 73, p. 215-224.
- PETERSON, I.; WROBLEWSKI, J. S. (1984). Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 41, p. 1117-1120.
- PIERCE, S. J. ; BENNETT, M. B. (2010). Destined to decline? Intrinsic susceptibility of the threatened estuary stingray to anthropogenic impacts. **Marine and Freshwater Research**, v. 61, p. 1468-1481.
- PONTUAL, H. De, A. J. GEFFEN. (2002). Microchimie de l'otolithe. In: **Manuel de Sclérochronologie des Poissons**. PANFILI, J.; PONTUAL, H. de, TROADEC, H.; WRIGHT, P. J. (éd.). Coédition Ifremer-IRD, p. 245 - 303.
- RICKER, W. E. 1980. Calcul et Interprétation des Statistiques Biologiques des Populations de Poissons. **Bulletin de l'office des recherches sur les pêcheries du Canada**, Bulletin 191F, Ministère des Pêches et des Océans, Ottawa, p. 409.

- SANTANA, F. M.; DUARTE-NETO, P.; LESSA, R. (2009). Demographic analysis of the night shark (*Carcharhinus signatus*, Poey, 1868) in the equatorial Southwestern Atlantic Ocean. **Fisheries Research**, v. 100, n. 3, p. 210-214.
- SMITH, S. E.; AU, D. W.; SHOW, C. (1999). Intrinsic rebound potentials of 26 species of Pacific sharks. **Marine and Freshwater Research**, v. 49, n. 7, p. 663-678.
- SMITH, W. D.; MILLER, J. A.; HEPPELL, S. S. (2013). Elemental markers in elasmobranchs: effects of environmental history and growth on vertebral chemistry. **PloS one**, v. 8, n. 10, p. e62423.
- SPARRE, P.; URSIN, E.; VENEMA, S. C. (1989). Introduction to tropical fish stock Part 1. Manual. **FAO Fisheries Technical Paper**, Rome, n. 306.1, p. 407.
- STEVENS, J. 2009. *Prionace glauca*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T39381A10222811**. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T39381A10222811.en.downloaded>, acessado em 27 de junho de 2017
- STEVENS, J. D. (1984). Biological observations on sharks caught by sport fisherman of New South Wales. **Marine and Freshwater Research**, v. 35, n. 5, p. 573-590.
- STEVENS, J. D.; BONFIL, R.; DULVY, N. K.; WALKER, P. A. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. **ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil**, v. 57, n. 3, p. 476-494.
- TAKEUCHI, Y.; SENBA, Y.; NAKANO, H. (2005). Demographic analysis on Atlantic blue and shortfin mako sharks. **ICCAT Collective Volume of Scientific Papers**, v. 58, n. 3, p.1157-1165.
- TILLET, B. J.; MEEKAN, M. G.; PARRY, D.; MUNKSGAARD, N.; FIELD, I. C.; THORBURN, D.; BRADSHAW, C. J. (2011). Decoding fingerprints: elemental composition of vertebrae correlates to age-related habitat use in two morphologically similar sharks. **Marine Ecology Progress Series**, v. 434, p. 133-142.
- TZENG, W.N.; IIZUKA, Y. ; SHIAO, J.C.; YAMADA, Y.; OKA, H. P. (2003). Identification and growth rates comparison of divergent migratory contingents of Japanese eel (*Anguilla japonica*). **Aquaculture**, v. 216: p. 77 – 86.
- WERRY, J. M.; PLANES, S.; BERUMEN, M. L, LEE, K. A.; BRAUN, C. D.; ET, A. L. (2014). Reef-Fidelity and Migration of Tiger Sharks, *Galeocerdo cuvier*, across the Coral Sea. **Plos one**, v. 9, n.1.
- WILLEMS, T.; DEPESTELE, J.; DE BACKER, A. HOSTENS, K. (2016). Ray bycatch in a tropical shrimp fishery: Do Bycatch Reduction Devices and Turtle Excluder Devices effectively exclude rays?. **Fisheries Research**, v. 175, p. 35-42.

5. ARTIGO 1:

Ecologia e pesca do tubarão azul (*Prionace glauca*), com ênfase no Oceano Atlântico Sul: uma revisão

Artigo a ser submetido para a *Marine & Freshwater Research*

Ecologia e pesca do tubarão azul (*Prionace glauca*), com ênfase no Oceano Atlântico Sul: uma revisão

RESUMO

O tubarão azul (*Prionace glauca*) é um grande predador nos ecossistemas marinhos oceânicos tropicais e temperados, sendo a espécie mais abundante e comum nas pescarias oceânicas com espinhel pelágico, e também, por esta razão, diversos estudos sobre a espécie ao longo de toda sua área de distribuição no mundo já foram realizados, porém, nunca foram comparadas e discutidas as variações e diferenças dos aspectos aqui estudados. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo analisar informações disponíveis sobre *P. glauca*, com ênfase no Oceano Atlântico Sul. *P. glauca* constitui entre 85 e 90% do total de elasmobrânquios capturados em pescarias oceânicas com espinhel pelágico. Os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy revelam que a espécie tem um crescimento rápido e uma idade máxima em torno de 12 anos com maturação entre 5 e 6 anos. O modo reprodutivo do tubarão azul é vivíparo placentário, com gestação de 9 a 12 meses e fecundidade uterina média de 30 embriões que nascem com comprimento total (TL) entre 35 e 51 cm. A maturidade sexual das fêmeas no Atlântico sul é de cerca de 228 cm (TL) e dos machos cerca de 225 cm (TL). É sugerido que o ciclo reprodutivo ocorre com o acasalamento no sul do Brasil durante o verão, ocorrendo mais tarde no nordeste a ovulação e fertilização. Um grande número de imaturos e juvenis foi registrado no sul do Brasil. O tubarão azul é altamente explorado pela pesca, seu estado de conservação no Brasil e no mundo, de acordo com a IUCN é NT (Near Threatened), embora nitidamente as informações sobre aspectos cruciais da dinâmica das populações sejam escassos ou com baixa confiabilidade ao longo de amplas áreas. Apesar do número de estudos relacionados à distribuição, abundância e biologia, os dados para novas avaliações do estoque de *P. glauca* no Oceano Atlântico Sul ainda são necessários para o manejo da espécie.

Palavras-chave: Ecologia alimentar, Crescimento, Reprodução, Avaliação de estoque

INTRODUÇÃO

A demanda pelo consumo de tubarões vem crescendo gradativamente, gerando um mercado verdadeiramente global (DENT e CLARKE, 2015). Em alguns países, os tubarões são bastante apreciados, sendo consumidos pela população na forma de filé, suplementos nutricionais e sopa de barbatanas onde é considerado símbolo de riqueza e luxo (CLARKE, 2004, LEE et al., 2015). A carne de tubarão, por sua vez, pode ser comprada em pedaços como filé ou fatias congeladas de grandes carcaças (BARRETO et al., 2017).

Dentre as espécies de tubarões mais exploradas do mundo, está o tubarão azul (*Prionace glauca* Linnaeus, 1758) (COELHO et al., 2012), capturado em pescarias de espinhel pelágico (CARVALHO et al., 2010). Essa espécie é um componente principal no comércio internacional de barbatanas de tubarão (STEVENS et al., 2010). As estimativas da pesca sobre a captura global de tubarões azuis para o comércio de barbatanas sugerem que os volumes estão próximos ou possivelmente excedem o rendimento máximo sustentável (CLARKE et al., 2006). Desta forma, há uma crescente preocupação com os impactos da pesca sobre o tubarão azul (MONTEALEGRE-QUIJANO e VOOREN, 2010).

Apesar da sua importância na pesca e por ser uma das espécies que apresentam mais informações, principalmente em relação a sua distribuição, abundância e biologia, estudos sobre essa espécie são fragmentados no Atlântico Sul. Esta revisão apresenta estatísticas de pesca para tubarão azul, além de resumir a literatura atual sobre sua biologia, estrutura e status do estoque, com referência específica da espécie no Oceano Atlântico Sul.

TAXONOMIA E DISTRIBUIÇÃO

O tubarão azul (*Prionace glauca*) é a única espécie do gênero, inclusa na Família Carcharhinidae (COMPAGNO, 1984; EBERT et al., 2013). É facilmente reconhecido devido as suas características morfológicas, apresentando corpo alongado com longas nadadeiras peitorais, olhos grandes com uma pálpebra inferior nictitante e coloração azul escuro na região dorsal e branco na região ventral (NAKANO e SEKI, 2003; NAKANO e STEVEN, 2008). É uma espécie abundante, com ampla distribuição em todos os oceanos temperados e tropicais do mundo (MEGALOFONOU et al., 2005; EBERT et al., 2013), sendo sua distribuição influenciada pelas variações sazonais na temperatura da água, ciclo reprodutivo e disponibilidade de recursos alimentares (KOHLENER et al. 2002; WERRY et al., 2014). *P. glauca* ocorre em sistemas epipelágicos, abrangendo áreas oceânicas entre 60°N e 50°S de latitude

(MEJUTO et al., 2014; COELHO et al., 2017), alcançando profundidades de 152 m (LESSA et al., 2004), podendo chegar até 1000 m (STEVENS et al., 2010).

Por causa da ampla distribuição e da natureza altamente migratória, a espécie pode cruzar águas nacionais e internacionais (CARVALHO et al., 2011). Segundo Queiroz et al. (2010), a trajetória do tubarão azul ocorre do oceano Atlântico seguindo de Terra Nova para a Argentina no oeste, passando por todo o Atlântico do Sul e da Noruega para a África do Sul, no leste.

Carvalho et al. (2011) relatam o movimento sazonal dessa espécie do sul ao norte do Brasil, sendo o principal fator de distribuição, o ciclo reprodutivo. Segundo Hazin et al. (2000), a área de parto utilizado pelo tubarão azul no oceano Atlântico sul está localizada no sudeste do Brasil.

PESCA

Existe uma grande preocupação quanto à disponibilidade limitada de dados devido a capturas não declaradas e ilegais (AIRES-DA-SILVA e GALLUCCI, 2007). Campana et al. (2002), observaram que os registros das capturas de *P. glauca* no Atlântico canadense não declaradas eram cerca de 20 vezes maiores do que as declaradas. No Atlântico, os desembarques médios de tubarão azul registrados pela ICCAT entre os anos de 2010-2014, foram aproximadamente 64000 toneladas, sendo 58% do Atlântico Norte e 42% do Atlântico Sul (COELHO et al., 2017) (Figura 1).

A captura do tubarão azul ocorria incidentalmente em pescarias oceânicas com espinhel pelágico para atuns (*Thunnus* spp.) e espadarte (*Xiphias gladius*) (COELHO et al., 2003; CARVALHO et al., 2010; MOURATO et al., 2011), entretanto tornaram-se cada vez mais alvo em pescarias recreativas no Atlântico Canadense, através de torneios de pesca (CAMPANA et al., 2006) e em pescarias comerciais em todo mundo, ocupando o primeiro lugar nas capturas oceânico-pelágicas devido a sua carne e longas barbatanas (CLARKE, 2004; CLARKE et al., 2006; FORDHAM, 2006; AIRES-DA-SILVA e GALLUCCI, 2007).

No Atlântico, segundo Coelho et al. (2012), a captura em número do tubarão azul pode representar mais de 50% da captura total de peixes e 85-90% da captura total de elasmobrânquios. Na costa noroeste do México, o tubarão azul foi a espécie mais comum capturadas durante o período de estudo, correspondendo a 65% do número total, sendo mais abundante no inverno- primavera (PARRA et al., 2008).

No sul do Brasil, a estatística pesqueira entre os anos de 2000 e 2005, indicou que o tubarão azul, foi à espécie mais capturada pela frota industrial, representando cerca de 33,8% da produção mensal da pescaria, sendo o período de maior produção no mês de maio (QUAGGIO et al., 2008). De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), o Brasil é classificado como o 11º produtor mundial e o 17º exportador de barbatanas da espécie (BARRETO et al., 2017). As avaliações apresentadas pela FAO entre os anos 1950-2014, sobre as capturas globais do tubarão azul, mostraram um crescimento ao longo dos anos, com a maior captura no ano de 2013 (FAO Fishstat Database, 2017) (Figura 2). Carvalho et al. (2010), descreve esse crescimento devido a introdução de equipamentos de monofilamento entre os anos de 1995-1996 para capturar espadarte, seguido pelo aumento do valor de mercado.

BIOLOGIA

Idade e Crescimento

O tubarão azul possui uma grande quantidade de estudos nos oceanos Pacífico, Índico e Atlântico norte e sul (Tabela 1). Nesses estudos, os parâmetros de idade e crescimento são estimados utilizando análises de distribuição de frequências de comprimento, bem como leituras de anéis etários em vértebras com a utilização de corantes (Parra *et al.*, 2008) e raios-X (STEVENS, 1975; CAILLIET et al., 1983; MANNING e FRANCIS, 2005; MEGALOFONOU et al., 2009; JOLLY et al., 2013; JOUNG et al., 2017).

Embora estudos realizados para o tubarão azul concordem que essa espécie apresenta crescimento mais rápido durante sua fase jovem (1-4 anos) (SKOMAL e NATANSON, 2003; JOLLY et al., 2013), e que geralmente os machos crescem mais rápido que as fêmeas, porém as fêmeas têm o tamanho maior, ainda faltam trabalhos com interpretação vertebrais validadas, fornecendo resultados confiáveis para estimativas de idade e curvas de crescimento (SKOMAL e NATANSON, 2003).

As estimativas de crescimento de von Bertalanffy para sexos combinados ou separados, L_{∞} e k , variam substancialmente entre os estudos. O trabalho mais antigo realizado para o tubarão azul (AASEN, 1966) sugere $L_{\infty} = 394$ cm, bem como uma taxa de crescimento relativamente baixa ($k = 0,0133 \text{ y}^{-1}$), porém, estudos mais recentes apresentam L_{∞} bem menor. Valores de k foram estimados, variando de 0.10 a 0.22 y^{-1} , e L_{∞} de 243.3 até 402 cm. A variação entre idade e a estimativa de crescimento pode ser devido à diferença no tamanho dos

indivíduos amostrados, que por sua vez pode resultar em uma faixa de tamanho não representativo, levando a um viés desses parâmetros (CAILLIET e TANAKA, 1990).

No oceano Atlântico norte, o tamanho médio de tubarão azul capturado foi significativamente maior que os indivíduos amostrados no Pacífico e Índico. Stevens (1975) observou que o tubarão azul cresce até um comprimento de 300 cm TL em 10 anos e os anéis etários são formados na primavera. No estudo Skomal e Natanson (2003), também no Atlântico norte, encontraram um comprimento de 312 cm com idade de 16 anos e os dados de validação para essa espécie indicaram formação ocorrendo na primavera, coincidindo com o proposto por Stevens (1975). Da mesma forma, Parra et al. (2008), relatou uma idade máxima de 16 anos, similar aos trabalhos realizados no Atlântico norte e sul.

No oceano Atlântico sul, Lessa et al. (2004) concluíram que o tubarão azul nas águas brasileiras possuem formação da banda de crescimento entre novembro e janeiro, esse resultado foi similar ao estudo de Joung et al (2017) para essa região, sendo a faixa de banda formada entre maio e novembro. Segundo Lessa et al. (2004), a primeira maturidade sexual registrada, correspondeu aos 5 anos de idade para ambos os sexos, com espécie atingindo 310 cm TL que corresponde a 12 anos. Entretanto, já foi registrado no estudo de Jolly et al. (2013) no Atlântico sul indivíduos com idade até 16 anos. Joung et al. (2017) sugeriram que o tubarão azul no leste do Atlântico possui taxas de crescimento mais lentas do que as do oeste do Atlântico Sul ou do Atlântico norte.

Reprodução

Em todos os estudos, a proporção de sexo esperada para essa espécie é de 1:1, com exceção Varghese et al. (2016), que apresentou um proporção de 5,5 machos para cada fêmea. O modo reprodutivo do tubarão azul é o vivíparo placentário, gestação de 9 à 12 meses e fecundidade média de 30 filhotes, tamanho de nascimento geralmente atingindo 35-51 cm de comprimento (Tabela 2).

No Atlântico norte, Pratt (1979), observou que a maturidade sexual masculina é alcançada com o tamanho médio de 180 cm, já as fêmeas foram estabelecidas em três grupos, as imaturas variando de 46-145 cm; subadultas de 145-185 cm e maduras cerca de 185 a >300 cm.

No Oceano Atlântico sul, as fêmeas de *P. glauca* atingem a maturidade sexual em torno de 228 cm de comprimento total e os machos com 225 cm (5-6 anos) (LESSA et al., 2004) o acasalamento das fêmeas em águas do sul do Brasil durante o verão, seguindo posteriormente

para o nordeste onde ocorre a ovulação e fertilização (Carvalho *et al.* 2011). Hazin *et al.* (1994) no sudoeste do oceano Atlântico Equatorial observaram a predominância de fêmeas pré-ovulatórias em novembro e dezembro e o elevado número de fêmeas grávidas ou de embriões fertilizados durante os meses de março a julho sugerem que a ovulação e a fertilização ocorreram principalmente de dezembro a julho. Castro *et al.* (2017), por sua vez, registram no sudoeste um alto número de tubarão azul imaturos (idade 0) e juvenis (idade 1), prevendo que em altas latitudes a uma maior ocorrência de espécies com tamanho menores.

