



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

PROSPECÇÃO PESQUEIRA E ECOLOGIA DE TUBARÕES DE AGUAS
PROFUNDAS DE PERNAMBUCO - BRASIL

Pollyana Christine Gomes Roque

RECIFE - PE

Setembro/2020



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

PROSPECÇÃO PESQUEIRA E ECOLOGIA DE TUBARÕES DE AGUAS
PROFUNDAS DE PERNAMBUCO - BRASIL

Pollyana Christine Gomes Roque

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

Prof. Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin

Orientador

RECIFE - PE

Setembro/2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P966p

Roque, Pollyana Christine Gomes
PROSPECÇÃO PESQUEIRA E ECOLOGIA DE TUBARÕES DE AGUAS PROFUNDAS DE PERNAMBUCO -
BRASIL / Pollyana Christine Gomes Roque. - 2020.
95 f. : il.

Orientador: Fabio .
Inclui referências e apêndice(s).

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Recife, 2020.

1. Oceano Atlântico. 2. Taxonomia Integrativa. 3. Reprodução. 4. Squalidae. 5. Scyliorhinus. I. , Fabio, orient. II.
Título

CDD 639.3

**PROSPECÇÃO PESQUEIRA E ECOLOGIA DE TUBARÕES DE AGUAS
PROFUNDAS DE PERNAMBUCO - BRASIL**

Pollyana Christine Gomes Roque

Tese julgada adequada para obtenção do título de doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura.

Defendida e aprovada em 18/02/2020 pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin
Departamento de Pesca e Aquicultura/UFRPE

Prof. Dr. Paulo G. Vasconcelos de Oliveira
Departamento de Pesca e Aquicultura/UFRPE

Prof^a. Dra Rosângela P. Teixeira Lessa
Departamento de Pesca e Aquicultura/UFRPE

Prof. Dr Marcelo R. Souto de Melo
Instituto Oceanográfico /USP

Prof. Dr. Ricardo de Souza Rosa
Departamento de Ciências Biológicas/UFPB

SUPLENTES

Dr^a. Danielle de Lima Viana
Departamento de Pesca e Aquicultura/UFRPE

Prof. Dr. Diogo de Oliveira Nunes
Departamento de Pesca e Aquicultura/UFRPE - UAST

*“Por vezes sentimos
que aquilo que fazemos
não é senão uma gota de água no mar.
Mas o mar seria menor
se lhe faltasse uma gota”*

(Madre Teresa de Calcutá)

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus que é a luz do meu caminho e está sempre ao meu lado me guiando. Ele que sempre me dá forças para seguir em frente e não temer o desconhecido.

Aos meus pais, Rosa e Edson, por toda a base familiar, por toda doação nesses mais de 32 anos de vida, por me apoiar em todas as decisões seja ela estar a algumas milhas da costa em um barco de pesca ou a milhares de quilômetros de casa. Sem o apoio de vocês teria sido impossível chegar até aqui, obrigada pelo amor incondicional.

Ao meu irmão, Digo, e a minha família ‘Gomes’ e ‘Roque’ (avô, tios e tias, primos e primas de primeiro e segundo grau) que me escutam e admiram meu fascínio pela vida marinha.

As minhas Inhas, Leidiane Roberta e Amanda Lacerda, por nunca me deixarem desanimar, pelo joelho no chão nas horas de maior desespero, pelo abraço apertado, pelo sorriso no rosto. Amo vocês gordINHAS! A grande amiga Marília Andrade, pelo exemplo de esforço e conquista, por ser suporte e por se alegrar com meu progresso desde a época do ensino médio!!!

A família LOP /LEP /LATEP, aqueles que fazem parte dessa família atualmente e aqueles que um dia fizeram e auxiliaram na logística para coleta e triagem do material e pela contínua troca de experiências no contexto ensinar-aprender. Ao meu grande amigo Matheus Novaes que ficou por muitas vezes na bancada comigo até que eu mensurasse, exaustivamente, cada exemplar.

Aqueles que me aturaram; curaram minhas birras; compartilharam comigo almoços, sorrisos e lágrimas, trabalhos e carnavais; meus amigos e companheiros de laboratório que me ajudaram direta e/ou indiretamente na realização desta e de tantas outras empreitadas. Alê, Josi, Isa, Mari, Nanda, Yuri, Nate, Paulo!!! Obrigada por tudo.

Aos professores e amigos Paulo Oliveira, Patrícia Barros, Danielle Viana e Mariana Rêgo por me deixar “roubar” o melhor de cada um de vocês e pelos seus ensinamentos ao longo da minha vivência acadêmica.

A equipe dos DEMERSAIS, a todos os integrantes do laboratório que participaram dos nossos embarques, operações de logística e triagem do material biológico, principalmente a Dani Viana, Alessandra Pires, Rômulo Pires, Cláudio Vedova e Bruno Cesar, que estiveram diretamente ligados a coordenação do projeto. A minha equipe dos ELASMOS, Lucas, Clara e

Geremias e, imensuravelmente, a Sidney e a Sara que me aturaram na fase (a final) mais desgastante da tese!

