



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRÁFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRÁFIA

SARA DE CASTRO LOEBENS

**IDADE E CRESCIMENTO DE DUAS ESPÉCIES DO GÊNERO *Squalus*
NA COSTA NORDESTE DO BRASIL**

Recife

2019

SARA DE CASTRO LOEBENS

**IDADE E CRESCIMENTO DE DUAS ESPÉCIES DO GÊNERO *Squalus*
NA COSTA NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Oceanografia.

Área de Concentração: Oceanografia
Biológica.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin.

Recife

2019

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

L825i Loebens, Sara de Castro.
 Idade e crescimento de duas espécies do gênero *squalus* na costa nordeste do
 Brasil / Sara de Castro Loebens. - 2019.
 87 folhas, il., gráfs., tabs.

 Orientador: Prof. Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin.

 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
 Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2019.
 Inclui Referências.

 1. Oceanografia. 2. Espinhos das nadadeiras dorsais. 3. Classes etárias.
 4. Precisão. 5. Correção de Ketchen. 6. Modelos de crescimento. 7.
 Pernambuco. I. Hazin, Fábio Hissa Vieira. (Orientador). II. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.)

BCTG/2019-351

SARA DE CASTRO LOEBENS

**IDADE E CRESCIMENTO DE DUAS ESPÉCIES DO GÊNERO *Squalus*
NA COSTA NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Oceanografia da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito para obtenção do título de
Mestre em Oceanografia.

Aprovada em: 10/06/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Beatrice Padovani Ferreira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dr. Rodrigo Risi Pereira Barreto (Examinador Externo)
Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do
Sudeste e Sul

Dr^a. Danielle de Lima Viana (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Para minha família

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, proteção, por estar sempre comigo e por me dar a vida;

A Pachamama (Mãe Terra) por continuar me oferecendo o melhor sempre da natureza, por me oferecer o mar!;

Agradeço a minha família por estar sempre ao meu lado mesmo longe ao longo desses anos de mestrado, amo vocês do fundo do coração;

A família Brandt Galvão, que me abraçou e acolheu como filha me dando amor, carinho e atenção;

Ao professor Fábio Hazin por ter me proporcionado a experiência única que foi o mestrado, por ter me permitido fazer parte da família e pela paciência;

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro;

A Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociência, Departamento de Oceanografia, Programa de Pós-graduação em Oceanografia pelo espaço e oportunidade de estudo;

Aos meus parceiros de LOP/LEP/LATEP que foram 10 sempre que precisei, me ajudaram, apoiaram muito para que meu trabalho fosse concluído e me permitiram fazer parte da família;

A Pollyana Roque e a Alessandra Pires por virarem minhas manas e me darem todo o suporte que precisei mesmo elas não sabendo disso;

A Polly por tem me abraçado e me permitido auxiliá-la em sua pesquisa, por ter sido paciente e solicita sempre que precisei;

A Danielle Viana por ter paciência comigo e ter me permitido continuar fazendo parte dos projetos;

A Samantha Aquino que vem sendo minha parceira da terrinha manauara desde que nos conhecemos (aqui em Recife diga-se de passagem!) e que tem me dado muito apoio nessa nossa caminhada longe de casa;

A todos os meus amigos dentro e fora da faculdade, daqui de Recife, de Manaus, do Brasil, que me ajudaram muito na caminhada;

Agradeço aos doutores Fernando Feitosa, Danielle Viana, Rodrigo Risi e Beatrice Padovani pela disponibilidade e por aceitarem fazer parte da minha defesa de dissertação e banca examinadora;

A todos que ajudaram direta e indiretamente meu trabalho, digo que sem vocês nada disso seria possível, obrigada pelo suporte, pelo apoio, pelas histórias compartilhadas, pela amizade;

E por fim, agradeço a essa galera linda que vem fazendo esse levante em prol da pesquisa e educação, por mim, por nós, nesse momento tão difícil que estamos passando em nosso país. Não irão nos calar!!!!

“All my life through, the new sights of Nature made me rejoice like a child.”

Marie Curie (1923).

RESUMO

Os tubarões do gênero *Squalus* (Linneus, 1758) são os mais abundantes no talude continental brasileiro. Esses indivíduos possuem espinhos presentes nas nadadeiras dorsais que são estruturas rígidas calcificadas utilizadas para determinação etária e consequente estudo de crescimento. Sendo assim, o principal objetivo desse estudo foi estimar a idade e crescimento das espécies de cação-bagre-da-cauda-branca *Squalus* cf. *albicaudus* Viana, Carvalho e Gomes (2016) e de cação-bagre-da-Bahia *Squalus* cf. *bahiensis* Viana, Carvalho e Gomes (2016) encontradas na costa pernambucana. No período de outubro de 2014 a março de 2018, foram coletados exemplares das espécies em profundidades entre 200 a 500 m ao longo da costa de Pernambuco através de cruzeiros científicos a bordo do barco de pesquisa Sinuelo da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), utilizando-se espinhel e armadilhas de fundo (covos). Foram coletados oitenta e dois espécimes de *Squalus* cf. *albicaudus*, sendo 42 fêmeas (220,0 a 860,0 mm em CT) e 44 machos (241,0 a 554,0 mm em CT), e 33 espécimes de *Squalus* cf. *bahiensis*, todos fêmeas (576,0 a 860,0 mm em CT). Todos os exemplares, depois de medidos e pesados, tiveram os espinhos das nadadeiras dorsais retirados e igualmente medidos e pesados. Os resultados morfométricos e as relações CT-CTE e PE-CT para os espinhos de ambas as espécies confirmaram a estrutura como sendo apropriada para o estudo de idade. Além disso, espinhos da primeira nadadeira dorsal foram confirmados como eficientes para leitura de bandas quando comparados aos da segunda nadadeira para ambas as espécies ($p > 0,05$). Os valores de coeficiente de variação (CV) de 10,52% e 7,34% e do erro percentual médio (APE) de 8,75% e 6,68%, para *S. cf. albicaudus* e *S. cf. bahiensis* respectivamente, e gráficos de viés relativo de idade confirmaram leituras precisas para determinar a idade das espécies. *S. cf. albicaudus* não apresentou diferenças significativas de crescimento dos espinhos entre machos e fêmeas ($p > 0,05$). Com base na literatura, considerou-se que cada par de bandas corresponde a um ano de idade. Após a aplicação do critério de ± 2 anos de Ketchen e da correção do mesmo, foram definidas as idades para 69 indivíduos de *S. cf. albicaudus* e 19 indivíduos de *S. cf. bahiensis*, respectivamente. Para *S. cf. albicaudus* as idades variaram entre 1 e 24 anos para as 33 fêmeas e 1 e 14 anos para os 36 machos e para as fêmeas de *S. cf. bahiensis* entre 12 e 20 anos. O modelo de melhor ajuste para as fêmeas de *S. cf. albicaudus* foi o de von Bertalanffy dois parâmetros ($L_{\infty} = 709,302$ e $k = 0,100$) e para os machos o de von Bertalanffy ($L_{\infty} = 532,230$ e $k = 0,246$ e $t_0 = -0,985$). Para as demais análises das curvas de crescimento para a espécie, os modelos de acima citados também foram os mais utilizados.

Palavras-chave: Espinhos das nadadeiras dorsais. Classes etárias. Precisão. Correção de Ketchen. Modelos de crescimento. Pernambuco.

ABSTRACT

Sharks of the genus *Squalus* (Linneus, 1758) are the most abundant in the Brazilian continental slope. These individuals have spines present in the dorsal fins that are rigid calcified structures used for age determination and consequent growth study. Thus, the main objective of this study was to estimate the age and growth of the species of Brazilian whitetail dogfish *Squalus* cf. *albicaudus* Viana, Carvalho and Gomes (2016) and Northeastern Brazilian dogfish *Squalus* cf. *bahiensis* Viana, Carvalho and Gomes (2016) found on the Pernambuco coast. Between October 2014 and March 2018, the specimens were collected through scientific cruises aboard the research boat Sinuelo of the Rural Federal University of Pernambuco (UFRPE), using longline and bottom traps as fishing gear, at depths ranging from 200 to 500 m. Were collected eighty-two specimens of *Squalus* cf. *albicaudus*, 42 females (220.0 to 860.0 mm in CT) and 44 males (241.0 to 554.0 mm in CT), and 33 specimens of *Squalus* cf. *bahiensis*, all females (576.0 to 860.0 mm in CT). All specimens, after being measured and weighed, had the spines of the dorsal fins removed, measured and weighed. The morphometric results and the CT-CTE and PE-CT ratios for the spines of both species confirmed the structure to be appropriate for the study of age. In addition, spines of the first dorsal fin were confirmed as efficient for reading bands when compared to the second fin for both species ($p > 0.05$). The coefficient of variation (CV) values of 10.52% and 7.34% and the average percentage error (APE) of 8.75% and 6.68%, for *S. cf. albicaudus* and *S. cf. bahiensis* respectively, and relative age bias plots confirmed accurate readings to determine the age of the species. *S. cf. albicaudus* did not present significant differences in spike growth between males and females ($p > 0.05$). Based on the literature, it has been tentatively considered that each pair of bands corresponds to one year of age. After the application of the ± 2 -year Ketchen's criterion and its correction, the ages for 69 individuals of *S. cf. albicaudus* and 19 individuals of *S. cf. bahiensis*, respectively. For *S. cf. albicaudus* ages ranged from 1 to 24 years for the 33 females and 1 and 14 years for the 36 males and for the females of *S. cf. bahiensis* between 12 and 20 years. The best fit model for females of *S. cf. albicaudus* was von Bertalanffy's two-parameter ($L_{\infty} = 709.302$ and $k = 0.100$) and for von Bertalanffy males ($L_{\infty} = 532.230$ and $k = 0.246$ and $t_0 = -0.985$). For the other analyses of the growth curves for the species, the models mentioned above were also the most used.

Keywords: Spine dorsal fins. Age classes. Precision. Ketchen's correction. Growth models. Pernambuco.

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1

Figure 1 –	Map of the study area showing the sampling location (closed black circle) of white-tailed dogfish <i>S. cf. albicaudus</i> along the coast of Pernambuco State, Southwestern Atlantic Ocean.....	27
Figure 2 –	Measurements taken on Brazilian whitetail dogfish <i>Squalus cf. albicaudus</i> for each fin spine. LRD = last readable point diameter; MID = mid-point diameter; EBD = enamel base diameter; SBD = spine base diameter; SL = stem length; TSL = total spine length.....	29
Figure 3 –	Total length (TL) frequency distribution of female and male <i>Squalus cf. albicaudus</i> in the southwestern Atlantic Ocean.....	32
Figure 4 –	Principal components analysis (PCA) of the morphometric measures (mm) and weight (g) of males (◆) and females (◇) for the first (a) and the second dorsal fin spine (b) of juveniles/adults and embryos of <i>Squalus cf. albicaudus</i> in the southwestern Atlantic Ocean.....	33
Figure 5 –	Relationship between total length (TL) and total spine length (TSL) for the first (a) and the second dorsal fin spine (b) of <i>Squalus cf. albicaudus</i> in the southwestern Atlantic Ocean.....	36
Figure 6 –	Relationship between spine weight (SW) and total length (TL) for the first (a) and the second dorsal fin spine (b) of <i>Squalus cf. albicaudus</i> in the southwestern Atlantic Ocean.....	37
Figure 7 –	Relationship between total length (TL) and the mean of the total spine length (TSL) (■) and the stem length (SL) (◆) of the first (a) and the second spine (b) for <i>Squalus cf. albicaudus</i> in the southwestern Atlantic Ocean.....	37
Figure 8 –	Age bias plots for the first spine showing the relationship between the age classes from second reading and the ages from third reading by reader 1 (more experienced reader) (a) and of the age classes from reader 1 and ages from reader 2 (less experienced reader) (b). Each error bar represents the 95% confidence interval about the mean (■). The 1:1 equivalence (solid line) is indicated in graphs.....	38
Figure 9 –	Ketchens's correlation curve for <i>Squalus cf. albicaudus</i> (sexes combined) in the southwestern Atlantic Ocean.....	39

Figure 10 –	Age frequency distribution for female and male <i>Squalus cf. albicaudus</i> (sexes combined) in the southwestern Atlantic Ocean.....	39
Figure 11 –	Model fits for males (a-d), females (e-h) and sexes combined (i-l) of <i>Squalus cf. albicaudus</i> . a, e, i are the best fit models for the observed data; b, f, j for observed data and back-calculated averages; c, g, k for back-calculated data; d, h, l for joined observed and back-calculated data. L_{∞} = maximum theoretical length, k = growth coefficient, t_0 = theoretical age at zero length.....	46
Figure 12 –	Maximum ages and total length (mm) for female (a) and male (b) for <i>Squalus</i> species (including the present study). Additional information in Table 10.....	50

Artigo 2

Figura 1 –	Fotografia de um cação-bagre-da-Bahia <i>S. cf. bahiensis</i> capturado no litoral do Estado de Pernambuco. (-) 100 mm. Fonte: Pollyana Roque.....	62
Figura 2 –	Mapa do litoral do Estado de Pernambuco destacando os pontos de captura do cação-bagre-da-Bahia <i>Squalus cf. bahiensis</i> , com espinhel e armadilhas de fundo, entre outubro de 2014 e março de 2018. Fonte: O autor.....	63
Figura 3 –	Medidas utilizadas para a análise morfométrica dos espinhos de cação - bagre - da - Bahia <i>Squalus cf. bahiensis</i> capturados no litoral do Estado de Pernambuco. Fonte: O autor.....	64
Figura 4 –	Distribuição de frequência de comprimento total de fêmeas de cação-bagre-da-Bahia <i>S. cf. bahiensis</i> capturadas no litoral do Estado de Pernambuco entre outubro de 2014 e março de 2018.....	65
Figura 5 –	Relação entre o comprimento total dos espinhos (CTE) e o comprimento total (CT) para o primeiro espinho (●) e o segundo espinho (○) de fêmeas de cação-bagre-da-Bahia <i>S. cf. bahiensis</i> capturadas no litoral do Estado de Pernambuco entre outubro de 2014 e março de 2018.....	66
Figura 6 –	Relação entre o comprimento total do espinho (CTE) e o peso do espinho (PE) para o primeiro espinho (●) e o segundo espinho (○) de fêmeas de cação-bagre-da-Bahia <i>S. cf. bahiensis</i> capturadas no litoral do Estado de Pernambuco entre outubro de 2014 e março de 2018.....	67

Figura 7 –	Gráfico de viés relativo de idade para o primeiro espinho mostrando a relação entre as classes de idade da segunda leitura e as idades determinadas pela terceira leitura pelo leitor 1 (A) e a relação entre as idades estimadas pelo leitor 2 e as classes de idade determinadas pelo leitor 1 (B). A linha demonstra a equivalência de 1:1. A barra de erro representa o intervalo de confiança de 95% sobre a média das idades.....	67
Figura 8 –	Distribuição de frequência de idades para fêmeas de <i>S. cf. bahiensis</i> capturadas no litoral do Estado de Pernambuco, entre outubro de 2014 e março de 2018.....	68
Figura 9 –	Relação entre o comprimento total (CT) e a idade para fêmeas de <i>S. cf. bahiensis</i> capturadas no litoral do Estado de Pernambuco entre outubro de 2014 e março de 2018.....	69
Figura 10 –	Idades máximas encontradas e comprimento total (mm) para espécies de <i>Squalus</i> (incluindo o presente estudo). *Não utilizou a correção de Ketchen.....	71

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

Table 1 –	Geographic coordinates of the scientific cruises on the Pernambuco coast.....	28
Table 2 –	Growth models fitted to Brazilian whitetail dogfish <i>Squalus</i> cf. <i>albicaudus</i> length-at-age data.....	31
Table 3 –	Descriptive statistics of the first dorsal fin spine morphometrics (mm) and weight (g) of juveniles/ adults and embryos of sexes combined (General), female (F) and male (M) <i>Squalus</i> cf. <i>albicaudus</i>	34
Table 4 –	Descriptive statistics of the second dorsal fin spine morphometrics (mm) and weight (g) of juveniles/adults and embryos of sexes combined (General), female (F) and male (M) <i>Squalus</i> cf. <i>albicaudus</i>	35
Table 5 –	Mean value of the precision indices for each pairwise comparison of the three independent age estimates by the primary reader of the first dorsal fin spine.....	38
Table 6 –	Length-at-age table for sexes combined <i>Squalus</i> cf. <i>albicaudus</i> (sexes combined) in the southwestern Atlantic Ocean.....	41
Table 7 –	Means of observed lengths (OB), observed corrected by Ketchen's correlation (Obcorr) and back-calculated, adjusted for ages for the sexes combined for <i>Squalus</i> cf. <i>albicaudus</i> in the southwestern Atlantic Ocean.	42
Table 8 –	Results of growth parameters (P) and Akaike Information Criterion (AIC) for observed data, observed associated with the back-calculated mean, back-calculated data and observed and back-calculated data together for <i>Squalus</i> cf. <i>albicaudus</i> males in the southwestern Atlantic Ocean.....	43
Table 9 –	Results of growth parameters (P) and Akaike Information Criterion (AIC) for observed data, observed associated with the back-calculated mean, back-calculated data and observed and back-calculated data together for <i>Squalus</i> cf. <i>albicaudus</i> females in the southwestern Atlantic Ocean.....	44
Table 10 –	Results of growth parameters (P) and Akaike Information Criterion (AIC) for observed data, observed associated with the back-calculated mean, back- calculated data and observed and back-calculated data	

	together for <i>Squalus</i> cf. <i>albicaudus</i> sexes combined in the southwestern Atlantic Ocean.....	45
Table 11 –	Studies conducted for <i>Squalus</i> species in the oceans throughout the world.....	50
Table 12 –	Comparison between parameters of the von Bertalanffy growth model for different <i>Squalus</i> species around the world.....	53

Artigo 2

Tabela 1 –	Coordenadas geográficas dos cruzeiros científicos ao longo da costa de Pernambuco.....	63
Tabela 2 –	Valor médio dos índices de precisão par a par para as leituras realizadas pelo leitor 1.....	67
Tabela 3 –	Tabela idade/comprimento para fêmeas de <i>S. cf. bahiensis</i> capturadas no litoral do Estado de Pernambuco entre outubro de 2014 e março de 2018.....	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Aspectos gerais.....	17
1.2	Idade e crescimento.....	19
1.3	Objetivos.....	23
1.3.1	Objetivo geral.....	23
1.3.2	Objetivos específicos.....	23
1.4	Estrutura da dissertação.....	24
2	AGE AND GROWTH OF THE BRAZILIAN WHITETAIL DOGFISH <i>Squalus cf. albicaudus</i> Viana, Carvalho e Gomes, 2016 OF THE SOUTHWESTERN ATLANTIC OCEAN.....	25
3	DADE EM FÊMEAS DO CAÇÃO-BAGRE-DA-BAHIA <i>Squalus cf.</i> <i>bahiensis</i> Viana, Carvalho e Gomes, 2016 DA COSTA NORDESTE DO BRASIL.....	60
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
	REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

Nesse tópico foram abordados aspectos gerais sobre as características biológicas e ecológicas das espécies *Squalus* cf. *albicaudus* e *Squalus* cf. *bahiensis*, além da problemática e estudos inerentes a idade e crescimento de espécies do gênero *Squalus* ao longo do mundo. Para além, a estrutura da dissertação e os objetivos gerais e específicos inerentes ao trabalho compõem esse item.

1.1 Aspectos gerais

Os elasmobrânquios compreendem os tubarões e arraias, que são peixes cartilaginosos distribuídos em torno de 1.150 espécies. Os tubarões (Selachii), divididos em 9 ordens, 34 famílias, 106 gêneros e 513 espécies (NELSON, 2016), são encontrados em todos os ambientes marinhos. Apresentam um destacado sucesso evolutivo, ocupando vários nichos ecológicos aquáticos, além de serem, em sua maioria, predadores de topo de cadeia, desempenhando assim função vital nos ecossistemas aquáticos (COMPAGNO, 1990). No Brasil, segundo o Relatório do Programa Nacional de Levantamento Biológico, existem 82 espécies de tubarão descritas (LESSA et al., 1999), entre as quais 45 são consideradas demersais (RINCON et al., 2017).

Os tubarões do gênero *Squalus* (Linneus, 1758), ordem Squaliformes, família Squalidae, são os mais abundantes no talude continental brasileiro (RINCON et al., 2017). Conhecidos como tubarão-bagre ou tubarão-cachorro, possuem, até o momento, 35 espécies identificadas, distribuídas em três complexos (LAST et al., 2007; VIANA et al., 2016; 2017a; 2017b; VIANA; CARVALHO, 2016; 2018; PFLEGER et al., 2018; DALY-ENGEL et al., 2018; FRICKE et al., 2018), cinco das quais são encontradas no Brasil: *S. acanthias*, *S. bahiensis*, *S. albicaudus*, *S. quasimodo*, *S. lobulares* (VIANA et al., 2016; RINCON et al., 2017).

As espécies do gênero *Squalus* habitam, em geral, águas profundas no ambiente marinho, em regiões de clima temperado a tropical, sendo encontradas nas plataformas continentais, taludes, entorno de ilhas oceânicas e montes submarinos, em todo o mundo (COMPAGNO, 1984; NELSON, 2016). São tubarões de porte relativamente pequeno (< 1,5 m) (VIANA et al., 2016), em relação aos quais perduram ainda muitas indefinições taxonômicas, em grande parte resultantes da escassez de dados e informações científicas.

São considerados, no entanto, generalistas oportunistas, apresentando uma dieta amplamente adaptável e podendo alimentar-se das presas mais abundantes em determinado momento (AVSAR, 2001; LINK et al., 2002; TRIBUZIO, 2010; BANGLEY, 2011). A

principal presa encontrada em boa parte dos estudos são peixes teleósteos, sendo assim considerados altamente piscívoros, embora crustáceos, moluscos e outros invertebrados sejam constantemente encontrados em sua dieta (AVSAR, 2001; LINK et al., 2002). Além dos fatores relacionados a padrões ecológicos e comportamentais, como a migração em determinadas épocas do ano, que podem influenciar os itens predados em abundância e importância, esses tubarões tendem a variar sua dieta de acordo com o sexo, tamanho, idade e sobreposição alimentar com outras espécies (WETHERBEE; CORTÉS, 2004; BANGLEY, 2011).

Comportamentos associados à segregação são comuns em tubarões-bagre uma vez que separações quanto a tamanho e sexo são fatores determinantes na escolha do habitat nesse grupo. Fêmeas tendem a buscar águas mais quentes e com menor salinidade, enquanto os machos, em geral, buscam águas mais profundas, frias e salgadas, além de indivíduos maiores serem encontrados em águas mais rasas (SHEPHERD et al., 2002; BANGLEY, 2011). Esse comportamento diferenciado pode estar associado à influência na atividade metabólica, ligada tanto à reprodução quanto ao crescimento (SHEPHERD et al., 2002).

Os *Squalus*, como boa parte dos elasmobrânquios, apresentam baixa fecundidade, maturação sexual tardia e crescimento relativamente lento. Machos de *S. acanthias* encontrados no nordeste dos Estados Unidos atingem a idade reprodutiva por volta dos 6 anos enquanto fêmeas o fazem somente aos 12 anos (NAMMACK et al., 1985). São vivíparos lecitotróficos (ICES, 2012), com o período gestacional situando-se por volta de dois anos (KETCHEN et al., 1972; NAMMACK et al., 1985; WATSON ; SMILE, 1998; BRACCINI et al., 2006; HAZIN et al., 2006; CAMPANA et al., 2009; NATANSON et al., 2017) e a fecundidade entre 1 e 22 filhotes (NOAA, 2018).

Apesar da baixa taxa reprodutiva, representantes dessas espécies possuem alta taxa de sobrevivência. Bangley (2011), em estudo realizado com espécimes de *S. acanthias* encontrados na Carolina do Norte, nos Estados Unidos, evidenciou a presença de escoriações e cicatrizes em vários indivíduos capturados sugerindo a interação com apetrechos de pesca na região. Rulifson (2007), em estudo de identificação da mortalidade induzida por rede de arrasto e de emalhar para a mesma espécie em Massachusetts, identificou uma taxa de sobrevivência de 100% para a pesca de arrasto e pouco mais de 17% para a rede de emalhar. Além disso, não possuem muitos predadores a não ser outros tubarões, ocupando assim um nível trófico elevado (BOWMAN et al. 2000).

As espécies *Squalus* cf. *albicaudus* Viana, Carvalho e Gomes (2016) e *Squalus* cf. *bahiensis* Viana, Carvalho e Gomes (2016), alvos do presente estudo, são espécies

pertencentes aos grupos *megalops* e *mitsukurii*, respectivamente. São distintas morfologicamente por diferenças nas medidas focinho-nostril/ nostril-fenda labial, em razão da presença ou ausência de margens esbranquiçadas nas nadadeiras, denticulos dérmicos lanceolados e unicúspides vs. tricúspides e romboides, e nadadeiras peitorais com as margens internas arredondadas vs. afiladas (VIANA et al., 2016). Ambas as espécies foram descritas muito recentemente (VIANA et al., 2016), sendo, até essa descrição, provavelmente identificadas erroneamente como *S. megalops*, *S. mitsukurii* ou *Squalus* sp. A ou B (RINCON et al., 2017).

1.2 Idade e crescimento

Estudos de idade e crescimento de peixes, essenciais para os modelos de avaliação de estoque (SPARRE; VENEMA, 1997), utilizam geralmente marcas sazonais encontradas em estruturas rígidas calcificadas, como otólitos, vértebras e espinhos. Em elasmobrânquios, os estudos são normalmente realizados utilizando-se vértebras como estruturas rígidas para determinação da idade (CAILLIET et al., 1983), embora outras estruturas também sejam frequentemente utilizadas, como arcos neurais, em Hexanchiformes (McFARLANE et al., 2002), e espinhos das nadadeiras dorsais em Chimaeriformes (quimeras) (FRANCIS; ÓMAOLAGÁIN, 2000; CALIS et al., 2005), Heterodontiformes (tubarão-porco) (TOVAR-ÁVILA et al., 2008; 2009; IZZO; RODDA, 2012) e Squaliformes (tubarão-bagre) (HOLDEN; MEADOWS, 1962; KETCHEN, 1975; TRIBUZIO et al., 2010; KOUSTENI; MEGALOFONOU, 2015).

Os espinhos presentes nas nadadeiras localizadas na região superior de alguns condríctios são móveis e estão associados à coluna vertebral (CLARKE; IRVINE, 2006), sendo utilizados para defesa, estabilização e locomoção (MAISEY 1979; COATES et al., 1998). Em quimeras, ocorre a presença de apenas um espinho, encontrado na primeira nadadeira dorsal (FRANCIS; ÓMAOLAGÁIN, 2000), enquanto tubarões-bagre e tubarões-porco, em sua maioria, apresentam dois espinhos, em posição anterior, um em cada nadadeira dorsal, além de estarem fortemente associados ao tecido muscular axial (MAISEY, 1979).