Dieta

Considerado consumidor generalista, o tubarão azul inclui na sua alimentação uma grande variedade de presas, sendo os peixes teleósteos e os cefalópodes (principalmente a lula) os grupos de maior ocorrência registrados nos trabalhos de conteúdo estomacal (STEVENS, 1984; HENDERSON, *et al.*, 2001; KUBODERA, *et al.*, 2007; BORNATOWSKI e SCHWINGEL, 2008; MARKAIDA e SOSA-NISHIZAKI, 2010; LOOR-ANDRADE, *et al.*, 2016; ROSAS-LUIS *et al.*, 2017). Henderson *et al.* (2001), relatou que boa parte das espécies de peixes encontrada no trato digestivo são epipelágicos e mesopelágicos, reforçando as informações que o tubarão azul se alimentam particularmente de espécies pelágicas relativamente abundantes. O consumo de cefalópodes, Loor-Andrade *et al.* (2017), observaram que ocorre de forma sazonal, coincidindo com o estudo de McCord e Campana (2003).

O tubarão azul não é um predador de natação rápida devido as suas características morfológicas, desta forma preferem visivelmente presas com movimento lento (VASKE *et al.*, 2009), além disso, alguns trabalhos mencionam diferença na dieta entre os sexos e faixas etárias. McCord e Campana (2003) relataram diferenças significativas entre os sexos, ao longo do desenvolvimento ontogenético. Segundo Vaske *et al.* (2009) no Atlântico sul, os hábitos alimentares são bastante diferentes para os tubarões-azuis nas regiões nordeste e sul, pois algumas presas são indicativas de diferentes massas de água.

Demografia

O tubarão azul no oceano Atlântico teve uma taxa intrínseca de aumento de $r_0 > 0,1882$ ano⁻¹ e um tempo de duplicação da população de $t_{x2} < 3,8$ anos, com a taxa intrínseca de 0,355 ano⁻¹ (CHEN e YUAN, 2006). Aires-da-Silva e Gallucci (2007) relataram no seu estudo que o estoque de tubarão azul no Atlântico norte é amplamente produtivo dentro do grupo de tubarões,

com taxa finita anual de (λ) 1,23 ano⁻¹ e o tempo médio de 3.1 anos (t_2) indicando um alto nível de crescimento, na ausência de captura. No Atlântico sul, diferentes cenários foram criados para estimar o crescimento populacional do tubarão azul presumindo que na ausência de captura, considerando 65,9% de sobrevivência no 1º ano de vida, a população aumentaria 24,2% ao ano, a partir do uso dos dados da mortalidade por pesca, com a sobrevivência inicial inferior a 27,4% a população diminuiria (MONTEALEGRE QUIJANO e VOOREN, 2009). Segundo Chen e Yuan (2006) a taxa intrínseca diminui na medida em que a mortalidade por pesca aumenta, quando a taxa intrínseca de aumento das populações desenvolvidas está próxima da taxa intrínseca de aumento R_0 da população no estado de desenvolvimento zero, significado que a população está ligeiramente desenvolvida.

No Atlântico sul, a mortalidade por pesca vem influenciando uma diminuição no tamanho e idade máxima do tubarão azul, indicando possivelmente um declínio populacional, a estimativa anual de mortalidade natural (0,256 para as fêmeas e 0,243 para os machos) correspondeu a 77,5 e 78,5% de sobrevivência e mortalidade total (0,601 para as fêmeas e 0,589 machos) 55% para ambos os sexos (MONTEALEGRE QUIJANO e VOOREN, 2009). Segundo Aires-da-Silva e Gallucci (2007), a sobrevivência do tubarão juvenil é um fator chave para a produtividade dessa espécie contribuindo significativamente para o crescimento da população, apresentando análise de elasticidade média de 57,7% nas idades de 0-4 anos.

Análises demográficas são métodos determinísticos e estocásticos de avaliação de estoques geralmente usando dados baseados na idade (*age-based*) ou em estágios (*stage-based*) de vida da espécie estudada (CORTÉS, 1998; MOLLET e CAILLIET, 2002; CHEN e YUAN, 2006; CORTÉS, 2007; SANTANA et al., 2009), tais como maturidade sexual, idade máxima de reprodução, taxa de mortalidade e natalidade (CORTÉS, 1998; TAKEUSHI et al., 2004). No entanto, essas informações geralmente não estão disponíveis ou são insuficientes para estimar a mortalidade natural e de pesca (TAKEUSHI et al., 2004).

Esse modelo visa estimar a produtividade de uma determinada população, caracterizando sua vulnerabilidade à exploração (CORTÉS, 2007) e contribuindo para o gerenciamento eficiente do estoque de tubarões (CHEN e YUAN, 2006), sendo uma ferramenta essencial para auxiliar as espécies altamente exploradas ou com ameaça devido à sobrepesca (SANTANA et al., 2009). Os parâmetros estimados da análise demográfica são R_0 (Taxa reprodutiva), T (Tempo de geração), r (Taxa de crescimento populacional intrínseca) e λ (Taxa finita de crescimento populacional) (MOLLET e CAILLIET, 2002). Ao longo dos anos, foi utilizada a simulação de Monte Carlo para incorporar incerteza de parâmetros de análise demográfica tornando-se muito comum (CÓRTEZ, 2002). Desta forma, cenários sobre o

comportamento da população de acordo com mudanças nas sobrevivências de jovens e adultos, fecundidades e pesca, são analisados e parâmetros demográficos gerados.

Segundo Tavares et al. (2012) a estrutura de estoque e a demografia populacional de tubarão azul no oceano Atlântico é incerto, ou seja, existe pelo menos três estoques, um no Atlântico norte, um no Atlântico sul e outro no mar Mediterrâneo. No Atlântico Sul, foi observado que dependendo do cenário de sobrevivência inicial e ausência de captura, o potencial reprodutivo conseguiria compensar a mortalidade natural, ou seja, se a idade de recrutamento pesqueiro for aos 7 anos, o máximo potencial reprodutivo é alcançado e a população estaria com capacidade de crescimento populacional de 10% (MONTEALEGRE QUIJANO e VOOREN, 2009). Levando em consideração os dados biológicos dessa espécie, onde a maturação é em torno dos 5 anos de idade, o recrutamento pesqueiro aos 7 anos diminuirá o impacto da pesca sobre essa espécie.

Conservação e conclusão

Embora seja uma espécie altamente explorada pela pesca, o tubarão azul é classificado como quase ameaçado de extinção (*NT - Near Threatened*) tanto na lista vermelha de espécies ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (*IUCN*) (Stevens, 2009), como também no Brasil (ICMBio, 2016). O *Status* global avaliado com estimativa de 10,7 milhões de tubarões azuis sendo mortos a cada ano (DULVY et al., 2008).

No Atlântico Norte, estima-se que as populações de tubarão azul diminuíram 60% entre os anos 1986 e 2000, sendo a principal causa a alta pressão pesqueira (BAUM et al., 2003). O estado de conservação dos peixes cartilagosos no Brasil, entre os anos 2010 e 2012, avaliados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) adotando os padrões da *IUCN*, representou 33% das espécies consideradas como ameaçadas, sendo a pressão pesqueira a principal ameaça.

A elevada exploração pesqueira dos tubarões é preocupante, pois esse nível de captura pode conduzir ao declínio populacional desses grandes predadores pelágicos. O tubarão azul é uma das espécies mais estudadas principalmente em relação a sua distribuição, abundância e biologia. Seus amplos movimentos cruzando limites nacionais e internacionais é um dos entraves para qualquer gestão ou iniciativas de conservação futuras (QUEIROZ et al., 2010). O Canadá, como outros países adotaram medidas preventivas para reger a exploração das espécies de tubarões pelágicos, onde o plano de gerenciamento estabelece diretrizes não restritivas para desembarques, como forma de manutenção de um recurso biologicamente sustentável e uma pescaria auto-suficiente (CAMPANA et al., 2002)

No Brasil apenas o estado do Rio Grande do Sul, apresenta lei de conservação onde o desembarque é proibido, porém nas outras regiões essa espécie continua a ser explorado legalmente. Por meio do Decreto Estadual 51.797/2014 algumas espécies foram declaradas como ameaçadas de extinção incluindo nessa lista o tubarão azul que se encontra na categoria vulnerável, com alto risco de extinção em médio prazo (Decreto 51.797, 2014).

Concluimos que o tubarão azul possui uma grande quantidade de dados biológicos disponíveis, entretanto, essas informações são determinadas em uma escala regional, assim uma cooperação internacional poderia contribuir em uma avaliação mais completa e em escala maior. Atualmente, a mortalidade por pesca é o principal fator de impacto para essa espécie. Melhorando o conhecimento da estrutura de estoque permite ajudar a delinear uma avaliação mais adequada para o gerenciamento. E assim estabelecer medidas eficazes de manejo tais como, criar áreas e épocas de exclusão da pesca, proibir captura de fêmeas grávidas e de pequenos juvenis, criar leis para controlar os níveis de capturas e conscientizar pescadores e sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRES-DA-SILVA, A. M., HOEY, J. J. and GALLUCCI, V. F. (2008). A historical index of abundance for the blue shark (*Prionace glauca*) in the western North Atlantic. *Fisheries Research*, **92**(1), 41-52.
- AIRES-DA-SILVA, A.M. and GALLUCCI, V.F. (2007). Demographic and risk analyses applied to management and conservation of the blue shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean. *Marine and Freshwater Research*, **58**(6), 570-580.
- BARRETO, R. R., BORNATOWSKI, H., MOTTA, F. S, SANTANDER-NETO, J., VIANNA, G. M. S. and LESSA, R. (2017). Rethinking use and trade of pelagic sharks from Brazil. *Mar. Policy* **85**, 114–122.
- BAUM, J. K., MYERS, R. A., KEHLER, D. G., WORM, B., HARLEY, S. J. and DOHERTY, P. A. 2003. Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. *Science*, **299**(5605), 389-392.
- BORNATOWSKI, H. and SCHWINGEL, P. R. (2008). Alimentação e reprodução do tubarão-azul, *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758), capturado na costa sudeste e sul do Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, **41**(1), 98-103.
- CAILLIET, G. M. and TANAKA, S. (1990). Recommendations for research needed to better understand the age and growth of elasmobranchs. *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*, WS Pratt, Jr., SH Gruber, and T. Taniuchi, Eds., NOAA Tech. Rep, **90**, 505-507.

- CAILLIET, G. M., MARTIN, L. K., HARVEY, J. T., KUSHER, D. and WELDEN, B. A. (1983). Preliminary studies on the age and growth of blue (*Prionace glauca*), common thresher (*Alopias vulpinus*), and shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) sharks from California waters. In Proceedings International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, Sharks, ED Prince and LM Pulos, Eds., NOAA Tech. Rep. NMFS, **8**, 179-188.
- CAMPANA, S. E., MARKS, L., JOYCE, W. and KOHLER, N. (2005). Catch, by-catch and indices of population status of blue shark (*Prionace glauca*) in the Canadian Atlantic. ICCAT Collective Volume of Scientific Papers, **58**(3), 891-934.
- CAMPANA, S. E., MARKS, L., JOYCE, W. and KOHLER, N. E. (2006). Effects of recreational and commercial fishing on blue sharks (*Prionace glauca*) in Atlantic Canada, with inferences on the North Atlantic population. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, **63**(3), 670-682.
- CAMPANA, S. E., NATANSON, L. J. and MYKLEVOLL, S. (2002). Bomb dating and agedetermination of large pelagic sharks. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, **59**, 450-455.
- CARVALHO, F. C., MURIE, D. J., HAZIN, F. H., HAZIN, H. G., LEITE-MOURATO, B. and BURGESS, G. H. (2011). Spatial predictions of blue shark (*Prionace glauca*) catch rate and catch probability of juveniles in the Southwest Atlantic. ICES Journal of Marine Science, **68**(5), 890-900.
- CARVALHO, F. C., MURIE, D. J., HAZIN, F. H., HAZIN, H. G., LEITE-MOURATO, B., TRAVASSOS, P. and BURGESS, G. H. (2010). Catch rates and size composition of blue sharks (*Prionace glauca*) caught by the Brazilian pelagic longline fleet in the southwestern Atlantic Ocean. Aquatic Living Resources, **23**(4), 373-385.
- CHEN, P.; YUAN, W. (2006). Demographic analysis based on the growth parameter of sharks. Fisheries research, **78**(2-3), 374-379.
- CLARKE, S. (2004). Understanding pressures on fishery resources through trade statistics: a pilot study of four products in the Chinese dried seafood market. Fish and Fisheries, **5**, 53-74.
- CLARKE, S. C., MAGNUSSEN, J. E., ABERCROMBIE, D. L., MCALLISTER, M. K. and SHIVJI, M. S. (2006). Identification of shark species composition and proportion in the Hon Kong shark fin market based on molecular genetics and trade records. Conservation Biology, **20**(1), 201-211.
- COELHO, R., FERNANDEZ-CARVALHO, J., LINO, P. G. and SANTOS, M. N. (2012). An overview of the hooking mortality of elasmobranchs caught in a swordfish pelagic longline fishery in the Atlantic Ocean. Aquatic Living Resources, **25**(4), 311-319.
- COELHO, R., MEJUTO, J., DOMINGO, A., YOKAWA, K., LIU, K. M., CORTÉS, E. ... and MWILIMA, A. M. (2018). Distribution patterns and population structure of the blue shark (*Prionace glauca*) in the Atlantic and Indian Oceans. Fish and Fisheries, **19**(1), 90-106.
- COMPAGNO, L. J. V. (1984). Carcharhiniformes. In: FAO species catalogue, vol. 4, part 2. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. FAO Fisheries Synopsis, **4**(125), 655.

- CORTÉS, E. (1998). Demographic analysis as an aid in shark stock assessment and management. *Fisheries research*, **39**(2), 199-208.
- CORTÉS, E. (2002). Incorporating uncertainty into demographic modeling: application to shark populations and their conservation. *Conservation biology*, **16**(4), 1048-1062.
- CORTÉS, E. (2007). Chondrichthyan demographic modelling: an essay on its use, abuse and future. *Marine and Freshwater Research*, **58**(1), 4-6.
- DENT, F. and CLARKE, S. (2015). State of the Global Market for Shark Products. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, **590**. Rome, Italy.
- DULVY, N. K., BAUM, J. K., CLARKE, S., COMPAGNO, L. J., CORTÉS, E., DOMINGO, A., ... and MARTÍNEZ, J. (2008). You can swim but you can't hide: the global status and conservation of oceanic pelagic sharks and rays. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **18**(5), 459-482.
- EBERT, D. A., FOWLER, L. J. V. and COMPAGNO, D. (2013). *Sharks of the world, a fully illustrated guide*. Wild Nature Press, Plymouth, UK, **528**.
- FAO - Fishstat Database Plus. (2017). Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Acessado em <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en>>.
- FERRETTI, F., MYERS, R. A., SERENA, F. and LOTZE, H. K. (2008). Loss of large predatory sharks from the Mediterranean Sea. *Conservation Biology*, **22**(4), 952-964.
- FORDHAM, S.V. (2006). *Shark Alert: Revealing Europe's Impact on Shark Populations*. The Shark Alliance, Brussels, **20**.
- FRANCIS, M. P. and DUFFY, C. (2005). Length at maturity in three pelagic sharks (*Lamna nasus*, *Isurus oxyrinchus*, and *Prionace glauca*) from New Zealand. *Fishery Bulletin*, **103**(3), 489-500.
- HAZIN, F. H. V., BROADHURST, M. K. and HAZIN, H. G. (2000). Preliminary analysis of the feasibility of transferring new longline technology to small artisanal vessels off northeastern Brazil. *Marine Fisheries Review*, **62**(1), 27-34.
- HAZIN, F. H., KIHARA, K., OTSUKA, K., BOECKMAN, C. E. and LEAL, E. C. (1994). Reproduction of the blue shark *Prionace glauca* in the south-western equatorial Atlantic Ocean. *Fisheries science*, **60**(5), 487-491.
- HEITHAUS, M. R., FRID, A., WIRSING, A. J. and WORM, B. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology & Evolution*, **23**(4), 202-210.
- HENDERSON, A. C., FLANNERY, K. DUNNE, J. (2001). Observations on the biology and ecology of the Blue Shark in the North-east Atlantic. *Journal of Fish Biology*, **58**, 1347-1358.
- HUSSEY, N. E., MACNEIL, M. A., SIPLE, M. C., POPP, B. N., DUDLEY, S. F. and FISK, A. T. (2015). Expanded trophic complexity among large sharks. *Food Webs*, **4**, 1-7.
- JOLLY, K. A., DA SILVA, C. and ATTWOOD, C. G. (2013). Age, growth and reproductive biology of the blue shark *Prionace glauca* in South African waters. *African Journal of Marine Science*, **35**(1), 99-109.