A todos os parceiros, Sarah Viana, Vanessa Paes, Fausto Foresti, Fernanda Albuquerque, que acreditaram no trabalho e toparam participar das mais diversas formas da construção dessa tese.

Gostaria de fazer uma nota especial de agradecimento ao professor Fábio Hazin que mais uma vez acreditou no meu trabalho e aceitou me orientar neste projeto inovador. Namastê!

Aos professores que participaram das bancas ao longo da tese e contribuíram com sugestões e críticas construtivas em relação a mesma. Aos professores do Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) que me ajudaram no meu desenvolvimento pessoal e acadêmico desde a época do mestrado. Obrigada por me ensinarem muitos mais do que eu poderia colocar em artigos e/ou em livros, por serem exemplo na luta pela educação ao alcance de todos. Ao Departamento de Pesca da UFRPE por disponibilizar toda a infraestrutura necessária para realização da pesquisa, bem como aos funcionários da secretaria, em especial a Telminha pela total disponibilidade nos momentos de necessidade e por descomplicar os processos burocráticos.

E por fim, gostaria de agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado e pelo fomento do projeto “ECOLOGIA E PESCA DE ESPÉCIES PELÁGICAS OCEÂNICAS E DEMERSAIS DE PROFUNDIDADE NA COSTA NORDESTE E ILHAS OCEÂNICAS DO BRASIL”.

Lista de figuras – Capítulo I

Figura 1- Mapa da região nordeste do Brasil com destaque para área de amostragem demersal de profundidade na costa de Pernambuco (7°15'45"-9°28'18"S e 34°48'35"- 41°19'54"W). O retângulo branco realça a região do talude. Fonte: Google Earth	22
Figura 2- Representação gráfica dos aparelhos de pesca. (A) espinhel, (B) armadilhas de fundo <i>padrão II</i> . *A ilustração não representa a escala real dos elementos.	22
Figura 3- Localização dos pontos de coletas de profundidade no talude continental de Pernambuco, no período de outubro de 2014 a março de 2018. Os círculos vermelhos representam os lances de pesca.	24
Figura 4- Distribuição mensal de captura das espécies de elasmobrânquios da costa de Pernambuco, no período de outubro de 2014 a março de 2018.	24
Figura 5- Representantes da fauna de elasmobrânquios capturados nas prospecções realizadas na costa do Estado de Pernambuco. Carcharhiniformes: (A) <i>Carcharhinus signatus</i> ; (B) <i>Mustelus canis</i> ; (C) <i>Scyliorhinus</i> sp.; Hexanchiformes: <i>Heptranchias perlo</i> (D); Squaliformes: (E) <i>Cirrhigaleus asper</i> , (F) <i>Squalus cubensis</i> e (G) <i>Squalus bahiensis</i> . Escala= 10 cm, exceto pra <i>Scyliorhinus</i> sp. (escala = 5 cm).	25
Figura 6- Indivíduo macho de <i>Carcharhinus signatus</i> . O círculo salienta o aparelho reprodutor e a seta a margem livre do cláspere.	26
Figura 7- Cláspere de <i>Mustelus canis</i> capturado na costa de Pernambuco. Escala = 10cm.	27
Figura 8- Fêmea imatura de <i>C. asper</i> capturada na costa de Pernambuco em processo de evisceração e respectivos ovários.	28
Figura 9- Registro fotográfico do cláspere não calcificado (A) e completamente calcificado (B) de machos de <i>C. asper</i> capturados na costa de Pernambuco.	28
Figura 10- Aparelho reprodutor e respectivos embriões de fêmeas maternas de <i>Squalus bahiensis</i> , em diferentes estágios de desenvolvimento, capturadas na costa de Pernambuco. G.O. – Glândula Oviducal, OV – Ovário, UT – Útero, VI – Vitelo.	29

Lista de tabelas – Capítulo I

Tabela 1- Lista de espécies de elasmobrânquios de profundidade capturados na costa de Pernambuco no período de outubro de 2014 a março de 2018. CT - comprimento total (cm); Mín. – Mínimo; Máx. – Máximo; Méd. – Médio.....	23
Tabela 2- Elasmobrânquios demersais de profundidade retidos para coleções zoológicas. F – fêmea; M – macho; CT – comprimento total (cm); MZUSP - Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo; MOCH - Museu de Oceanografia Prof. Petrônio Alves Coelho da Universidade Federal de Pernambuco.	31