Os tubarões-bagre possuem bandas formadas na capa de esmalte (mineralizada) encontradas na região superior ou externa do espinho, três camadas de dentina (interna, mediana e externa) (não mineralizada) e uma cavidade púlpica onde se concentra a cartilagem (HOLDEN; MEADOWS, 1962; CLARKE; IRVINE, 2006). Inicialmente, acreditava-se que o crescimento dos espinhos se assemelhava ao empilhamento de copos (HOLDEN; MEADOWS, 1962). Entretanto, o crescimento ascendente é causado pela deposição de

dentina na base do espinho e pela deposição de cartilagem e dentina dentro do espinho através da cavidade pulpar vascularizada (BEAMISH; McFARLANE, 1985; JERVE, 2016). Diferentemente dos otólitos, que são formados por carbonato de cálcio e tem como fonte primaria o carbono inorgânico dissolvido (SCHWARCZ et al.; 1998), o esmalte presente na coluna é formado por hidroxiapatita (cristalização do fosfato de cálcio), provavelmente oriundo de carbono metabólico (CAMPANA et al., 2006). Desde os primeiros estudos sobre a morfologia e formação de espinhos em *S. acanthias* (MARKERT, 1896), vários pesquisadores se dedicaram a determinar a forma e função dos espinhos dorsais (HOLDEN; MEADOWS, 1962; MAISEY 1979; NAMMACK et al.; 1985; MCFARLANE; BEAMISH 1987; TANAKA, 1990; CLARKE; IRVINE, 2006; IRVINE et al., 2006; TOVAR-ÁVILA et al., 2008; JERVE, 2014; 2016).

Apesar da contagem de bandas em vértebras ser o método mais usual de determinação de idade em elasmobrânquios (CAILLIET; GOLDMAN, 2004), tornou-se necessária a utilização de um outro método para os *Squalus* e outras espécies de tubarões demersais que possuem espinhos, em razão da má calcificação e formação de bandas pouco visíveis em suas vértebras (JONES; GEEN, 1977). Kaganovskaia (1933) utilizou pela primeira vez a contagem de bandas para determinação da idade em espinhos de *S. acanthias*, porém, foi somente em 1959, quase trinta anos depois, buscando uma forma precisa e rápida de determinação de idade para estudar a dinâmica populacional da mesma espécie em águas britânicas, que Holden e Meadows (1962) aperfeiçoaram a técnica de leitura de bandas na camada externa de esmalte (denominadas bandas externas), sendo a mesma largamente utilizada até o presente momento. Jones e Green (1977) desenvolveram uma técnica alternativa, a partir da espectrometria de raio-x em vértebras de tubarão-bagre, a qual, entretanto, terminou por cair em desuso em razão do seu alto custo e tempo consumido para a sua realização. Outra forma de contagem de bandas é a utilização dos anéis internos (bandas internas) presentes na camada de dentina nos espinhos (TANAKA, 1990; IRVINE et al., 2006). Essa técnica também é pouco utilizada por mostrar problemas na identificação e detecção de anéis em comparação aos anéis externos formados no esmalte principalmente em indivíduos classificados como muito velhos (IRVINE et al., 2006). Hoje, vem ressurgindo aos poucos uma outra técnica, a de contagem de bandas em vértebras coradas histologicamente. Tribuzio et al. (2016) e Tribuzio et al. (2017) demonstraram as vantagens de se utilizar as vértebras em comparação com os espinhos uma vez que os mesmos também apresentam problemas de perda de anéis por serem externos e estarem a mercê das intempéries. Entretanto, essa técnica

ainda é pouco dominada e difundida, além de apresentar problemas pela dificuldade encontrada na leitura das bandas.

Em 1975, buscando corrigir a subestimação da idade através da contagem de bandas em espinhos em *S. acanthias* encontrados em águas da Colúmbia Britânica no Canadá, Ketchen (1975) desenvolveu uma técnica que estima as bandas perdidas nessas estruturas, a qual é aplicada até hoje e que consiste na elaboração de uma curva de correção entre as bandas determinadas na contagem e o diâmetro da base do esmalte a partir da referência das medidas de desgaste. Sendo assim, a técnica de contagem de bandas em espinhos somada ao método de Ketchen para diminuição do erro nessa contagem, chamado de critério ± 2 anos, se tornou a mais amplamente utilizada atualmente.

A formação de bandas anuais em espinhos foi confirmada através de estudos em indivíduos marcados com oxitetraciclina e bomba de radiocarbono em *S. acanthias*, tanto para populações encontradas no Oceano Pacífico quanto no Atlântico (BEAMISH; MCFARLANE, 1985; MCFARLANE; BEAMISH, 1987; CAMPANA et al., 2006). O processo de validação é requisito fundamental para se associar o número de anéis com a idade (CAMPANA, 2014). Entretanto, embora essas sejam as melhores formas de validação das bandas em espinhos, elas são raramente utilizadas em razão do seu elevado custo, particularmente por demandar um tempo de pesquisa de médio e longo prazo. Por essa razão, apesar da reconhecida limitação, a maior parte dos estudos considera a formação anual de bandas confirmadas pelas publicações citadas.

A partir da determinação das classes etárias, é necessário se compreender também como funciona a relação entre elas e os tamanhos dos indivíduos, ou seja, o crescimento. Os modelos de crescimento nos ajudam a entender melhor a dinâmica das populações e a interpretar como seria esse processo na natureza. Embora existam vários modelos de crescimento, o proposto por Beverton (1954), a partir do trabalho de von Bertalanffy (VON BERTALANFFY, 1934), ainda é o mais utilizado. No entanto, é muito importante a comparação com outros modelos para confirmar qual de fato se aplica melhor aos dados uma vez que cada espécie apresenta seu crescimento diferenciado (CAILLIET et al., 2006). Tribuzio et al. (2010), por exemplo, demonstraram a importância da utilização de modelos alternativos ao de von Bertalanffy para o estudo do crescimento de *S. acanthias* no Golfo do Alasca.

Em estudo realizado com *S. blainville* no mar Mediterrâneo, os parâmetros da curva de von Bertalanffy para fêmeas foram: $L_{\infty} = 1097.3$ mm, $k = 0.03 \text{ anos}^{-1}$ e $t_0 = -5.58$ anos e para machos: $L_{\infty} = 665.5$ mm, $k = 0.08 \text{ anos}^{-1}$ e $t_0 = -3.35$ anos. Além disso, as fêmeas

encontradas apresentaram o máximo de 28 anos de idade e 790 mm de comprimento total e os machos de 22 anos e 799 mm de comprimento total (Kousteni; Megalofonou, 2015).

Na costa sul africana, no Banco das Agulhas, Watson e Smile (1999) encontraram para *S. megalops* fêmeas de 782 mm de comprimento total (CT), $L_{\infty} = 932.145$ mm e $k = 0.0328$, enquanto os machos apresentaram CT= 572 mm, $L_{\infty} = 525.878$ e $k = 0.0893$, com idades máximas observadas de 32 e 29 anos, respectivamente.

No Golfo do Alasca, *S. acanthias* apresentou $L_{\infty} = 87.2$ e 102.5 cm e $k = 0.106$ e 0.058 , para machos e fêmeas, respectivamente, com uma variação de 8 a 50 anos de idade com os sexos em conjunto (Tribuzio et al., 2010). Nesse estudo os autores avaliaram diversas curvas de crescimento e definiram a de von Bertalanffy (duas fases) como a ideal para o conjunto de dados.

Pajuelo et al. (2010), estudando a biologia populacional de *S. megalops* nas Ilhas Canárias, no centro-leste do Atlântico, encontraram machos entre 4 e 26 anos de idade e comprimento total de 640 mm; e fêmeas entre 4 e 32 anos de idade e comprimento total de 825 mm. Já os parâmetros da curva de von Bertalanffy foram iguais a: $L_{\infty} = 726,4$ e $944,3$ mm, $k = 0,053$ e $0,04$, e $t_0 = -8,76$ e $-8,48$ anos, respectivamente.

Um conhecimento adequado sobre a idade e crescimento de uma determinada espécie é um aspecto essencial para a compreensão da sua ecologia, além de ser de grande importância para uma adequada avaliação dos seus estoques, sendo, assim, fundamental para a gestão pesqueira (SPARRE; VENEMA, 1997; CAMPANA, 2001). Estimativas de crescimento, se bem realizadas, aliadas a outros dados como mortalidade e longevidade, constituem informações fundamentais para uma gestão pesqueira bem-sucedida (VAZZOLER, 1981; CAMPANA, 2001).

A maior parte dos estudos sobre idade e crescimento é realizada com a espécie *S. acanthias*, com uma forte concentração no norte do Oceano Pacífico, norte do Oceano Atlântico, mar Egeu e mar Negro (HOLDEN; MEADOWS, 1962; KETCHEN, 1975; McFARLANE; BEAMISH; McFARLANE, 1985; BEAMISH, 1987; SANDERS; McFARLANE, 1993; AVISAR, 2001; YIGIN; ISMEN, 2016; BUBLEY et al., 2012). Comparativamente, um número muito menor de trabalhos foram realizados com outras espécies do gênero, como *S. megalops* e *S. mitsukurii*, no leste do Oceano Atlântico Central e sudoeste do Atlântico Sul, Oceano Pacífico Central e mar Mediterrâneo (CANNIZZARO et al., 1995; COTTON et al., 2011; PAJUELO et al., 2011).

Segundo Camhi et al. (1998), as populações de elasmobrânquios vêm sendo reduzidas em todo mundo por conta dos efeitos antrópicos, como a mortalidade causada pela pesca,

tanto incidental como dirigida, degradação ambiental e destruição dos seus habitats, associados à sua estratégia de vida do tipo K, que inclui um crescimento lento, maturação sexual tardia, baixa fecundidade e alta longevidade (HOLDEN, 1974). Tal situação é especialmente agravada pela grande carência de informações sobre a ecologia das espécies, em especial quanto à sua idade e crescimento, dificultando uma adequada avaliação dos estoques explorados e o consequente desenvolvimento e implementação de medidas adequadas de manejo e gestão (HOFF; MUSICK, 1990).

No Brasil, as espécies *S. cf. albicaudus* e *S. cf. bahiensis* não possuem, até então, qualquer estudo sobre sua idade e crescimento, com os dados disponíveis restringindo-se à sua taxonomia (VIANA et al., 2016). Apesar desses tubarões não serem alvo da pesca no país, os mesmos são eventualmente capturados como fauna acompanhante (RINCON et al., 2017), sendo muito importante, portanto, que seja ampliado o conhecimento sobre a sua dinâmica populacional, até para que se possa mensurar adequadamente o impacto da pesca sobre os seus estoques. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo aportar informações sobre idade e crescimento de *S. cf. albicaudus* e *S. cf. bahiensis*, com vistas a subsidiar futuras avaliações dos seus estoques, assim como a adoção de medidas de gestão necessárias para a sua conservação.

1.3 Objetivos

Nesse subtópico foram levantados os objetivos gerais e específicos apresentados para o desenvolvimento do estudo e, por conseguinte, a elaboração da dissertação, que envolvem os aspectos etários e de crescimento das espécies *Squalus cf. albicaudus* e *Squalus cf. bahiensis*.

1.3.1 Objetivo geral

Estimar a idade e crescimento das espécies *Squalus cf. albicaudus* e *Squalus cf. bahiensis* encontradas na costa pernambucana.

1.3.2 Objetivos específicos

- 1) Avaliar a morfometria dos espinhos;
- 2) Estimar a idade para as duas espécies através da análise da superfície externa dos espinhos presentes nas nadadeiras dorsais;

3) Analisar o crescimento da espécie *Squalus* cf. *albicaudus* através de comparação entre diferentes modelos matemáticos.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está organizada em formato de artigos científicos, considerando-se as análises de idade e crescimento das espécies *Squalus* cf. *albicaudus* e *Squalus* cf. *bahiensis*. O estudo foi realizado por meio do projeto “Ecologia e pesca de espécies pelágicas oceânicas e demersais de profundidade na Costa Nordeste e Ilhas Oceânicas do Brasil”, Edital nº 43 Ciências do Mar 2-CAPES, contando ainda com a bolsa de mestrado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq.

São apresentados os resultados de um estudo inédito sobre a idade de tubarões de profundidade *Squalus* cf. *albicaudus* e *Squalus* cf. *bahiensis*, por meio da formação de bandas em espinhos, estruturas externas calcificadas encontradas nas nadadeiras dorsais dessas espécies. Além disso, são apresentados, também, os primeiros resultados sobre o crescimento dessas espécies com considerações sobre a utilização de retrocálculo e definição da melhor curva de crescimento para cada uma delas.

Este manuscrito está estruturado em três capítulos: o Capítulo 1 apresenta informações gerais sobre as principais características das espécies e sobre a pesca, leitura de idade através de espinhos e crescimento em tubarões, além dos objetivos; e Capítulos 2 e 3 são referentes aos respectivos artigos para cada espécie.

2 AGE AND GROWTH OF THE BRAZILIAN WHITETAIL DOGFISH *Squalus cf. albicaudus* Viana, Carvalho e Gomes, 2016 OF THE SOUTHWESTERN ATLANTIC OCEAN

Marine Biology

Sara de Castro Loebens

Abstract

Studies on age and growth in squalids from the Southwestern Atlantic Ocean do not exist. Therefore, this research provides the first information about age and growth of *Squalus cf. albicaudus*, a demersal shark species that has a spine in each of its two dorsal fins and is not yet commercially exploited in the state of Pernambuco. Eighty-six individuals (42 females and 44 males) were caught with baited traps and longline. Our results confirm the use of spines as viable structures for determination of age, showing continuous growth with the shark, substantial values of coefficient of variation (CV) (10.52%) and average percentage error (APE) (8.75%), and well-adjusted age bias plot. After applying the Ketchen's criterion and correction, 69 individuals had their age estimates ranging from 1 to 24 years, for 33 females, and 1 to 14 years for the 36 males. The growth was adjusted through several models (von Bertalanffy, von Bertalanffy two-parameter, logistic and Gompertz) for observed lengths, adjusted to back-calculated, observed and back-calculated averages together, using nonlinear least squares estimates (NLS) and determining the best fit using the Akaike Information Criterion (AIC). The model that produced the best biological parameters for females was the von Bertalanffy two-parameter model ($L_{\infty} = 709.302$ and $k = 0.100$), while for males the best model was von Bertalanffy ($L_{\infty} = 532.230$ and $k = 0.246$ and $t_0 = -0.985$). *Squalus cf. albicaudus* appears to be a relatively fast-growing, high-longevity shark.

Keywords: Spine dorsal fins; Spine morphometry; Age determination; Growth models; Back-calculation.

Introduction

Elasmobranch populations around the world have been suffering from various types of anthropic impacts, from the degradation of their ecosystems to increasing mortality by fishing. Initially almost entirely restricted to the continental shelf, deep-sea demersal shark fishing has increased mainly due to the collapse of coastal fisheries and advances in capture

technology, allowing increased access to greater depths (Kyne and Simpendenderfer 2007). The increased fishing pressure associated with their biological characteristics, with a typical K-strategy, have significantly increased the risk of over-exploitation of deep-water demersal shark stocks.

Squalidae are fished in various parts of the world, both as a target species and as a bycatch for many fisheries. In Brazil, the species belonging to this family, specifically the sharks of the genus *Squalus*, popularly known as dogfish sharks, are commonly caught by several fisheries along the coast and are among the most abundant in Brazilian continental slope (Rincon et al. 2017). Despite their high abundance, they are still largely unknown, with many taxonomic gaps still requiring attention. The present study considers the existence of five species along the Brazilian coast (Viana et al. 2016): *S. acanthias*, *S. bahiensis*, *S. albicaudus*, *S. lobulares* and *S. quasimodo*.

The species *Squalus* cf. *albicaudus* Viana, Carvalho and Gomes, 2016, the Brazilian whitetail dogfish, is considered as belonging to the *megalops* group. It is named because it has whitish spots along the caudal fin. It is a common species on the northeastern coast of Brazil, and has been most likely identified erroneously as *S. megalops*, *Squalus* sp. A or B and *Squalus* sp. 1 or 2 in other studies, in the past. Because it has only recently been classified as *Squalus* cf. *albicaudus*, there are still no data on its ecology or population parameters.

Studies on age and growth are essential for an adequate assessment of stocks and, consequently, for fisheries management. The vertebrae (Cailliet et al. 1983) are one of the rigid structures most commonly used for determining age, although neural arches and spines found in dorsal fins (when present) are also often used (Francis and Ómaolagáin 2000; McFarlane et al. 2002; Tovar-Ávila et al. 2008; Kousteni and Megalofonou 2015). *Squalus* possess a spine in each of their two dorsal fins and counting the external bands in these spines has been shown to be a fast and efficient way to determine the age of these species, thus contributing greatly to a better understanding of their growth process. *S. acanthias* is the species that has the largest amount of studies, mainly concentrated in the northern regions of the Pacific Ocean, northern Atlantic Ocean, Aegean Sea and Black Sea (ex. Ketchen 1975; Holden and Meadows 1962; McFarlane and Beamish 1987; Beamish and McFarlane 1985; Sanders and McFarlane 1993; Avsar 2001; Yigin and Ismen 2016; Bublely et al. 2012).

Due to the absolute lack of information regarding *S. cf. albicaudus*, this study hopes to provide the first results related to age and growth of this species found on the northeast coast of Brazil, aiming to improve our understanding of its population dynamics and, thus, contributing to its conservation.

Methods

Area of study and sampling

Between October 2014 and March 2018, include twelve scientific cruises aboard the research boat Sinuelo of the Rural Federal University of Pernambuco (UFRPE), 86 specimens of white-tailed dogfish *Squalus* cf. *albicaudus* were collected along the coast of Pernambuco State, using longline and bottom traps as fishing gear, at depths ranging from 200 to 500 m (Fig. 1, Table 1). The longline was made up of a main line composed of a polyamide cable of 10 mm in diameter, containing 25 hooks arranged vertically and 25 hooks horizontally. The traps were made of galvanized steel (100 cm x 048 cm), covered by a polyamide 210/36 mesh, with 12 mm between knots. Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner 1879), and/or mackerel, *Scomber scombrus* (Linnaeus 1758), were used as bait in both devices. The specimens were packed in ice and transported to the Fishery Oceanography Laboratory at the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) where they were identified (Compagno 1984; Last et al. 2007; Viana et al. 2016), sexed, measured and weighed. The total length (TL) was measured in millimeters (mm) and their spines, when possible, were removed and measured as well.

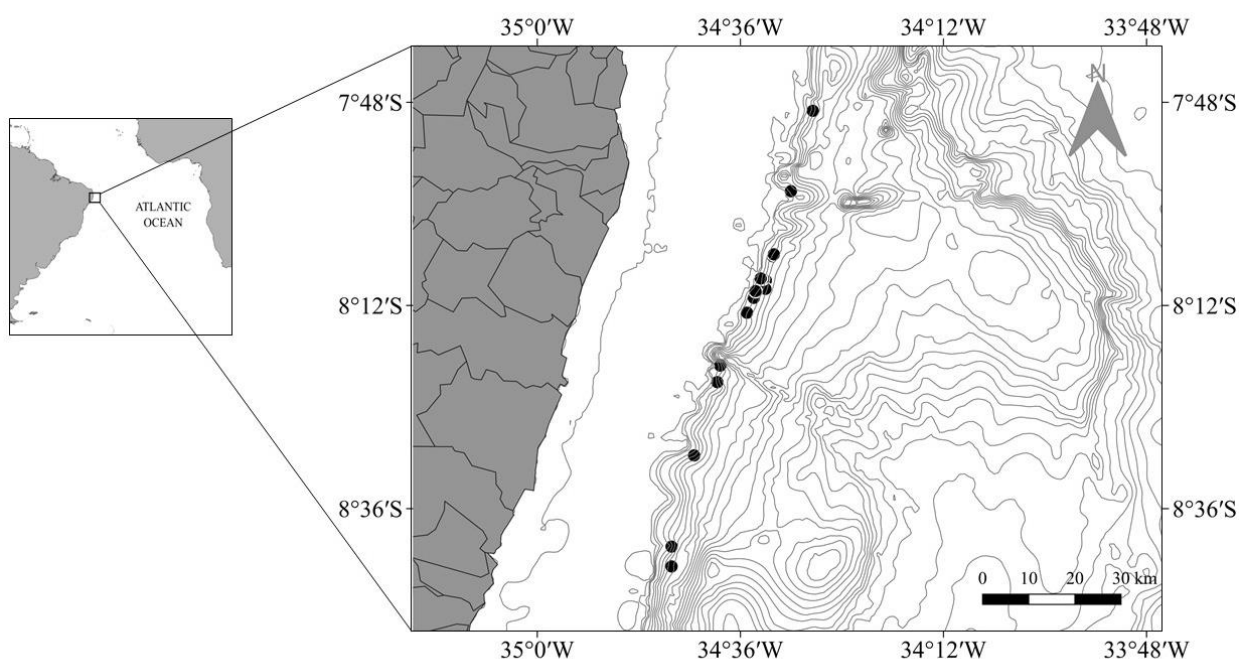


Figure 1 - Map of the study area showing the sampling location (closed black circle) of white-tailed dogfish *Squalus* cf. *albicaudus* along the coast of Pernambuco State, Southwestern Atlantic Ocean.

Table 1 - Geographic coordinates of the scientific cruises on the Pernambuco coast.

N	Number of cruise	Hauls	Depth (m)	Coordinates							
				Latitude				Longitude			
1	1	1	300	8°	11'	6"	S	34°	34'	25"	W
2	2	1	300	7°	58'	30.1"	S	34°	30'	1.8"	W
3	7	2	236	8°	19'	6.3"	S	34°	38'	22.8"	W
3	7	1	287	8°	21'	3.2"	S	34°	38'	44"	W
4	8	1	291	8°	29'	42.75"	S	34°	41'	28.3"	W
5	9	1	301	8°	12'	51.6"	S	34°	35'	13.3"	W
6	12	1	324	7°	49'	0.3"	S	34°	27'	26.3"	W
7	16	2	406	8°	40'	29.5"	S	34°	44'	7.9"	W
7	16	1	424	8°	42'	50"	S	34°	44'	7.9"	W
8	19	2	401	8°	9'	3"	S	34°	33'	0"	W
9	20	1	300	8°	10'	2.3"	S	34°	33'	2.8"	W
9	20	3	330	8°	10'	1.7"	S	34°	33'	24.4"	W
9	20	4	400	8°	8'	50.1"	S	34°	33'	21.1"	W
10	22	3	203	8°	8'	48.8"	S	34°	33'	35.9"	W
11	23	3	201	8°	10'	18.2"	S	34°	34'	13.2"	W
12	24	2	354	8°	6'	10.7"	S	34°	32'	10"	W
12	24	2	362	8°	5'	57.7"	S	34°	32'	2.9"	W

Preparation and spines morphometry

The spines were removed, when present, through a horizontal cut just above the spine to ensure the preservation of their base as proposed by Beamish and McFarlane (1985). Then they were stored under refrigeration, still associated with soft tissues, without any damage, until the time of cleaning. Afterwards, they were immersed in boiling water for a few minutes, facilitating the removal of existing soft tissue, cleaned with scalpel and tweezers, washed, dried outdoors and stored, as proposed by Tribuzio (2016). The main morphometric measures taken were the diameter of the base of the enamel (EBD), the last readable point diameter of (LRD) (Ketchen 1975), the spine base diameter (SBD), the total spine length (TSL), the stem length (SL) (Tribuzio 2016) and the midpoint diameter (MID) (Cheng 2012). They were measured with the aid of a caliper with an accuracy of 0.01 mm (Fig. 2). The weight of the spines (SW) was also measured using a precision scale (0.0001 g) (Kousteni and Megalofonou 2015). This process was performed for both spines. Spines that were broken or presented problems from the moment of removal were excluded from subsequent analyses.

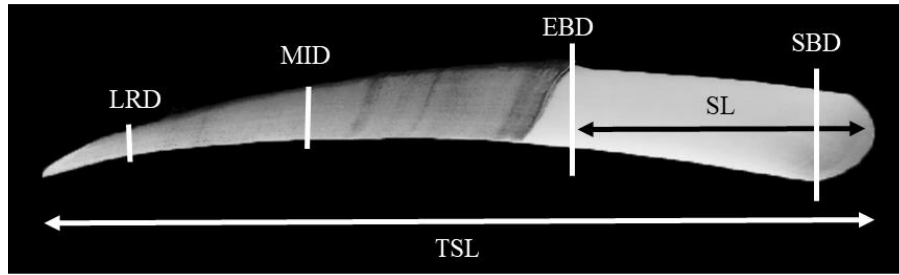


Figure 2 - Measurements taken on Brazilian whitetail dogfish *Squalus cf. albicaudus* for each fin spine. LRD = last readable point diameter; MID = mid-point diameter; EBD = enamel base diameter; SBD = spine base diameter; SL = stem length; TSL = total spine length.

Age determination

The age estimates were based on the pigmented bands associated with the enamel ridges found on the surface of the spines (Ketchen 1975), which are formed annually for its congener species *S. acanthias* (Beamish and McFarlane 1985; Campana et al. 2006). The white band found at the base of the enamel is considered a developmental zone (Campana 2006) and was excluded from the count (Tribuzio 2016). Since the growth is not considered regular over time, the irregular space between bands was ignored (Ketchen 1975).

The spines of the first dorsal fin were used since they were more numerous. The second spine is preferable because it is larger and easier to read, in addition to presenting less wear compared with the first one (Ketchen 1975; Cailliet and Goldman 2004). However, the former spine can also be used in the absence of the second, as demonstrated by Pajuello et al. (2011) and Kousteni and Megalofonou (2015).

In order to reduce the aging bias, three independent readings were performed by the same reader (reader 1), without previous knowledge of the total length, sex and number of bands of each individual. The readings were performed with the naked eye and under natural light, as proposed by Kousteni and Megalofonou (2015). To evaluate the accuracy of the three estimates made by reader 1 and to compare them, the coefficient of variation (CV) (Chang 1982) and the average percentage error (APE) (Beamish and Fournier 1981) were calculated, as proposed by Bubley et al. (2012), in the following way:

$$APE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right) \times 100$$

$$CV = 100 \times \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R (X_{ij} - X_j)^2 / (R - 1)}}{X_j}$$

Where, N is the number of spines, X_{ij} is the i th age determination of the j th fish, X_j is the average age calculated for the j th fish and R is the number of times each fish is aged.