- JOUNG, S. J., LYU, G. T., SU, K. Y., HSU, H. H. and LIU, K. M. (2017). Distribution Pattern, Age, and Growth of Blue Sharks in the South Atlantic Ocean. *Marine and Coastal Fisheries*, **9**(1), 38-49.
- KOHLER, N. E., TURNER, P. A., HOEY, J. J., NATANSON, L. J. and BRIGGS, R. (2002). Tag and recapture data for three pelagic shark species: blue shark (*Prionace glauca*), shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*), and porbeagle (*Lamna nasus*) in the North Atlantic Ocean. ICCAT Collective Volume of Scientific Papers, **54**, 1231–1260.
- KUBODERA, T., WATANABE, H. and ICHII, T. (2007). Feeding habits of the blue shark, *Prionace glauca*, and salmon shark, *Lamna ditropis*, in the transition region of the Western North Pacific. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **17**(2-3), 111.
- LEE, K. A., HUVENEERS, C., PEDDEMORS, V., BOOMER, A., and HARCOURT, R. G. (2015). Born to be free? Assessing the viability of releasing captive-bred wobbegongs to restock depleted populations. *Frontiers in Marine Science*, **2**, 18.
- LESSA, R., SANTANA, F. M. and HAZIN, F. H. (2004). Age and growth of the blue shark *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) off northeastern Brazil. *Fisheries Research*, **66**(1), 19-30.
- LOOR-ANDRADE, P., PINCAY-ESPINOZA, J. and ROSAS-LUIS, R. (2017). Diet of the blue shark *Prionace glauca* in the Ecuadorian Pacific Ocean during the years 2013 to 2015. *Journal of Applied Ichthyology*, **33**(3), 558-562.
- MANNING, M. J. and FRANCIS, M. P. (2005). Age and growth of blue shark (*Prionace glauca*) from the New Zealand Exclusive Economic Zone. *New Zealand Fisheries Assessment Report*, **26**, 52.
- MARKAIDA, U. and SOSA-NISHIZAKI, O. (2010). Food and feeding habits of the blue shark *Prionace glauca* caught off Ensenada, Baja California, Mexico, with a review on its feeding. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **90**(5), 977-994.
- MCCORD, M. E. and CAMPANA, S. E. (2003). A quantitative assessment of the diet of the blue shark (*Prionace glauca*) off Nova Scotia, Canada. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, **32**, 57.
- MEGALOFONO, P., YANNOPOULOS, C., DAMALAS, D., DE METRIO, G., DEFLORIO, M., DE LA SERNA, J. M. and MACIAS, D. (2005). Incidental catch and estimated discards of pelagic sharks from the swordfish and tuna fisheries in the Mediterranean Sea. *Fishery Bulletin*, **103**(4), 620-634.
- MEGALOFONO, P., DAMALAS, D. and DE METRIO, G. (2009). Biological characteristics of blue shark, *Prionace glauca*, in the Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **89**(6), 1233-1242.
- MEJUTO, J., GARCÍA-CORTÉS, B., RAMOS-CARTELLE, A. and ABUIN, E. (2014). Note on the observation of recruits of blue shark, *Prionace glauca*, in near coastal areas of Galicia (NW Spain) during the summer of 2013. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, **70**(5), 2452-2461.
- MOLLET, H. F. and CAILLIET, G. M. (2002). Comparative population demography of elasmobranchs using life history tables, Leslie matrices and stage-based matrix models. *Marine and Freshwater Research*, **53**, 503-516.

- MONTEALEGRE-QUIJANO, S. and VOOREN, C. M. (2010). Distribution and abundance of the life stages of the blue shark *Prionace glauca* in the Southwest Atlantic. *Fisheries Research*, **101**(3), 168-179.
- MOURATO, B. L., ARFELLI, C. A., AMORIM, A. F., HAZIN, H. G., CARVALHO, F. C.; and HAZIN, F. H. (2011). Spatio-temporal distribution and target species in a longline fishery off the southeastern coast of Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, **59**(2), 185-194.
- NAKANO, H. and SEKI, M. P. (2003). Synopsis of biological data on the blue shark, *Prionace glauca* Linnaeus. *Bulletin-Fisheries Research Agency Japan*, 18-55.
- NAKANO, H. and STEVENS, J. D. (2008). The biology and ecology of the blue shark, *Prionace glauca*. In: *Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation*. Fish and aquatic resources series, **13**, 140-151.
- PARRA, M. D. P. B., MAGAÑA, F. G. and FARÍAS, F. M. (2008). Age and growth of the blue shark, *Prionace glauca* Linnaeus, 1758, in the Northwest coast off Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, **43**(3), 513-520.
- PRATT JR, H. L. (1979). Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. *Fish. Bull.*, **77**, 445-470.
- QUAGGIO, A. L. C., KOTAS, J. E. and HOSTIM, M. (2008). As capturas do tubarão-azul, *Prionace glauca* Linnaeus (Elasmobranchii, Carcharhinidae), na pescaria de espinhel-de-superfície (monofilamento), sediada em Itajaí (SC), Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, **3**(1), 61-74.
- ROSAS-LUIS, R., NAVARRO, J., LOOR-ANDRADE, P. and FORERO, M. G. (2017). Feeding ecology and trophic relationships of pelagic sharks and billfishes coexisting in the central eastern Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, **573**, 191-201.
- SANTANA, F. M., DUARTE-NETO, P. and LESSA, R. (2009). Demographic analysis of the night shark (*Carcharhinus signatus*, Poey, 1868) in the equatorial Southwestern Atlantic Ocean. *Fisheries Research*, **100**(3), 210-214.
- SKOMAL, G. B. and NATANSON, L. J. (2003). Age and growth of the blue shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin*, **101**(3), 627-639.
- SMINKEY, T. R. and MUSICK, J. A. (1996). Demographic analysis of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in the western North Atlantic. *Oceanographic Literature Review*, **11**(43), 1156.
- STEVENS, J. D. (1975). Vertebral rings as a means of age determination in the blue shark (*Prionace glauca* L.). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **55**(3), 657-665.
- STEVENS, J. D. (1984). Biological observations on sharks caught by sport fisherman of New South Wales. *Marine and Freshwater Research*, **35**(5), 573-590.
- STEVENS, J. D., BRADFORD, R. W. and WEST, G. J. (2010). Satellite tagging of blue sharks (*Prionace glauca*) and other pelagic sharks off eastern Australia: depth behaviour, temperature experience and movements. *Marine biology*, **157**(3), 575-591.

STEVENS, J. D., BONFIL, R., DULVY, N. K. and WALKER, P. A. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, **57**(3), 476-494.

TAKEUCHI, Y., SENBA, Y. and NAKANO, H. (2005). Demographic analysis on Atlantic blue and shortfin mako sharks. *International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers SCRS/2004*, 122(54), 1231-1260.

TAKEUCHI, Y., SENBA, Y. and NAKANO, H. (2005). Demographic analysis on Atlantic blue and shortfin mako sharks. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, **58**(3), 1157-1165.

TAVARES, R., ORTIZ, M. and AROCHA, F. (2012). Population structure, distribution and relative abundance of the blue shark (*Prionace glauca*) in the Caribbean Sea and adjacent waters of the North Atlantic. *Fisheries Research*, **129**, 137-152.

VARGHESE, S. P., UNNIKRISHNAN, N., GULATI, D. K. and AYOOB, A. E. (2017). Size, sex and reproductive biology of seven pelagic sharks in the eastern Arabian Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **97**(1), 181-196.

VASKE, T., LESSA, R. P. and GADIG, O. B. F. (2009). Feeding habits of the blue shark (*Prionace glauca*) off the coast of Brazil. *Biota Neotropica*, **9**(3), 1.

WERRY, J. M., PLANES, S., BERUMEN, M. L., LEE, K. A., BRAUN, C. D., ET, A. L. (2014). Reef-Fidelity and Migration of Tiger Sharks, *Galeocerdo cuvier*, across the Coral Sea. *Plos one*, **9**(1).

APÉNDICE

Tabela 1. Von Bertalanffy growth parameters for the blue shark, *Prionace glauca*, in the North and South Pacific and North and South Atlantic Oceans.*

Source	Sex	Amp. CT	L_{∞}	K	t_0	n	Length measurement	t_{max} (years)	t_{mat}
<i>Pacific Ocean</i>									
Parra <i>et al.</i> (2008)	Combined	81-270	303.4	0.100	-2.680	204	TL	16	-
Manning and Francis (2005)	Male	40-300	342.9	0.088	-1.257	140	FL	22	8 years
	Female	50-250	267.5	0.126	-1.047	288	FL	20	7-9 years
Nakano (1994)*	Male	-	289.7	0.129	-0.756	148	PCL	10	-
	Female	-	243.3	0.144	-0.849	123	PCL	10	-
Tanaka (1984)*	Male	-	308.2	0.094	-0.993	43	PCL	-	-
	Female	-	256.1	0.116	-1.306	43	PCL	-	-
Cailliet <i>et al.</i> (1983)	Combined	95-204	265.5	0.223	-0.802	130	TL	20	6-7 years
<i>Atlantic Ocean</i>									
Joung <i>et al.</i> (2017)	Combined	100-325	352.1	0.130	-1.310	742	TL	15	-
Jolly <i>et al.</i> (2013)	Combined	72-313	311.6	0.120	-1.660	197	TL	16	-
Megalofonou <i>et al.</i> (2009)	Combined	81-315	402.0	0.130	-0.620	54	TL	12	-
Lessa <i>et al.</i> (2004)	Combined	173-310	352.0	0.160	-1.010	236	TL	12	-
Skomal and Natanson (2003)	Combined	49-312	286.8	0.170	-1.430	411	FL	16	5 years
Henderson <i>et al.</i> (2001)	Combined	64-219	376.5	0.120	-1.330	30	TL	12	-
Aires-da-Silva (1996)	Combined	-	340.0	0.138	-1.075	308	TL	-	-
Stevens (1975)	Combined	42-272	423.0	0.110	-1.035	82	TL	6	-
Aasen (1966)	Combined	-	394.0	0.133	-0.801	268	TL	8	-
<i>Indian Ocean</i>									
Andrade <i>et al.</i> (2017)	Combined	82-301	278.3	0.140	-	679	FL	25	-

Tabela 2: Biological parameters for the blue shark, *Prionace glauca*, in the Indian Ocean, North and South Pacific, and North and South Atlantic.*

Source	Ampl CT	Size at maturity (cm)		Length measurement	Fecundity	Gestation period (Months)	Size of Embryos
		Male	Female				
<i>Pacific Ocean</i>							
Fujinami <i>et al.</i> (2017)	33.4-252.0	160.9	156.6	PCL	1- 112 (33.1 mean)	11	1.2-41.2
Bustamante and Bennett (2013)	52.0-310.0	190.3	199.2	LT	-	-	-
Zhu <i>et al.</i> (2011)	124.0-277.0	-	-		13-68 (35.0 mean)	-	12-39
Francis and Duffy (2005)	50.0-270.0	190-195	170-190	FL	-	-	-
Stevens and McLoughlin (1991)	232.0-300.0	-	-		11-49 (34.0 mean)		2.7-13.2
<i>Atlantic Ocean</i>							
Briones-Mendoza <i>et al.</i> (2016)	130.0-307	187.1	-	LT	-	-	-
Montealegre-Quijano <i>et al.</i> (2014)	80-258	180.2	171.2	FL	9-74 (33.5 mean)	-	18-33
Jolly <i>et al.</i> (2013)	72.0-313.0	201.4	194.4	TL	43-55	-	-
Megalofonou <i>et al.</i> (2009)	70-349	202.9	214.7	TL	-	-	-
Bornatowski and Schwingel (2008)	197-295.5	195.0	185.0	CT	210 (34.2 mean)	-	24-45
Campana <i>et al.</i> (2005)	-	201.0	-	-	-	9-12	40-51
Lessa <i>et al.</i> (2004)	173.8-310	225.0	228.0	TL	-	-	-
Henderson <i>et al.</i> (2001)	64.0-228.0	190.0	-	TL	-	-	-
Castro and Mejuto (1995)	150.0-260.0	225.0	180.00	FL	35.0 (mean)	-	3-35
Hazin <i>et al.</i> (1994)	156.0-228.0	205.0	162.0	FL	30.0	-	2-26
Stevens (1984)	218.0-326.0	216.0	218.0	TL	4- 57 (32.0 mean)	9-12	46-51
Pratt (1979)	93.0-282.0	183.0	180.0	FL	60	9-12	35-44
<i>Indian Ocean</i>							
Varghese <i>et al.</i> (2016)	186.0-280.0	207.1	-	TL	-	-	-

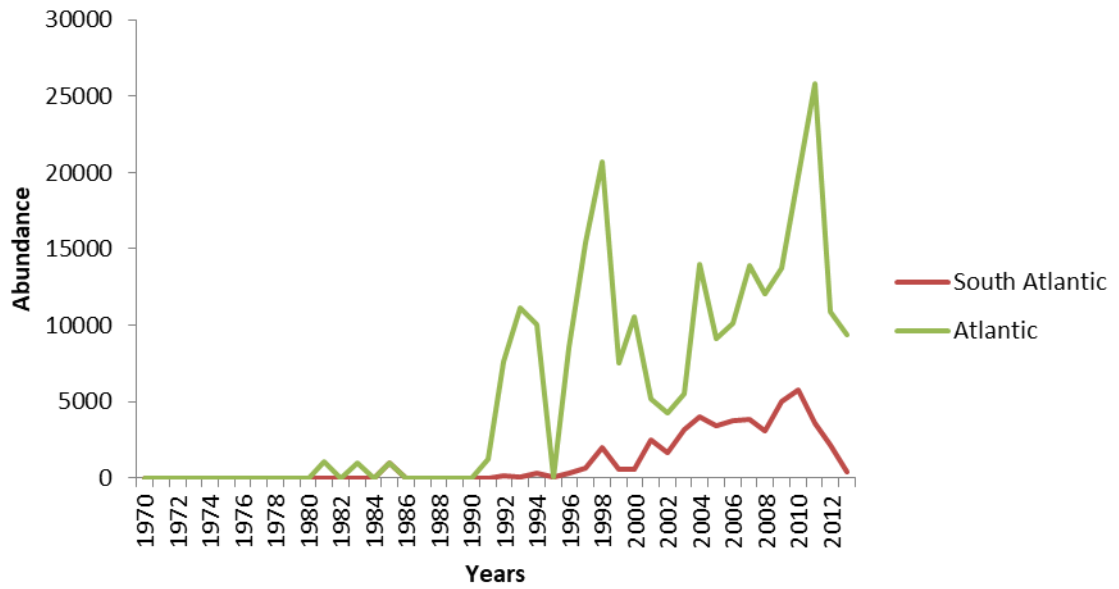


Figura 1: Índices de abundância do estoque de tubarão azul no Atlântico (linha verde) e Atlântico sul (linha vermelha), entre os anos.

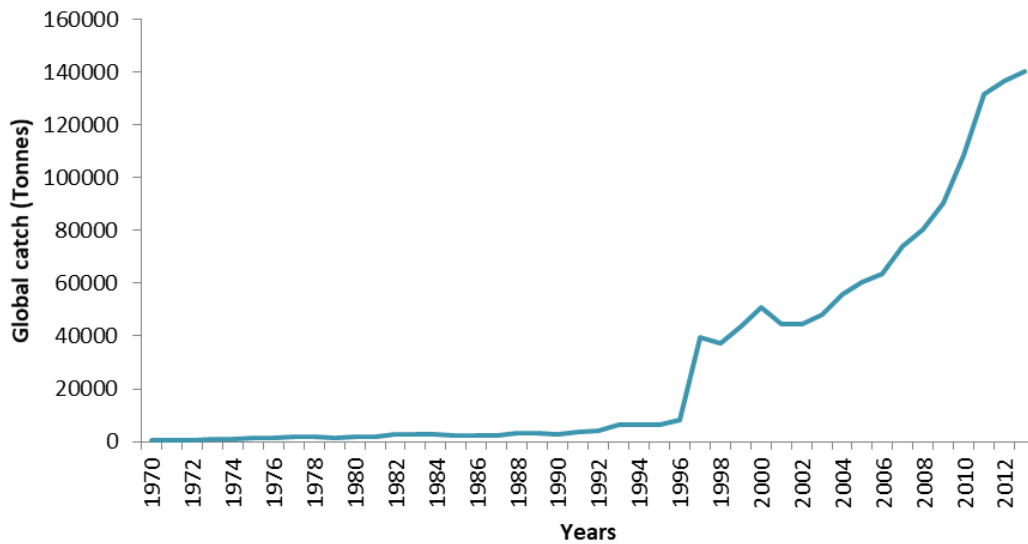


Figura 2: Dados de captura global do tubarão azul (*Prionace glauca*) (FAO FishStat, 2017).

6. ARTIGO 2:

Uso do habitat e demografia do tubarão azul (*Prionace glauca*, Linnaeus, 1758) no Oceano Atlântico Sul Ocidental

Artigo a ser submetido para a *Marine & Freshwater Research*

**Uso do habitat e demografia do tubarão azul (*Prionace glauca*, Linnaeus, 1758) no
Oceano Atlântico Sul Ocidental**

RESUMO

Uma análise demográfica do tubarão azul (*Prionace glauca*) no oceano Atlântico sul foi realizada para avaliar seu estoque e obter dados para uso em gestão e conservação dessa espécie. Também, foi avaliado a contribuição de uma possível área de berçário para o tubarão azul no Atlântico sul através da análise de registros microquímicos em estruturas rígidas de espécies jovens capturados nessa região. Um modelo populacional de matriz estruturado por idade foi construído e, assim, obtida a elasticidade. Três cenários foram gerados a partir da mortalidade natural (M), total (Z) e equilíbrio (Z'), obtendo valores da taxa reprodutiva líquida (R_0), tempo de geração (T) e taxa de crescimento populacional intrínseca (r). No cenário real, com impacto da atividade pesqueira, a taxa de crescimento populacional intrínseca foi de $-0,043$, mostrando que a população diminui a cada ano. A análise de elasticidade mostrou que os jovens (<6 anos) são fundamentais para a sustentabilidade da população, excedendo 70%. Analisando os 7 exemplares, sendo 4 vértebras de tubarão azul adulto e 3 jovens, as proporções dos 5 elementos: Ca foram determinadas, apresentando diferenças significativas entre elas (teste U de Mann-Whitney, $P < 0,05$). No geral, as proporções Sr:Ca, Mn:Ca e Cu:Ca exibiram uma relação direta entre os indivíduos, sendo significativa entre alguns exemplares jovens e adultos (Kruskal-Wallis, $P < 0,05$). Embora a espécie possua uma alta taxa de fecundidade, declínios já são observados, o que se agrava pela elevada captura dos jovens. Essa captura é intensa na região da Elevação do Rio Grande onde foi comprovado a relação de jovens e adultos através da análise multi-elementar. Desta forma, é necessário medidas de gestão e conservação principalmente dos indivíduos jovens do *P. glauca* no oceano Atlântico sul ocidental.