A fourth reading was performed by a less experienced reader (reader 2) to evaluate the influence of the reader's experience on age accuracy. Subsequently, age-bias graphs with 95% confidence intervals were constructed to evaluate the best coefficient readings for reader 1 and between the readers (more experienced reader and less experienced reader). According to the CV and APE indices, only readings 2 and 3 were considered, applying the criterion of ± 2 years as proposed by Ketchen (1975). According to Ketchen when the readings for each individual differed by 1 year, age was selected alternately, up or down, when they differed by 2 years the mean of both values was used, and when it exceeded 2 years the spines were excluded from the analysis.

Subsequently, the Ketchen's correction (1975) was also used to determine the number of rings lost by wearing. The method consists of a correction curve produced through the ages determined for spines considered to be not worn, that is, with a wear point or LRD equal to or less than the EBD found in individuals who were 1 year old (for the present case: 2.30 mm). In the present study, the correction curve was unified; *i.e.* it was constructed for the clustered sexes.

Back-calculation

Due to the lack of smaller individuals among the specimens caught, a back-calculation was used to overcome this absence. The diameters of the bands found on the spines were used to back-calculate the length of the individuals, as proposed by Tribuzio et al. (2010). The equation was adapted from the Fraser-Lee method, where:

$$TL_i = TL_c + \frac{(EBD_i - EBD_c)(TL_c - TL_{birth})}{EBD_c - EBD_{birth}}$$

Where, TL_i = the back-calculated length; TL_c = the length at capture; TL_{birth} = the length at birth; EBD_i = the enamel base diameter at band i ; EBD_c = the enamel base diameter at capture; and EBD_{birth} = the enamel base diameter at birth. TL_{birth} (209 mm) and EBD_{birth} (1.95 mm) are considered to be the difference between the mean for the smallest individuals and for the embryos fully formed and with yolk sacs much reduced or absent.

Growth models

The observed and back-calculated lengths and the estimated age values for males, females, and sexes combined were adjusted to the following models: von Bertalanffy

(VBGM1) (von Bertalanffy 1938), von Bertalanffy with two-parameter with fixed L_0 (VBGM2) (Fabens 1965), logistic (Ricker 1979) and Gompertz (Ricker 1975) (Table 2). Each model was applied to the adjusted data in four ways:

I- Observed lengths;

II- Observed lengths associated with the averages of the back-calculated lengths;

III- Back-calculated lengths;

IV- Lengths observed and back-calculated together.

Table 2 - Growth models fitted to Brazilian whitetail dogfish *Squalus cf. albicaudus* length-at-age data.

Model Number	Model Name	Model equation	Reference
1	VBGM1	$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$	Von Bertalanffy, 1938
2	VBGM2	$L_t = L_{\infty} - (L_{\infty} - L_0)e^{-kt}$	Fabens, 1965
3	Logistic	$L_t = \frac{L_{\infty}}{1 + e^{-k(t-a)}}$	Ricker, 1979
4	Gompertz	$L_t = L_{\infty}e^{-e^{-k(t-t_0)}}$	Ricker, 1975

L_t is the predicted length at age t ; L_{∞} is the mean theoretical asymptotic length; L_0 is the length at birth; k is a growth coefficient parameter in yr^{-1} ; t is a age; t_0 is the theoretical age at zero length in yrs and; a is a inflection point of the logistic curve.

Statistical analyses

The relationships between TL-TSL and SW-TL were calculated for the individual sexes and compared ($p < 0.05$) using ANCOVA (Zar 1999). A Principal Component Analysis (PCA) was performed to compare morphometric measures between the sexes, requiring a standardization of the data, dividing the measurements by the TL (reference measure) to remove the effect of ontogeny. To test whether there was a significant difference ($p < 0.05$) between readings of bands defined for first and second spines and to confirm the use of the first one for reading the Wilcoxon test was performed. The results of the models were evaluated according to the Akaike Information Criterion (AIC), whose lowest value best describes the model (Burnham and Anderson 2004). Regression analysis, frequency distribution, bias graph and back-calculations were performed using MS EXCEL and Statistica software. Descriptive analysis, ANCOVA and PCA were performed through PAST software (Hammer et al. 2001). The parameters of the growth curves were developed using the nonlinear least squares regression (NLS) method through R software 3.5.1 (R Development Core Team, 2018). The growth curves were developed in Kaleidagraph software.

Results

Frequency distribution

Of the 86 specimens caught, 42 were females, with a total length (TL) ranging from 220.0 to 860.0 mm ($662.5\text{mm} \pm 105.7$) and a total weight of 35.7 to 2727.0 g (1186.9 ± 551.9); and 44 were male, with a TL between 241.0 and 554.0 mm (486.4 ± 67.0) and a total weight of 58.9 to 666.0 g (477.3 ± 132.9). The frequency distribution of total length showed the presence of smaller males and larger females, in addition to a higher concentration of individuals of both sexes in an intermediate size (460 to 540 mm for males and 540 to 620 mm for females) (Fig. 3). The 4 embryos (3 females and 1 male) sampled had a total length of 180 to 193 mm (186.5 ± 6.0) and weighed between 17.4 to 30.9 g (23.2 ± 6.5) (total weight).

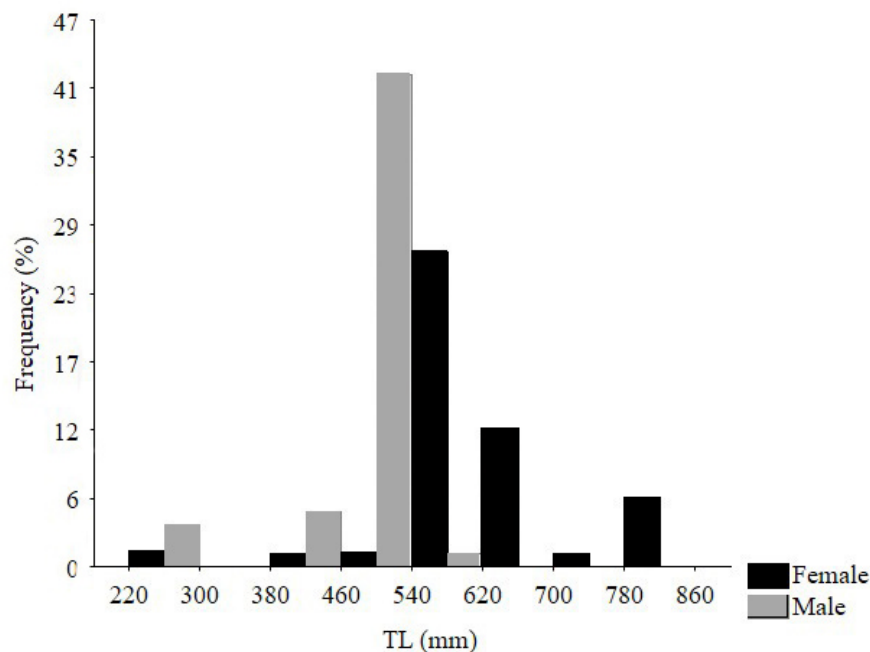


Figure 3 - Total length (TL) frequency distribution of female and male *Squalus* cf. *albicaudus* in the southwestern Atlantic Ocean.

Spine morphometry

The spines were well formed and present in all the embryos examined, however, they were flexible and difficult to remove in the earlier stages. In fully formed embryos (used in the study), the spines were rigid and easier to remove. No formation of growth bands was observed in any case, but the white band near the base of the enamel was always present. In all measurements of juvenile and adult spines, for both the first and second spines, females had higher mean values than males (Tables 3 and 4). However, the PCA did not show any separation of the sexes through the standardized measurements for the two spines (Fig. 4).

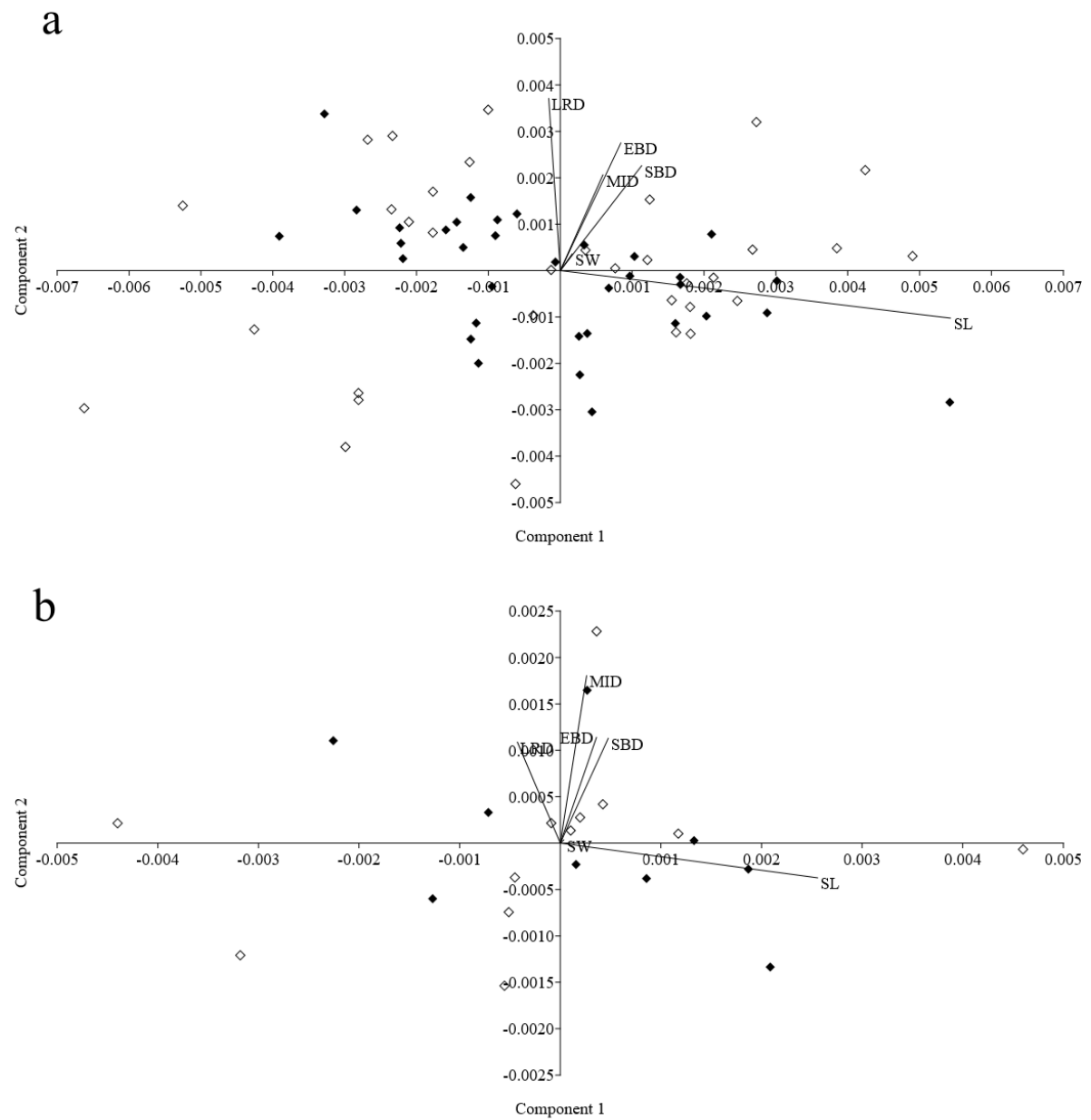


Figure 4 - Principal components analysis (PCA) of the morphometric measures (mm) and weight (g) of males (◆) and females (◇) for the first (a) and the second dorsal fin spine (b) of juveniles/adults and embryos of *Squalus cf. albicaudus* in the southwestern Atlantic Ocean.

Table 3 - Descriptive statistics of the first dorsal fin spine morphometrics (mm) and weight (g) of juveniles/adults and embryos of sexes combined (General), female (F) and male (M) *Squalus cf. albicaudus*.

Measurements		N	Min	Max	Mean	SD
Juveniles/Adults						
TSL	General	70	15.22	66.00	44.42	1.07
	F	35	15.22	66.00	51.49	8.63
	M	35	18.20	44.70	37.35	7.30
SL	General	70	8.00	26.50	17.71	3.83
	F	35	9.62	26.50	20.19	3.27
	M	35	8.00	19.00	15.22	2.53
EBD	General	86	2.00	7.60	5.40	1.15
	F	42	2.58	7.60	6.16	0.91
	M	44	2.00	5.60	4.68	0.86
SBD	General	69	2.70	9.00	6.29	1.30
	F	34	5.40	9.00	7.25	0.82
	M	35	2.70	6.30	5.35	0.95
MID	General	85	1.30	5.70	3.89	0.81
	F	41	3.00	5.70	4.49	0.53
	M	44	1.30	4.00	3.33	0.59
LRD	General	85	0.30	4.70	2.05	0.85
	F	41	1.00	4.70	2.34	0.83
	M	44	0.30	3.80	1.78	0.79
SW	General	70	0.0267	1.2503	0.4924	0.2639
	F	35	0.0267	1.2503	0.6790	0.2365
	M	35	0.0276	0.4676	0.3057	0.1170
Embryos						
TSL		3	11.03	11.37	11.20	0.17
SL	General	3	6.72	7.46	7.10	0.37
EBD		2	1.35	1.54	1.45	0.13
SW		2	0.0069	0.0071	0.0070	0.0001

N = number of individuals; SD = standard deviation; Min = minimum; Max = maximum; TSL = spine total length; SL = stem length; SBD = spine base diameter; EBD = enamel base diameter; MID = mid-point diameter; LRD = last readable point diameter; SW = spine weight.

Table 4 - Descriptive statistics of the second dorsal fin spine morphometrics (mm) and weight (g) of juveniles/adults and embryos of sexes combined (General), female (F) and male (M) *Squalus cf. albicaudus*.

Measurements		N	Min	Max	Mean	SD
Juveniles/Adults						
TSL	General	24	18.67	55.80	44.85	9.23
	F	14	18.67	55.80	48.51	9.32
	M	10	23.00	44.30	39.72	6.49
SL	General	24	9.70	20.00	15.81	2.37
	F	14	12.35	20.00	17.13	1.86
	M	10	9.70	15.50	13.97	1.71
EBD	General	27	2.00	5.70	4.54	0.88
	F	17	2.15	5.70	4.90	0.78
	M	10	2.00	4.50	3.92	0.70
SBD	General	23	2.40	6.20	5.12	0.83
	F	13	5.00	6.20	5.66	0.36
	M	10	2.40	5.00	4.42	0.74
MID	General	26	1.40	4.80	3.26	0.68
	F	16	3.00	4.80	3.63	0.51
	M	10	1.40	3.20	2.68	0.49
LRD	General	26	0.50	4.20	1.75	0.72
	F	16	1.20	4.20	1.91	0.74
	M	10	0.50	2.60	1.50	0.64
SW	General	27	0.0311	0.8618	0.4819	0.1958
	F	17	0.0311	0.8618	0.5810	0.1680
	M	10	0.0457	0.4029	0.3134	0.1024
Embryos						
TSL	F	1	-	13.49	-	-
	M	1	-	14.79	-	-
SL	F	1	-	10.45	-	-
	M	1	-	9.71	-	-
EBD	F	1	-	1.62	-	-
	M	1	-	1.48	-	-
SW	F	1	-	0.0075	-	-
	M	1	-	0.0105	-	-

N = number of individuals; SD = standard deviation; Min = minimum; Max = maximum; TSL = spine total length; SL = stem length; SBD = spine base diameter; EBD = enamel base diameter; MID = mid-point diameter; LRD = last readable point diameter; SW = spine weight.

No significant differences were found between the sexes for any of the two spines, among TL-TSL (ANCOVA, $F = 2.006$, $P = 0.1614$ (1), ANCOVA, $F = 0.4564$, $P = 0.5071$ (2)) and SW-TL correlations (ANCOVA, $F = 1.948$, $P = 0.1614$ (1), ANCOVA, $F = 0.7809$, $P = 0.3844$ (2)).

Therefore, the TL-TSL ratios of the total sample were described by the following equations for the sexes combined:

$TL = 10.9841 TSL + 60.2694$, $r^2 = 0.8601$ (1); $TL = 11.0376 TSL + 51.6007$, $r^2 = 0.7605$ (2) (Fig. 5).

As for SW-TL, the equations were:

$SW = 5E-09 TL^{2.8996}$, $r^2 = 0.8969$ (1); $SW = 7E-09 TL^{2.8337}$, $r^2 = 0.9475$ (2) (Fig. 6).

The first spine displayed approximately 60% of the total external structure from the body, and the second more than 64%. Enamel growth was faster than that of the stem in both spines (Fig. 7).

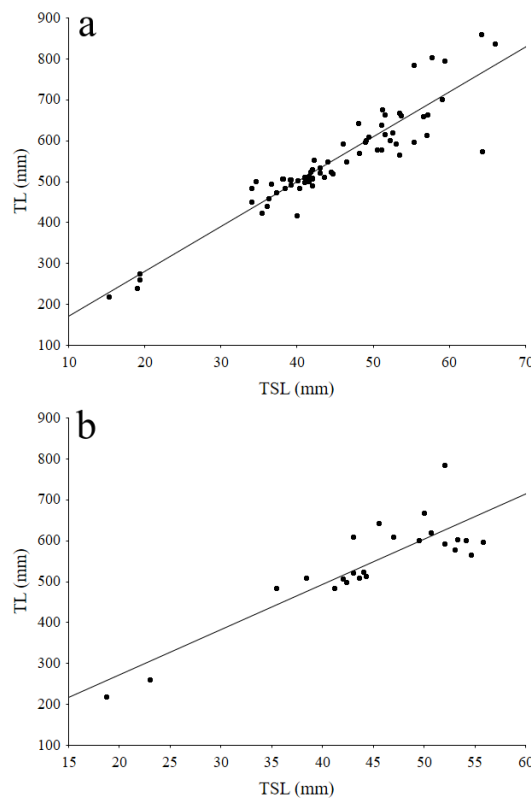


Figure 5 - Relationship between total length (TL) and total spine length (TSL) for the first (a) and the second dorsal fin spine (b) of *Squalus cf. albicaudus* in the southwestern Atlantic Ocean.

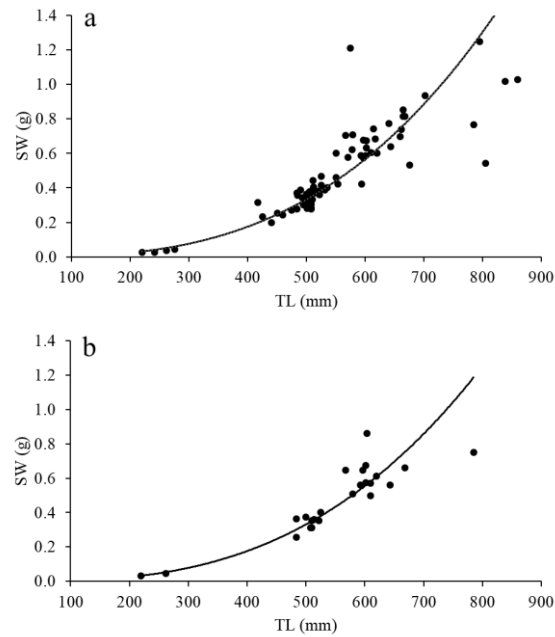


Figure 6 - Relationship between spine weight (SW) and total length (TL) for the first (a) and the second dorsal fin spine (b) of *Squalus cf. albicaudus* in the southwestern Atlantic Ocean.

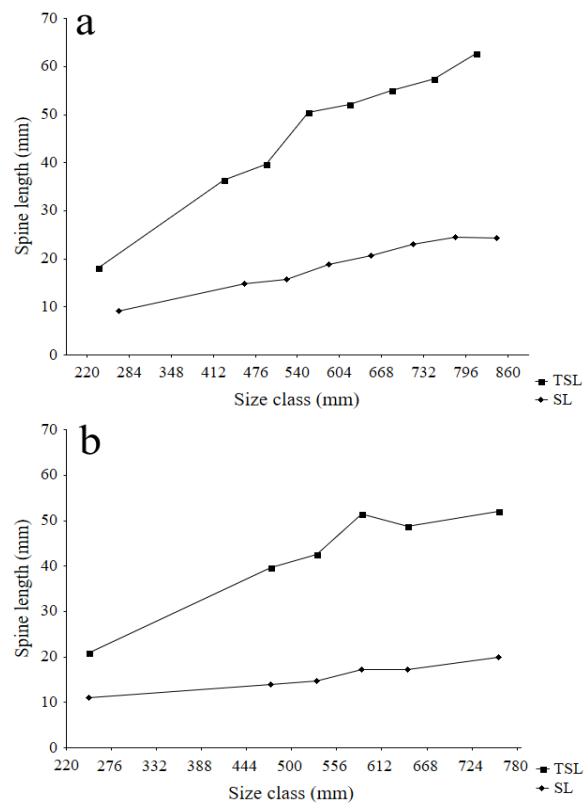


Figure 7 - Relationship between total length (TL) and the mean of the total spine length (TSL) (■) and the stem length (SL) (◆) of the first (a) and the second spine (b) for *Squalus cf. albicaudus* in the southwestern Atlantic Ocean.

Age determination and bias

The CV and APE were highly precise in the last two readings of reader 1 (Table 5), both for the grouped and separated sexes, and were thus used to determine ages. There was no significant age bias between the two last readings of reader 1, with better coefficients, but the readings between reader 1 and reader 2 (inexperienced) displayed a bias with the difference between each class having increased substantially with the increase of age, evidencing a greater difficulty in reading in older ages (Fig. 8).

Table 5 - Mean value of the precision indices for each pairwise comparison of the three independent age estimates by the primary reader of the first dorsal fin spine.

Precision indices		1 x 2	2 x 3	1 x 3
CV%	General	13.30	10.52	18.36
	F	11.93	9.33	14.70
	M	14.92	8.91	18.48
APE%	General	12.45	8.75	16.66
	F	9.93	7.76	12.23
	M	12.42	7.41	15.37

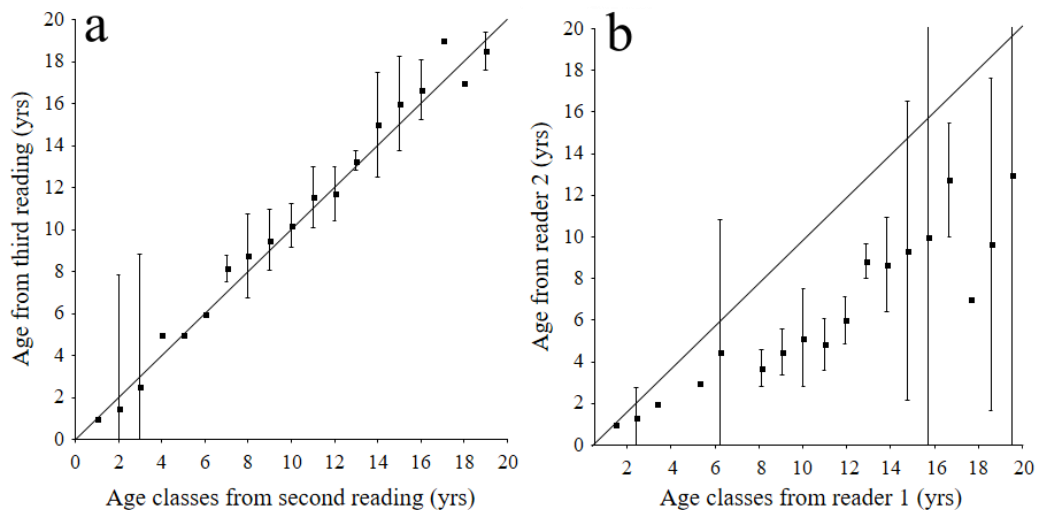


Figure 8 - Age bias plots for the first spine showing the relationship between the age classes from second reading and the ages from third reading by reader 1 (more experienced reader) (a) and of the age classes from reader 1 and ages from reader 2 (less experienced reader) (b). Each error bar represents the 95% confidence interval about the mean (■). The 1:1 equivalence (solid line) is indicated in graphs.

For the construction of the Ketchen correction curve, 44 spines were used that displayed a diameter of the last readable point (LRD) smaller than the estimated value of the enamel base diameter (EBD) at birth (Fig. 9). In addition, this sampling included individuals

who met the ± 2 years Ketchen criterion. Thus, the equation of the correction curve for *S. cf. albicaudus* was: $\text{Age} = 0.4687\text{EBD}^{1.9412}$, $r^2 = 0.8235$. The individuals examined had between 1 and 9 increment/ growth bands.

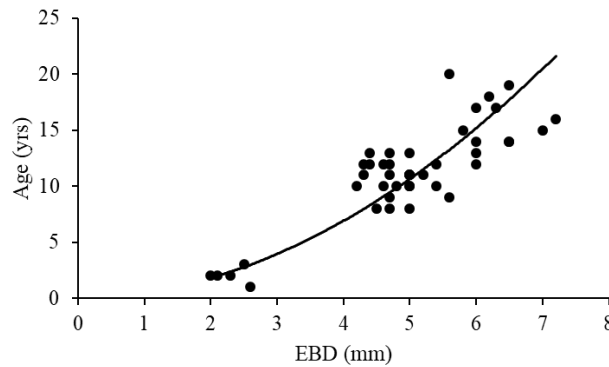


Figure 9 - Ketchen's correlation curve for *Squalus cf. albicaudus* (sexes combined) in the southwestern Atlantic Ocean.

A total of 69 individuals were included in the growth analyses: 33 females and 36 males. Females had a TL between 220.0 and 838.0 mm and were between 1 and 24 years old, considering the increments as annual. Meanwhile, the TL of males ranged between 241.0 and 554.0 mm, corresponding to 1 to 14 years old (Fig. 10). Most of the individuals collected had a length of more than 460 mm, with only 5 individuals identified at earlier ages, especially between 1 and 3 years old. Individuals aged 4, 5, 6 and 8 years were absent in the sample (Table 6). Furthermore, no significant differences were found for first and second spine readings (Wilcoxon signed-ranks test, $W = 46.5$, $P = 0.94313$), confirming the viability of using the first spine for readings.