Palavra-chave: Mortalidade, sobrevivência, matriz de Leslie, demografia, análise multi-elementares

INTRODUÇÃO

Os tubarões vêm sofrendo declínios significativos em todo mundo (BAUM e MYERS, 2004; AIRES-DA-SILVA et al., 2007), por isso vários deles estão em lista de espécies ameaçadas de extinção. Uma das causas destes declínios é a vulnerabilidade das espécies à sobrepesca, devido a sua estratégia de história de vida caracterizada por maturidade sexual tardia, baixa fecundidade e longevidade prolongada (STEVENS et al., 2000, GRAHAM et al., 2001; WILLEMS et al., 2016) que podem influenciar na capacidade dos estoques em reagir às altas taxas de mortalidade impostas pela pesca (HOLDEN, 1974).

O tubarão azul, *Pronace glauca*, é a principal espécie de elasmobrânquio capturada na pesca oceânica espinheleira do mundo, principalmente no Atlântico sul (COELHO et al., 2003; CARVALHO et al., 2010; MOURATO et al., 2011; EBERT et al., 2013). Essa espécie domina o mercado mundial de barbatanas (CLARKE et al., 2006), sendo esse comércio uma das principais ameaças às populações de tubarões (AIRES-DA -SILVA e GALLUCCI, 2007).

Embora seja a espécie mais capturada, dados que mostram declínios populacionais de *P. glauca* ainda são poucos (TAKEUCHI et al., 2005; AIRES-DA -SILVA e GALLUCCI, 2007; MONTEALEGRE-QUIJANO e VOOREN, 2009). Nestes estudos, fica o alerta de que a sobrevivência dos indivíduos jovens (imaturos) é fundamental para o equilíbrio da população. Por essa razão, o tubarão azul é listado mundialmente como quase ameaçada de extinção (*NT – Near Threatened*) (STEVENS, 2009). Essa categoria leva sobretudo a questionamentos em relação à disponibilidade limitada de dados em razão das capturas não declaradas e ilegais (AIRES-DA-SILVA e GALLUCCI, 2007), o que conseqüentemente afeta a avaliação do status global dessa espécie.

No Oceano Atlântico Sul, o tubarão azul e mako (*Isurus oxyrinchus*) são as únicas espécies que não estão protegidas por recomendações da Comissão Internacional para a Conservação dos Atuns no Atlântico (ICCAT), sendo explorados legalmente.

Uma hipótese descreve que *P. glauca* possui uma única população no Atlântico Sul, de acordo com a sua migração reprodutiva (HAZIN et al., 2000; HAZIN e LESSA, 2005), e a área onde ocorrem os indivíduos neonatos e jovens seria na Elevação do Rio Grande (CARVALHO et al., 2010; 2011), porém, pode existir um segundo berçário na Namíbia, na costa oriental do Atlântico Sul (COELHO et al., 2017), ou seja, a existência de duas populações (LEGAT e VOOREN, 2004). Como a fase de vida mais importante para a população de *P. glauca* são os indivíduos jovens, a captura deles resulta na diminuição dos recrutas, fazendo assim com que a população decline. Por esta razão, a identificação das populações existentes e a determinação precisa da área de berçário de *P. glauca* no Atlântico Sul é de fundamental importância para o

manejo e a conservação da espécie, principalmente sobre aquelas exploradas no Atlântico sul ocidental.

Análises demográficas vem sendo utilizadas para diversas populações de elasmobrânquios, essa abordagem é realizada quando estimativas suficientes de captura, esforço ou abundância a longo prazo não estão disponíveis, sendo difícil usar modelos baseados em biomassa para avaliar o status do estoque (TSAI et al., 2010). Esse método utiliza informações dos parâmetros da história de vida da espécie (BOOTH et al., 2011) tais como maturidade sexual, idade máxima de reprodução, taxa de mortalidade e natalidade (TAKEUSHI et al., 2004). Assim, são gerados alguns parâmetros sendo eles: R_0 (Taxa reprodutiva), T (Tempo de geração), r (Taxa de crescimento populacional intrínseca) e λ (Taxa finita de crescimento populacional) (MOLLET e CAILLIET, 2002).

Os berçários são áreas que se concentram sazonalmente fêmeas grávidas e neonatos nos seus primeiros meses de vida (MUSICK et al., 2000), em busca de um ambiente com ampla gama de itens alimentares, baixo risco de predação por tubarões maiores e condições para que os jovens cresçam rápido, e se juntem à parte adulta da população (CASTRO, 1993; BUSH e HOLLAND, 2002). Uma das formas de avaliar a contribuição desse ambiente para o estoque explorado, na identificação de populações e sobre o comportamento migratório ao longo do ciclo de vida de uma determinada espécie é através da análise de registros microquímicos em estruturas rígidas, que refletem as características físico-químicas do ambiente habitado previamente (CAMPANA et al., 1995; PONTUAL e GEFFEN, 2002; ELSDON e GILLANDERS, 2003).

As vértebras cartilaginosas de tubarões e raias são metabolicamente inativas, crescem por toda a vida dos peixes e são depositados em anéis alternados anuais, permitindo que as idades possam ser determinadas, permanecendo o registro da assinatura química do ambiente em que o indivíduo passou durante a sua vida (SMITH et al., 2013; TILLET et al., 2011; MCMILLAN et al., 2017).

A ausência de informações sobre as populações de *P. glauca* que habitam o Atlântico sul e suas áreas de berçário, bem como, a demografia da população que utiliza a região ocidental desta área, é o objetivo do presente trabalho, com o intuito de fornecer informações fundamentais para o manejo e gestão sustentável deste recurso pesqueiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Demografia

Um total de 798 exemplares de *P. glauca* foram coletados em desembarques de embarcações que operaram no Oceano Atlântico sul entre os anos de 1994 a 2002 (0°30'00" S

a 41°36'00 S/ 027° 33'00W a 051°34'00W). Esses dados fazem parte de diferentes projetos de pesquisa (Projeto ECOTUNA, Programa REVIZEE e Programa de Observadores de Bordo) do Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas (DIMAR). Comprimento total (focinho até a ponta da barbatana caudal superior [TL, cm]), peso e sexo de cada indivíduo foram medidos e registrados. Em alguns indivíduos foram medidos apenas o comprimento inter-dorsal (IDS, em cm), que foi convertida para TL usando a seguinte equação (FRÉDOU et al., 2015):

$$TL = \frac{ID - 18.099}{0.1454}$$

A idade e o crescimento de *P. glauca* no Atlântico sul já foram estimados por vários autores (LESSA et al., 2004; MONTEALEGRE-QUIJANO, 2007; JOLLY et al., 2013). Os parâmetros de crescimento e idades empregados foram estimados por Lessa et al. (2004) para *P. glauca* no nordeste do Brasil, obtido através de leituras de anéis anuais em vértebras (Tabela 1).

Não existem ainda para o Atlântico Sul, estimativas exatas dos tamanhos de maturidade sexual de *P. glauca*. Hazin (2001) relatou maturidade sexual (t_{mat}) em cerca de 228 cm TL para fêmeas de tubarão azul no Atlântico sul, esse comprimento equivale a uma idade de primeira maturação de aproximadamente 6 anos. Dados provenientes de referências bibliográficas do Oceano Atlântico sudeste foram utilizados para a comparação com o nordeste, e constam na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros de história de vida do *Pronace glauca* no oceano Atlântico sul.

Autores	Parâmetros	Nordeste	Sudeste
Hazin, 2001; Montealegre-Quijano, 2007	Idade de Maturação (anos)	$t_{mat}= 6$	$t_{mat}= 6$
Lessa, 2004; Montealegre-Quijano, 2007	Idade Máxima Observada (anos)	$t_{máx}= 12$	$t_{máx}= 12$
Lessa, 2004; Montealegre-Quijano, 2007	Comprimento máximo teórico (cm)	$L_{\infty} = 352,1$	$L_{\infty} = 242,4$
Lessa, 2004; Montealegre-Quijano, 2007	Constante de crescimento (anos -1)	$K= 0,157$	$K= 0,183$
Lessa, 2004; Montealegre-Quijano, 2007	Idade teórica	$t_0= -1,01$	$t_0= -1,018$
Montealegre-Quijano e Vooren, 2009	Temperatura média do ambiente	28°	20°
Hazin e Lessa, 2005; Montealegre-Quijano, 2009	Período de gestação	1 ano	1 ano
Montealegre-Quijano, 2009	Proporção embrionária sexual	1:1	1:1
Pratt, 1979	Ciclo reprodutivo	2 anos	2 anos
Hazin e Lessa, 2005; Montealegre-Quijano, 2007	Fecundidade embrionária	30	34,2
	Fecundidade anual de embriões (m_x)	15	16,3

A distribuição da frequência etária do *P. glauca* entre os anos 1994 a 2002, estimada através da conversão dos TL em idades pela curva invertida de von Bertalanffy (1938) segundo Sparre e Venema (1997). A fim de estimar a taxa de mortalidade total (Z), correspondente à soma das mortalidades natural (M) e por pesca (F). A mortalidade natural (M) foi estimada usando um conjunto de modelos independentes da idade (Tabela 2).

Tabela 2 - Métodos de estimativa de mortalidade natural (M) utilizados para o tubarão azul *Prionace glauca* no Oceano Atlântico sul.

Método	Equação
Pauly (1980)	$\ln M = -0.0066 - [0.279 \ln(L_\infty)] + [0.6543 (K)] + [0.4634 \ln(T)]$
Jensen (1996)	equação 1: $M = 1.6K$
Jensen (1996)	equação 2: $M = 1.5K$
Jensen (1996)	equação 3: $M = \frac{1.65K}{x_m}$
Hewitt e Hoening (2005)	$M = \frac{4.22}{t_{max}}$
Hoening (1983)	teleósteos: $\ln Z = 1.46 - 1.01 \ln t_{max}$
Hoening (1983)	cetáceos: $\ln Z = 0.941 - 0.873 \ln t_{max}$
Rikhter e Efanov (1976)	$M = \frac{1.521}{x_m^{0.72}} - 0.155$
Mollet e Cailliet (2002)	$M = \frac{-\ln(0.01)}{T_{max}}$

Onde: L_∞ é o comprimento assintótico; K o coeficiente de crescimento e T é a temperatura média anual da água, os dois primeiros parâmetros fazem parte do modelo de crescimento de von Bertalanffy; t_{max} é a idade máxima; x_m é a fecundidade média anual de fêmeas por fêmea grávida para a idade.

O valor de mortalidade natural é obtido através da média calculada entre os métodos independente da idade, baseados nos parâmetros biológicos. As taxas de mortalidades entre as

regiões foram testadas por qui-quadrado (χ^2), para observar se tem diferenças entre elas. As taxas de mortalidade por pesca (F) foram obtidas através da diferença entre Z e M.

As taxas de exploração (E) foram calculadas com os dados de mortalidade por pesca e total, Sparre e Venema (1997).

$$e = F/Z$$

A taxa de mortalidade de equilíbrio (Z') foi estimada com base no modelo de Holden (1974).

$$Z' = mx (e^{-ZTmat})$$

As taxas de sobrevivência (S) serão estimadas de cada mortalidade variando de 0 e 1 a partir da equação descrita por Ricker (1980):

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

Matriz de Leslie

O modelo populacional de matriz estruturada em idade foi construída utilizando a fórmula base da Matriz de Leslie:

$$Nt + 1 = \mathbf{M}Nt$$

onde Nt é um vetor que descreve a composição etária da população seja no ano, t ou $t+1$. \mathbf{M} é a matriz de projeção populacional de Leslie:

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

o elemento s_x é o termo anual de sobrevivência para a idade x e o f_x representa a idade específica *per capita* da taxa de fecundidade.

A primeira classe etária (considerada, idade 0) é representada pelos neonatos (recém-nascidos) e a fecundidade (f_x) inclui a probabilidade de que uma fêmea grávida sobreviva e tenha sua ninhada no final do ano ($f_x = s_x m_x$, em que m_x é a fecundidade média anual de fêmeas por fêmea grávida para a idade x). O valor de m_x foi obtido através do produto do número de filhotes por fêmea e a razão sexual fêmea das ninhadas, que então dividido pelo comprimento do ciclo reprodutivo em anos. Assim, criando um modelo de crescimento

populacional fêmea. Este método permite a estimação de matrizes de elasticidade que auxiliam na interpretação das causas de declínios ou aumentos na população. Essa matriz foi analisada usando o programa PopTools (HOOD, 2006).

O parâmetro de grande importância da tabela de vida e matriz de Leslie é a taxa intrínseca de aumento populacional (r), que é a medida do potencial para taxa de crescimento, estas são baseadas através da equação de Euler-Lotka:

$$\sum_{x=\alpha}^w l_x e^{-rx} m_x = 1.0$$

Onde l_x é a sobrevivência até a idade x , m_x é a fecundidade na idade x (filhotes fêmeas por fêmea), w é a idade reprodutiva máxima.

No modelo matricial a taxa finita de crescimento populacional e a taxa intrínseca de crescimento populacional estão relacionadas através da fórmula:

$$\lambda = e^r$$

Outros parâmetros obtidos da tabela de vida e do modelo matricial:

Taxa reprodutiva líquida (R_0), sendo definida como a taxa de crescimento da população de uma geração para a outra.

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

O tempo de geração foi calculado como o tempo T necessário para a população aumentar por um fator de (R_0). T foi calculado para satisfazer $\lambda^T = R_0$, onde

$$T = \frac{\ln R_0}{\ln \lambda}$$

A análise de elasticidade, que é a mudança proporcional, foi usada para obter informações sobre a influência que as alterações nas taxas reprodutivas e de sobrevivência podem ter na taxa de crescimento populacional (λ) (Simpfendorfer et al. 2005). A elasticidade foi calculada a partir dos elementos

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

Onde: e_{ij} é a elasticidade, a_{ij} são os elementos da matriz de transição, λ é a taxa de crescimento populacional, $v_i w_i$ são os autovetores direitos e esquerdos e $\langle \mathbf{w}, \mathbf{v} \rangle$ é o produto escalar dos dois vetores, ou seja $(\mathbf{w}, \mathbf{v}) = v_1 w_1 + v_2 w_2 + \dots + v_n w_n$.

Cenários para o Oceano Atlântico sul sobre o comportamento da população de acordo com mudanças nas sobrevivências de jovens e adultos, fecundidades e pesca serão analisados e parâmetros demográficos gerados através do Programa Microsoft Excel, sub-rotina PopTools.

A produtividade da população de tubarão azul foi primeiramente testada sem a existência da pesca e um conjunto de parâmetros estimados pela demografia foi gerado. Para a segunda abordagem, foram inseridos dados de captura por pesca para investigar a resposta de crescimento da população, em termos de r , usando os dados de recrutamento pesqueiro dessa espécie ($t_r = 6$ anos). E para o último cenário, foi estimada a taxa de equilíbrio da população. As estimativas das taxas de captura estabelecidas foram determinadas iterativamente e parâmetros demográficos foram descritos.

Microquímica

Coleção de amostras

Aproximadamente 500 vértebras de *P. glauca* estão disponíveis no laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas (DIMAR), sendo 236 coletadas entre os anos de 1992 e 2000, e 244 entre 2009 e 2012 na região do Atlântico sul Ocidental. Destas, foram selecionadas quatro vértebras de *P. glauca* (205 – 285 cm CT) do nordeste do Brasil (N1, N2, N3, N4) (1°30'00" S a 18°36'00" S/ 036° 33'00W a 028°34'00W) e três vértebras provenientes da Elevação do Rio Grande (E1, E2, E3) (37° 25' S/ 33° 19' W), totalizando sete exemplares (Fig.

1).

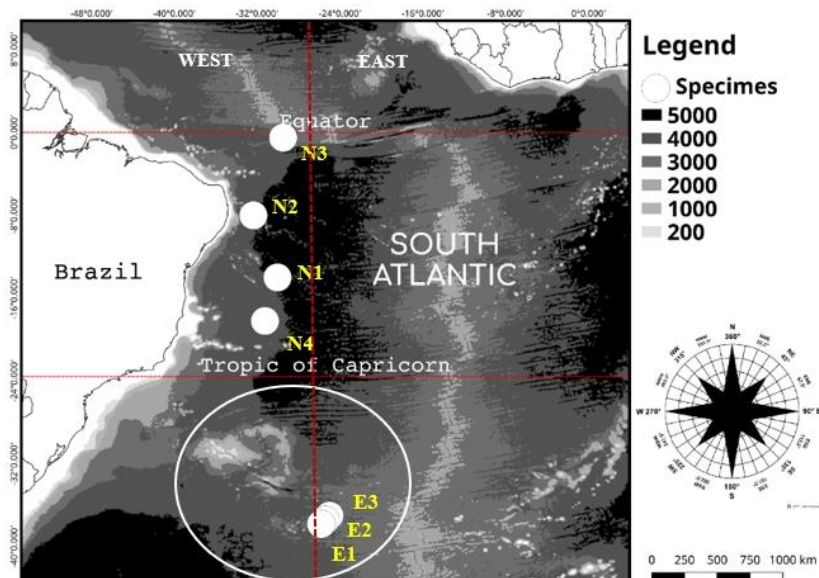


Figura 1. Localização dos indivíduos amostrados no nordeste do Brasil. O círculo indica a elevação de Rio Grande e os indivíduos coletados no mesmo ponto da elevação.