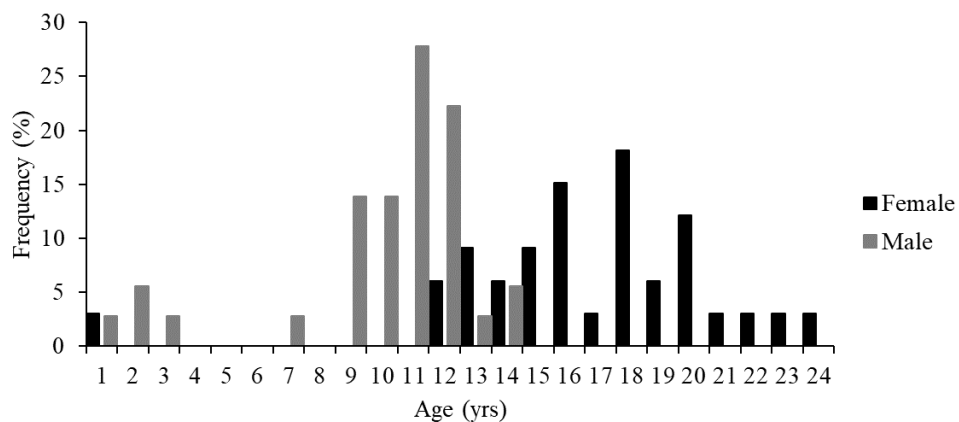


Figure 10 - Age frequency distribution for female and male *Squalus cf. albicaudus* (sexes combined) in the southwestern Atlantic Ocean.

Back-calculation

Altogether, 769 TL values (308 for males and 461 for females) were back-calculated. In general, most of the back-calculated averages were higher than the values found for both the individuals classified before the Ketchen correction and those to whom the correction had already been applied. However, the values were within those presented by the variation in the standard deviation (Table 7).

Growth curves

The results found for AIC values between the models for the clustered sexes and for females were very close, that is, they presented a small variation in all forms of data adjustment. For males, a greater variation of AIC values was observed, as well as a substantial variation in the values of the parameters.

For the observed data, VBGM2 (model 2) was the best fit for females and for the sexes combined, according to the AIC value (Tables 9 and 10) (Fig. 11). For males, the logistic curve (model 3) was the best model (Table 8). However, VBGM1 (model 1) was the one that best reflected the results of the parameters in this group (Fig. 11). This pattern was also demonstrated for the data observed with back-calculated averages. With the inclusion of back-calculated data, model 4 was the best fit for males (Table 8) and females (Table 9), while model 2 performed best for the sexes combined (Table 10). For the observed and back-calculated data, the Gompertz model (model 3) was the one that had the best fit according to the AIC for males and females (Tables 8 and 9), while VBGM2 was the most suitable for the sexes combined (Table 10).

Table 6 - Length-at-age table for sexes combined *Squalus cf. albicaudus* (sexes combined) in the southwestern Atlantic Ocean.

TL (mm)	Age groups (years)																								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
220-260	1	1																							2
260-300	1	1	1																						3
300-340																									0
340-380																									0
380-420												1													1
420-460									1	1	1														3
460-500							1				2	4	1												8
500-540									4	3	7	4	1	3											22
540-580										1			1		1	1		1		1		1			7
580-620												1		1	1	2		4	1					1	11
620-660															1	1		1			1				4
660-700													1							1	2			1	5
700-740																	1								1
740-780																									0
780-820																1									1
820-860																					1				1
Total	2	2	1	0	0	0	1	0	5	5	10	10	4	4	3	5	1	6	2	4	1	1	1	1	69

Table 7 - Means of observed lengths (OB), observed corrected by Ketchen's correlation (OBcorr) and back-calculated, adjusted for ages for the sexes combined for *Squalus cf. albicaudus* in the southwestern Atlantic Ocean.

Age	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		66	64	63	63	63	62	60	60	53	47	41	34	27	20	14	11	9	5	5	2
1	2	212.62																			
2	1	236.257	243.829																		
5	1	324.48	370.89	422.69	453.99	488.52															
6	2	340.35	372.66	423.44	469.40	506.11	534.63														
8	7	265.99	312.45	351.10	390.34	425.27	448.97	492.47	526.79												
9	6	299.69	341.46	377.47	408.76	439.56	470.12	495.77	518.89	544.66											
10	6	210.84	254.62	299.20	343.85	380.24	394.01	443.52	462.97	494.31	519.91										
11	7	206.79	243.76	282.27	315.46	349.87	383.19	405.32	431.16	452.33	475.05	495.52									
12	7	215.76	275.60	319.43	359.22	390.97	421.37	446.26	471.94	494.51	515.69	532.22	552.93								
13	7	235.27	276.31	318.52	352.44	383.24	415.60	462.63	493.89	525.85	552.82	580.88	601.66	612.67							
14	6	299.92	346.03	381.15	409.29	443.12	476.74	503.67	527.66	550.97	585.91	605.23	620.93	652.13	651.02						
15	3	259.61	287.04	321.06	367.62	414.19	464.76	497.55	532.56	557.58	588.10	633.76	660.02	674.86	599.89	623.41					
16	2	276.95	312.70	344.99	370.16	395.37	438.45	456.50	479.78	503.51	521.54	579.07	590.98	616.18	631.93	642.69	673.17				
17	4	260.45	293.09	313.06	355.78	386.95	415.35	444.75	469.54	490.50	509.87	525.35	543.07	556.81	567.00	581.44	601.28	615.62			
19	3	308.51	338.30	356.65	378.34	393.34	421.25	437.42	459.14	480.71	499.18	528.92	551.29	574.53	592.38	597.77	617.13	651.86	660.01	671.64	
20	2	271.03	301.92	334.50	359.96	384.55	414.80	428.51	458.20	482.72	497.46	519.91	544.70	619.23	581.25	608.02	627.56	642.22	660.70	669.06	682.40
Mean		255.12	297.61	335.87	371.55	404.03	432.65	460.97	487.55	507.50	527.22	554.59	584.86	616.73	609.34	605.18	623.45	633.61	660.29	670.61	682.40
SD		62.74	62.94	61.07	59.27	59.72	60.51	57.58	59.88	60.76	65.16	77.82	78.10	83.57	52.95	41.69	45.85	40.41	30.85	30.16	8.63
OB		220.00	262.00	-	-	495.00	518.50	-	517.57	536.00	498.00	475.60	530.00	578.00	623.50	673.70	649.00	583.00	-	615.00	642.00
SD		14.8492	-	-	-	-	20.5061	-	33.6098	52.5357	29.9132	38.4658	53.8914	66.2193	45.5313	11 3.896	74.2462	25.3903	44.2982	-	31.8198
Obcor		241.00	375.50	276.00	-	-	-	495.00	-	506.80	503.50	503.30	498.30	506.00	547.00	588.67	649.80	702.00	599.33	639.00	686.00
SD		29.6985	190.212	-	-	-	-	-	-	34.5789	41.9798	31.5456	44.6618	84.7835	42.3399	35.5715	91.185	-	29.8357	41.0122	108.888

SD = standard deviation.

Table 8 - Results of growth parameters (P) and Akaike Information Criterion (AIC) for observed data, observed associated with the back-calculated mean, back-calculated data and observed and back-calculated data together for *Squalus cf. albicaudus* males in the southwestern Atlantic Ocean.

N	P	Observed		With back-calculated mean		Back-calculated		Observed and back-calculated	
		Estimate (95% CI)	AIC	Estimate (95% CI)	AIC	Estimate (95% CI)	AIC	Estimate (95% CI)	AIC
1	L_{∞}	532.230 (486.605 - 577.855)	359.804	537.309 (511.543 - 585.863)	475.771	574.188 (530.327 - 649.469)	3277.455	565.810 (533.188 - 614.751)	3640.909
	k	0.246 (0.097 - 0.394)		0.217 (0.143 - 0.299)		0.162 (0.113 - 0.214)		0.170 (0.130 - 0.213)	
	t0	-0.985 (-2.466 - 0.495)		-1.419 (-2.758 - -0.589)		-2.213 (-3.176 - -1.52)		-2.091 (-2.869 - -1.503)	
2	L_{∞}	572.708 (522.772 - 706.508)	363.404	574.761 (533.651 - 651.242)	480.281	652.392 (585.634 - 762.957)	3283.781	626.913 (579.467 - 695.922)	3650.690
	k	0.150 (0.081 - 0.234)		0.145 (0.099 - 0.196)		0.106 (0.077 - 0.137)		0.115 (0.091 - 0.141)	
3	L_{∞}	513.709 (491.603 - 535.815)	354.909	515.621 (500.353 - 538.231)	470.716	523.900 (499.938 - 556.795)	3275.681	524.463 (505.839 - 548.117)	3637.181
	k	0.445 (0.233 - 0.656)		0.385 (0.291 - 0.496)		0.330 (0.271 - 0.393)		0.332 (0.282 - 0.385)	
	a	1.856 (1.279 - 2.432)		1.672 (1.178 - 2.113)		1.555 (1.225 - 1.947)		1.581 (1.299 - 1.881)	
4	L_{∞}	520.162 (490.141 - 550.184)	357.098	523.411 (504.550 - 554.260)	472.860	541.475 (504.980 - 577.969)	3276.144	539.153 (515.979 - 570.430)	3638.393
	k	0.343 (0.167 - 0.519)		0.300 (-0.145 - 0.976)		0.245 (0.190 - 0.301)		0.274 (-0.026 - 0.539)	
	t0	0.773 (0.081 - 1.464)		0.494 (0.217 - 0.396)		0.252 (-0.054 - 0.558)		0.251 (0.206 - 0.298)	

L_{∞} is the mean theoretical asymptotic length; k is a growth coefficient parameter in yr⁻¹; t0 is the theoretical age at zero length in yrs and; a is inflection point of the logistic curve; CI is the confidence interval.

Table 9 - Results of growth parameters (P) and Akaike Information Criterion (AIC) for observed data, observed associated with the back-calculated mean, back-calculated data and observed and back-calculated data together for *Squalus cf. albicaudus* females in the southwestern Atlantic Ocean.

N	P	Observed		With back-calculated mean		Back-calculated		Observed and back-calculated	
		Estimate (95% CI)	AIC	Estimate (95% CI)	AIC	Estimate (95% CI)	AIC	Estimate (95% CI)	AIC
1	L_{∞}	696.051 (616.044 - 1091.660)	381.064	697.793 (615.247 - 780.338)	584.868	782.363 (722.617 - 875.386)	4872.742	738.855 (698.369 - 794.640)	5254.575
	k	0.114 (0.031 - 0.307)		0.112 (0.052 - 0.172)		0.085 (0.064 - 0.106)		0.097 (0.078 - 0.116)	
	t0	-2.199 (-10.732 - 0.298)		-3.110 (-5.722 - -0.498)		-3.845 (-4.903 - -3.015)		-3.446 (-4.318 - -2.737)	
2	L_{∞}	709.302 (617.775 - 1062.641)	379.467	699.726 (645.661 - 798.598)	582.8762	764.200 (720.601 - 819.881)	4871.398	736.400 (703.055 - 776.843)	5252.605
	k	0.100 (0.038 - 0.237)		0.110 (0.073 - 0.157)		0.091 (0.078 - 0.105)		0.099 (0.087 - 0.111)	
3	L_{∞}	667.232 (612.019 - 798.047)	380.434	666.591 (616.842 - 716.339)	585.153	681.631 (654.299 - 716.364)	4870.871	669.993 (648.459 - 695.818)	5249.850
	k	0.214 (0.103 - 0.378)		0.194 (0.119 - 0.270)		0.198 (0.173 - 0.225)		0.205 (0.182 - 0.230)	
	a	4.722 (0.356 - 8.007)		2.799 (1.406 - 4.192)		3.034 (2.584 - 3.588)		2.876 (2.496 - 3.298)	
4	L_{∞}	678.904 (582.383 - 775.424)	380.757	677.925 (631.509 - 776.196)	584.915	714.127 (677.632 - 763.578)	4870.868	693.431 (666.143 - 727.736)	5250.824
	k	0.160 (0.0556 - 0.265)		0.153 (0.092 - 0.231)		0.141 (0.118 - 0.165)		0.151 (0.130 - 0.173)	
	t0	1.979 (-1.281 - 5.240)		0.541 (-1.258 - 1.819)		0.851 (0.472 - 1.267)		0.727 (0.382 - 1.060)	

L_{∞} is the mean theoretical asymptotic length; k is a growth coefficient parameter in yr⁻¹; t0 is the theoretical age at zero length in yrs and; a is inflection point of the logistic curve; CI is the confidence interval.

Table 10 - Results of growth parameters (P) and Akaike Information Criterion (AIC) for observed data, observed associated with the back-calculated mean, back- calculated data and observed and back-calculated data together for *Squalus cf. albicaudus* sexes combined in the southwestern Atlantic Ocean.

N	P	Observed		With back-calculated mean		Back-calculated		Observed and back-calculated	
		Estimate (95% CI)	AIC	Estimate (95% CI)	AIC	Estimate (95% CI)	AIC	Estimate (95% CI)	AIC
1	L_{∞}	762.113 (664.680 - 1017.168)	760.475	766.741 (679.796 - 964.975)	964.870	804.849 (742.990 - 895.493)	8197.787	754.918 (712.228 -811.626)	8970.131
	k	0.077 (0.038 - 0.121)		0.076 (0.043 - 0.113)		0.077 (0.061 - 0.094)		0.087 (0.073 - 0.103)	
	t0	-3.542 (-7.314 - -1.540)		-4.074 (-7.082 - -2.271)		-3.865 (-4.654 - -3.211)		-3.599 (-4.273 - -3.027)	
2	L_{∞}	790.517 (683.625 - 1008.816)	758.986	771.420(691.303 - 907.370)	962.888	806.700 (756.877 - 869.673)	8195.792	764.100 (727.353 - 808.351)	8968.464
	k	0.068 (0.0416 - 0.100)		0.075 (0.052 - 0.101)		0.071 (0.066 - 0.088)		0.085 (0.075 -0.095)	
3	L_{∞}	684.913 (632.876 - 773.706)	760.643	693.076 (645.496 - 769.482)	966.025	680.097(653.686 - 712.149)	8204.349	666.800 (645.352425 691.8979121)	8977.345
	k	0.170 (0.119 - 0.227)		0.161 (0.120 - 0.206)		0.196 (0.176 - 0.217)		0.199 (0.180693 0.2187928)	
	a	4.535 (2.983 - 6.170)		4.018 (2.792 - 5.496)		3.348 (2.925 - 3.870)		3.154 (2.800052 3.5660218)	
4	L_{∞}	710.469 (626.479 - 794.460)	760.409	717.797 (643.128 - 792.464)	965.321	718.395 (682.716 - 764.186)	8199.681	695.500 (668.0426086 728.9095585)	8971.700
	k	0.124 (0.078 - 0.169)		0.119 (0.081 - 0.156)		0.137 (0.118 - 0.155)		0.143 (0.127 - 0.161)	
	t0	1.835 (0.403 - 3.267)		1.269 (0.162 - 2.376)		1.169 (0.838 - 1.579)		0.963 (0.686 - 1.261)	

L_{∞} is the mean theoretical asymptotic length; k is a growth coefficient parameter in yr⁻¹; t0 is the theoretical age at zero length in yrs and; a is inflection point of the logistic curve; CI is the confidence interval.

Certainly, the strong concentration of specimens, of both males and females, with a narrow range of length and a strong absence of specimens of less than 400 mm made it difficult to adjust the parameters. In the case of females, however, because of a larger size range, the impact was lower than in the case of males. The lower values of the growth coefficient for the grouped sexes probably stemmed from the greater amount of data, improving the distribution and increasing the amplitude of the determined ages. However, joining growth curves of males and females, that may have quite different growth rates, may have led to an underestimation or overestimation of the parameters.

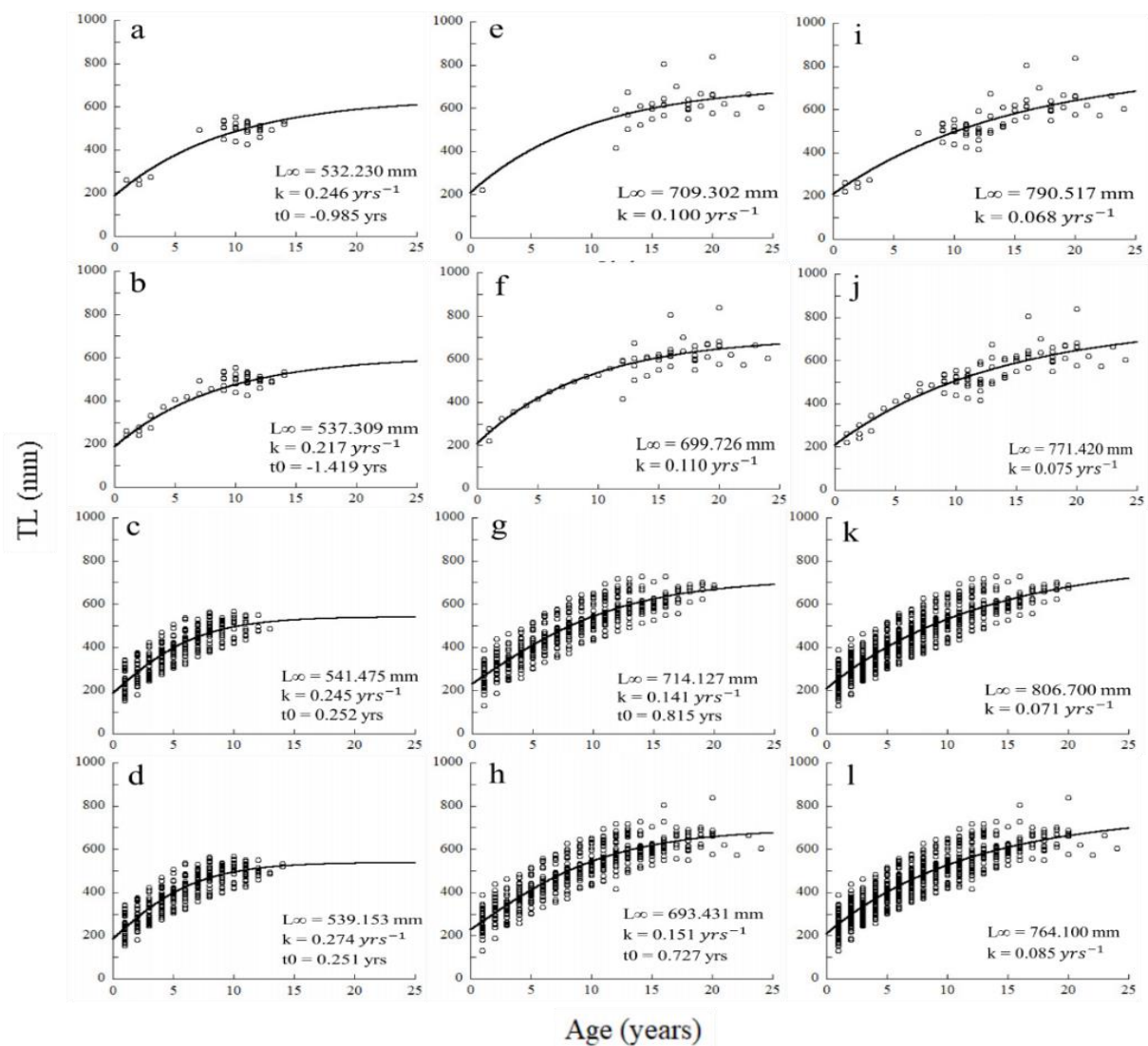


Figure 11 - Model fits for males (a-d), females (e-h) and sexes combined (i-l) of *Squalus cf. albicaudus*. a, e, i are the best fit models for the observed data; b, f, j for observed data and back-calculated averages; c, g, k for back-calculated data; d, h, l for joined observed and back-calculated data. L_{∞} = maximum theoretical length, k = growth coefficient, t_0 = theoretical age at zero length.

Discussion

Frequency distribution

The difficulties resulting from the absence of individuals in some length classes, especially the smaller ones, were also described by Tribuzio et al. (2010) for *S. acanthias*. However, their study presented a superior sample effort than the present one (number of cruises, state and federal evaluation surveys, and fishing consultations for over three years) and consequently a much greater number of individuals collected (>1,700). Kourteni and Megalofonou (2015), using *S. blaiville* collected through incidental fishing from industrial fisheries (trawling, longline and gillnet) for almost 8 years, achieved a much more robust distribution among the different length classes, although they still collected a lower number than Tribuzio et al. (2010). Despite this shortcoming, the length classes found for both sexes are similar to those reported for *S. megalops* by Watson and Smile (1998) at the Bank of Agulhas (Southeast Atlantic), Hazin et al. (2006) from the Brazilian northeast coast (probably the same species studied here) and Pajuelo et al. (2011) in the Canary Islands (Central-East Atlantic). The difficulty of obtaining a wide distribution of sizes among the sampled individuals stems both from the selectivity of the fishing gear used, as well as from segregation by depth, size or sex, which are very common among elasmobranchs. Since the sampling carried out in the present study was not the result of a commercial fishing effort, it was limited by the vessel's capacity and by the fishing gear used. It was not possible, for example, to reach depths close to one thousand meters. The number of specimens caught was also rather low when compared to commercial fishing.

Limitations with respect to the prospected depths are particularly severe in species that exhibit strong bathymetric segregation, as in the case of catfish sharks, whose habitat choice is determined by the size and sex. The depth range in which *Squalus* species are normally found ranges from 100 to 1,000 m, being, therefore, much wider than the bathymetric range that was covered in the present study. Moreover, females tend to seek warmer water with a lower salinity than males, which tend to be distributed in deeper, cooler and saltier waters (Shepherd et al. 2002; Bangle 2011). This pattern of segregation, associated with the influence of environmental variables on metabolic activity, linked to reproduction and growth (Shepherd et al. 2002), may explain, for example, the smaller length classes of males when compared with the females collected during the present study.

Spines morphometry and growth

For the number of bands in any rigid calcified structure to be used in the determination of age, it is necessary that it presents a pattern of growth that accompanies the growth of the individual (Clarke and Irvine 2006). In the present study, this relationship was confirmed by the strong positive correlation between the total length of the first and second spines with the total growth of the sharks examined, as well as by the relationship between the weight of the spine and the total length; as it was demonstrated for other Squaliformes, such as *S. blaiville* (Kousteni and Megalofonou 2015) and *Centroscymnus crepidater* (Irvine et al. 2006).

Kousteni and Megalofonou (2015) reported a faster growth in the initial length classes, reflected by larger spacing between bands in the early stages of life, which are probably a defense strategy, since this is the most vulnerable phase. Nevertheless, the fact that a structure grows over the life of a shark does not necessarily mean that the bands found on it represent its age. This is evident with the presence of larger spines, for example, in a few cases with a smaller number of bands than smaller spines (Ketchen 1975; Kousteni and Megalofonou 2015). Confirmation of age, therefore, depends on the validation of the frequency of band formation on the rigid calcified structure. However, the great majority of studies based on spines are not validated, since the validation methods are expensive and time consuming, as in the case of the radiocarbon dating or oxytetracycline labeling.

Larger spines in males, found in some shark species, may represent a sexual dimorphism from a probable evolutionary adaptation (Pratt and Carrier 2005). Irvine et al. (2006), for example, found significant differences between the sexes for *C. crepidater*, from the TL-TSL ratio. Meanwhile, Kousteni and Megalofonou (2015) obtained similar results for both sexes through the TL-TSL, TL-SL, LT-Weight (spine). In the present study, the PCA did not demonstrate any sex separation for either the first or the second spine, just as ANCOVA did not show any significant difference between the sexes for TL-TSL and SW-TL comparisons.

Aging results and bias

The present study was based on the assumption that each growth band formed on the spines is annual, based on the results for its congener, *S. acanthias* (Beamish and McFarlane 1985; McFarlane and Beamish 1987; Campana et al. 2006), whose lightest band is formed in summer and the darkest band in the winter. Although, Pajuelo et al. (2011) validated the formation of annual bands through relative marginal increment (RMI) for *S. megalops* using dorsal fin spines, this methodology is unusual, since the formation of bands is characterized

by the deposition of crests which makes it more difficult to identify the marginal increments, besides being more suitable for fast growing fish (Campana 2001).

In addition to the validity of ring frequency, defining age from reading the calcification bands also depends on the evaluation of its accuracy and the consequent degree of error. The results obtained in the present study (Table 5), however, indicated a good accuracy in the readings, being close to the indices found for congener species: *S. acanthias* (CV: 10.5% to 12.5% , APE: 7.4% to 8.7%; Bubley et al. 2012); *S. blainville* (CV: 8.0% to 23.6%, APE: 5.7% to 16.7%; Kousteni and Megalofonou 2015); and *S. megalops* (CV: 7.6% to 8.4%; Pajuelo et al. 2011).

To evaluate the bias in the process of reading the age, it is important that the readings are also compared to a reference collection (Campana 2001). In the present case, however, such a collection did not exist, being assembled as a result of the study. The results obtained, however, showed no significant bias for the first reader's readings. The comparison between the first and the second reader, however, made it clear that the inexperienced reader tended to attribute lower values for ages; as it was also demonstrated by Kourteni and Megalofonou (2015). This difference probably occurs due to the difficulty in reading the spines, which is the result of the varied patterns of band formations, with different distances and colorations, along with the more recent bands sometimes being very close or almost superimposed and, thus, requiring enough experience to minimize the possible errors associated with this type of reading.

Age

The results found for the maximum ages of *S. cf. albicaudus* females and males differed from those found in studies of other species of this genus in other parts of the world (Fig. 12, Table 11). However, the younger ages found for males compared with females, followed the same pattern as those presented in these studies (with the exception of Campana et al. 2009 and Cotton et al. 2011). This fact may be associated with sexual and size segregation by depth, common among the species of this family. It is also evident that the relationship between the maximum age and total length accompanies an increasing pattern for females, regardless of the species. The present study found males older and younger than those found by Bracinni et al. (2007) for *S. megalops* in south-eastern Australia, by Kousteni and Megalofonou (2015) for *S. blainville* in the Mediterranean Sea, and by Ketchen (1975) and Tribuzio et al. (2010) for *S. acanthias* in British Columbia and along the Gulf of Alaska, respectively.

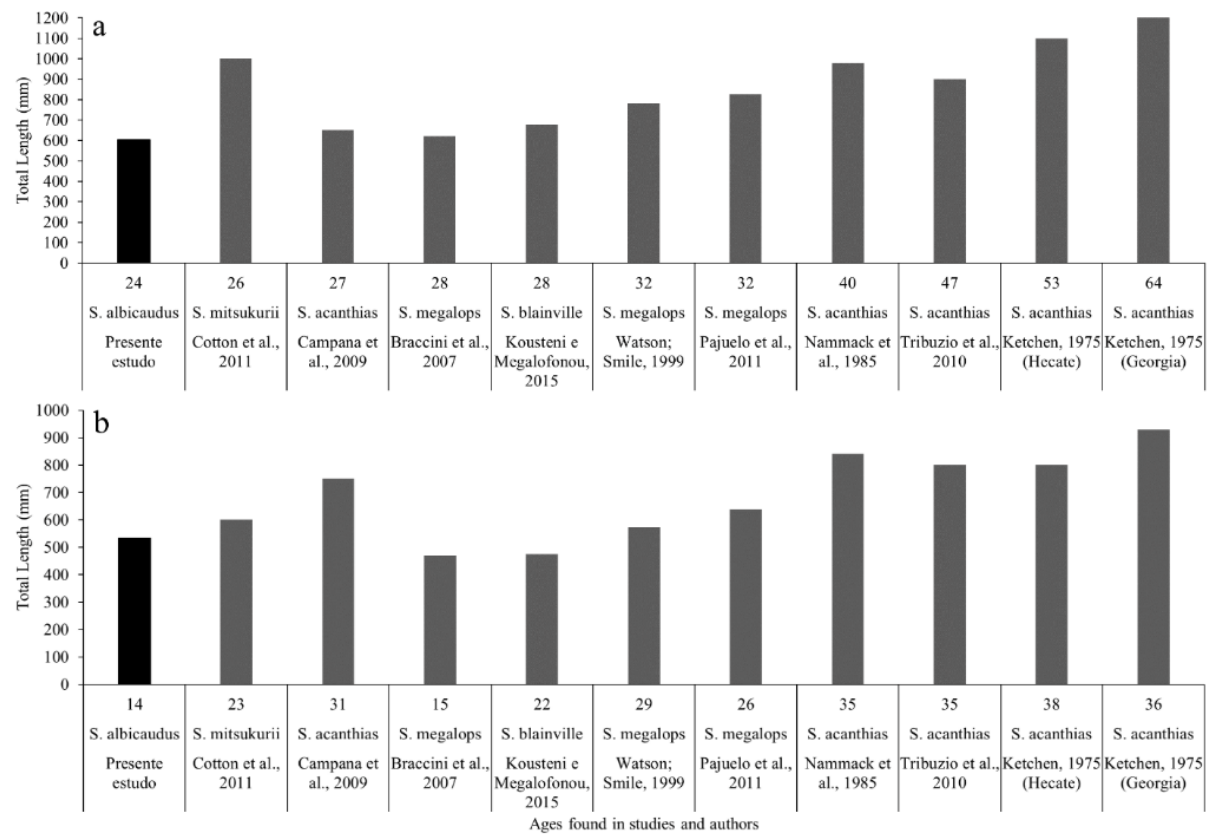


Figure 12 - Maximum ages and total length (mm) for female (a) and male (b) for *Squalus* species (including the present study). Additional information in Table 11.

Table 11 - Studies conducted for *Squalus* species in the oceans throughout the world.

Species	Location	Author (s) of study
<i>S. cf. albicaudus</i>	Southwestern Atlantic Ocean, Brazil (Pernambuco)	Present study
<i>S. acanthias</i>	British Columbia, Strait of Georgia (Northeastern Pacific Ocean)	Ketchen (1975)
<i>S. acanthias</i>	British Columbia, Hecate Strait (Northeastern Pacific Ocean)	Ketchen (1975)
<i>S. acanthias</i>	Northeastern United States (Northwestern Atlantic Ocean)	Nammack et al. (1985)
<i>S. acanthias</i>	Eastern coast of Canada (North Atlantic Ocean)	Campana et al. (2009)
<i>S. acanthias</i>	Gulf of Alasca (North Atlantic Ocean)	Tribuzio et al. (2010)
<i>S. blainville</i>	Mediterranean Sea	Kousteni e Megalofonou (2015)
<i>S. megalops</i>	Agulhas Bank, South Africa (South Atlantic Ocean)	Watson; Smile (1999)
<i>S. megalops</i>	South-eastern Australia (South Pacific Ocean)	Braccini et al. (2007)
<i>S. megalops</i>	Central-eastern Atlantic Ocean (Canary Islands)	Pajuelo et al. (2011)
<i>S. mitsukurii</i>	Hawaii (North Pacific Ocean)	Cotton et al. (2011)

Growth curves

Most studies on shark growth used the classic von Bertalanffy growth model (Table 12). The differences between the results presented here and those published in those studies are due to the variations commonly found between different species, in addition to differences in the interpretation of data. Therefore, it is not possible to make a direct comparison with other species of *Squalus*. Despite this, growth constant values were similar between *S. cf. albicaudus* and *S. acanthias*, *S. blainville* and *S. mitsukurii* females found in the Northeast Atlantic, Mediterranean Sea and Pacific Northwest, respectively. The same applies to males of *S. acanthias* and *S. mitsukurii* of the same regions. The L_{∞} values found in the present study, however, were lower than those reported for other species. This is probably due to the absence of smaller females and a smaller number of larger females, in addition to the absence of larger males. Larger L_{∞} values and smaller K values for females, found in several species of the genus and also present in *S. cf. albicaudus*, probably result from a greater amount of energy for the reproductive development expended by them, due to the energy requirement for gonadal maturation and embryo growth, making them likely to grow more slowly than males, who can direct a larger share of their energy to growth.

The k values found for males and females were considered high, in the same way they were for those described for other species of the same genus (Table 12), characterizing Squaliformes as one of the fastest growing groups of sharks. Studies with higher coefficients were mostly carried out in regions where the incidental fishing of individuals, whether by industrial or artisanal fishing, is common. Rulifson (2007) demonstrated low mortality rates of *S. acanthias* on the east coast of the United States even with a higher fishing effort. The results presented here suggest a relatively high resilience for the *S. cf. albicaudus*, similarly to other species of the same genus (Araya and Cubillus 2006), although it has not yet become a target of commercial fisheries along the Brazilian coast, possessing, consequently, a practically virgin stock.

As suggested by Cailliet et al. (2006), several growth curves were tested for the species studied. Pajuelo et al. (2011) found the best AIC values for the von Bertalanffy model (VBGM1), for both females and males of *S. megalops*; even though they tested other models. Gračan et al. (2015) found a better fit of the growth parameters with the Gompertz model for *S. acanthias*. Tribuzio et al. (2010), in turn, also for *S. acanthias*, found a better fit for a von Bertalanffy two-phases model (VBGM2), proposed in the study. Bublet et al. (2012) found the von Bertalanffy two-parameter, as proposed by Fabens (1965), as the best fit for the same species. For *S. cf. mitsukurii*, Cotton et al. (2011) concluded that the logistic model was the

one that best fit the growth of females, while the von Bertalanffy two-parameter model presented the best result for males. In the present case, the best models were VBGM2 for females, VBGM1 for males and VBGM2 for the sexes together.

The possible reason for these variations between studies goes beyond the influence of comparison between different species. Cailliet et al. (2006) criticized the exclusive use of the von Bertalanffy model, a practice still prevalent in most studies and which may result in unreal growth parameters. Araya and Cubillus (2006) and Liu et al. (2015) also reinforced the need to test different curves, in order to find the one that best fits the biological characteristics of the species being examined.

In the present study, different models were also tested, combining the results observed with back-calculation, in several ways. Tribuzio et al. (2010) were the only researchers so far to use this unusual methodology of reading of external bands in spines, to generate growth models for *S. acanthias* in the Gulf of Alaska. As in the present study, the models generated with the back-calculated data had higher L_{∞} values for both females and males, in addition to higher AIC values; although there was no evidence of a large variation from the results of this adjustment. This difference is probably because the back-calculation of the lengths covers missing values, and the better the values are set near the axis (length), the greater the L_{∞} will be (Araya and Cubillus 2006). The best fit found by Tribuzio et al. (2010), in relation to the present study, is certainly due to the greater number of individuals sampled by them and the greater amplitude of the length classes and, consequently, older ages, than those available in the present case; which is a fundamental aspect to obtain better back-calculated results. In addition, thorns are external structures that consequently suffer much more directly from the influence of the environment. This fact, associated with the greater difficulty of counting rings in this structure and the need for correction of lost rings, may generate bias in the growth curve parameters.

Conclusion

This first study on the age and growth of *Squalus* cf. *albicaudus* indicates that the species exhibits a high longevity and a relatively rapid growth. The age estimates for this species through the reading of bands on the surface of their dorsal spines were accurate, although studies with marking and validation of the assumed annual formation are still necessary to confirm their frequency. Moreover, it is extremely important that the length-frequency distribution be expanded to include smaller and larger individuals so that there is a greater robustness in determining the parameters of the growth curves, for both sexes.

Table 12 - Comparison between parameters of the von Bertalanffy growth model for different *Squalus* species around the world.

Ocean/Species	Female			Male			Sexes combined			Method	Author (s)	Location
	L_{∞}	k	t0	L_{∞}	k	t0	L_{∞}	k	t0			
Southwestern Atlantic <i>S.cf. albicaudus</i>	696.1	0.114	-2.2	532.2	0.246	-1.0	762.1	0.1	-3.5	CES	Present study	Pernambuco coast, Brazil
North Atlantic <i>S. acanthias</i>	1175.4	0.06	-	1218.2	0.05	-				CES	Bubley et al. (2012)	Gulf of Maine
<i>S. acanthias</i>	998.9	0.13	-	1049.8	0.08	-				CV	Bubley et al. (2012)	Gulf of Maine
Central-eastern Atlantic <i>S. megalops</i>	944.0	0.040	-8.5	726.0	0.053	-8.8				CES	Pajuelo et al. (2011)	Canary Islands
Northeastern Atlantic <i>S. acanthias</i>	1014.0	0.110	-3.6	797.0	0.210	-2.0				CES	Holden and Meadows (1962)	North Sea, Coast of Scotland*
<i>S. acanthias</i>	1450.0	0.170	-0.7	1282.0	0.200	-0.3	1570.0	0.1	-1.3	CES	Avsar (2001)	Black Sea*
<i>S. blainville</i>	1097.0	0.030	-5.6	665.0	0.080	-3.4				CES	Kousteni and Megalofonou (2015)	East Mediterranean Sea*
<i>S. blainville</i>	1057.0	0.110	-1.1	911.0	0.140	-1.4				CIS	Marouani et al. (2012)	Central Mediterranean Sea*
<i>S. blainville</i>	1179.0	0.102	-1.4	960.0	0.135	-1.4				CV	Canizzaro et al. (1995)	Central Mediterranean Sea*
Northwestern Atlantic <i>S. acanthias</i>	1005.0	0.107	-2.9	824.9	0.148	-2.7				CES	Nammack et al. (1985)	Northeastern United States
Southeastern Atlantic <i>S. megalops</i>	932.2	0.030	-8.1	525.9	0.090	-6.9				CES	Watson and Smile (1999)	Agulhas Bank, South Africa
North Pacific <i>S. acanthias</i>	1214.0	0.034	-12.1	883.0	0.095	-4.8				CES	Tribuzio et al. (2010)	Gulf of Alaska
Southwestern Pacific <i>S. megalops</i>	829.0	0.034	-10.8	455.0	0.144	-5.7				CES	Braccini et al. (2007)	South-eastern Australia
Central-north Pacific Ocean <i>S. cf. mitsukurii</i>	1645.9	0.020	-6.3	718.3	0.080	-4.8				CES	Cotton et al. (2011)	Hawaii
<i>S. mitsukurii</i>	1070.0	0.041	-10.1	660.0	0.155	-4.6				CES	Wilson e Seki (1994)	Hancock seamont
Northwestern Pacific <i>S. mitsukurii</i>	1628.0	0.039	-5.2	1093.0	0.066	-5.0				CES	Taniuchi and Tachikawa (1999)	Choshi, Japan
<i>S. mitsukurii</i>	1112.0	0.051	-5.1	880.0	0.060	-5.5				CES	Taniuchi and	Osasawara, Japan

<i>S. mitsukurii</i>	831.0	0.103	-2.9	645.0	0.252	-0.4				CES	Tachikawa (1999) Taniuchi and Tachikawa (1999)	SE Harbor, Japan
Northeastern Pacific												
<i>S. acanthias</i>	1251.0	0.031	-10.6	847.0	0.092	-3.7				CES	Ketchen (1975)	Hecate Strait, British Columbia
<i>S. acanthias</i>	1291.0	0.034	-7.3	961.0	0.067	-5.0				CES	Ketchen (1975)	Strait of Georgia, British Columbia
<i>S. acanthias</i>	1529.0	0.036	-6.7	1018.0	0.071	-5.2				CES	Ketchen (1975)	Washington coast, United States
Eastern Indian												
<i>S. edmundsi</i>	-	-	-	-	-	-	1176.0	0.16	-0.39	CES	Fahmi and Sentosa (2017)	Tanjung Luar, Indonesia

* Considered as belonging to the Northeastern Atlantic only for location purposes.

CES = counting external bands in spines; CIS = counting internal bands in spines section; CV = counting bands in vertebrae section.

Compliance with Ethical Standards

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Ethical approval

All applicable international, national, and institutional guidelines for the care and use of animals were followed. All procedures performed in studies involving animals were in accordance with the ethical standards of the institution or practice at which the studies were conducted (Comissão de Ética no Uso Animal - UFRPE 84/2018).

Acknowledgement

We thanks the *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/CIMAR II*, for the financial support provided for the project *Ecologia e pesca de espécies pelágicas oceânicas e demersais de profundidade na Costa Nordeste e Ilhas Oceânicas do Brasil*, where the data for the production of the article were collected. Furthermore, we acknowledge the support of the *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq* for the master's scholarship for the development of this research.

References

- Araya M, Cubillos LA (2006) Evidence of two-phase growth in elasmobranchs. *Environ Biol Fish* 77:293–300. [doi:10.1007/s10641-006-9110-8](https://doi.org/10.1007/s10641-006-9110-8)
- Avsar D (2001) Age, growth, reproduction and feeding of the spurdog (*Squalus acanthias* Linnaeus, 1758) in the southeastern Black Sea. *Estuar Coast Shelf S* 52:269–278. [doi:10.1006/ecss.2000.0749](https://doi.org/10.1006/ecss.2000.0749)
- Bangley CW (2011) Food and feeding habits of the spiny dogfish *Squalus acanthias* overwintering off the coast of North Carolina and the effects on the marine community. Dissertation, Western Carolina University, North Carolina
- Beamish RJ, Fournier DA (1981) A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can J Fish Aquat Sci* 38:982–983. [doi:10.1139/f81-132](https://doi.org/10.1139/f81-132)
- Beamish RJ, McFarlane, GA (1985) Annulus development on the second dorsal spines of the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) and its validity for age determinations. *Can J Fish Aquat Sci* 42:1799–1805. [doi:10.1139/f85-225](https://doi.org/10.1139/f85-225)

- Braccini JM, Gillanders BM, Walker TI (2007) Comparison of deterministic growth models fitted to length-at-age of the piked spurdog (*Squalus megalops*) in south-eastern Australia. Mar Freshwater Res 58:24–33. doi:[10.1071/MF06064](https://doi.org/10.1071/MF06064)
- Bubley WJ, Kneebone J, Sulikowski JA, Tsang PCW (2012) Reassessment of spiny dogfish *Squalus acanthias* age and growth using vertebrae and dorsal-fin spines. J Fish Biol 80:1300–1319. doi:[10.1111/j.1095-8649.2011.03171.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2011.03171.x)
- Burnham KP, Anderson DR (2004) Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. Social Method Res 33:261–304. doi:[10.1177/0049124104268644](https://doi.org/10.1177/0049124104268644)
- Cailliet GM, Goldman KJ (2004) Age determination and validation in Chondrichthyan fishes. In: Carrier J, Musick JA, Heithaus M (ed) Biology of Sharks and Their Relatives, 1st edn. CRC Press, Boca Raton, 596 p
- Cailliet GM, Martin LK, Harvey JT, Kusher D, Welden BA (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: Prince ED, Pulos LM (ed) Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks, issue 8, NOAA, Washington, pp 179–188
- Cailliet GM, Smith WD, Mollet HF, Goldman KJ (2006) Age and growth studies of Chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. Environ Biol Fish 77:211–228. doi:[10.1007/s10641-006-9105-5](https://doi.org/10.1007/s10641-006-9105-5)
- Campana SE (2001) Review paper: accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. J Fish Biol 59:197–242. doi:[10.1111/j.1095-8649.2001.tb00127.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00127.x)
- Campana SE, Jones C, McFarlane GA, Myklevoll S (2006) Bomb dating and age validation using the spines of spiny dogfish (*Squalus acanthias*). Environ Biol Fish 77:327–336. doi:[10.1007/978-1-4020-5570-6_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5570-6_13)
- Campana SE, Joyce W, Kulka DW (2009) Growth and reproduction of spiny dogfish off the eastern coast of Canada, including inferences on stock structure. In: Gallucci VF, McFarlane GA, Bargmann GG (ed) Biology and management of dogfish sharks 1st edn. American Fisheries Society, Bethesda, pp 195–207
- Cannizaro L, Rizzo P, Levi D, Gancitano S (1995) Age determination and growth of *Squalus blainvillei* (Risso, 1826). Fish Res 23:113–125. doi:[10.1016/0165-7836\(94\)00333-R](https://doi.org/10.1016/0165-7836(94)00333-R)
- Chang WYB (1982) A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. Can J Fish Aquat Sci 39:1208–1210. doi:[10.1139/f82-158](https://doi.org/10.1139/f82-158)

- Clarcke MW, Irvine SB (2006) Terminology for the ageing of chondrichthyan fish using dorsal-fin spines. *Environ Biol Fish* 77:273–277. doi:[10.1007/s10641-006-9131-3](https://doi.org/10.1007/s10641-006-9131-3)
- Compagno LJV (1984) Sharks of the world: an annotated and illustrated catalogue of shark species known to data, FAO species catalogue
- Core Team R (2017) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna
- Cotton CF, Grubbs RD, Daly-Engel TS, Lynch PD, Musick JA (2011) Age, growth and reproduction of a common deep-water shark, shortspine spurdog (*Squalus* cf. *mitsukurii*) from Hawaiian waters. *Mar Freshwater Res* 62:811–822. doi:[10.1071/MF10307](https://doi.org/10.1071/MF10307)
- Fabens AJ (1965) Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growth* 29:265–289
- Francis MP, Maolagáin CÓ (2000) Age and growth of ghost sharks. New Zealand: National Institute of Water and Atmospheric Research, Final research report for Ministry of Fish Res Project GSH1999/01
- Gračan R, Scott AH, Lacković G, Lazar B (2015) Age and growth dynamics of spiny dogfish, *Squalus acanthias*, in the Adriatic Sea (Eastern Mediterranean Sea). *Mar Freshwater Res* 67:357–367. doi:[10.1071/MF14116](https://doi.org/10.1071/MF14116)
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2011) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron* 4:1–9
- Holden MJ, Meadows PS (1962) The structure of the spine of the spur dogfish (*Squalus acanthias*) and its use for age determination. *J Mar Biol Assoc UK* 42:179–197. doi:[10.1017/S0025315400001302](https://doi.org/10.1017/S0025315400001302)
- Hazin FHV, Fischer AF, Broadhurst MK, Veras D, Oliveira PG, Burgess GH (2006) Notes on the reproduction of *Squalus megalops* off northeastern Brazil. *Fish Res* 79:251–257. doi:[10.1016/j.fishres.2006.04.006](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.04.006)
- Irvine SB, Stevens JD, Laurenson LJB (2006) Surface bands on deepwater squalid dorsal-fin spines: an alternative method for ageing the golden dogfish *Centroselachus crepidater*. *Can J Fish Aquat Sci* 63:617–627. doi:[10.1139/F05-237](https://doi.org/10.1139/F05-237)
- Ketchen KS (1975) Age and growth of dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia waters. *J Fish Res Board Can* 32:13–59. doi:[10.1139/f75-006](https://doi.org/10.1139/f75-006)
- Kousteni V, Megalofonou P (2015) Aging and life history traits of the longnose spiny dogfish in the Mediterranean Sea: New insights into conservation and management needs. *Fish Res* 168:6–19. doi:[10.1016/j.fishres.2015.03.014](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.03.014)

- Kyne PM, Simpfendorfer CA (2017) A collation and summarization of available data on deepwater chondrichthyans: biodiversity, life history and fisheries. IUCN SSC Shark Specialist Group for the Marine Conservation Biology Institute
- Last PR, White WT, Pogonoski JJ (2007) Descriptions of new dogfishes of the genus *Squalus* (Squaloidea: Squalidae). CSIRO Marine and Atmospheric Research Paper, Australia
- Liu K, Wu C, Joung S, Tsai W (2015) Selecting the best growth model for elasmobranchs. PeerJ PrePrints 3:e1550v1. doi:<https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.1550v1>
- McFarlane GA, Beamish RJ (1987) Validation of the dorsal spine method of age determination for spiny dogfish. In: Summerfelt RC, Hall GE (ed) Age and Growth of Fish. Ames. Iowa State University Press, Iowa
- McFarlane GA, King JR, Saunders MW (2002) Preliminary study on the use of neural arches in the age determination of bluntnose sixgill sharks (*Hexanchus griseus*). Fish B-NOAA 100:861–864
- Nammack MF, Musick JA, Colvocoresses JA (1985) Life history of spiny dogfish off the northeastern United States. T Am Fish Soc 114:67–376. doi:[10.1577/1548-8659\(1985\)114<367:LHOSDO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1985)114<367:LHOSDO>2.0.CO;2)
- Pajuelo JG, García S, Lorenzo JM, González JA (2011) Population biology of the shark, *Squalus megalops*, harvested in the central-east Atlantic Ocean. Fish Res 108:31–41. doi:[10.1016/j.fishres.2010.11.018](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.11.018)
- Pratt, H. L.; Carrier, J. C. Elasmobranch courtship and mating behavior. In: Hamlet WC (ed) Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes, Science Publishers Inc., Enfield, pp 129–170
- Ricker WE (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Canadá: B Fish Res Board Can 191:1–382
- Ricker WE (1979) Growth rates and models. In: Hoar WS, Randall DJ, Brett JR (ed) Fish physiology, Academic Press, New York, pp 677–743
- Rincon G, Mazzoleni RC, Palmeira ARO, Lessa R (2017) Deep-water Sharks, Rays and Chimeras of Brazil. In: Rodrigues LFSF, Sales JBL (ed) Chondrichthyes - Multidisciplinary Approach Edition, 5 edn. Intech Open, Londres
- Rulifson RA (2007) Spiny dogfish mortality induced by gill-net and trawl capture and tag and release. N Am J Fish Manage 27:279–285. doi:[10.1577/M06-071.1](https://doi.org/10.1577/M06-071.1)
- Saunders MW, McFarlane GA. (1993) Age and length-at-maturity of the female spiny dogfish, *Squalus acanthias*, in the strait of Georgia, British Columbia, Canada. Environ Biol Fish 38:49–57. doi:[10.1007/BF00842903](https://doi.org/10.1007/BF00842903)

- Shepherd T, Page F, Macdonald DB (2002) Length and sex-specific associations between the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) and hydrologic variables in the Bay of Fundy and Scotian Shelf. *Fish Oceanogr* 11:78-89. doi:[10.1046/j.1365-2419.2002.00191.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2002.00191.x)
- Taniuchi T, Tachikawa H (1999) Geographic variation in age and growth of *Squalus mitsukurii* (Elasmobranchii: Squalidae) in the North Pacific. In: Sèret B, Sire JY (ed) *Proceedings of the 5th Indo-Pacific Fish Conference, Society of French Ichthyologists, Noumea*, pp 321–328
- Tovar-Ávila J, Izzo C, Walker TI, Braccini JM, Day RW (2008) Dorsal-fin spine growth of *Heterodontus portusjacksoni*: a general model that applies to dorsal-fin spines of chondrichthyans?. *Can J Fish Aquat Sci* 65:74–82. doi:[10.1139/f07-146](https://doi.org/10.1139/f07-146)
- Tribuzio CA, Kurse GH, Fujioka JT (2010) Age and growth of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Gulf of Alaska: Analysis of alternative growth models. *Fish B-NOAA* 108:119-135
- Tribuzio CA, Matta ME, Gburski C, Atkins N, Bubley W (2016) Methods for the Preparation of Pacific Spiny Dogfish, *Squalus suckleyi*, Fin Spines and Vertebrae and Overview of Age Determination. *Mar Fish Rev* 78:1-13. doi:[10.7755/MFR.78.1-2.1](https://doi.org/10.7755/MFR.78.1-2.1)
- Viana STF, Carvalho MR, Gomes UL (2016) Taxonomy and morphology of species of the genus *Squalus* Linnaeus, 1758 from the Southwestern Atlantic Ocean (Chondrichthyes: Squaliformes: Squalidae). *Zootaxa* 4133:1-89. doi:[10.11646/zootaxa.4133.1.1](https://doi.org/10.11646/zootaxa.4133.1.1)
- von Bertalanffy L (1938) A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). *Hum Biol* 10:181–213
- Watson G, Smale MJ (1999) Age and growth of the shortnose spiny dogfish, *Squalus megalops*, from the Agulhas Bank, South Africa. *Afr J Mar Sci* 21:9–18. doi:[10.2989/025776199784126097](https://doi.org/10.2989/025776199784126097)
- Wilson CD, Seki MP (1994) Biology and population characteristics of *Squalus mitsukurii* from a seamount in the central North Pacific Ocean. *Fish B-NOAA* 92:851–864
- Yigen CC, Ismen A (2016) Age and Growth of spiny dogfish *Squalus acanthias* (Squalidae: Chondrichthyes) in the North Aegean Sea. *Pak J of Zool* 48:1185-1191
- Zar JH (1999) *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Nova Jersey

3 IDADE EM FÊMEAS DO CAÇÃO-BAGRE-DA-BAHIA *Squalus cf. bahiensis* Viana, Carvalho e Gomes, 2016 DA COSTA NORDESTE DO BRASIL

Sara de Castro Loebens

RESUMO

Com o objetivo de gerar informações iniciais sobre a idade do cação-bagre-da-Bahia *Squalus cf. bahiensis*, foram coletadas 33 fêmeas adultas utilizando espinheis e covos, entre os anos de 2014 e 2018, ao longo da costa do Estado de Pernambuco. O comprimento total dos indivíduos (CT), bem como o comprimento total (CTE), da base (CB) e do último ponto legível (DPL) dos espinhos das nadadeiras dorsais, além do seu peso (PE), foram medidos e o número de bandas formadas na sua superfície externa contabilizadas. As fêmeas apresentaram CT entre 576,0 e 860,0 mm e CTE entre 48,00 e 70,50 mm. Apesar do primeiro espinho (anterior) ser significativamente maior que o segundo espinho (posterior), este último é o que apresenta a maior extensão externa. Relações entre CT-CTE e PE-CT confirmam a possibilidade de utilização dessa estrutura rígida como ferramenta para determinação da idade. Os baixos valores do coeficiente de variação (CV) de 7,34% e do erro percentual médio (APE) de 6,68% e ausência de grandes diferenças no gráfico de viés relativo indicam uma elevada consistência entre as duas primeiras leituras realizadas. A leitura feita pelo leitor inexperiente evidencia a importância de embasamento e conhecimento sobre a estrutura utilizada. Com a aplicação do critério de ± 2 anos de Ketchen, 19 indivíduos tiveram a idade determinada entre 12 e 20 anos, com CT entre 663,00 e 855 mm. Os resultados evidenciam a dificuldade na leitura dos espinhos de espécimes maiores, em razão de já se encontrarem altamente desgastados, além de enfatizarem a importância da realização de estudos futuros para caracterização etária de todas as classes de comprimento da espécie e consequentemente para o estudo do seu crescimento.