Idade estimada

As vértebras inteiras foram inclusas em resina de poliéster e seccionadas longitudinalmente no plano frontal ao nível do foco, com aproximadamente 1mm de espessura usando uma serra metalográfica de baixa rotação equipada com um disco de corte de diamante (CAILLIET et al., 1983). De cada indivíduo, foram retiradas de duas a três seções vertebrais.

Um par de bandas de crescimento consistia de um anel translúcido (estreito) e um anel opaco (largo) (CARLSON et al., 2003; CAILLIET e GOLDMAN, 2004), que foram contados e medidos usando um microscópio estereoscópico equipado com ocular com escala micrométrica, com magnificação de 10X (10,0 unidades micrométricas = 1,0 mm), sobre um fundo preto e com luz refletida.

As distâncias do foco das vértebras para a margem externa de cada anel translúcido e para a margem das vértebras (raio) foram anotadas. No geral, duas leituras foram realizadas independentemente sendo a segunda destinada a observar reprodutibilidade entre as leituras.

A proporcionalidade entre o crescimento corporal e da vértebra foi avaliada pela relação entre o raio da vértebra (RV) e o comprimento total (CT) por sexo, através do ajuste dos modelos lineares. A idade calculada foi estimada com a função de crescimento de von Bertalanffy (VBGF) (von Bertalanffy, 1938).

Análise multi-elementares

As vértebras foram cortadas sob condições limpas, com espessura de 1.0 mm para que não se deforme, e em seguida foram lavadas em água ionizada e então secas.

As amostras foram analisadas em um espectrômetro de massa com ablação a laser (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry – LA-ICPMS*) no Laboratório de Espectrometria da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no Rio Grande do Sul e no Institut de Recherche pour le Développement (IRD), na cidade de Montpellier, França. O laser operou com um pulso de frequência de 20 Hz, com uma velocidade de escaneamento de 30 µm/s. O Cálcio (^{43}Ca), foi utilizado como padrão interno para compensar variações devido a diferenças na quantidade de material (Tillett et al., 2011; MCMILLAN et al., 2018). Além do Cálcio, foram registradas as assinaturas de ^{138}Ba , ^{13}C , ^{112}Cd , ^{110}Cd , ^{63}Cu , ^{65}Cu , ^{54}Fe , ^{57}Fe , ^{201}Hg , ^{202}Hg , ^{39}K , ^{24}Mg , ^{25}Mg , ^{26}Mg , ^{55}Mn , ^{23}Na , ^{31}P , ^{206}Pb , ^{208}Pb , ^{32}S , ^{86}Sr , ^{87}Sr , ^7Li , ^{66}Zn , ^{85}Rb , ^{117}Sn e ^{118}Sn .

Foi comparado os primeiros anos de vida dos exemplares, com o intuito de observar se nos jovens e adultos estão presentes as mesmas concentrações de elementos traços, indicando a mesma origem. Foi estimado a proporção de cinco elementos por cálcio: Mn:Ca, Sr:Ca,

Ba:Ca, Pb:Ca e Cu:Ca. Os valores de cada elemento foram convertidos em $\log(x+1)$ e posteriormente em porcentagem, com o intuito de diminuirmos a escala e a diferença entre eles. A normalidade univariada foi avaliada e a homogeneidade da variância foi testada usando o teste de Levene. Diferenças entre as áreas dos exemplares para os elementos individuais:Ca foram analisados estatisticamente usando métodos não paramétricos (teste de Mann-Whitney e ANOVA Kruskal-Wallis). Todas as análises estatísticas foram realizadas na versão R Studio 3.0.1 utilizando o pacote estatístico ‘vegan’.

RESULTADOS

A distribuição etária dos machos e das fêmeas nas amostras do nordeste não apresentaram diferenças significativas (teste U de Mann-Whitney, $p < 0.001$), variando de 1 a >12 anos, dos quais 43,2% eram jovens (Figura 1).

O conjunto de modelos utilizados para estimar a taxa de mortalidade natural não apresentou diferença significativa entre os ambientes de estudo (χ^2 ; $p > 0,05$), obtendo assim média geral de 0,287 (s.d.= 0,081), variando de 0,106 a 0,384 pelos métodos descritos por Jensen 3 e Mollet e Cailliet, respectivamente. A taxa média da mortalidade natural e a taxa de sobrevivência estimada para todos os métodos, correspondeu a 0,287 (s.d. = 0.81) e 0,753 (s.d.= 0,063), respectivamente (Tabela 3). A taxa de mortalidade total (Z) estimada a partir das curvas de captura e a taxa de equilíbrio (Z'), também não apresentaram diferença significativa entre as áreas de estudo (χ^2 ; $p > 0,05$) (Figura 2). Assim, obtemos uma taxa média estimada de 0,633 e 0,571 (s.d.= 0,046 e 0,011) respectivamente, correspondendo a taxa de sobrevivência de 53% para a mortalidade total, enquanto a taxa de equilíbrio, foi de aproximadamente 57%. Levando em conta a taxa de mortalidade natural ($M = 0,287$), a taxa de mortalidade por pesca (F) foi de 0,348, que resultou na taxa de exploração (E) de 0,550.

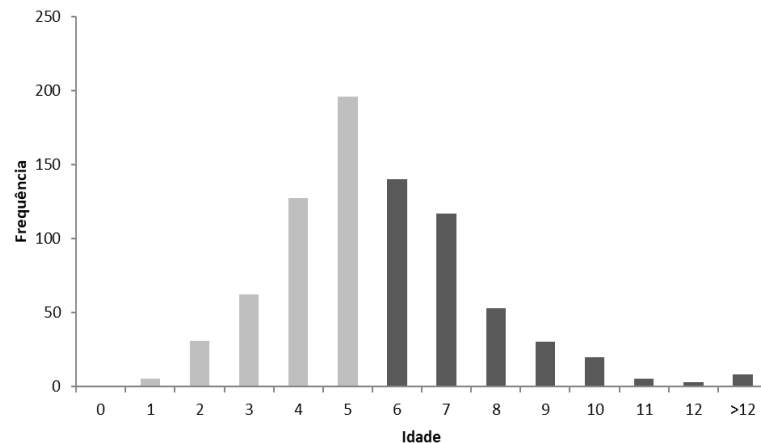


Figura 1: Estimativa do tubarão azul (*Prionace glauca*) capturados em pescarias com espinhel pelágico no oceano Atlântico sul, entre os anos 1994 a 2002, as barras brancas e pretas representam idades de juvenis e adultos respectivamente.

Tabela 3: Valores de sobrevivência (S) estimados a partir das taxas de mortalidade natural (M) pelos métodos indiretos e característica de história de vida do *P. glauca* no oceano Atlântico sul.

Método	M	S
Pauly (1980)	0,276	0,779
Jensen (1996) – (1)	0,272	0,762
Jensen (1996) – (2)	0,255	0,775
Jensen (1996) - (3)	0,106	0,900
Hewitt e Hoenig (2005)	0,352	0,704
Hoenig (1983) - (teleósteo)	0,350	0,705
Hoenig (1983) - (cetáceos)	0,293	0,746
Rikhter e Efanov (1976)	0,294	0,746
Mollet e Cailliet (2002)	0,384	0,681
Média	0,287	0,753

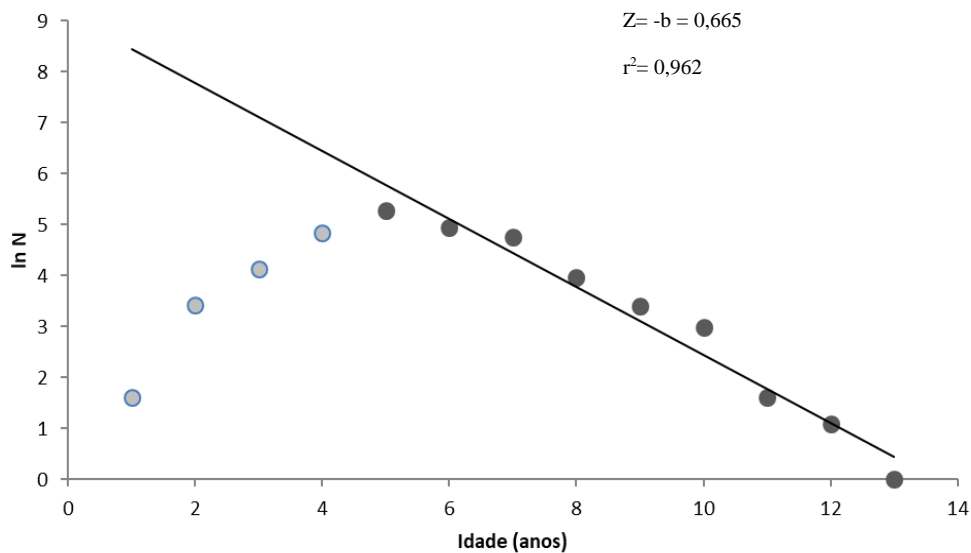


Figura 2: Curva de captura com mortalidade total (Z) para o tubarão azul no oceano Atlântico sul, entre os anos 1994 a 2002. Os pontos pretos são usados na regressão para estimar Z

Três cenários foram considerados para a demografia de *P. glauca* (Tabela 4). No primeiro cenário, onde foi estabelecido a hipótese de ausência de exploração pesqueira como esperado, mostrou um aumento anual de 28% da população.

No cenário real, onde entra o impacto da atividade pesqueira, a taxa de crescimento populacional intrínseca, revelou que a população diminui em média $-4,3\%$ anualmente. Nesse cenário, se hipoteticamente ocorrer captura de indivíduos jovens (exemplo, 3 anos), o valor da sobrevivência que antes era de $2,2\%$ cai para $1,4\%$ ao chegar no 6º ano.

No cenário de equilíbrio a população de *P. glauca*, estaria crescendo em torno de $2,0\%$ ao ano ($Z' = 0.571$). Sob estas condições, o equilíbrio seria obtido caso a sobrevivência inicial fosse de apenas 55% ($Z' = 0.590$).

Tabela 4: Parâmetros demográficos e elasticidade (e1, e2 e e3 = soma das elasticidades de fertilidade, sobrevivência juvenil e sobrevivência adulta, respectivamente) de *P. glauca* no oceano Atlântico sul.

Cenário	λ	r (ano ⁻¹)	R_0	T	e1	e2	e3
1	1,332	0,287	9,727	7,925	0,140	0,701	0,159
2	0,958	-0,043	0,738	7,047	0,148	0,741	0,111
3	1,020	0,020	1,151	7,168	0,139	0,697	0,163

A análise de elasticidade por classe de idade nestes cenários (Figura 3) mostrou que a sobrevivência dos jovens (< 6 anos) é essencial para o crescimento nessa população, com proporção conjunta média para essa fase mais de 70% (Figura 4). A contribuição proporcional da fecundidade foi quantificada como um valor médio de elasticidade de 14% .

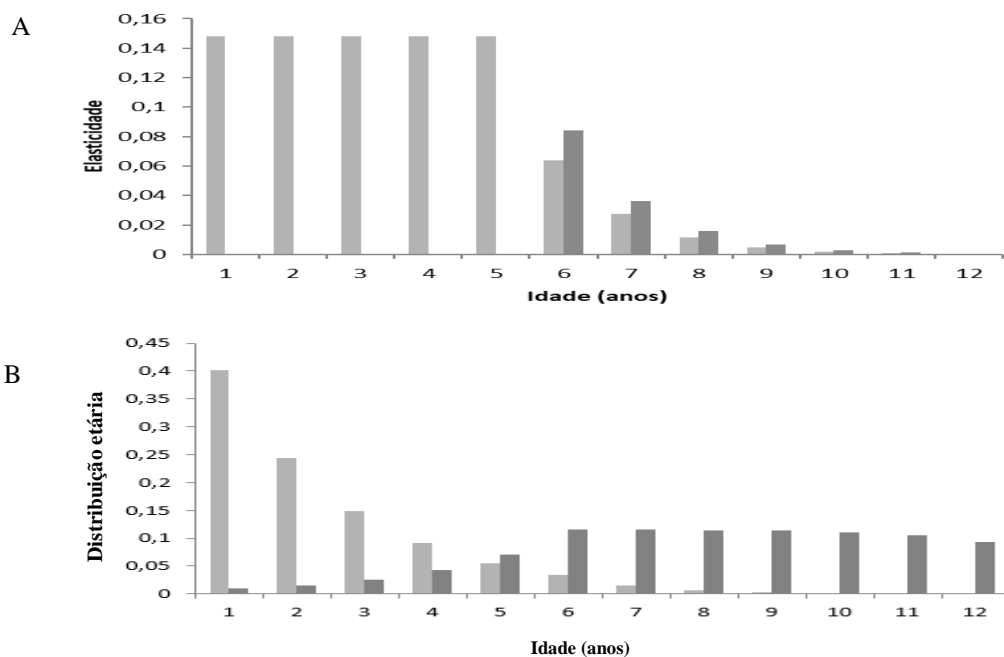


Figura 3: Elasticidade (A) onde o cinza claro representa os jovens e adultos e o cinza escuro a fertilidade a cada idade e distribuição etária estável (B) onde o cinza escuro corresponde o valor reprodutivo em cada idade para o tubarão azul no oceano Atlântico sul.

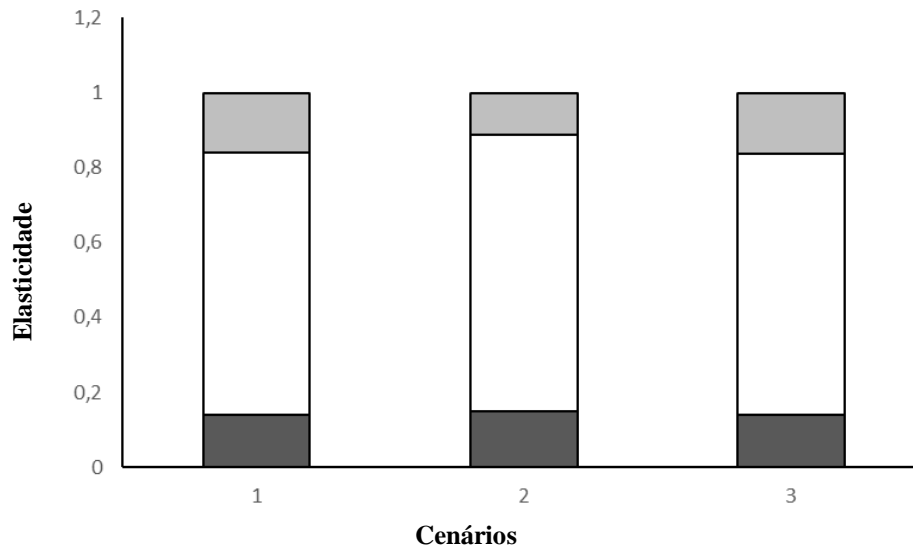


Figura 4: Elasticidade para cada cenário; barras representam elasticidade da fertilidade (preto) e elasticidade de sobrevivência para juvenis (brancos) e adultos (cinza).

Analisando os 7 exemplares, sendo 4 vértebras de tubarão azul adulto e 3 jovens, as proporções dos 5 elementos: Ca foram determinadas, apresentando diferenças significativas entre elas (teste U de Mann-Whitney, $P < 0,05$). No geral, as proporções Sr:Ca, Mn:Ca e Cu:Ca exibiram proporções semelhantes entre os indivíduos, sendo significativa entre alguns exemplares jovens e adultos (Kruskal-Wallis, $P < 0,05$). A tabela 5, resume o resultado correspondente aos indivíduos capturados na Elevação do Rio Grande e em outras regiões do Atlântico sul ocidental. Nós observamos que a concentração de Mn:Ca do indivíduo capturado na elevação (E1) foi semelhante ao indivíduo N3 (Fig. 5). Esse padrão, repetiu claramente com a concentração de Sr:Ca e Cu:Ca, confirmando a relação da origem do indivíduo adulto com o exemplar jovem. Analisando a concentração da razão Sr: Ca, sendo esse elemento um indicador preciso de salinidade nos ambientes, o indivíduo E1 apresentou semelhante proporção com os indivíduos N1, N2, N3 e N4 (Fig.6).

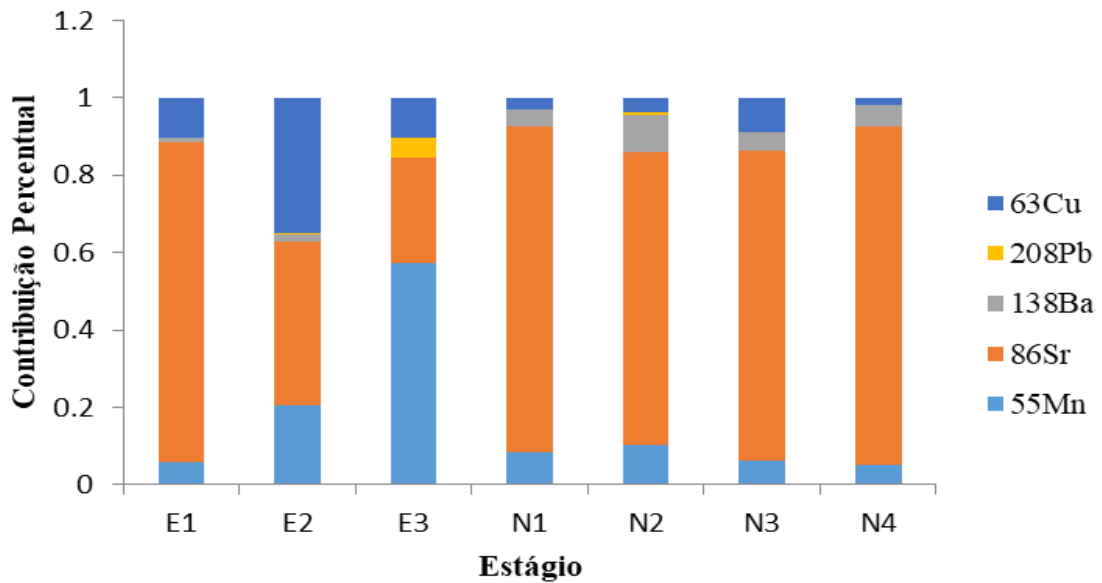


Figura 5: *Prionace glauca*. Proporções dos 5 elementos: Ca para classes 0 e 2 anos.