Palavras-chave: espinhos das nadadeiras dorsais; crescimento do espinho; precisão; leitura de idade.

INTRODUÇÃO

O cação-bagre-da-bahia *Squalus cf. bahiensis* Viana, Carvalho e Gomes, 2016 é um elasmobrânquio recentemente identificado na costa brasileira (VIANA et al., 2016), que apresenta um espinho em cada uma das suas duas nadadeiras dorsais. A espécie, considerada

como pertencente ao grupo *mitsukurii*, apresenta nadadeiras peitorais com margem interna arredondada, focinho longo, se comparada a outras espécies encontradas no país, e denticulos dérmicos tricúspides e romboides (VIANA et al., 2016). Era até pouco tempo atrás identificada como *S. mitsukurii*, *Squalus* sp. A ou B (RINCON et al., 2017).

As espécies de tubarões do gênero *Squalus* habitam águas profundas em regiões de clima temperado a tropical, sendo comumente encontrados nas plataformas continentais, taludes, entorno de ilhas oceânicas e montes submarinos, em todo o mundo (COMPAGNO, 1984; NELSON, 2016). São considerados generalistas oportunistas, apresentando uma dieta amplamente adaptável (TRIBUZIO, 2010; BANGLEY, 2011). Do ponto de vista reprodutivo, são vivíparos lecitotróficos (ICES, 2012), possuindo período gestacional por volta de dois anos (HAZIN et al., 2006; CAMPANA et al., 2009; NATANSON et al., 2017) e a fecundidade entre 1 a 22 filhotes (NOAA, 2018), além de serem considerados tubarões com crescimento relativamente mais rápido entre as outras espécies do grupo (CAILLIET; GOLDMAN, 2004).

Estudos acerca da idade em squalídeos ainda são extremamente raros, apesar da grande relevância para um melhor entendimento sobre a ecologia e dinâmica populacional das espécies pertencentes a família, dificultando, conseqüentemente, a avaliação dos seus estoques e o desenvolvimento de medidas de manejo e ordenamento capazes de assegurar a sua conservação. Para esse grupo de espécies, normalmente são utilizados os espinhos externos das nadadeiras dorsais para classificação etária, uma vez que essas estruturas rígidas possuem a formação de bandas de crescimento em sua região esmaltada (BEAMISH; MCFARLANE, 1985; MCFARLANE; BEAMISH, 1987; CAMPANA et al., 2006).

Em decorrência da ausência de quaisquer estudos sobre a possível utilização de estruturas calcificadas para o estudo da idade do cação-bagre-da-bahia *Squalus* cf. *bahiensis*, ou mesmo para o *S. mitsukurii*, o presente estudo buscou gerar informações sobre classes etárias de fêmeas adultas dessa espécie, com vistas a contribuir para preencher lacunas ainda existentes sobre a sua idade e o seu crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem

No período de junho de 2015 a março de 2018, 33 fêmeas adultas de cação-bagre-da-Bahia *Squalus* cf. *bahiensis* (Figura 1) foram coletados em profundidades entre 200 a 500 m ao longo da costa de Pernambuco (Figura 2, Tabela 1), através de 10 cruzeiros científicos a bordo do barco de pesquisa Sinuelo da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE),

utilizando-se espinhel e armadilhas de fundo (covos). Como isca, em ambos os aparelhos foram utilizadas sardinha verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) e / ou cavalinha, *Scomber scombrus* (Linnaeus, 1758). Os indivíduos capturados foram acondicionados em gelo e transportados para o Laboratório de Oceanografia Pesqueira da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), onde foram identificados (COMPAGNO, 1984; LAST et al. 2007; VIANA et al. 2016), sexados, medidos, pesados e etiquetados. O comprimento total (CT) foi mensurado em milímetro (mm) e seus espinhos, quando possível, retirados e igualmente medidos. A remoção dos espinhos foi feita através de um corte horizontal logo acima da coluna vertebral, tendo sido, em seguida, limpos através de imersão em água fervente, para retirada de tecido mole remanescente, com bisturi e pinça, secos ao ar livre, etiquetados e guardados.

Foram aferidas as seguintes medidas morfométricas para os dois espinhos dorsais: diâmetro do último ponto legível (DPL) (KETCHEN, 1975), comprimento total do espinho (CTE) e comprimento da base (CB) (TRIBUZIO, 2016), realizadas com o auxílio de paquímetro com precisão de 0,01 mm (Figura 3). O peso dos espinhos (PE) foi gerado com o auxílio de balança de precisão (0,0001 g) (Kousteni; Megalofonou, 2015).



Figura 1 - Fotografia de um cação-bagre-da-Bahia *S. cf. bahiensis* capturado no litoral do Estado de Pernambuco. (-) 100 mm. Fonte: Pollyana Roque.

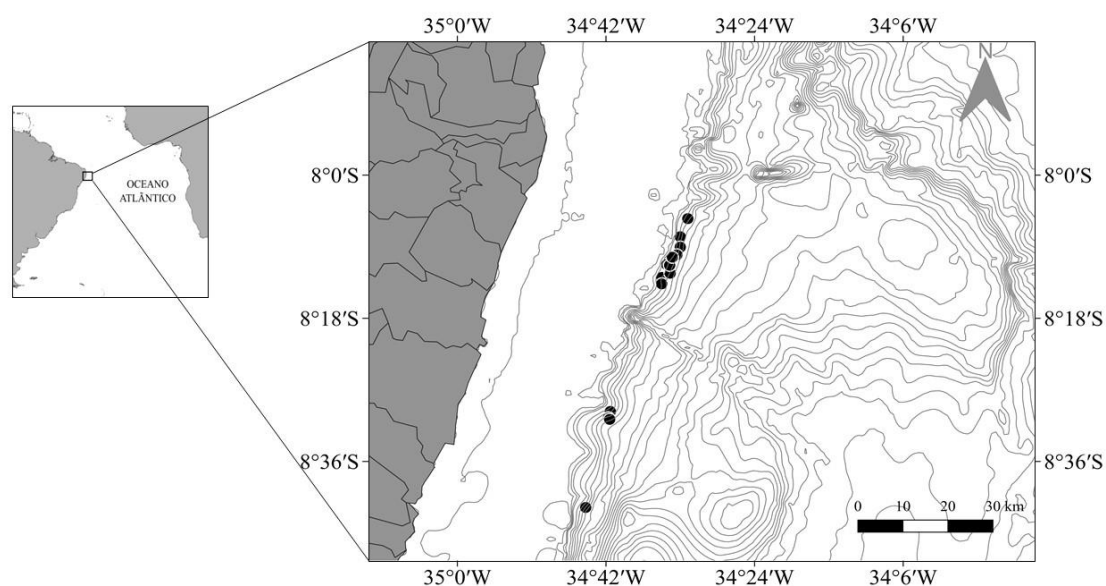


Figura 2 - Mapa do litoral do Estado de Pernambuco destacando os pontos de captura do cação-bagre-da-Bahia *Squalus cf. bahiensis*, com espinhel e armadilhas de fundo, entre outubro de 2014 e março de 2018. Fonte: O autor.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos cruzeiros científicos ao longo da costa de Pernambuco.

N	Number of cruise	Hauls	Depth (m)	Coordinates							
				Latitude				Longitude			
1	8	1	291	8°	29'	42.75"	S	34°	41'	28.3"	W
2	9	1	301	8°	12'	51.6"	S	34°	35'	13.3"	W
2	9	1	303	8°	13'	40.5"	S	34°	35'	14.8"	W
3	16	1	412	8°	41'	47.2"	S	34°	44'	27.2"	W
4	17	2	332	8°	30'	30.5"	S	34°	41'	41.4"	W
4	17	2	383	8°	30'	42.7"	S	34°	41'	33.1"	W
5	19	3	360	8°	7'	45"	S	34°	33'	0"	W
5	19	2	401	8°	9'	3"	S	34°	33'	0"	W
6	20	3	330	8°	10'	1.7"	S	34°	33'	24.4"	W
7	21	2	-	8°	11'	14.6"	S	34°	34'	38"	W
8	22	1	393	8°	12'	20.3"	S	34°	34'	13.4"	W
9	23	2	267	8°	11'	20.3"	S	34°	34'	17.2"	W
9	23	3	233	8°	10'	19.4"	S	34°	33'	57.7"	W
10	24	3	345	8°	5'	28.4"	S	34°	32'	5.2"	W

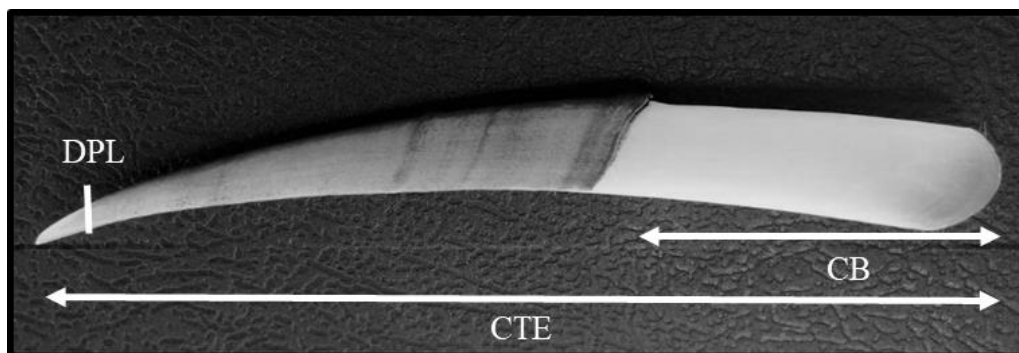


Figura 3 - Medidas utilizadas para a análise morfométrica dos espinhos de cação-bagre-da-Bahia *S. cf. bahiensis* capturados no litoral do Estado de Pernambuco. Fonte: O autor.

Determinação da idade e precisão das leituras

As idades foram estudadas com base nas bandas pigmentadas, associadas às cristas de esmalte, na superfície dos espinhos (KETCHEN, 1975), as quais se formam com periodicidade anual para sua espécie congênere *S. acanthias* (BEAMISH; MCFARLANE, 1985; CAMPANA et al., 2006), excluindo a faixa branca encontrada na base do esmalte (TRIBUZIO, 2016) e desconsiderando o espaço irregular entre as bandas (KETCHEN, 1975). Para determinação das idades, foram utilizados os espinhos da primeira nadadeira dorsal por se apresentarem em maior número.

Foram realizadas três leituras independentes pelo mesmo leitor (leitor 1), sem o conhecimento prévio do comprimento total, sexo e número de bandas de cada indivíduo. As leituras foram realizadas a olho nu e sob luz natural (KOSTENI; MEGALOFONOU, 2015). Uma quarta leitura foi realizada por um leitor menos experiente (leitor 2) para se avaliar a experiência do leitor na precisão da idade.

Análise de dados

Para avaliar a precisão das três estimativas feitas pelo leitor 1, foi calculado o coeficiente de variação (CV) (CHANG, 1982) e o erro de porcentagem média (average percentage error; APE) (BEAMISH; FOURNIER, 1981), como proposto por Buble et al. (2012), na forma a seguir:

$$APE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right) \times 100$$

$$CV = 100 \times \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R (X_{ij} - X_j)^2 / (R - 1)}}{X_j}$$

No qual, N é o número de espinhos, X_{ij} é a idade determinada para o peixe j , $\bar{X}_j$ é a idade média calculada para o peixe j e R é o número de leituras.

Após a determinação das duas melhores leituras, foram elaborados gráficos de viés relativo de idade com intervalos de confiança de 95% para avaliar as leituras de melhor coeficiente para o leitor 1 e o leitor 2. Posteriormente, foi aplicado o critério de ± 2 anos proposto por Ketchen (1975) para selecionar as idades mais precisas. Além disso, para testar se existe diferença significativa ($p < 0,05$) entre as leituras de bandas do primeiro e segundo espinhos e confirmar a utilização do primeiro espinho para leitura e definição do diâmetro do último ponto legível (DPL), foi realizado o teste de Wilcoxon e entre o CTE de ambos um teste T de Student.

Gráficos de correlação com as medidas mensuradas para os espinhos e coeficientes de precisão foram elaborados através do MS EXCEL. Gráficos de viés de idade e distribuição de frequência foram elaborados utilizando o software Statistica. Teste W e teste T foram realizados utilizando-se o software PAST (HAMMER et al., 2001).

RESULTADOS

As 33 fêmeas apresentaram comprimento total (CT) variando de 576,0 a 860,0 mm ($810,174 \text{ mm} \pm 67,6$) e peso total de 859,69 a 3540,0 g ($2376,04 \text{ g} \pm 622,79$). A distribuição de frequência de comprimento total demonstrou que a maior concentração de indivíduos se encontra entre 750 e 900 mm (Figura 4).

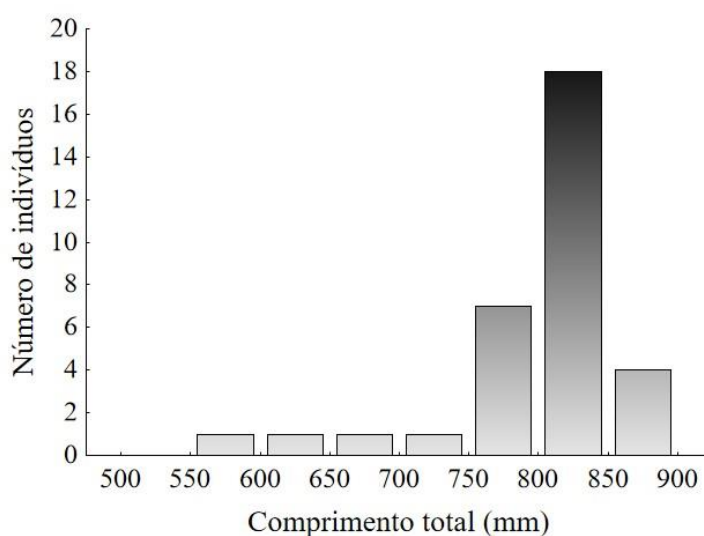


Figura 4 - Distribuição de frequência de comprimento total de fêmeas de cação-bagreda-Bahia *S. cf. bahiensis* capturadas no litoral do Estado de Pernambuco entre outubro de 2014 e março de 2018.

Foram utilizados 33 espinhos da primeira dorsal que tiveram o CTE variando entre 48,00 e 70,50 milímetros ($62,13 \text{ mm} \pm 5,91\text{mm}$) e PE entre 0,56 e 1,58 g ($1,05 \text{ g} \pm 0,20\text{g}$); e 17 da segunda dorsal, que variaram entre 50,20 e 67,00 milímetros ($56,94 \text{ mm} \pm 4,95\text{mm}$) e 0,57 e 1,19g ($0,92\text{g} \pm 0,20\text{g}$), respectivamente. Foram encontradas diferenças significativas entre as medidas de CTE ($t= 3,102$; $p= 0,0032$). Apesar do primeiro espinho apresentar um CTE médio maior que o segundo, externamente esses apresentaram 59,4% e 63,8%, respectivamente, além do primeiro espinho ser fortemente reto em comparação ao segundo que se apresenta muito mais curvado e em uma posição mais elevada. Não foram encontradas diferenças significativas entre o DPL para os espinhos ($W=41$; $p=0.1677$).

As relações CT-CTE (Figura 5) e PE-CT (Figura 6) apresentaram baixos coeficiente de determinação para o primeiro espinho e medianos para o segundo, significando assim, por conseguinte, baixos coeficientes de correlação. Isso deve-se ao fato da pouca variação entre o comprimento das fêmeas amostradas. Entretanto, é visível uma leve tendência entre as correlações que seriam acentuadas com a presença de uma amplitude maior de classes de comprimento.

Os índices de precisão CV e APE evidenciaram uma melhor precisão entre as leituras 2 e 3 realizadas pelo leitor mais experiente (leitor 1) para o primeiro espinho (Tabela 2). Além disso, o gráfico de viés relativo de idade (Figura 7A) não apresentou grandes diferenças entre as leituras, apenas para um grupo de idade onde visivelmente ocorreram diferenças de aproximadamente 4 anos entre as leituras, essas, porém, posteriormente foram excluídas pelo critério de Ketchen. O gráfico de viés para o leitor 1 e o leitor 2 apresentou grande variação na idade, aproximadamente entre 4 e 10 anos de diferença entre leituras (Figura 7B).

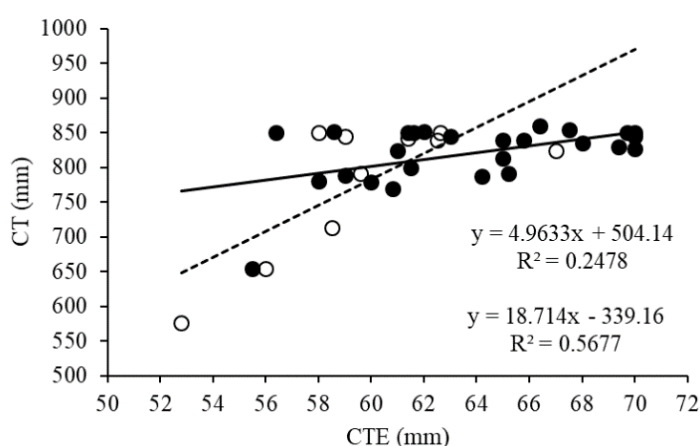


Figura 5 - Relação entre o comprimento total dos espinhos (CTE) e o comprimento total (CT) para o primeiro espinho (●) e o segundo espinho (○) de fêmeas de cação-bagre-da-

Bahia *S. cf. bahiensis* capturadas no litoral do Estado de Pernambuco entre outubro de 2014 e março de 2018.

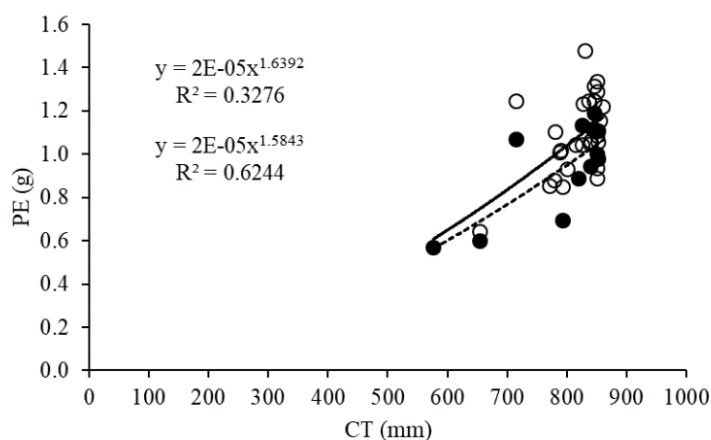


Figura 6 - Relação entre o comprimento total do espinho (CTE) e o peso do espinho (PE) para o primeiro espinho (●) e o segundo espinho (○) de fêmeas de cação-bagre-da-Bahia *S. cf. bahiensis* capturadas no litoral do Estado de Pernambuco entre outubro de 2014 e março de 2018.

Tabela 2 - Valor médio dos índices de precisão par a par para as leituras realizadas pelo leitor 1.

Índices de precisão	1 x 2	2 x 3	1 x 3
CV%	7.34	7.86	10.00
APE%	5.68	6.24	7.49

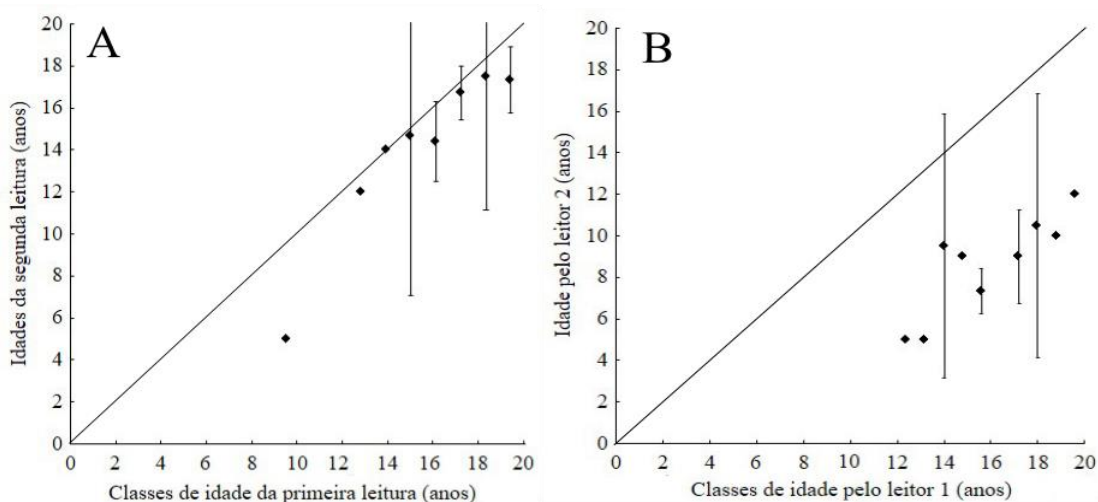


Figura 7 - Gráfico de viés relativo de idade para o primeiro espinho mostrando a relação entre as classes de idade da segunda leitura e as idades determinadas pela terceira leitura pelo leitor 1 (A) e a relação entre as idades estimadas pelo leitor 2 e as classes de idade determinadas pelo leitor 1 (B). A linha demonstra a equivalência de 1:1. A barra de erro representa o intervalo de confiança de 95% sobre a média das idades.

Com a aplicação do critério de ± 2 anos de Ketchen para as leituras de menores índices, foi determinada a idade para 19 fêmeas variando entre 12 a 20 anos (Figura 8), com CT entre 663,00 a 855 mm (Tabela 3). O maior indivíduo apresentou 18 anos e o mais velho 850,00 mm. Levando em consideração o critério de Ketchen e as leituras utilizadas a partir dos índices, não foram encontradas diferenças significativas para as leituras do primeiro e segundo espinhos ($W=19$; $p=0,07075$), confirmando a viabilidade de utilização do primeiro espinho para leituras. Os indivíduos se encontravam em uma pequena faixa de comprimento e idade, não sendo possível a visualização de uma curva de crescimento a posteriori (Figura 9). Apesar disso, a figura 9 nos leva a crer que as fêmeas capturadas estão presentes em uma região de possível estabilização da curva.

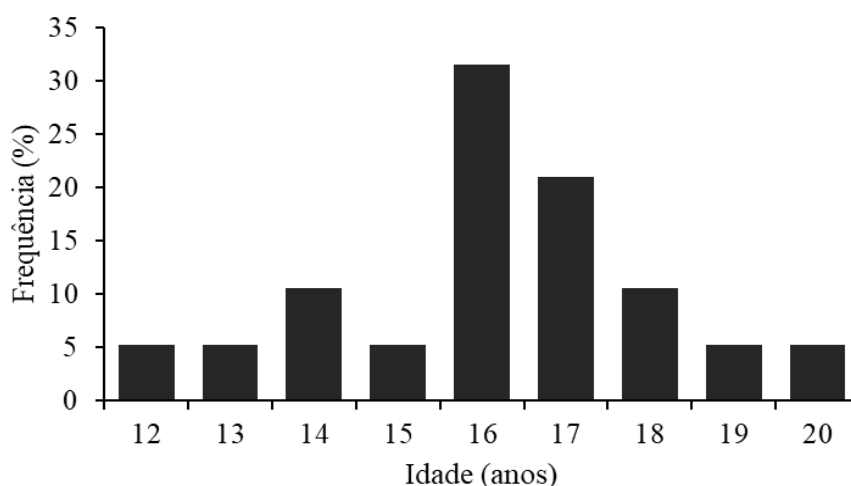


Figura 8 - Distribuição de frequência de idades para fêmeas de *S. cf. bahiensis* capturadas no litoral do Estado de Pernambuco, entre outubro de 2014 e março de 2018.

Tabela 3 - Tabela idade/comprimento para fêmeas de *S. cf. bahiensis* capturadas no litoral do Estado de Pernambuco entre outubro de 2014 e março de 2018.

Total do Estado de Pernambuco entre outubro de 2014 e março de 2016.										
CT (mm)	Grupos de idade (anos)									Total
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
633,00					1					1
654,00			1							1
770,00					1					1
779,00					1					1
780,00			1							1
788,00								1		1
792,00						1				1
800,00	1									1
806,00					1					1
819,00				1						1
822,00					1					1
827,00					1					1

830,00						1				1
845,00							1			1
850,00	1					2			1	4
855,00							1			1
Total	1	1	2	1	6	4	2	1	1	19

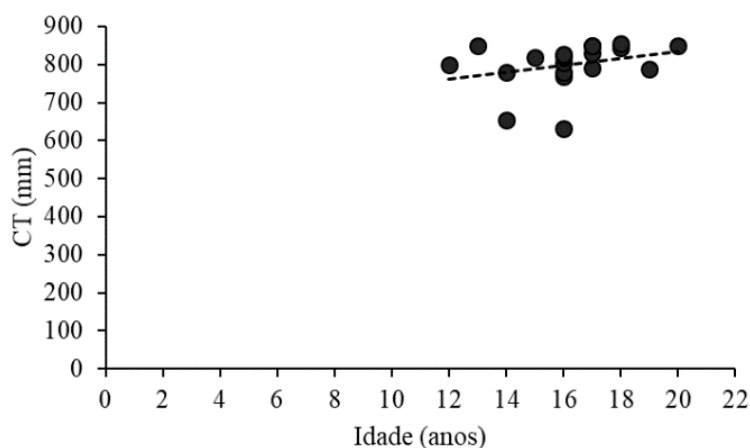


Figura 9 - Relação entre o comprimento total (CT) e a idade para fêmeas de *S. cf. bahiensis* capturadas no litoral do Estado de Pernambuco entre outubro de 2014 e março de 2018.

DISCUSSÃO

Problemas com a distribuição de frequência e consequentemente ausência de classes de comprimento em espécies do gênero *Squalus* são, por muitas vezes, documentados em estudos de idade e crescimento e podem ser explicados por diferenças no delineamento e esforço amostral. Além da grande amplitude de profundidade na qual essa espécie pode ser capturada (100 a 1.000 m), acredita-se que fêmeas maiores buscam camadas de água mais quentes e de menos salinidade, provavelmente associada a padrões de segregação sexual, metabolismos, crescimento e reprodução (SHEPHERD et al., 2002; BANGLEY, 2011). Para a espécie *S. mitsukurii*, pertencente ao mesmo complexo de espécies daquela aqui estudada, Paiboonleeskul et al. (2013), em estudo com uma pequena amostragem no Mar de Andamão, na Tailândia, apesar do maior número de espécimes amostrados (65), também encontraram uma estreita faixa de comprimento, com 65 exemplares (45 fêmeas e 20 machos) medindo entre 434 e 721 mm. Já Wilson e Seki (1994) e Cotton et al. (2011), estudando a mesma espécie no sudeste do monte submarino Hancock e no arquipélago do Havaí, respectivamente, ambos no Norte do Oceano Pacífico, apesar da grande discrepância entre o esforço amostral e número de indivíduos capturados (2.931 e 154, respectivamente) contemplaram grande amplitude de classes de comprimento, principalmente para fêmeas.