Tabela 5: Média e desvio padrão (SD) da relação elementos: Ca do tubarão azul (*P. glauca*) capturado no Oceano Atlântico sul equatorial

Estágio	CT (cm)	Idade (anos)	⁵⁵ Mn	⁸⁶ Sr	¹³⁸ Ba	²⁰⁸ Pb	⁶³ Cu
E1	125.2	2	0.06±0.01	0.83±0.05	0.01±0.00	8.46 ⁻⁰⁵ ±4.11 ⁻⁰⁵	0.10±0.04
E2	133.5	2	0.20±0.01	0.42±0.01	0.02±0.00	0.00±0.00	0.35±0.01
E3	198.4	4	0.57±0.13	0.27±0.07	0.00±0.00	0.06±0.02	0.10±0.07
N1	205	4	0.08±0.01	0.84±0.01	0.04±0.00	0.00±0.00	0.03±0.00
N2	285	10	0.10±0.01	0.76±0.00	0.09±0.00	0.00±0.00	0.04±0.00
N3	236	6	0.06±0.00	0.80±0.07	0.04±0.00	0.00±0.00	0.08±0.06
N4	245	7	0.05±0.00	0.87±0.00	0.05±0.00	0.00±0.00	0.02±0.00

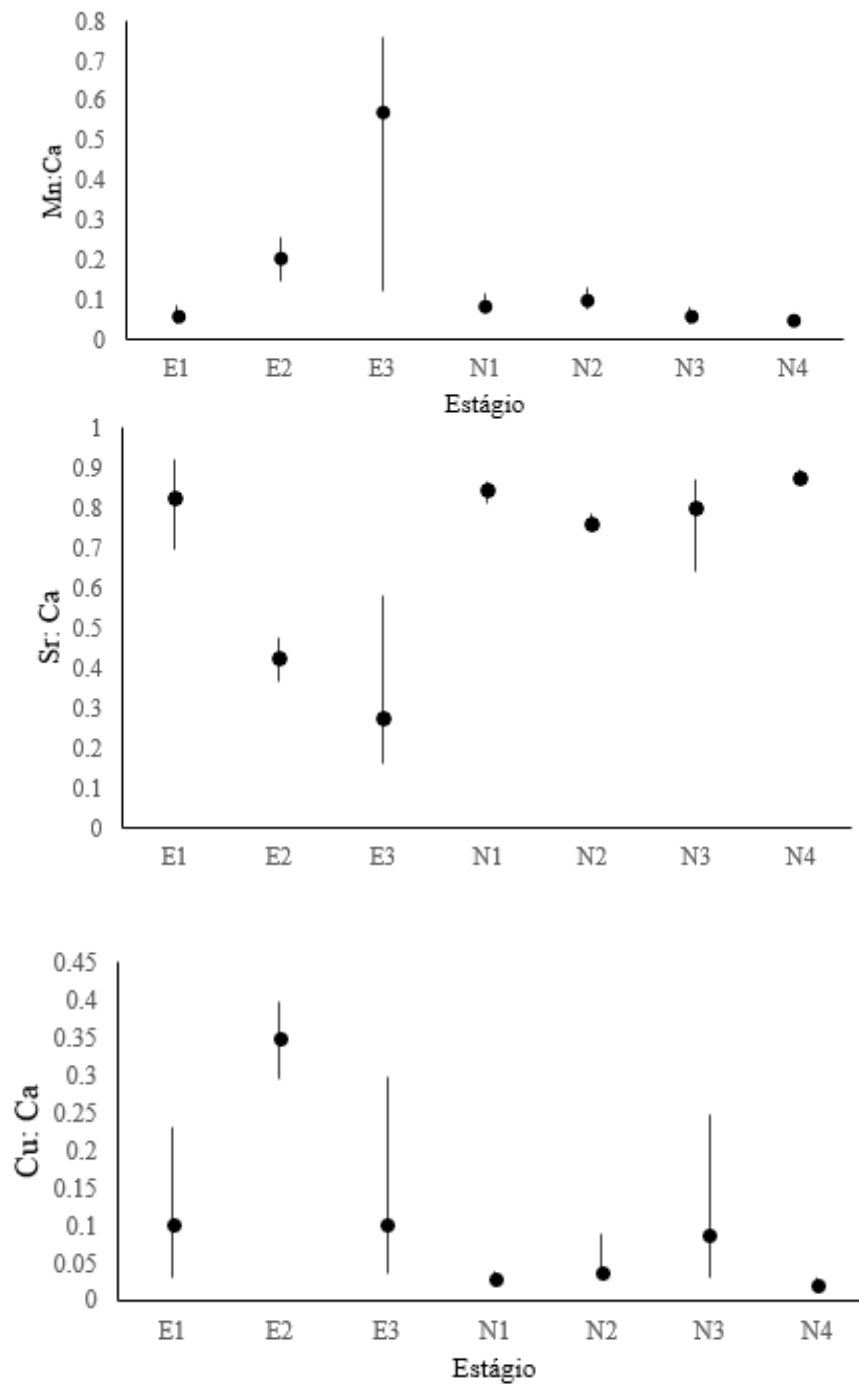


Figura 6. Média (pontos), mínimos e máximos (barras) dos elementos Mn:Ca; Sr:Ca; Cu:Ca dos indivíduos de *P. glauca* do Oceano Atlântico sul.

DISCUSSÃO

No presente estudo, mostramos que quase metade das capturas de *Prionace glauca* são de juvenis. Por conseguinte, autores já relataram uma alta densidade de espécimes menores de um ano de idade no Atlântico sul ocidental, onde essa proporção está relacionada com a preferência da espécie em latitudes mais altas (CARVALHO et al., 2010, 2011; COELHO et al., 2017).

As características biológicas do tubarão azul resultaram em alta taxa de crescimento populacional intrínseco (alta fecundidade, um ano de gestação e um ciclo reprodutivo anual), a taxa de mortalidade natural média (M) de 0.287 foi similar aos registrados para a família Carcharhinidae (SMITH et al., 1998; SANTANA et al., 2009), sendo a predação, alimentação e doenças os principais fatores que influenciam essa categoria (HEUPEL e SIMPFENDORFER, 2002). Os diferentes métodos forneceram valores variados de mortalidade natural (M) para o *P. glauca*. Essa variação foi observada em outros trabalhos, e fica evidente que não existe um critério para estimativas de M , devido às incertezas e desempenho de cada método (LESSA et al., 2016).

A taxa de mortalidade total (Z) de 0.633 do presente estudo foi similar ao encontrado para outra espécie da família Carcharhinidae (HEUPEL e SIMPFENDORFER, 2002). Um aumento na inclinação de curva de captura pode refletir em diversos processos como alta mortalidade natural, recrutamento ou esforço pesqueiro (RICKER, 1975). Entretanto, as taxas de mortalidade são estimadas a partir das informações de desembarques das frotas pesqueiras, que podem ser fortemente tendenciosas e conseqüentemente podem não mostrar o real status populacional (AIRES-DA-SILVA e GALLUCCI, 2007).

A taxa de mortalidade total (Z), levou a uma taxa de mortalidade por pesca (F) de 0.316 e uma taxa de exploração (E) de 0,55, sendo que o valor estimado de F excede o F' , este que garantia a substituição do estoque. Os valores de E acima de 0,5 são considerados como indicadores de sobreexploração (GULLAND, 1983). Alguns autores já relataram uma alta exploração a nível máximo sustentável dessa espécie (BAUM et al., 2003; CLARKE, 2003). Entretanto, a Comissão Internacional para a Conservação de Atuns do Atlântico (ICCAT) mesmo considerando a avaliação muito preliminar, relataram que os atuais níveis de exploração são sustentáveis (ANONYMOUS 2005). Assim, a quantificação dos impactos da exploração nas populações de tubarões continua sendo um desafio devido à carência de dados (CAMHI et al., 2008).

A taxa finita de crescimento populacional na presença de captura foi de $-0,043 \text{ ano}^{-1}$, não indicando capacidade de crescimento dessa espécie no Atlântico sul. Na ausência de captura a taxa finita de crescimento populacional aumenta consideravelmente cerca de $1,33 \text{ ano}^{-1}$.

Diferente do presente estudo, Aires-da-Silva e Gallucci (2007), observaram que o estoque de tubarão azul no oceano Atlântico norte é altamente produtivo, além de apresentar alto crescimento anual com taxa de $1,23 \text{ ano}^{-1}$ (média λ). No estudo de Cortés (2002), onde ele incorporou incerteza à modelagem demográfica em populações de tubarões, o tubarão azul apresentou taxa finita (λ) de $1,40 \text{ ano}^{-1}$, ocupando o terceiro lugar em um estudo envolvendo 38 espécies. Outra análise demográfica de produtividade foi feita em 26 espécie de tubarão no Pacífico (SMITH et al. 1998) e o tubarão-azul esteve em sétimo lugar confirmando assim sua alta produtividade.

Historicamente o tubarão azul permanece como a espécie pelágica mais bem produtiva. Embora tenha uma alta produtividade essa espécie é a mais capturada mundialmente (CLARKE et al. 2006, FAO FishStat, 2017), levando assim a questionamentos se existe algum aspecto vulnerável da população que pode colocar em risco a sua produtividade e levar a superexploração (AIRES-DA-SILVA e GALLUCCI, 2007).

A elasticidade do presente estudo confirmou que a sobrevivência dos jovens (0-5 anos) é essencial para o crescimento dessa população, e é o que impulsiona a produtividade dessa espécie (AIRES-DA-SILVA e GALLUCCI, 2007). Desta forma, autores recomendam que as medidas de manejo se concentrem na proteção de jovens (CORTÉS, 2008), sendo essa ação mais fácil de implementar e garantir uma exploração sustentável futura (HEUPEL e SIMPFENDORFER, 2002; AIRES-DA-SILVA e GALLUCCI, 2007).

Com base na composição elementar das vértebras, obtemos respostas significativas, revelando uma relação positiva entre as espécies. Assumindo assim, que os adultos nasceram ou residiram no mesmo local identificado a partir da análise das vértebras dos juvenis. Mn: Ca, Cu:Ca e Sr:Ca foi semelhante em um indivíduo jovem e um indivíduo adulto. Sr: Ca foi positivamente correlacionada com um indivíduo jovem e todos os adultos analisados. McMillan et al. (2017), observou que os elementos Mn e Sr são depositados de forma consistente dentro e entre as vértebras dos elasmobrânquios. No estudo de Smith et al. (2013), onde investigaram a utilidade das assinaturas vertebral em elasmobrânquios, o Mn: Ca foi positivamente afetado pela temperatura. Tillett et al. (2011), diferente do nosso resultado não conseguiu mostrar que duas espécies de elasmobrânquios retornavam ao berçário, porém deixa claro que o padrão de uso de habitat e movimentos dos tubarões é possível ser mostrado através da análise de microquímica vertebral.

Dois indivíduos juvenis não correlacionaram positivamente com os indivíduos adultos, esse resultado pode está relacionado aos movimentos e migrações sazonais de longo alcance da espécie, abrangendo outros ambientes no oceano Atlântico sul. Estas constatações, reforçam a ideia de que no oceano Atlântico sul não existe apenas uma área de berçário e que esse ambiente

contribui relativamente para o estoque adulto, sendo utilizado pela espécie que vem de outros locais do Atlântico sul, em busca de condições ambientais favoráveis. Alguns autores observaram uma grande densidade de tubarão azul juvenis situada no oceano Atlântico sul ocidental, apontando assim o local de berçário dessa espécie no Atlântico Sul (Hazin et al., 2000; Montealegre-Quijano e Vooren, 2010, Coelho et al., 2017). No entanto, estudos recentes, de marcação e genética relataram que no oceano Atlântico sul existe duas áreas de berçários, sendo uma no Brasil localizado na Elevação do Rio Grande e outra na África do sul (da Silva, et al., 2010; Bailleul et al., 2017; Veríssimo et al., 2017). A existência de duas áreas de berçários e o movimento do tubarão azul no oceano Atlântico sul pode dificultar na avaliação e gerenciamento de estoque.

Embora ocorra uma alta captura do tubarão azul no oceano Atlântico sul, ainda não existe medidas restritivas de pesca e desembarque nessa região. A falta de implementação de medidas de gestão é justificada pelo fato que o tubarão azul entra como captura acessória em pescarias destinadas a espadarte e atum (*Xiphias gladius*; *Thunnus* spp.) (HEESSEN, 2003; ANONYMOUS 2005). Estudos também mostram uma alta captura de jovens no sudoeste do Brasil em uma região conhecida como elevação do Rio Grande (MONTEALEGRE-QUIJANO, 2007; CARVALHO et al., 2010; 2011; COELHO et al., 2017), sendo essa região epipelágica de convergência subtropical do Atlântico sudoeste (MONTEALEGRE- QUIJANO e VOOREN, 2010).

Os berçários são de grande importância para o crescimento da população (VANDEPERRE *et al.*, 2016). Nessa área se concentram sazonalmente fêmeas grávidas e neonatos nos seus primeiros meses da vida (MUSICK et al., 2000). No oceano Atlântico sul foi relatado que o padrão de movimento sazonal dos juvenis é influenciado pela posição da convergência subtropical, registrando assim latitudes de 33°S no inverno e 46°S no verão (MONTEALEGRE- QUIJANO e VOOREN, 2010). Esse padrão foi sugerido para a espécie no oceano Atlântico norte, onde a causa desse movimento está fortemente correlacionada com as variações da temperatura da água (QUEIROZ et al., 2005). A identificação do padrão de movimento dos jovens contribui para criar medidas eficazes de implementação de gestão. A proteção dos jovens é uma alternativa viável na ação gerencial de espécies migratórias, sendo uma medida menos invasiva nas pescarias da região, garantindo assim uma exploração sustentável (AIRES-DA-SILVA e GALLUCCI, 2007).

Nós concluímos que os resultados obtidos da análise demográfica sugerem medidas imediatas de gestão e conservação da espécie. *P. glauca* é altamente vulnerável a atividade pesqueira, como indicado pela sua taxa negativa de aumento, exigindo assim medidas de proteção, principalmente dos jovens. A análise multi-elementar mostrou ser uma ferramenta

promissora para o estudo das populações de elasmobrânquios. Com essa técnica foi possível identificar as marcas ambientais próprias do berçário de origem em ambos estágios juvenis e adultos. Estas impressões ambientais são baseadas em assinaturas elementares presentes em estruturas rígidas (otólito, vértebras, espinhos) cuja detecção está relacionado com a sensibilidade das técnicas de LA-ICPMS, das concentrações dos elementos presentes no ambiente de estudo e da localização e movimentos da espécie estudada. Esse tipo de informação fornecem a percepção necessária para avaliar a real situação do estoque e assim auxiliar na tomada de decisão para fins de manejo e gestão da espécie.

REFERÊNCIAS

- AIRES-DA-SILVA, A. M. and GALLUCCI, V. F. (2007). Demographic and risk analyses applied to management and conservation of the blue shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean. *Marine and Freshwater Research*, **58**(6), 570-580.
- BARRETO R. R., BORNATOWSKI H., MOTTA F. S., SANTANDER-NETO J., VIANNA G. M. S. and LESSA R. (2017). Rethinking use and trade of pelagic sharks from Brazil. *Mar. Policy*, **85**, 114–122.
- BAUM, J. K. and MYERS, R. A. (2004). Shifting baselines and the decline of pelagic sharks in the Gulf of Mexico. *Ecology Letters*, **7**(2), 135-145.
- BAUM, J. K., MYERS, R. A., KEHLER, D. G., WORM, B., HARLEY, S. J. and DOHERTY, P. A. (2003). Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. *Science*, **299**(5605), 389-392.
- BOOTH, A. J; FOULIS, A. J.; SMALE, M. J. (2011). Age validation, growth, mortality, and demographic modeling of spotted gully shark (*Triakis megalopterus*) from the southeast coast of South Africa. *Fishery Bulletin*, v. 109, n. 1, p. 101-112.
- CAMHI, M. D., LAUCK, E., PIKITCH, E. K. and BABCOCK, E. A. (2008). A global overview of commercial fisheries for open ocean sharks. *Sharks of the open ocean: Biology, fisheries and conservation*, p. 166-192.
- CARVALHO, F. C., MURIE, D. J., HAZIN, F. H., HAZIN, H. G., LEITE-MOURATO, B. and BURGESS, G. H. (2011). Spatial predictions of blue shark (*Prionace glauca*) catch rate and catch probability of juveniles in the Southwest Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, **68**(5), 890-900.
- CARVALHO, F. C., MURIE, D. J., HAZIN, F. H., HAZIN, H. G., LEITE-MOURATO, B., TRAVASSOS, P. and BURGESS, G. H. (2010). Catch rates and size composition of blue

sharks (*Prionace glauca*) caught by the Brazilian pelagic longline fleet in the southwestern Atlantic Ocean. *Aquatic Living Resources*, **23**(4), 373-385.