O segundo espinho normalmente é preferível em estudos de idade e crescimento por serem considerados ‘maiores’, mais legíveis e com menos desgaste se comparado ao primeiro (KETCHEN, 1975; CAILLIET; GOLDMAN, 2004). O presente estudo deixou claro que em relação ao CTE o primeiro espinho na verdade é maior que o segundo, já em relação a porção externa e esmaltada do espinho o segundo claramente é maior que o primeiro e essa deve ser a informação utilizada para fazer a afirmação. Apesar disso, não tiveram diferenças significativas entre os valores de DPL que podem ser explicadas pela amostra ser composta de fêmeas grandes e relativamente mais velhas.

Para que uma estrutura calcificada seja considerada confiável para determinação da idade, um dos pré-requisitos essenciais é que a mesma cresça linearmente ao crescimento do indivíduo. Estudos com as espécies *Centroscygnus crepidater* (IRVINE et al., 2006a), *Etmopterus baxteri* (IRVINE et al., 2006b), *S. blainville* (Kousteni; Megalofonou, 2015) e *S. cf. albicaudus* (comunicação pessoal) evidenciaram forte correlação entre CT-CTE e/ou PE-CT. Apesar de no presente estudo, a espécie alvo não apresentar uma relação tão visível, a aceitação da estrutura como funcional para determinação da idade em outras espécies confirma a sua utilização.

Neste estudo se considerou a formação de bandas com uma periodicidade anual nos espinhos de *S. cf. bahiensis*, com base na periodicidade confirmada para sua congênere *S. acanthias* em estudos de datação de rádio carbono e marcação com oxitetraciclina (BEAMISH; MCFARLANE, 1985; MCFARLANE; BEAMISH, 1987; CAMPANA et al., 2006). Infelizmente, o alto custo e o elevado tempo demandado para validação da periodicidade na formação de bandas normalmente inviabilizam esse tipo de análise para a maior parte dos estudos. Além da validação e da relação entre o tamanho do espinho e o tamanho do tubarão, outro resultado importante para confirmar a utilização da estrutura é a utilização de índices de precisão. Paiboonleeskul et al. (2013) encontraram um CV de 22,33% para *S. mitsukurii*, enquanto Kousteni e Megalofonou (2015) encontraram um CV de 8,00% e um APE de 5,70% para *S. blainville*, corroborando os baixos índices encontrados no presente estudo, confirmando a consistência das leituras.

O gráfico de viés relativo de idade também evidenciou uma elevada precisão entre as leituras do leitor experiente, assim como evidenciado por Tribuzio et al. (2010) e Kousteni e Megalofonou (2015). Isso se deve ao fato do leitor mais experiente possuir certo conhecimento acerca da formação das bandas nos espinhos e da sua problemática quanto a contabilização, levando a um melhor discernimento quanto a sua determinação, espinho a espinho. Leituras realizadas por leitores inexperientes para *S. blainville* (Kousteni;

MEGALOFONOU, 2015) e *S. cf. albicaudus* (comunicação pessoal) evidenciaram diferenças importantes entre os resultados de idade, assim como no presente estudo.

Outro fator importante na confirmação da utilização de estruturas rígidas em estudos de idade para tubarões que possuem a presença de dois espinhos é a comparação de leituras feitas entre eles. No presente estudo não foram encontradas diferenças significativas entre elas, reafirmando a utilização do primeiro espinho dorsal como uma boa estrutura e corroborando outros já realizados para congêneres, como o Pajuello et al. (2011) e Kousteni e Megalofonou (2015).

Os resultados de idade máxima encontrados para as fêmeas de *S. cf. bahiensis* do Oceano Atlântico Sudoeste diferiram para sua congênera *S. mitsukurii*. As fêmeas aqui estudadas apresentaram idade superior àquelas encontradas por Paiboonleeskul et al. (2013), no Mar de Andamão, na Tailândia (Índico Norte), com 12 anos; por Taniuchi e Tachikawa (1999), em Choshi, no Japão (Pacífico Noroeste), com 17 anos; e inferior às encontradas por Wilson e Seki (1994), no sudeste do monte submarino Hancock, no Havaí (Pacífico Norte), com 27 anos, por Taniuchi e Tachikawa (1999), em Osasawara e no sudeste de Habor, também no Japão, com 27 e 21 anos, respectivamente; e por Cotton et al. (2011) no arquipélago Havaino (Pacífico Norte), com 26 anos. Além disso, as fêmeas apresentaram CT para idade máxima maior, apesar da idade inferior à de *S. cf. albicaudus* (comunicação pessoal), *S. mitsukurii* (WILSON; SEKI, 1994) e *S. blainville* (KOUSTENI; MEGALOFONOU, 2015) (Figura 10).

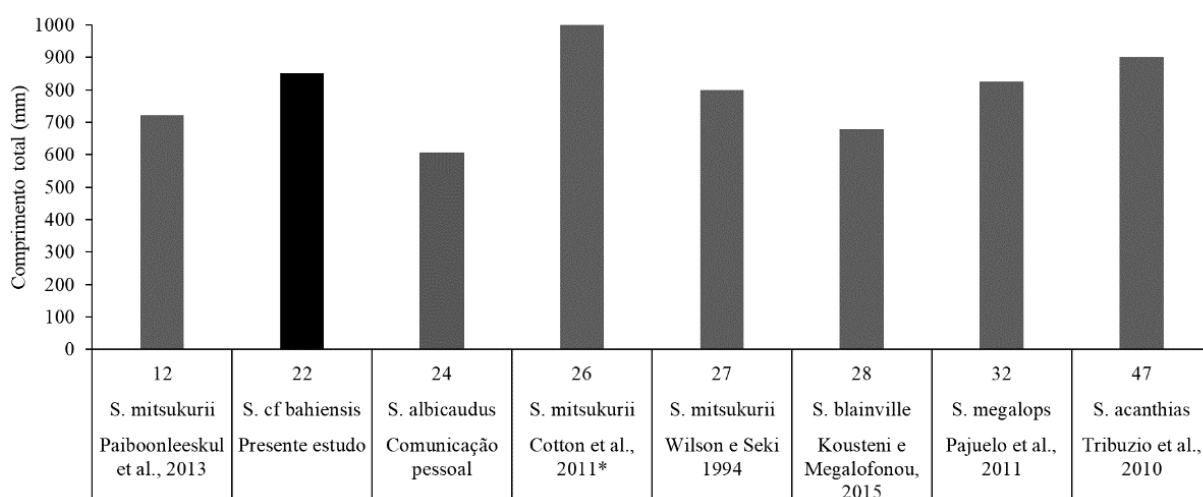


Figura 10 - Idades máximas encontradas e comprimento total (mm) para espécies de *Squalus* (incluindo o presente estudo). *Não utilizou a correção de Ketchen.

Os espinhos são estruturas externas que sofrem desgaste por conta de intempéries e desgaste natural. Por esse motivo, a correção de Ketchen (1975) é normalmente utilizada para

se determinar anéis perdidos. No entanto, a ausência de fêmeas de menor tamanho no presente estudo impossibilitou tal análise. Sendo assim, as fêmeas de *S cf. bahiensis* provavelmente devem apresentar idades ainda maiores para os tamanhos encontrados.

CONCLUSÃO

O primeiro estudo sobre idade do cação-bagre-da-Bahia *Squalus cf. bahiensis* confirmou a viabilidade de utilização dos espinhos dorsais como estruturas para leitura de idade embora ainda seja necessário estudos de validação para confirmação da formação de bandas com periodicidade anual. Além disso, a espécie apresentou elevada longevidade.

REFERÊNCIAS

- BANGLEY, Charles. **Food and feeding habits of the spiny dogfish *Squalus acanthias* overwintering off the coast of North Carolina and the effects on the marine community.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Departamento de Biologia da Universidade do Oeste da Carolina, Greenville, Carolina do Norte, 2011. <http://hdl.handle.net/10342/3791>.
- BEAMISH, R. J.; MCFARLANE, G. A. Annulus development on the second dorsal spines of the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) and its validity for age determinations. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Canadá, v. 42, n. 11, p. 1799–1805, 1985. <https://doi.org/10.1139/f85-225>.
- BEAMISH, R.J.; FOURNIER, D. A. A method for comparing the precision of a set of age determinations. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Canadá, v. 38, n. 8, p. 982–983, 1981. <https://doi.org/10.1139/f81-132>.
- BUBLEY, W. J.; KNEEBONE, J.; SULIKOWSKI, J. A.; TSANG, P. C. W. Reassessment of spiny dogfish *Squalus acanthias* age and growth using vertebrae and dorsal-fin spines. **Journal of Fish Biology**, Ilhas Britânicas, v. 80, n. 5, p. 1300–1319, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2011.03171.x>.
- CAILLIET, G. M.; GOLDMAN, K. J. Age determination and validation in Chondrichthyan fishes. In: J. CARRIER, J.; MUSICK, J. A.; HEITHAUS, M. (ed.). **Biology of Sharks and Their Relatives**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2005. 596 p.
- CAMPANA, S. E.; JONES, C.; MCFARLANE, G. A.; MYKLEVOLL, S. Bomb dating and age validation using the spines of spiny dogfish (*Squalus acanthias*). **Environmental Biology of Fishes**, Holanda, v. 77, n. 3-4, p. 327–336, 2006. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5570-6_13.
- CAMPANA, S. E.; W. JOYCE, W.; KULKA, D. W. Growth and reproduction of spiny dogfish off the eastern coast of Canada, including inferences on stock structure. In: GALLUCCI, V. F.; MCFARLANE, G. A.; BARGMANN, G. G. (ed.). **Biology and management of dogfish sharks**. Bethesda, MD: American Fisheries Society, 2009. p. 195–207.
- CHANG, W. Y. B. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 39, n. 8, p. 1208–1210, 1982. <https://doi.org/10.1139/f82-158>.

COMPAGNO, L. J. V. **Sharks of the world**: an annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. FAO species catalogue, 1984. p. 251-655. (Part I. Hexanchiformes to Lamniformes, v. 4).

COTTON, C. F.; GRUBBS, R. D.; DALY-ENGEL, T. S.; LYNCH, P. D.; MUSICK, J. A. Age, growth and reproduction of a common deep-water shark, shortspine spurdog (*Squalus* cf. *mitsukurii*) from Hawaiian waters. **Marine and Freshwater Research**, Austrália, v. 62, n. 7, p. 811–822, 2011. <https://doi.org/10.1071/MF10307>.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, v. 4, n. 1, 9p, 2011. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

HAZIN, F. H. V.; FISCHER, A. F.; BROADHURST, M. K.; VERAS, D.; OLIVEIRA, P. G.; BURGESS, G. H. Notes on the reproduction of *Squalus megalops* off northeastern Brazil. **Fisheries Research**, v. 79, n. 1, p. 251–257, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.04.006>

IRVINE, S. B.; STEVENS, J. D.; LAURENSEN, L. J. B. Comparing external and internal dorsal-spine bands to interpret the age and growth of the giant lantern shark, *Etmopterus baxteri* (Squaliformes: Etmopteridae). **Environmental Biology of Fishes**, v. 77, n. 3–4, p. 253–264, 2006b. <https://doi.org/10.1007/s10641-006-9130-4>.

ICES. **Report of the workshop on Sexual Maturity Staging of Elasmobranchs (WKMSSEL)**. Lisboa, Portugal: International Council for the Exploration of the Sea, 2012. 66 p.

IRVINE, S. B.; STEVENS, J. D.; LAURENSEN, L. J. B. Surface bands on deepwater squalid dorsal-fin spines: an alternative method for ageing the golden dogfish *Centroselachus crepidater*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 63, n. 3, p. 617–627, 2006a. <https://doi.org/10.1139/F05-237>.

KETCHEN, K. S. Age and growth of dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia waters. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, Canadá, v. 32, n. 1, p. 13–59, 1975. <https://doi.org/10.1139/f75-006>.

KOUSTENI, V.; MEGALOFONOU, P. Aging and life history traits of the longnose spiny dogfish in the Mediterranean Sea: New insights into conservation and management needs. **Fisheries Research**, v. 168, p. 6-19, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.03.014>.

LAST, P. R.; WHITE, W. T.; POGONOSKI, J. J. (ed.). **Descriptions of new dogfishes of the genus *Squalus* (Squaloidea: Squalidae)**. Austrália: CSIRO Marine and Atmospheric Research Paper, 2007. p. 1–130, v. 14.

MCFARLANE, G. A., BEAMISH, R. J. Validation of the dorsal spine method of age determination for spiny dogfish. In: SUMMERFELT, R. C.; HALL, G. E. (eds.). **Age and Growth of Fish**. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1987. P. 287–300.

NATANSON, L. J.; MCCANDLESS, C. T.; JAMES, K.; HOEY, J. Gestation period and pupping seasonality of female Spiny Dogfish (*Squalus acanthias*) off southern New England. **NOAA Fishery Bulletin**, Estados Unidos, v. 115, n. 4, p.473–483, 2017.

NELSON, J. S.; GRANDE, T. C.; WILSON, M. V. (ed.). **Fishes of the World**. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2016. 752 p.

PAIBOONLEESKUL, K.; ROMRATANAPUN, S.; THAPANAND-CHAIDEE, T. 2013. Ageing of short-spine spurdog in the Andaman Sea of Thailand. **Maejo International Journal of Science and Technology**, v. 7, n. especial, p. 14–21, 2013.

PAJUELO, J. G.; GARCÍA, S.; LORENZO, J. M.; GONZÁLEZ, J. A. Population biology of the shark, *Squalus megalops*, harvested in the central-east Atlantic Ocean. **Fisheries Research**, v. 108, n. 1, p. 31–41, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2010.11.018>.

RINCON, G.; MAZZOLENI, R. C.; PALMEIRA, A. R. O.; LESSA, R. Deep-water Sharks, Rays and Chimeras of Brazil. In: RODRIGUES, L. F. S. F.; SALES, J. B. L. (ed.). **Condriichthyes - Multidiciplinary Approach Edition**. Londres: Intech Open, 2017. 5ª edição. <https://doi.org/10.5772/intechopen.6947>.

SHEPHERD, T.; PAGE, F.; MACDONALD, D. B. Length and sex-specific associations between the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) and hydrologic variables in the Bay of Fundy and Scotian Shelf. **Fisheries Oceanography**, Reino Unido, v. 11, n. 2, p. 78-89, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2002.00191.x>.

TANIUCHI, T.; TACHIKAWA, H. Geographic variation in age and growth of *Squalus mitsukurii* (Elasmobranchii: Squalidae) in the North Pacific. In: SÈRET, B.; SIRE, J. Y. (ed.). **Proceedings of the 5th Indo-Pacific Fish Conference**, Noumea, Nova Caledonia, 3–8 November 1997'. Paris: Society of French Ichthyologists, 1999. p. 321–328.

TRIBUZIO, C. A.; KURSE, G. H.; FUJIOKA, J. T. Age and growth of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Gulf of Alaska: Analysis of alternative growth models. **Fishery Bulletin**, Estados Unidos, v. 108, n. 2, p. 119-135, 2010.

TRIBUZIO, C. A.; MATTA, M. E.; GBURSKI, C.; NIKKI ATKINS, N.; BUBLEY, W. Methods for the Preparation of Pacific Spiny Dogfish, *Squalus suckleyi*, Fin Spines and Vertebrae and na Overview of Age Determination. **Marine Fisheries Review**, Seattle, v. 78, n. 1–2, p. 1-13, 2016. <https://dx.doi.org/10.7755/MFR.78.1–2.1>. <https://doi.org/10.7755/MFR.78.1–2.1>.

VIANA S. T. F.; CARVALHO M. R.; GOMES U. L. Taxonomy and morphology of species of the genus *Squalus* Linnaeus, 1758 from the Southwestern Atlantic Ocean (Chondrichthyes: Squaliformes: Squalidae). **Zootaxa**, Nova Zelândia, v. 4133, n. 1, p. 1-89, 2016. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4133.1.1>.

WILSON, C. D.; SEKI, M. P. Biology and population characteristics of *Squalus mitsukurii* from a seamount in the central North Pacific Ocean. **Fishery Bulletin**, v. 92, p. 851–864, 1994.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies cação-bagre-da-cauda-branca *Squalus* cf. *albicaudus* Viana, Carvalho e Gomes (2016) e cação-bagre-da-Bahia *Squalus* cf. *bahiensis* Viana, Carvalho e Gomes (2016) foram recentemente descritas e, assim como para a maioria das espécies pertencentes ao gênero *Squalus*, trazem consigo os problemas inerentes a questões de cunho taxonômico sendo, erroneamente, consideradas como outras espécies anteriormente. Sendo assim, outros estudos oriundos da biologia e ecologia dessas são incipientes. Partindo desse pressuposto, o estudo inédito teve como objetivo determinar a idade para as espécies e avaliar o crescimento, em *Squalus* cf. *albicaudus*, que foram encontradas ao longo da costa do estado de Pernambuco através de coletas em cruzeiros científicos utilizando espinheis mistos e covos de fundo em profundidade que variaram em torno dos 200 a 500 metros.

Para a determinação da idade em Squalídeos normalmente são utilizados os dois espinhos presentes um em cada nadadeira dorsal. Essas estruturas rígidas apresentam calcificação e consequentemente formação de bandas periódicas de crescimento. Essa metodologia é amplamente utilizada em locais onde as espécies são consideradas como alvo da pesca, o que não é o caso da costa brasileira. Portanto, foi apresentada nesse estudo uma metodologia com aplicação inédita para o sudoeste do Oceano Atlântico.

Os resultados de idade e crescimento de *Squalus* cf. *albicaudus* reafirmam o crescimento do espinho juntamente ao indivíduo, sendo esse um fator importante na análise, além de demonstrarem que a espécie apresenta elevada longevidade e crescimento relativamente rápido o que pode ser utilizado como afirmativa para uma elevada resiliência. Para as fêmeas a idade máxima estimada foi de 24 anos e o comprimento máximo de 860 mm e para os machos 14 anos e 554 mm, respectivamente. Em relação ao crescimento, o modelo de von Bertalanffy dois parâmetros ($L_{\infty} = 709.302$ mm, $k = 0.100$ anos⁻¹), utilizando os dados observados, foi o mais indicado, enquanto para os machos o modelo clássico de von Bertalanffy foi o ideal para os dados observados ($L_{\infty} = 532.230$ mm, $k = 0.246$ anos⁻¹, $t_0 = -0.985$ anos). Essa diferença entre curvas de crescimento ressalta a importância de serem testadas curvas com cunhos diferentes e que podem se ajustar de uma forma melhor aos dados que apenas a de von Bertalanffy.

Para as fêmeas de *Squalus* cf. *bahiensis* também foi encontrada elevada longevidade com as mesmas apresentando entre 12 e 20 anos de idade e comprimento máximo de 860 mm. A caracterização do crescimento não pode ser realizada porque não foram coletados indivíduos de tamanho e consequentemente idade inferiores o que comprometeria uma análise

mais robusta. Para além, não se pode fazer a chamada correção de Ketchen (foi aplicada a espécie anterior) onde as bandas perdidas por desgaste são determinadas, uma vez que os espinhos são estruturas externas, pela ausência de indivíduos com um ano de idade. Sendo assim as fêmeas da espécie podem ser ainda mais velhas do que aqui determinado.

Existem alguns fatores interessantes que devem ser ressaltados. Em nosso estudo o processo de validação da idade, fator extremamente importante, não pode ser determinado uma vez que para espinhos é necessário a aplicação de marcação e recaptura, datação de rádio carbono e marcação com oxitetraciclina. Esse processo de validação é altamente oneroso e demorado fator que influencia na ausência de validação na maioria dos estudos das espécies de *Squalus* pelo mundo. Outro fator importante é que mais estudos devem ser realizados para dar maior robustez aos resultados uma vez que, como a amostragem realizada no presente estudo não foi resultado de um esforço de pesca comercial, essa foi limitada pela capacidade da embarcação e pela arte de pesca utilizada, não sendo possível atingir profundidades próximas a mil metros e capturando um número de exemplares bastante baixo quando comparado com a pesca comercial.

Salientamos que os resultados aqui obtidos, inéditos para as duas espécies, servirão como base para próximos estudos com esses elasmobrânquios de profundidade e poderão ser utilizados como subsídio para futuros planos de manejo que possam vir a incluir essas espécies.

REFERENCIAS

- ARAYA, M; CUBILLOS, L. A. Evidence of two-phase growth in elasmobranchs. **Environmental Biology of Fishes**, Holanda, v. 77, n. 1, p. 293–300, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10641-006-9110-8>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/226539824_Evidence_of_two-phase_growth_in_elasmobranchs. Acesso em: 10 ago. 2018.
- AVSAR, D. Age, growth, reproduction and feeding of the spurdog (*Squalus acanthias* Linnaeus, 1758) in the southeastern Black Sea. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 52, n. 2, p. 269–278, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1006/ecss.2000.0749>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272771400907492>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- BANGLEY, Charles. **Food and feeding habits of the spiny dogfish *Squalus acanthias* overwintering off the coast of North Carolina and the effects on the marine community**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Departamento de Biologia da Universidade do Oeste da Carolina, Greenville, Carolina do Norte, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10342/3791>. Acesso em: 15 set. 2018.
- BEAMISH, R. J.; MCFARLANE, G. A. Annulus development on the second dorsal spines of the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) and its validity for age determinations. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Canadá, v. 42, n. 11, p. 1799–1805, 1985. DOI: <https://doi.org/10.1139/f85-225>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305637161_Annulus_Development_on_the_Second_Dorsal_Spine_of_the_Spiny_Dogfish_Squalus_acanthias_and_Its_Validity_for_Age_Determination. Acesso em: 12 set. 2018.
- BEAMISH, R.J.; FOURNIER, D. A. A method for comparing the precision of a set of age determinations. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Canadá, v. 38, n. 8, p. 982–983, 1981. DOI: <https://doi.org/10.1139/f81-132>. Disponível em: <https://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/f81-132#.XWMv9ehKjIU>. Acesso em: 10 out. 2017.
- BEVERTON, R. J. H. **Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish populations**. Beaufort, Carolina do Norte: Miscellaneous Contributions, United States Fisheries Laboratory, 1954. 181 p.
- BOWMAN, R. E.; STILLWELL, C. E.; MICHEALS, W. L.; GROSSLEIN, M. D. **Food of Atlantic fishes and two common species of squid**. Woods Hole, Massachusetts: NOAA Technical Memorandum NMFS-NE, 2000. 155 p.
- BRACCINI, J. M.; GILLANDERS, B. M.; WALKER, T. I.; TOVAR-ÁVILA, J. Comparison of deterministic growth models fitted to length-at-age of the piked spurdog (*Squalus megalops*) in south-eastern Australia. **Marine and Freshwater Research**, Austrália, v. 58, n. 1, p. 24–33, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1071/MF06064>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/240506658_Comparison_of_deterministic_growth_models_fitted_to_length-at-age_data_of_the_piked_spurdog_Squalus_megalops_in_south-eastern_Australia. Acesso em: 10 out. 2017.
- BRACCINI, J. M.; GILLANDERS, B. M.; WALKER, T. I. Determining reproductive parameters for population assessments of chondrichthyan species with asynchronous

- ovulation and parturition: piked spurdog (*Squalus megalops*) as a case study. **Marine and Freshwater Research**, Austrália, v. 57, n. 1, p. 105–119, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1071/MF05076>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/248529113_Determining_reproductive_parameters_for_population_assessments_of_chondrichthyan_species_with_asynchronous_ovulation_and_parturition_Piked_spurdog_Squalus_megalops_as_a_case_study Acesso em: 13 nov. 2017.
- BUBLEY, W. J.; KNEEBONE, J.; SULIKOWSKI, J. A.; TSANG, P. C. W. Reassessment of spiny dogfish *Squalus acanthias* age and growth using vertebrae and dorsal-fin spines. **Journal of Fish Biology**, Ilhas Britânicas, v. 80, n. 5, p. 1300–1319, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2011.03171.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1095-8649.2011.03171.x>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. **Sociological Methods and Research**, Cambridge, v. 33, n.1, p. 261–304, 2004. DOI: <https://10.1177/0049124104268644>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0049124104268644>. Acesso em: 1 set. 2018.
- CAILLIET, G. M.; SMITH, W. D.; MOLLET, H. F.; GOLDMAN, K. J. Age and growth studies of Chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. **Environmental Biology of Fishes**, Holanda, v. 77, n. 1, p. 211–228, 2006. DOI: <https://10.1007/s10641-006-9105-5>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/226446117_Age_and_growth_studies_of_chondrichthyan_fishes_the_need_for_consistency_in_terminology_verification_validation_and_growth_function_fitting. Acesso em: 27 fev. 2018.
- CAILLIET, G. M.; GOLDMAN, K. J. Age determination and validation in Chondrichthyan fishes. In: J. CARRIER, J.; MUSICK, J. A.; HEITHAUS, M. (ed.). **Biology of Sharks and Their Relatives**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2004. 596 p.
- CAILLIET, G. M.; MARTIN, L. K.; HARVEY, J. T.; KUSHER, D.; WELDEN, B. A. 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: PRINCE, E. D.; PULOS, L. M. (ed.). **Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks**. Washington, DC: United States Department of Commerce, 1983. NOAA Technical Report, NMFS 8, v. 8, p. 179-188.
- CALIS, E.; JACKSON, E. H.; NOLAN, C. P.; JEAL, F. Preliminary age and growth estimates of the rabbitfish, *Chimaera monstrosa*, with implications for future resource management. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, Nova Escócia, Canadá, v. 35, p. 15–26, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.2960/J.v36.m501>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/255653122_Preliminary_Age_and_Growth_Estimates_of_the_Rabbitfish_Chimaera_monstrosa_with_Implications_for_Future_Resource_Management. Acesso em: 22 fev. 2019.
- CAMHI, M.; FOWLER, S.; MUSICK, J.; BRÄUTIGAM, A.; FORDHAM, S. **Sharks and their relatives: Ecology and Conservation**. Reino Unido: Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission, 1998. n. 20, 39 p.

CAMPANA, S. E. **Age determination of elasmobranchs, with special reference to Mediterranean species**: a technical manual. Studies and Reviews. Roma: General Fisheries Commission for the Mediterranean, FAO, 2014. n. 94, 38 p.