CLARKE, S. C., MAGNUSSEN, J. E., ABERCROMBIE, D. L., MCALLISTER, M. K. and SHIVJI, M. S. (2006). Identification of shark species composition and proportion in the Hon Kong shark fin market based on molecular genetics and trade records. *Conservation Biology*, **20**(1), 201-211.

COELHO, R., MEJUTO, J., DOMINGO, A., YOKAWA, K., LIU, K. M., CORTÉS, E., ...and MWILIMA, A. M. (2017). Distribution patterns and population structure of the blue shark (*Prionace glauca*) in the Atlantic and Indian Oceans. *Fish and Fisheries*, **19**(1), 90-106.

COELHO, R., BENTES, L., GONÇALVES, J., LINO, P. G., RIBEIRO, J. and ERZINI, K. (2003). Reduction of elasmobranch by-catch in the hake semipelagicnear-bottom longline fishery in the Algarve (Southern Portugal). *Fisheries Science*, **69**(2), 293-299.

CORTÉS, E. (2002). Incorporating uncertainty into demographic modeling: application to shark populations and their conservation. *Conservation biology*, **16**(4), 1048-1062.

CORTÉS, E. (2008). Comparative life history and demography of pelagic sharks. *Sharks of the open ocean: biology, fisheries and conservation*, 309-322.

EBERT, D. A., FOWLER, S.L. and COMPAGNO, L.J. (2013). *Sharks of the world, a fully illustrated guide*. Wild Nature Press, Plymouth, UK, **528p**.

FAO - Fishstat Database Plus. (2017). Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Acessado em <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en>>.

FRÉDOU, F. L., TOLOTTI, M. T., FRÉDOU, T., CARVALHO, F., HAZIN, H., BURGESS, G., ... and HAZIN, F. H. V. (2015). Sharks caught by the Brazilian tuna longline fleet: an overview. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **25**(2), 365-377.

GRAHAM, K. J., ANDREW, N. L. and HODGSON, K. E. (2001). Changes in relative abundance of sharks and rays on Australian South East Fishery trawl grounds after twenty years of fishing. *Marine and Freshwater Research*, **52**(4), 549-561.

GULLAND, J. A. (1983). *Fish Stock Assessment: A Manual of Basic Methods*. FAO/Wiley Series on Food and Agriculture, Rome.

HAZIN, F. H. V., BROADHURST, M. K. and HAZIN, H. G. (2000). Preliminary analysis of the feasibility of transferring new longline technology to small artisanal vessels off northeastern Brazil. *Marine Fisheries Review*, **62**(1), 27-34.

HAZIN, F.H.V., (1991). Ecology of the blue shark, *Prionace glauca*, in the southwestern equatorial Atlantic. M.Sc. Dissertation. Tokio University of Fisheries, **123 pp**.

HAZIN, F. H., KIHARA, K., OTSUKA, K., BOECKMAN, C. E. and LEAL, E. C. (1994). Reproduction of the blue shark *Prionace glauca* in the south-western equatorial Atlantic Ocean. *Fisheries science*, **60**(5), 487-491.

HEESSEN, H.J.L. (2003). Development of elasmobranch assessments DELASS. Final Report of the DG Fish Study Contract 99/055. Netherlands Institute for Fisheries Research (RIVO), Ijmuiden, The Netherlands.

HEUPEL, M. R. and SIMPFENDORFER, C. A. (2002). Estimation of mortality of juvenile blacktip sharks, *Carcharhinus limbatus*, within a nursery area using telemetry data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **59**(4), 624-632.

HEWITT, D.A. and HOENIG, J.M. (2005). Comparison of two approaches for estimating natural mortality based on longevity. *Fish. Bull.*, **103**, 433-437.

HOENIG, J.M. (1982). A compilation of mortality and longevity estimates for fish, mollusks and cetaceans with a bibliography of comparative life history studies, Tech. Rep., Ref. 82-2. University of Rhode Island, Grad. School Oceanogr.

HOLDEN, M.J. (1974). In: HARDEN-JONES, F.R. (Ed.), Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. *Sea fisheries research*, p. 117-137.

HOOD, G. M. (2006). PopTools version 2.7.5. Disponível em: <http://www.cse.csiro.au/poptools>, acessado em 28 de junho de 2017).

JENSEN, A.L. (1996). Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **53**, 820-822.

JOLLY, K. A., DA SILVA, C. and ATTWOOD, C. G. (2013). Age, growth and reproductive biology of the blue shark *Prionace glauca* in South African waters. *African Journal of Marine Science*, **35**(1), 99-109.

KOHLER, N. E., TURNER, P. A., HOEY, J. J., NATANSON, L. J. and BRIGGS, R. (2002). Tag and recapture data for three pelagic shark species: blue shark (*Prionace glauca*), shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*), and porbeagle (*Lamna nasus*) in the North Atlantic Ocean. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, **54**, 1231-1260.

LEGAT, J. F. and VOOREN, C. M. (2004). Reproductive cycle and migration of the blue shark (*Prionace glauca*) in South Atlantic Ocean. In: *Fish Communities and Fisheries*. DE CARVALHO, C. E., PETRERE JR. M.; RIVAS, A. A. F.; MACKINLAY, D. (Eds.). Symposium proceedings, International Congress on the Biology of Fish, Manaus, Brazil, p. 25-35.

LESSA, R., BATISTA, V. S. and SANTANA, F. M. (2016). Close to extinction? The collapse of the endemic daggnose shark (*Isogomphodon oxyrinchus*) off Brazil. *Global Ecology and Conservation*, **7**, 70-81.

- LESSA, R., SANTANA, F. M. and HAZIN, F. H. (2004). Age and growth of the blue shark *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) off northeastern Brazil. *Fisheries Research*, **66**(1), 19-30.
- McMILLAN, M. N., IZZO, C., WADE, B. and GILLANDERS, B. M. (2017). Elements and elasmobranchs: hypotheses, assumptions and limitations of elemental analysis. *Journal of Fish Biology*, **90**, 559–594.
- MOLLET, H. F. and CAILLIET, G. M. (2002). Comparative population demography of elasmobranchs using life history tables, Leslie matrices and stage-based matrix models. *Mar. Freshw. Res.*, **53**, 503–516.
- MONTEALEGRE-QUIJANO, S. and VOOREN, C. M. (2010). Distribution and abundance of the life stages of the blue shark *Prionace glauca* in the Southwest Atlantic. *Fisheries Research*, **101**(3), 168-179.
- MOURATO, B. L., ARFELLI, C. A., AMORIM, A. F., HAZIN, H. G., CARVALHO, F. C. and HAZIN, F. H. (2011). Spatio-temporal distribution and target species in a longline fishery off the southeastern coast of Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, **59**(2), 185-194.
- MUSICK, J. A., BURGESS, G., CAILLIET, G., CAMHI, M. and FORDHAM, S. (2000). Management of sharks and their relatives (Elasmobranchii). *Fisheries*, **25**(3), 9-13.
- PETERSON, I. and WROBLEWSKI, J. S. (1984). Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **41**, 1117–1120.
- PRATT JR, H. L. (1979). Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. *Fish. Bull.*, **77**, 445-470.
- RICKER, W. E. (1980). Calcul et Interprétation des Statistiques Biologiques des Populations de Poissons. Bulletin de l'office des recherches sur les pêcheries du Canada, Bulletin 191F, Ministère des Pêches et des Océans, Ottawa, p. 409.
- RICKER, W.E., (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, p. 191.
- SANTANA, F. M., DUARTE-NETO, P., and LESSA, R. (2009). Demographic analysis of the night shark (*Carcharhinus signatus*, Poey, 1868) in the equatorial Southwestern Atlantic Ocean. *Fisheries Research*, **100**(3), 210-214.
- SIMPENDORFER, C.A. (2005). Demographic models: Life tables, matrix models and rebound potential. In: Musick J.A., Bonfil R. (Eds.), *Elasmobranch Fisheries Management Techniques* FAO Fisheries Technical Paper, Rome.
- SMITH, S. E., AU, D. W., and SHOW, C. (1998). Intrinsic rebound potentials of 26 species of Pacific sharks. *Marine and Freshwater Research*, **49**(7), 663-678.
- Smith, W. D., Miller, J. A., and Heppell, S. S. (2013). Elemental markers in elasmobranchs: effects of environmental history and growth on vertebral chemistry. *PloS one*, **8**(10), e62423.

SPARRE, P. & VENEMA, S.C. (1997). Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. Parte 1: Manual. FAO, Roma.

STEVENS, J. (2009). *Prionace glauca*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T39381A10222811. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T39381A10222811.en.downloaded>, acessado em 27 de junho de 2017.

STEVENS, J. D., BONFIL, R., DULVY, N. K. and WALKER, P. A. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil, **57**(3), 476-494.

TAKEUCHI, Y., SENBA, Y. and NAKANO, H. (2005). Demographic analysis on Atlantic blue and shortfin mako sharks. ICCAT Collective Volume of Scientific Papers, 58(3), 1157-1165.

WILLEMS, T., DEPESTELE, J., DE BACKER, A., and HOSTENS, K. (2016). Ray bycatch in a tropical shrimp fishery: Do Bycatch Reduction Devices and Turtle Excluder Devices effectively exclude rays?. Fisheries Research, **175**, 35-42.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Embora existam diversos estudos do tubarão azul as informações sobre ele é despeço e isso pode causar erros quando for tratar dos parâmetros biológicos da espécie em determinados locais.
- No Atlântico sul existem poucos estudos da biologia do tubarão azul.
- O tubarão azul no Atlântico sul, mesmo apresentando uma alta fecundidade, pode haver um indicativo que a população está declinando por causa da exploração dos jovens na Elevação do Rio Grande;
- Parece existir ao menos uma população de tubarão azul, sendo necessário amostras do Atlântico oriental para confirmar se existe só uma população no Atlântico sul;
- Mostramos no presente estudo que no oceano Atlântico sul ocidental existe uma população e que essa população utiliza a Elevação do Rio Grande.

MARINE & FRESHWATER RESEARCH

ANEXO Normas para publicação na *Marine & Freshwater Research*

Author Instructions

All manuscripts should be submitted via ScholarOne Manuscripts.

Publishing Policies

Peer review

Authorship

Licence to publish

Open access

General

Paper categories

Presentation

Format

Lay summary

Conflicts of Interest

Acknowledgements

References

Tables and Figures

Supplementary material

Guidelines for data analysis and presentation

Units, nomenclature and formulae

Animal and human research ethics

Data deposition

How to submit manuscripts

Proofs and reprints

Publishing Policies

Marine and Freshwater Research insists on high standards of ethical behaviour throughout the publication process. Our journal editors work within the guidelines of the Committee on Publication Ethics (COPE) and International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE). Further information on our policies can be found at <http://www.publish.csiro.au/mf/PublishingPolicies>.

[Return to Index](#)

Peer review

Marine and Freshwater Research is a peer-reviewed journal that uses a single-blind peer-review. The Editor-in-Chief is responsible to maintain high-quality peer-review of papers submitted to the journal and work together with the Associate Editors to ensure a thorough and fair peer-review and the highest scientific publishing standards. All submissions undergo preliminary assessment by the Editor-in-Chief, who may reject a paper before peer review when it is outside the journal's scope or is of insufficient quality. Associate Editors select reviewers and after at least two review reports are received, they make the decision whether to accept/reject or send a manuscript for revision. The final decision is made by the Associate Editor.

[Return to Index](#)

Authorship

The conditions around authorship for Marine and Freshwater Research should follow the recommendations of the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE), for more information see <http://www.publish.csiro.au/mf/PublishingPolicies>.

[Return to Index](#)

Licence to publish

For details regarding copyright, please see [Copyright/Licence to Publish](#).

[Return to Index](#)

Open access

Authors may choose to publish their paper Open Access on payment of a publication fee. See [Open Access](#) for more details.

[Return to Index](#)

General

To reduce the burden on the editorial team, Marine and Freshwater Research does not require pre-submission enquiries to the Editor. Authors should determine if their manuscripts fit the journal's scope before submitting their manuscripts through ScholarOne Manuscripts. Editorial advice and decisions will not be provided on manuscripts submitted to the journal through other means.

Papers will be considered for publication if they make an original and significant contribution to research in the aquatic sciences, and fit the journal's scope. Descriptive papers may be accepted if they are placed in an appropriate conceptual setting and have global relevance. However, papers that are purely taxonomic or parochial, describe preliminary or incremental results, or simply present data with minimal or no context will not be considered. Manuscripts that are focussed on the biology of single taxa and do not provide a sufficient discussion on the ecological implications of their results may not be accepted. The Editor reserves the right to reject poorly prepared or inappropriate manuscripts without sending them for review. Manuscripts may be returned for revision before sending out for peer review if the English expression is poor, the data analysis is inappropriate, or the style deviates considerably from that advocated in this set of instructions.

Manuscripts that have a high level of text similarity to previously published material, including that presented in publicly accessible technical reports or reports to funding agencies, will not be accepted for publication. If the manuscripts or part of the manuscript is derived from such published material the text will need modification and the original source needs to be cited.

Marine and Freshwater Research assumes that all authors of a multi-authored paper agree to its submission, and that the results have not been published nor are being considered for publication elsewhere. The journal endeavours to ensure that the work published is that of the named authors except where acknowledged and, through its reviewing procedures, that all published results and conclusions are consistent with the primary data. However, it can take no responsibility for fraud or inaccuracy on the part of the contributors.

[Return to Index](#)

Paper categories

Full Papers are complete reports of original research not previously published. Review articles should critically summarise relevant work in a specific field and indicate fruitful lines of further research. Comments on published papers should be submitted within one year of publication of the paper on which comment is being made and will be refereed. Authors of the original paper will be given the right of reply. Short Communications should have an abstract and may present results from a brief but well-designed study or deal with important observations not needing lengthy treatment. The Results and Discussion sections may be merged in a Short Communication. Isolated factual notes will not be considered.

[Return to Index](#)

Presentation

The work should be presented in clear and concise English. All text should be in Times New Roman, 12 point font, with double or 1.5-line spacing throughout, and with a margin of at least 3 cm on the left-hand side. Every line of each page must be consecutively numbered in the left-hand margin, starting from 1 to the highest numbers needed as this greatly assists the referees. All pages of the manuscript must be numbered consecutively, including those carrying references, tables and captions to illustrations, all of which are to be placed after the text. Follow the form of headings, tables and illustrations exemplified in recent issues of the Journal.

Supplementary material which is not essential in the printed paper (e.g. large raw data files) but that may be useful to other workers can be lodged with the Editor if submitted with the manuscript for inspection by the referees. Such material will be published online as Supplementary Material in association with the published paper and made available free to all users.

[Return to Index](#)

Format

Papers should usually be in the form Title, Abstract, Additional keywords, Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, Acknowledgements, Conflicts of Interest and References. If authors choose to combine the Results and Discussion sections, they must also include a Conclusion to summarise their key findings. Consider using subheadings to organize material.

The title should be concise and appropriately informative and should contain all keywords necessary to facilitate retrieval by online search engines. The abstract (< 200 words) should open with a clear statement of the broad relevance of the work, briefly summarise the aims and research approach, give the principal findings, and conclude by specifying the main implications of the results to aquatic science. Additional keywords not already in the title or abstract should be listed beneath the abstract. A running head (< 50 letter spaces) should be supplied for use at the top of the printed page.

The Introduction should set the global relevance of the work in the opening sentences. Text should only cover essential background literature and clearly indicate the reason for the work. This section should close with a paragraph specifying aims and, where appropriate, testable hypotheses. In the Materials and methods, sufficient detail should be given to enable the work to be repeated. If a commercial product such as an analytical instrument is mentioned, supply its full model name and location of the manufacturer. Give complete citations and version numbers for computer software. Data analysis must be explained clearly, especially when complex models or novel statistical procedures are used (see Guidelines for data analysis and presentation). Results should be stated concisely and without interpretation (although in complex studies, modest interpretation of some data may provide context helpful for understanding subsequent sections). Data presented should address aims and testable hypotheses raised in the Introduction. Use tables and figures to illustrate the key points but do not repeat their contents in detail. The Discussion should explain the scientific significance of the results in context with the literature, clearly distinguishing factual results from speculation and interpretation. Avoid excessive use of references - more than three to support a claim is usually unnecessary. Limitations of methods should also be addressed where appropriate. Conclude the Discussion with a section on the implications of the findings. Footnotes should be used only when essential.

[Return to Index](#)

Lay summary

Authors are asked to please provide a short summary of ~60 words for inclusion in the online table of contents. This is basically a non-technical abstract — i.e. it should be free from scientific or technical jargon and written at the level of an article in a good newspaper. This text is only visible to readers online and, along with the manuscript title, provides authors with the opportunity to promote their paper so people will read it.

[Return to Index](#)

Conflicts of Interest

A 'Conflicts of Interest' section should be included at the end of the manuscript. It should identify any financial or non-financial (political, personal, professional) interests/relationships

that may be interpreted to have influenced the manuscript. If there is no conflict of interest, please include the statement "The authors declare no conflicts of interest".

[Return to Index](#)

Acknowledgements

The contribution of colleagues who do not meet all criteria for authorship should be acknowledged. Financial and material support should also be acknowledged. All sources of funding for the research and/or preparation of the article should be listed, and the inclusion of grant numbers is recommended. Authors should declare sponsor names along with explanations of the role of those sources if any in the preparation of the data or manuscript or the decision to submit for publication; or a statement declaring that the supporting source had no such involvement. If no funding has been provided for the research, please include the following sentence: "This research did not receive any specific funding".

[Return to Index](#)

References

Please strive to make the References section accurate and consistent with the journal's style. We use the Harvard system. Cite references chronologically in the text by the author and date. Multiple references from the same year should be cited alphabetically. In the text, the names of two coauthors are linked by 'and'; for three or more, the first author's name is followed by 'et al.'.

Avoid excessive citation of references. All references cited in the text must be listed at the end of the paper, with the names of authors arranged alphabetically, then chronologically. No editorial responsibility can be taken for the accuracy of the references so authors are requested to check these with special care.

In the reference list, include the full author list, article title and journal name (i.e. no abbreviations). Papers that have not been accepted for publication must not be included in the list of references. If necessary, they may be cited either as 'unpublished data' or as 'personal communication' but the use of such citations is discouraged. Authors must ensure that they have permission to cite material as a personal communication and can provide unpublished data if required by a reviewer.

Pay special attention to punctuation, spelling of author and species names, and titles of articles, books and journals. EndNote provides output styles for Marine and Freshwater Research.

Journal article

Prince, J. D., Sellers, T. L., Ford, W. B., and Talbot, S. R. (1988). Confirmation of a relationship between localised abundance of breeding stock and recruitment for *Haliotis rubra* Leach (Mollusca: Gastropoda). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 122, 91-104.

Raymond, M., and Rousset, F. (1995). GENEPOP (Version 1.2): population genetics software for exact tests and ecumenicism. *Journal of Heredity* 86, 248-249.

Book chapter

Tegner, M. J. (1992). Brood-stock transplants as an approach to abalone stock enhancement. In 'Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture'. (Eds S. A. Shepherd, M. J. Tegner and S. A. Guzmán del Prío.) pp. 461-463. (Blackwell Scientific: Oxford, UK.)

Wolanski, E., Mazda, Y., and Ridd, P. (1992). Mangrove hydrodynamics. In 'Tropical Mangrove Ecosystems'. (Eds A. I. Robertson and D. M. Alongi.) pp. 43-62. (American Geophysical Union: Washington, DC.)

Book

Sokal, R. R., and Rohlf, F. J. (1981). 'Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research.' 2nd Edn. (W. H. Freeman: New York.)

Attiwill, P. M., and Adams, M. A. (Eds) (1996). 'Nutrition of Eucalypts.' (CSIRO Publishing: Melbourne.)

Thesis

Silver, M. W. (1970). An experimental approach to the taxonomy of the genus *Enteromorpha* (L.). PhD Thesis, University of Liverpool.

Harrison, A. J. (1961). Annual reproductive cycles in the Tasmanian scallop *Notovola meridionalis*. BSc (Hons) Thesis, University of Tasmania, Hobart.

Report or Bulletin

Chippendale, G. M., and Wolf, L. (1981). The natural distribution of *Eucalyptus* in Australia. Australian National Parks and Wildlife Service, Special Publication No. 6, Canberra.

Conference Proceedings

Hayman, P. T., and Collett, I. J. (1996). Estimating soil water: to kick, to stick, to core or computer? In 'Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference, Toowoomba, 1 January 1996'. (Ed. M. Asghar.) p. 664. (Australian Society of Agronomy: Toowoomba).

Kawasu, T., Doi, K., Ohta, T., Shinohara, Y., and Ito, K. (1990). Transformation of eucalypts (*Eucalyptus saligna*) using electroporation. In 'Proceedings of the VIIth International Congress on Plant Tissue and Cell Culture, Florence, 12-17 June 1994'. pp. 64-68. (Amsterdam IAPTC: Amsterdam.)

Web-based material

Goudet, J. (2001). 'FSTAT, a Program to Estimate and Test Gene Diversities and Fixation Indices (Version 2.9.3).' Available at <http://www2.unil.ch/popgen/softwares/fstat.htm> [accessed 15 November 2007].

[Return to Index](#)

Tables and Figures

Tables must be numbered with Arabic numerals and have a self-explanatory title. A headnote containing material relevant to the whole table should start on a new line, as it will be set in a different font. Tables should be arranged with regard to the dimensions of the printed page (17.5 by 23 cm) and the number of columns kept to a minimum. Excessive subdivision of column headings is undesirable; use abbreviations that can then be expanded upon in the headnote. The first letter only of headings to rows and columns should be capitalised. The symbol for the unit of measurement should be placed in parentheses beneath the column heading. Footnotes should be kept to a minimum and be reserved for specific items in columns. Horizontal rules should be inserted only above and below column headings and at the foot of the table. Vertical rules must not be used.

All figures must be referred to in the text (e.g., Fig. 1, Fig. 2a-d, Figs 1 and 2), and should be numbered consecutively in the order that they are cited within the paper. Electronic submission of figures is required. Photographs and line drawings should be of the highest quality and, if not created digitally, should be scanned at high-resolution: photographs at 300 dpi at final size, saved as .jpg files; hand-drawn line drawings at least 600 dpi at final size, saved as .tif files. Black-and-white photographs should be saved in greyscale format as .tif or Photoshop files. Labels must be applied electronically to the scanned images in Photoshop, rather than scanning manually labelled figures. Colour figures and photographs must be submitted in CMYK format for printing purposes, not in RGB. Photographs and images must be of the highest quality, and trimmed squarely to exclude irrelevant features. When in a group, adjacent photographs must be separated by uniform spaces that will be 2 mm wide after reduction. A scale bar is desirable on micrographs and photographs lacking reference points. Important features to which attention has been drawn in the text should be indicated.

Line illustrations prepared using either a draw or chart/graph program should be saved in the following formats: encapsulated postscript (.eps) (preferred format); Adobe Illustrator (.ai); or Excel (.xls). Illustrations created using Powerpoint should be saved in PowerPoint or as Windows metafiles (.wmf); CorelDraw files should be saved as .eps or .ai files; charts created on a Macintosh computer should be saved as .eps, .ps or PICT files; SigmaPlot files should be saved in .eps format (postscript printer driver required). In all cases, they should be editable vector graphic files. Minimise use of 3D graphs. Remove colours from all charts and graphs that are to be reproduced in black, grey and white.

The lettering of figures must be in sans-serif type (Helvetica is ideal) with only the first letter of the first word of any proper names capitalised, and should not be in bold type. For letter size, the height of a lower-case 'x' after reduction should be approximately 1.2 mm. Do not use the

symbols '+' or 'x' for data points. Grid marks should point inwards and legends to axes should state the quantity being measured and be followed by the appropriate units in parentheses. Thickness of lines on line diagrams at final size must be no less than 0.5 pt. Grouped figures should not exceed 17.5 cm by 23 cm. Colour graphics will be accepted, but the cost of production is borne by the author.

Colour is free of charge in the online versions of your paper. Colour charges are incurred only if you want colour in the print version of the journal, and are ~ AU\$300 per page. The exact cost will depend on the number of images and their placement, and can be discussed with the journal's Production Editor after your manuscript has been accepted for publication. Note that colour may be necessary in the print version of the journal (and will therefore incur colour charges) if the images do not make sense in monochrome.

Please contact the Production Editor for further information.

[Return to Index](#)

Supplementary material

In an effort to make best use of printed journal space, Marine and Freshwater Research strongly encourages authors to place supporting files such as additional tables, figures and raw data in 'Supplementary Material', which is linked online to the paper when it is published electronically. Such material is not crucial to the paper's interpretation but would bolster claims, illustrate specific aspects of interest, or expand on a point in the text. There is no special format for Supplementary Material and it should be cited in the main text as '..available as Supplementary Material...' or '(see Supplementary Material)'.

[Return to Index](#)

Guidelines for data analysis and presentation

Effective data analysis seeks to summarise and clarify results, enhancing the objectivity with which they are presented and interpreted. If an analysis fails to achieve this, it is probably unsuitable. No matter what analysis is used, the reader must be provided with enough information to independently assess whether the method is appropriate. Therefore, assumptions and models underlying unusual statistical analyses must be clearly stated, usually with supporting references. Even when conventional parametric statistics are used, the reader must be assured that the data satisfied assumptions of normality as well as other specific requirements (e.g. homogeneity of variances). Bayesian and other non-frequentist approaches are welcomed but their application and assumptions must be explained and justified in sufficient detail.

Describing data. Full details of sampling, survey and experimental designs, protocols for collecting data (with references where appropriate), precision of measurements, sampling or experimental units, and sample sizes must be given. Typically, reported values should include the sample size and some measure of precision (e.g. standard errors or specified confidence intervals) of estimates. Presenting data as graphs is invaluable, helping demonstrate trends and illustrate where data might violate statistical assumptions. Tables are useful when specific values are to be presented or the data do not lend themselves readily to graphical presentation. See recent issues of the Journal for examples of effective figures and tables.

Describing statistical analyses. The specific statistical procedure must be stated. If it is an unusual one, it should be explained in sufficient detail, including references where appropriate. All statistics packages used should be cited fully with their version number. Sometimes, it will be necessary to indicate which procedure, method or module within a package was used. If conclusions are based on an analysis of variance or regression, there must be sufficient information to enable the construction of the full analysis of variance table (at least both degrees of freedom, the structure of F-ratios, and P values). Indicate which effects were considered fixed or random and explain why. If data are to be pooled or omitted, this should be fully justified.

Actual P values are far more informative than ' $P < 0.05$ ' or symbols such as '*'. However, statistical significance should not be confused with effect size and biological importance. Power analyses (i.e. determination of Type II error rates) may be useful, especially if used in conjunction with descriptive procedures like confidence intervals.

[Return to Index](#)

Units, nomenclature and formulae

Use SI units for all measurements unless there are valid reasons for not doing so - these will need full explanation. Avoid ambiguous forms of expression such as mL/m²/day. Note that the journal style is to express units with exponential notation (e.g. mg/mL is expressed as mg mL⁻¹).

Measurements of the radiation environment. Measurements of the radiation environment should be presented in terms of irradiance or photon irradiance or both, with the waveband of the radiation specified. Photon irradiance units are particularly advantageous in papers concerned with the quantum efficiency of plant photo-processes. Measurements in terms of luminous flux density should be avoided in papers reporting results in photobiology, including photosynthesis.

Units and nomenclature in physical oceanography. For sea water and the normal range of saline waters in estuaries, use the Practical Salinity Scale of 1978 (see UNESCO Technical Papers in Marine Science numbers 36 and 391, 1981). Within the range of 2-43 'parts per thousand' on

the old scale (the approximate range within which the Knudsen relationship applies), salinities should be reported as dimensionless values. Scales on figures should be labelled 'Salinity' without any unit or index. As the quotation of salinities as dimensionless values may puzzle some readers, it is recommended that the Methods section state that salinity values are based on the Practical Salinity Scale of 1978 (PSS 78). Alternatively, salinity can be expressed as weight of solute per thousand parts of solution expressed in units of weight (g kg⁻¹). For uniformity, the same unit should be used in reporting salinities based on historical data. Where salinities are calculated from conductivity ratios measured with a salinometer, the basis of the conversion should be stated. Density of sea water can be calculated from the International Equation of State of Seawater 1980 (IESS 80) and expressed in kilograms per cubic metre.

For other symbols, units and nomenclature in physical oceanography papers, authors should adopt the recommendations of the IAPSO Working Group (SUN Report 1979, Publication Scientifique number 31, International Union of Geodesy and Geophysics, Paris).

Units of current velocity and discharge. Express current velocity as metres per second. Discharge (volume over time) can be expressed as either cubic metres per second or megalitres per day but authors must be consistent in their use of units throughout the paper.

Mathematical formulae. Mathematical formulae should be presented with symbols in correct alignment and adequately spaced. Equations should not be embedded images; use equation editors that result in an editable format. Each formula should be displayed on a single line if possible. During the final proof stage, the author(s) must check formulae very carefully.

Enzyme nomenclature. The names of enzymes should conform to the Recommendations of the Nomenclature Committee of the IUB on the Nomenclature and Classification of Enzymes as published in 'Enzyme Nomenclature 1984' (Academic Press, Inc., New York, 1984). If there is good reason to use a name other than the recommended one, at the first mention of the alternative name in the text it should be identified by the recommended name and EC number. The Editor should be advised of the reasons for using the alternative name.

Chemical nomenclature. The names of compounds such as amino acids, carbohydrates, lipids, steroids, and vitamins should follow the recommendations of the IUPAC-IUB Commission on Biochemical Nomenclature. Other biologically active compounds, such as metabolic inhibitors, plant growth regulators, and buffers should be referred to once by their correct chemical name (in accordance with IUPAC rules of Chemical Nomenclature) and then by their most widely accepted common name. Where there is no common name, trade names or letter abbreviations of the chemical may be used.

Microbiological nomenclature. The names of bacteria should conform to those used in 'Approved List of Bacterial Names' (American Society for Microbiology, Washington, D.C.,

1980). Fungal nomenclature should conform to the International Code for Botanic Nomenclature.

DNA data. DNA sequences published in the Journal should be deposited in one of the following nucleotide sequence databases: EMBL, GenBank or DDBJ. An accession number for each sequence or sequence set must be included in the manuscript before publication. In addition, electronic copies of the data sets in nexus format should be supplied with the manuscript to aid the review process.

[Return to Index](#)

Animal and human research ethics

Researchers must have proper regard for the ethical implications of all research involving animals or humans*. Possible adverse consequences of the research for individuals or populations – of any species – must be weighed against the potential gains in knowledge and practical applications. Papers reporting work with animals or humans must include a reference to the code(s) of practice adopted for the research. Permits for ethics clearance for human or animal research, for sampling and for animal handling must be specified clearly in the Acknowledgements. Authors are required to confirm that their research meets the ethical guidelines, including adherence to the legal requirements of the study country, when they submit their manuscript via ScholarOne Manuscripts. Editors should ensure that peer reviewers consider ethical and welfare issues raised by the research they are reviewing, and to request additional information from authors where needed. In situations where there is doubt as to the adherence to appropriate procedures or approval by the relevant ethics committee, editors are required to reject these papers.

*Human research is research conducted with or about people, and may include the involvement of humans through taking part in surveys, interviews or focus groups; being observed by researchers; researchers having access to their personal documents or other information; or access to their information as part of an existing published or unpublished source or database (for more information, see the National Statement on Ethical Conduct in Human Research, 2007). Authors are required to document that a formally constituted review board (Institutional Review Board or Ethics committee) has granted approval for the research to be done, or that the principles outlined in the Declaration of Helsinki regarding human experimentation have been met. Investigators who do not have access to an institutional review board are required to provide a statement to the editor outlining why it was not possible to gain formal ethics approval. If the study is judged exempt from review, a statement from the committee is required. Authors should make an ethics statement within the manuscript to this effect. Authors should also state that the research was undertaken with appropriate informed consent of participants or guardians.

CSIRO Publishing also follows CSIRO's own guidelines on animal welfare and on ethical human research.

[Return to Index](#)

Data deposition

Authors are encouraged to deposit labelled voucher specimens documenting their research in an established permanent collection and to cite this collection in publication.

Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes or data centres endorsed by GBIF, including BioFresh.

[Return to Index](#)

How to submit manuscripts

To submit your paper, please use our online journal management system ScholarOne Manuscripts, which can be reached directly through this link or from the link on the journal's homepage. If a first-time user, register via the 'Register here' link, or use your existing username and password to log in. Then click on the 'Author Centre' link and proceed.

A covering letter must accompany the submission and should include the name, address, fax and telephone numbers, and email address of the corresponding author. The letter should also:

- 1) justify why the work should be considered for publication in the Journal and clearly explain the scientific novelty of the research;
- 2) state that the manuscript has not been published or simultaneously submitted for publication elsewhere; and
- 3) include names, addresses and email contacts of four well qualified and independent referees who are world experts in the field (but not from the author's institution) and have not published with the author in the last five years. Authors should be aware that approaching suggested reviewers is at the discretion of the Editor. Intentionally falsifying reviewer details will result in rejection of a manuscript.

If you encounter any difficulties, or you have any queries, please contact:

Marine and Freshwater Research

CSIRO Publishing

Locked Bag 10

Clayton South, Vic. 3169

Australia

Telephone +[61 3] 9545 8439

Fax +[61 3] 9545 8578

Email publishing.mfr@csiro.au

Authors are strongly advised to consult recent issues of *Marine and Freshwater Research* as well as the Sample Issue to confirm their paper fits the scope and follows the Journal's conventions for headings, tables, illustrations, style, references, and general form. Following these closely will shorten the time between submission and publication and reduces the workload for reviewers. Poorly prepared and unnecessarily lengthy manuscripts have less chance of being accepted or will require laborious revision.

Resubmission of manuscripts revised in response to reviewers' comments should occur within 2 months of the primary editorial decision, and be accompanied by a detailed point-by-point explanation of how each comment has been addressed. When submitting revised manuscripts authors are encouraged to ensure they provide sufficient information to enable a clear decision to be made, but on occasions revised manuscripts may be sent for further review. Unless prior arrangements are made with the Editor, revised manuscripts received after 2 months will usually be treated as new submissions.

[Return to Index](#)

Proofs and reprints

Page proofs are sent to the corresponding author for checking before publication. Proofs should be checked and returned by email to the Production Editor within 48 h of receipt. At this stage, only essential alterations and correction of typesetting errors may be undertaken. Excessive author alterations will be charged to the author.

Reprint order forms and prices are enclosed with the proofs and should be completed and returned to the Production Editor with the proofs. Corresponding authors will be sent a free PDF of their paper on publication. There are no page charges.