CAMPANA, S. E. Review paper: accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. **Journal of Fish Biology**, Ilhas Britânicas, v. 59, p. 197–242, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00127.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00127.x>. Acesso em: 14 jul. 2018.

CAMPANA, S. E.; JONES, C.; MCFARLANE, G. A.; MYKLEVOLL, S. Bomb dating and age validation using the spines of spiny dogfish (*Squalus acanthias*). **Environmental Biology of Fishes**, Holanda, v. 77, n. 3-4, p. 327–336, 2006. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5570-6_13. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/226143869_Bomb_dating_and_age_validation_using_the_spines_of_spiny_dogfish_Squalus_acanthias. Acesso em: 11 nov. 2017.

CAMPANA, S. E.; W. JOYCE, W.; KULKA, D. W. Growth and reproduction of spiny dogfish off the eastern coast of Canada, including inferences on stock structure. In: GALLUCCI, V. F.; MCFARLANE, G. A.; BARGMANN, G. G. (ed.). **Biology and management of dogfish sharks**. Bethesda, MD: American Fisheries Society, 2009. p. 195–207.

CANNIZARO, L.; RIZZO, P.; LEVI, D.; GANCITANO, S. Age determination and growth of *Squalus blainvillei* (Risso, 1826). **Fisheries Research**, v. 23, n. 1-2, p. 113–125, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(94\)00333-R](https://doi.org/10.1016/0165-7836(94)00333-R). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/016578369400333R>. Acesso em: 2 set. 2018.

CHANG, W. Y. B. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 39, n. 8, p. 1208–1210, 1982. DOI: <https://doi.org/10.1139/f82-158>. Disponível em: <https://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/f82-158#.XWM0OehKjIU>. Acesso em: 3 mar. 2018.

CLARKE, M. W.; IRVINE, S. B. Terminology for the ageing of chondrichthyan fish using dorsal-fin spines. **Environmental Biology of Fishes**, Holanda, v. 77, n. 3-4, p. 273–277, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10641-006-9131-3>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/227096025_Terminology_for_the_ageing_of_chondrichthyan_fish_using_dorsal-fin_spines. Acesso em: 4 dez. 2017.

COATES, M. I.; SANSOM, I. J.; SEQUEIRA, S. E. K.; SMITH, M. M. Spines, teeth and histology: novel structures and tissues in ancient sharks. **Nature**, v. 396, n. 1, p. 729–730, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1038/25467>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/25467?draft=journal>. Acesso em: 20 jan. 2018.

COMPAGNO, L. J. V. Shark exploitation and conservation. In: PRATT, H. L.; GRUBER, S. H.; TANIUCHI, T. (ed.). **Elasmobranchs as living resources**: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. Washington, DC: NOAA Technical Report NMFS, 1990. v. 90, p. 397-414.

COMPAGNO, L. J. V. **Sharks of the world**: an annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. FAO species catalogue, 1984. p. 251-655. (Part I. Hexanchiformes to Lamniformes, v. 4).

CORE TEAM R. **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2017.

COTTON, C. F.; GRUBBS, R. D.; DALY-ENGEL, T. S.; LYNCH, P. D.; MUSICK, J. A. Age, growth and reproduction of a common deep-water shark, shortspine spurdog (*Squalus* cf. *mitsukurii*) from Hawaiian waters. **Marine and Freshwater Research**, Austrália, v. 62, n. 7, p. 811–822, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1071/MF10307>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236615784_Age_growth_and_reproduction_of_a_common_deep-water_shark_shortspine_spurdog_Squalus_cf_mitsukurii_from_Hawaiian_waters. Acesso em: 14 abr. 2018.

DALY-ENGEL, T. S.; KOCH, A.; ANDERSON, J. M.; COTTON, C. F.; GRUBBS, R. D. Description of a new deep-water dogfish shark from Hawaii, with comments on the *Squalus mitsukurii* species complex in the West Pacific. **ZooKeys**, Búlgaria, v. 798, n. 1, p. 135–157, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3897/zookeys.798.28375>. Disponível em: <https://zookeys.pensoft.net/article/28375/>. Acesso em: 20 fev. 2019.

FABENS, A. J. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. **Growth**, v. 29, n. 3, p. 265–289, 1965.

FRANCIS M. P.; O MAOLAGÁIN C. Ó. **Age and growth of ghost sharks**. Nova Zelândia: National Institute of Water and Atmospheric Research, 2000. Final research report for Ministry of Fisheries Research Project GSH1999/01, 29 p.

FRICKE, R.; ESCHMEYER, W. N.; VAN DER LAAN, R. (ed.). **Catalog of Fishes**: Genera, Species, References. São Francisco: California Academy of Science, 2018. *Versão eletrônica*. Disponível em: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Acesso em: 22 out. 2018.

GRAČAN, R.; SCOTT, A. H.; LACKOVIĆ, G.; LAZAR, B. Age and growth dynamics of spiny dogfish, *Squalus acanthias*, in the Adriatic Sea (Eastern Mediterranean Sea). **Marine and Freshwater Research**, Austrália, v. 67, n. 3, p. 357–367, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1071/MF14116>. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/MF/MF14116>. Acesso em: 4 maio 2018.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, 2011. 9 p. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Acesso em: 18 set. 2017.

HAZIN, F. H. V.; FISCHER, A. F.; BROADHURST, M. K.; VERAS, D.; OLIVEIRA, P. G.; BURGESS, G. H. Notes on the reproduction of *Squalus megalops* off northeastern Brazil. **Fisheries Research**, v. 79, n. 1, p. 251–257, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.04.006>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165783606001470>. Acesso em: 29 out. 2017.

HOFF, T. B.; MUSICK, J. A. Western North Atlantic shark-fishery management problems and informational requirements. In: PRATTS, H. L.; GRUBER, S. H.; TANIUCHI, T. (ed.). **Elasmobranchs as living resources**: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of fisheries. Washington, DC: NOAA Technical Report NMFS, 1990. p. 455–472.

HOLDEN, M. J. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. In: JONES, E. H. (ed.). **Sea Fisheries Research**. Londres: Logo Press, 1974. p. 187–215.

HOLDEN, M. J.; MEADOWS, P. S. The structure of the spine of the spur dogfish (*Squalus acanthias*) and its use for age determination. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, Reino Unido, v. 42, n. 2, p. 179–197, 1962. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0025315400001302>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-the-marine-biological-association-of-the-united-kingdom/article/structure-of-the-spine-of-the-spur-dogfish-squalus-acanthias-l-and-its-use-for-age-determination/EE7BCA3899FB692CA704551632B4E8EF>. Acesso em: 2 fev. 2018.

ICES. **Report of the workshop on Sexual Maturity Staging of Elasmobranchs (WKMSSEL)**. Lisboa, Portugal: International Council for the Exploration of the Sea, 2012. 66 p.

IRVINE, S. B.; STEVENS, J. D.; LAURENSEN, L. J. B. Comparing external and internal dorsal-spine bands to interpret the age and growth of the giant lantern shark, *Etmopterus baxteri* (Squaliformes: Etmopteridae). **Environmental Biology of Fishes**, v. 77, n. 3–4, p. 253–264, 2006b. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10641-006-9130-4>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/280778176 Comparing external and internal dorsal-spine bands to interpret the age and growth of the giant lantern shark Etmopterus baxteri Squaliformes Etmopteridae](https://www.researchgate.net/publication/280778176_Comparing_external_and_internal_dorsal-spine_bands_to_interpret_the_age_and_growth_of_the_giant_lantern_shark_Etmopterus_baxteri_Squaliformes_Etmopteridae). Acesso em: 2 fev. 2018.

IRVINE, S. B.; STEVENS, J. D.; LAURENSEN, L. J. B. Surface bands on deepwater squalid dorsal-fin spines: an alternative method for ageing the golden dogfish *Centroselachus crepidater*. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 63, n. 3, p. 617–627, 2006a. DOI: <https://doi.org/10.1139/F05-237>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/248535795 Surface bands on deepwater squalid dorsal-fin spines an alternative method for aging Centroselachus crepidater/stats?opdsd=1](https://www.researchgate.net/publication/248535795_Surface_bands_on_deepwater_squalid_dorsal-fin_spines_an_alternative_method_for_aging_Centroselachus_crepidater/stats?opdsd=1). Acesso em: 2 fev. 2018.

IZZO, C.; RODDA, K. R. Comparative rates of growth of the Port Jackson shark throughout its southern range. **Marine and Freshwater Research**, Austrália, v. 63, n. 8, p. 687–694, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1071/MF11272>. Disponível em: <http://www.publish.csiro.au/mf/MF11272>. Acesso em: 20 mar. 2018.

JERVE, A. **Development and three-dimensional histology of vertebrate dermal fin spines**. 2016. Tese (Disciplinary Domain of Science and Technology) - Departamento de Biologia Organismal, Uppsala University, Uppsala, Sweden, 2016. Disponível em:

<http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A922152&dswid=-8588>. Acesso em: 11 fev. 2018.

JONES, B. C.; GEEN, G. H. Age determination of an elasmobranch (*Squalus acanthias*) by X-ray spectrometry. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, Canadá, v. 14, n. 1, p. 44-48, 1977. DOI: <https://doi.org/10.1139/f77-005>. Disponível em: <https://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/f77-005#.XWM6eOhKjIU>. Acesso em: 22 abr. 2018.

KAGANOVSKAIA, S. M. A method for determining the age and composition of the catches of *Squalus acanthias*. **Bulletin of the Far Eastern Branch of the Academy of Sciences of the USSR**, Rússia, v. 1, n. 3, p. 5–6, 1933. (RICKER, W. E., Fisheries Research Board of Canada, Translation Series, v. 1, n. 281, p. 5–6, 1960).

KETCHEN, K. S. Age and growth of dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia waters. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, Canadá, v. 32, n. 1, p. 13–59, 1975. DOI: <https://doi.org/10.1139/f75-006>. Disponível em: <https://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/f75-006#.XW8GTShKjIU>. Acesso em: 2 out. 2017.

KETCHEN, K. S. Size at maturity, fecundity, and embryonic growth of the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia waters, **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, Canadá, v. 29, n. 12, p. 1717-1723, 1972. DOI: <https://doi.org/10.1139/f72-272>. Disponível em: <https://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/f75-006#.XWM6p-hKjIU>. Acesso em: 24 out. 2017.

KOUSTENI, V.; MEGALOFONOU, P. Aging and life history traits of the longnose spiny dogfish in the Mediterranean Sea: New insights into conservation and management needs. **Fisheries Research**, v. 168, p. 6-19, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.03.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165783615001046>. Acesso em: 13 out. 2017.

KYNE, P. M.; SIMPFENDORFER, C. A. **A collation and summarization of available data on deepwater chondrichthyans: biodiversity, life history and fisheries**. Austrália: IUCN SSC Shark Specialist Group for the Marine Conservation Biology Institute, 2007.

LAST, P. R.; WHITE, W. T.; POGONOSKI, J. J. (ed.). **Descriptions of new dogfishes of the genus *Squalus* (Squaloidea: Squalidae)**. Austrália: CSIRO Marine and Atmospheric Research Paper, 2007. v. 14, 130 p.

LESSA, R. P.; SANTANA, F. M.; RINCÓN, G.; GADIG, O. B. F.; EL-DEIR, A. C. A. **Biodiversidade de Elasmobrânquios do Brasil**. Fortaleza: Relatório para o Programa Nacional de Diversidade – 64, Arquivo de Ciências do Mar, 1999. 119 p. (Programa Nacional de Diversidade Biológica, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal).

LINK, J. S.; GARRISON, L. P.; ALMEIDA, F. P. Ecological interactions between elasmobranchs and groundfish on the Northeastern U.S. Continental shelf. I. Evaluating predation. **North American Journal of Fisheries Management**, Estados Unidos, v. 22, n. 2, p. 550-562, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1577/1548->

8675(2002)022<0550:EIBEAG>2.0.CO;2. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/240765053_Ecological_Interactions_between_Elasmobranchs_and_Groundfish_Species_on_the_Northeastern_US_Continental_Shelf_I_Evaluating_Predation. Acesso em: 14 ago. 2018.

LIU, K.; WU, C.; JOUNG, S.; TSAI, W. Selecting the best growth model for elasmobranchs. **PeerJ PrePrints**, 3:e1550v1, 2015. DOI: <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.1550v1>. Disponível em: <https://peerj.com/preprints/1550/>. Acesso em: 20 set. 2018.

MAISEY, J. G. Finspine morphogenesis in squalid and heterodontid sharks. **Zoological Journal of the Linnean Society**, Reino Unido, v. 66, n. 2, p. 161–183, 1979. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1979.tb01907.x>. Disponível em: <https://academic.oup.com/zoolinnean/article-abstract/66/2/161/2664305?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em : 25 mar. 2018.

MARKERT, F. Die Flossenstacheln von Acanthias. Ein Beitrag zur Kenntniss der Hartsubstanzgebilde der Elasmobranchier. **Zoologische Jahrbücher Anatomie**, v. 9, p. 665–722, 1896.

MCFARLANE, G. A., BEAMISH, R. J. Validation of the dorsal spine method of age determination for spiny dogfish. In: SUMMERFELT, R. C.; HALL, G. E. (eds.). **Age and Growth of Fish**. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1987. p. 287–300.

MCFARLANE, G. A.; KING, J. R.; SAUNDERS, M. W. Preliminary study on the use of neural arches in the age determination of bluntnose sixgill sharks (*Hexanchus griseus*). **NOAA Fishery Bulletin**, Canadá, v. 100, n. 4, p. 861–864, 2002. Disponível em: <https://spo.nmfs.noaa.gov/content/preliminary-study-use-neural-arches-age-determination-bluntnose-sixgill-sharks-hexanchus>. Acesso em: 14 mar. 2018.

NAMMACK, M. F.; MUSICK, J. A.; COLVOCORESSES, J. A. Life history of spiny dogfish off the northeastern United States. **Transactions of the American Fisheries Society**, Reino Unido, v. 114, n. 3, p. 367–376, 1985. DOI: [http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659\(1985\)114<367:LHOSDO>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659(1985)114<367:LHOSDO>2.0.CO;2). Disponível em: [https://afspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1577/1548-8659\(1985\)114%3C367:LHOSDO%3E2.0.CO;2](https://afspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1577/1548-8659(1985)114%3C367:LHOSDO%3E2.0.CO;2). Acesso em: 29 abr. 2018.

NATANSON, L. J.; MCCANDLESS, C. T.; JAMES, K.; HOEY, J. Gestation period and pupping seasonality of female Spiny Dogfish (*Squalus acanthias*) off southern New England. **NOAA Fishery Bulletin**, Estados Unidos, v. 115, n. 4, p.473–483, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.7755/FB.115.4.4>. Disponível em: <https://spo.nmfs.noaa.gov/content/fishery-bulletin/gestation-period-and-pupping-seasonality-female-spiny-dogfish-squalus>. Acesso em: 26 abr. 2018.

NELSON, J. S.; GRANDE, T. C.; WILSON, M. V. (ed.). **Fishes of the World**. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2016. 752 p.

NOAA. **Pacific Spiny Dogfish**. National Oceanic and Atmospheric Administration, 2018. Species Directory. Disponível em: <https://www.fisheries.noaa.gov/species/pacific-spiny-dogfish>. Acesso: 12 dez. 2018.

PAIBOONLEESKUL, K.; ROMRATANAPUN, S.; THAPANAND-CHAIDEE, T. Ageing of short-spine spurdog in the Andaman Sea of Thailand. **Maejo International Journal of**

Science and Technology, v. 7, n. especial, p. 14–21, 2013. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Ageing-of-shortspine-spurdog-in-the-Andaman-Sea-of-Paiboonleeskul-Romratanapun/7f444529aeb1333ac7a724fdb6acf7c0534563f9>. Acesso em: 1 set. 2018.

PAJUELO, J. G.; GARCÍA, S.; LORENZO, J. M.; GONZÁLEZ, J. A. Population biology of the shark, *Squalus megalops*, harvested in the central-east Atlantic Ocean. **Fisheries Research**, v. 108, n. 1, p. 31–41, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2010.11.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165783610003036>. Acesso em: 4 nov. 2017.

PFLEGER, M.O.; DEAN GRUBBS, R.; COTTON, C. F.; DALY-ENGEL, T. S. *Squalus clarkae* sp. nov., a new dogfish shark from the Northwest Atlantic and Gulf of Mexico, with comments on the *Squalus mitsukurii* species complex, **Zootaxa**, Nova Zelândia, v. 4444, n. 2, p. 101–119, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4444.2.1>. Disponível em: <https://biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.4444.2.1>. Acesso em: 4 jan. 2019.

PRATT, H. L.; CARRIER, J. C. Elasmobranch courtship and mating behavior. In: HAMILLET, W. C. (ed.). **Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes**, Enfield: Science Publishers Inc., 2005. p. 129–170.

RICKER, W. E. **Computation and interpretation of biological statistics of fish populations**. Canadá: Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 1975. v. 191, 382 p. 1975.

RICKER, W. E. Growth rates and models. In: HOAR, W. S.; RANDALL, D. J.; BRETT, J. R. (ed.). **Fish physiology**, Nova York: Academic Press, 1979. P. 677–743.

RINCON, G.; MAZZOLENI, R. C.; PALMEIRA, A. R. O.; LESSA, R. Deep-water Sharks, Rays and Chimeras of Brazil. In: RODRIGUES, L. F. S. F.; SALES, J. B. L. (ed.). **Condricthyes - Multidiciplinary Approach Edition**. Londres: Intech Open, 2017. 5ª edição. <https://doi.org/10.5772/intechopen.6947>.

RULIFSON, R. A. Spiny dogfish mortality induced by gill-net and trawl capture and tag and release. **North American Journal of Fisheries Management**, Estados Unidos, v. 27, n. 1, p. 279–285, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1577/M06-071.1>. Disponível em: <https://afspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1577/M06-071.1>. Acesso em: 1 jun. 2018.

SAUNDERS, M. W.; MCFARLANE, G. A. Age and length-at-maturity of the female spiny dogfish, *Squalus acanthias*, in the strait of Georgia, British Columbia, Canada. **Environmental Biology of Fishes**, Holanda, v. 38, n. 1, p. 49–57, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00842903>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00842903>. Acesso em: 2 jul. 2018.

SCHWARCZ, H. P.; GAO, Y.; CAMPANA, S.; BROWNE, D.; KNYF, M.; BRAND, U. Stable carbon isotope variations in otoliths of Atlantic cod (*Gadus morhua*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Canadá, v. 55, n. 1, p. 1798–1806, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfas-55-8-1798>. Disponível em: <https://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/f98-053#.XWNDkehKjIU>. Acesso em: 1 jun. 2018.

SHEPHERD, T.; PAGE, F.; MACDONALD, D. B. Length and sex-specific associations between the spiny dogfish (*Squalus acanthias*) and hydrologic variables in the Bay of Fundy and Scotian Shelf. **Fisheries Oceanography**, Reino Unido, v. 11, n. 2, p. 78-89, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2002.00191.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2419.2002.00191.x>. Acesso em: 1 fev. 2019.

SPARE, P.; VENEMA, S. C. (ed.). **Introduction to tropical fish stock assessment**. Part I. Manual. Roma: FAO Fisheries Technical Paper, 1997.

TANAKA, S. The structure of the dorsal spine of the deep sea squaloid shark *Centrophorus acus* and its utility for age determination. **Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish**, Japão, v. 56, n. 6, p. 903-909, 1990. DOI: <https://doi.org/10.2331/suisan.56.903>. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/suisan1932/56/6/56_6_903/article. Acesso em: 14 fev. 2018.

TANIUCHI, T.; TACHIKAWA, H. Geographic variation in age and growth of *Squalus mitsukurii* (Elasmobranchii: Squalidae) in the North Pacific. In: SÈRET, B.; SIRE, J. Y. (ed.). **Proceedings of the 5th Indo-Pacific Fish Conference**, Noumea, Nova Caledonia, 3-8 November 1997'. Paris: Society of French Ichthyologists, 1999. p. 321-328.

TOVAR-ÁVILA, J.; IZZO, C.; WALKER, T. I.; BRACCINI, J. M.; DAY, R. W. Dorsal-fin spine growth of *Heterodontus portusjacksoni*: a general model that applies to dorsal-fin spines of chondrichthyans?. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Canadá, v. 65, n. 1, p. 74-82, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1139/f07-146>. Disponível em: <https://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/f07-146?journalCode=cjfas#.XWNEd-hKjIU>. Acesso em: 20 mar. 2018.

TOVAR-ÁVILA, J.; TROYNIKOV, V. S.; WALKER, T. I.; DAY, R. W. Use of stochastic models to estimate the growth of the Port Jackson shark, *Heterodontus portusjacksoni*, off eastern Victoria, Australia. **Fisheries Research**, v. 95, n. 3-4, p. 230-235, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.09.031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165783608003068>. Acesso em: 15 abr. 2018.

TRIBUZIO, C. A.; KURSE, G. H.; FUJIOKA, J. T. Age and growth of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Gulf of Alaska: Analysis of alternative growth models. **Fishery Bulletin**, Estados Unidos, v. 108, n. 2, p. 119-135, 2010. Disponível em: <https://spo.nmfs.noaa.gov/content/age-and-growth-spiny-dogfish-squalus-acanthias-gulf-alaska-analysis-alternative-growth>. Acesso em: 22 mar. 2018.

TRIBUZIO, C. A.; MATTA, M. E.; GBURSKI, C.; BLOOD, C.; BUBLEY, W.; KRUSE, G. H. Are Pacific spiny dogfish lying about their age? A comparison of ageing structures for *Squalus suckleyi*. **Marine and Freshwater Research**, Austrália, v. 69, n. 1, p. 37-47, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1071/MF16329>. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/MF/MF16329>. Acesso em: 10 abr. 2018.

TRIBUZIO, C. A.; MATTA, M. E.; GBURSKI, C.; NIKKI ATKINS, N.; BUBLEY, W. Methods for the Preparation of Pacific Spiny Dogfish, *Squalus suckleyi*, Fin Spines and Vertebrae and na Overview of Age Determination. **Marine Fisheries Review**, Seattle, v. 78, n. 1-2, p. 1-13, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.7755/MFR.78.1-2.1>

dx.doi.org/10.7755/MFR.78.1-2.1. Disponível em:
<https://spo.nmfs.noaa.gov/content/mfr/methods-preparation-pacific-spiny-dogfish-squalus-suckleyi-fin-spines-and-vertebrae-and>. Acesso em: 20 out. 2017.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Manual de métodos para estudos biológicos sobre populações de peixes: Crescimento e reprodução**. Brasília: CNPq, Programa Nacional de Zoologia, 1981. 108 p.

VIANA, S. T. F.; CARVALHO M. R. Redescription of *Squalus acutipinnis* Regan, 1908, a Valid Species of Spiny Dogfish from Southern Africa (Chondrichthyes: Squaliformes: Squalidae). **Copeia**, Estados Unidos, v. 104, n. 2, p. 539-553, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1643/CI-14-217>. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/304336017_Redescription_of_Squalus_acutipinnis_Regan_1908_a_Valid_Species_of_Spiny_Dogfish_from_Southern_Africa_Chondrichthyes_Squaliformes_Squalidae. Acesso em: 13 out. 2017.

VIANA, S. T. F.; CARVALHO M. R.; GOMES U. L. Taxonomy and morphology of species of the genus *Squalus* Linnaeus, 1758 from the Southwestern Atlantic Ocean (Chondrichthyes: Squaliformes: Squalidae). **Zootaxa**, Nova Zelândia, v. 4133, n. 1, p. 1-89, 2016. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4133.1.1>. Disponível em:
<https://www.mapress.com/j/zt/article/view/zootaxa.4133.1.1>. Acesso em: 21 nov. 2017.

VIANA, F. L.; LISHER, M. W.; CARVALHO, M. R. Two new species of short-snouted dogfish sharks of the genus *Squalus* Linnaeus, 1758, from southern Africa (Chondrichthyes: Squaliformes: Squalidae). **Marine Biodiversity**, Suíça, v. 48, n. 4, p. 1787-1814, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12526-017-0673-8>. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12526-017-0673-8>. Acesso em: 22 abr. 2019.

VIANA, S. T. D. F. L.; CARVALHO, M. R.; EBERT, D. A. *Squalus bassi* sp. nov., a new long-snouted spurdog (Chondrichthyes: Squaliformes: Squalidae) from the Agulhas Bank. **Journal of Fish Biology**, Ilhas Britânicas, v. 91, n. 4, p. 1178-1207, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfb.13448>. Acesso em 24 jan. 2019.

VIANA, S. T. F. L.; CARVALHO, M. R. Resurrection and Redescription of the Southern Dogfish *Squalus probatovi* (Squalidae), a Valid Species from Angola. **Journal of Ichthyology**, v. 58, n. 5, p. 617-632, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1134/S003294521805020X>. Acesso em: 24 jan. 2019.

von BERTALANFFY, L. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). **Human Biology**, v. 10, p. 181-213, 1938.

WATSON, G.; SMALE, M. J. Reproductive biology of shortnose spiny dogfish, *Squalus megalops*, from the Agulhas Bank, South Africa. **Marine and Freshwater Research**, Austrália, v. 49, n. 1, p. 695-703, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1071/MF97255>. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/263228817_Age_and_growth_of_the_shortnose_spiny_dogfish_Squalus_megalops_from_the_Agulhas_Bank_South_Africa. Acesso em: 15 abr. 2018.

WETHERBEE, B. M.; CORTES, E. Food consumption and feeding habits. Biology of Sharks and their Relatives. In: J.C. CARRIER, J. C.; MUSICK, J. A.; HEITHAUS, M. R. (ed.). **Biology of sharks and their relatives**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2004. p. 223-235.

WILSON, C. D.; SEKI, M. P. Biology and population characteristics of *Squalus mitsukurii* from a seamount in the central North Pacific Ocean. **Fishery Bulletin**, v. 92, p. 851–864, 1994. Disponível em: <https://spo.nmfs.noaa.gov/content/biology-and-population-characteristics-squalus-mitsukurii-seamount-central-north-pacific>. Acesso em: 14 abr. 2018.

YIGEN, C. C.; ISMEN, A. Age and Growth of spiny dogfish *Squalus acanthias* (Squalidae: Chondrichthyes) in the North Aegean Sea. **Pakistan Journal of Zoology**, Paquistão, v. 48, n. 4, p. 1185-1191, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303734007_Age_and_Growth_of_Spiny_Dogfish_Squalus_acanthias_Squalidae_Chondrichthyes_in_the_North_Aegean_Sea. Acesso em: 10 maio 2018.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. Nova Jersey: Prentice Hall, 1999.