Sumário

Agradecimentos	vi
Lista de figuras – Capítulo I	viii
Lista de tabelas – Capítulo I	ix
Resumo	xii
Abstract.....	xiii
Apresentação	xiv
Capítulo I – Tubarões de águas profundas de Pernambuco: Prospecções pesqueiras, biodiversidade e aspectos reprodutivos	14
Introdução	14
Objetivos	20
Metodologia	20
Biodiversidade e aspectos reprodutivos.....	23
<i>Carcharhinus signatus</i> (Poey, 1868).....	26
<i>Mustelus canis</i> (Mitchill, 1815).....	26
<i>Scyliorhinus</i> sp. Blainville, 1816.....	27
<i>Heptranchias perlo</i> (Bonnaterre, 1788)	27
<i>Cirrhigaleus asper</i> (Merrett, 1973)	28
<i>Squalus bahiensis</i> Viana, Carvalho e Gomes, 2016	29
<i>Squalus cubensis</i> Howell Rivero, 1936	29
Biodiversidade, Conservação e Coleções científicas.....	30
Referências.....	31
Capítulo II - Morphological and molecular analyses of the Cuban dogfish <i>Squalus cubensis</i> Howell Rivero, 1936 (Squaliformes: Squalidae) in the southwestern Atlantic Ocean.	39
Funding Information	39
Abstract.....	39
Introduction.....	40
Materials and Methods.....	42
Results.....	44
Discussion.....	54
Acknowledgements.....	56
Significance Statement	56

References.....	57
APPENDIX 1.....	61
Capítulo III - The northernmost geographic limit, additional description and genetic analyses of the Northeastern Brazilian dogfish, <i>Squalus bahiensis</i> (Squaliformes: Squalidae).....	63
Abstract.....	63
Background.....	63
Materials and Methods.....	64
Results.....	65
Discussion	67
References.....	73
Capítulo IV – Estutura populacional e biologia reprodutiva do cação bagre de Cuba capturado em Pernambuco, Brazil.....	75
Introdução	75
Metodologia	76
Resultados	78
Discussão	85
Conclusão.....	87
Referências.....	87
Considerações Finais	90
Coparticipações em linhas de pesquisa relacionadas	91
Apêndices	92
I. Autorização para atividades com finalidade científica – SISBIO	92
II. Supplementary material <i>Squalus cubensis</i>	93
III. Supplementary material <i>Squalus bahiensis</i>	94

Resumo

O presente estudo objetivou identificar as espécies de elasmobrânquios demersais de profundidade capturadas no talude continental do Estado de Pernambuco e analisar a distribuição e abundância relativa, correlacionando as mesmas com informações biológicas sobre a reprodução, com foco nas espécies da família Squalidae. As capturas foram realizadas entre as latitudes 7°15'45"-9°28'18"S e as longitudes 34°48'35"- 41°19'54"W, nordeste do Brasil, com base em prospecções pesqueiras realizadas entre 2014 e 2018, utilizando armadilhas de fundo (covos) e espinhel de fundo em profundidades entre 200 a 600 m. Foram capturados 261 exemplares, representados por sete espécies, pertencentes a três ordens. Todos os Squaliformes pertenciam a família Squalidae e apresentaram o maior número de indivíduos: *Squalus cubensis* (47,5%), *Squalus bahiensis* (20,1%) e *Cirrhigaleus asper* (9,3%). A ordem Carcharhiniformes teve um representante para as famílias Carcharhinidae, *Carcharhinus signatus* (1,1%), Triakidae, *Mustelus canis* (1,9%), e Scyliorhinidae, *Scyliorhinus* sp. (19,7%). Já a ordem Hexanchiformes foi representada por um único exemplar da espécie *Heptranchias perlo* (0,4%). Exemplares de todas as espécies, ou partes destes, foram retidos para composição de coleções científicas ou didáticas. As espécies *Squalus bahiensis* e *S. cubensis* tiveram seus códigos genéticos acessados e disponibilizados na base de dados Barcode of Life Data (BOLD), constituindo cerca de 50 novas sequências do gene cytochrome c oxidase subunit I (COI). Essas duas espécies tiveram a extensão da área de ocorrência devidamente registrada. Cento e dez indivíduos de *S. cubensis* tiveram seus aspectos reprodutivos avaliados. Diferenças estatisticamente significativas em relação ao gênero não foram observadas para o total de animais capturados, nem tão pouco para aqueles que estavam capazes de se reproduzir ou eram embriões. As fêmeas encontraram-se em cinco estágios maturacionais e os machos em quatro, não sendo observado nenhum animal em repouso. O comprimento total dos exemplares examinados variou de 231 mm a 860 mm (\bar{x} = 613 mm) para fêmeas, e de 244 mm a 542 mm (\bar{x} = 485 mm), para os machos. As fêmeas apresentaram picos reprodutivos em abril e novembro. O tamanho de primeira maturação das fêmeas foi estimado em 571,4 mm, enquanto que dos machos o valor médio foi igual a 452,1 mm. O estudo revela uma população adulta nas profundidades de captura, o que pode revelar sítios de agregações reprodutivas. Este estudo revela a importância biológica do talude superior de Pernambuco como *hotspots* ecológicos, servindo de base para estratégias de manejo e conservação no Atlântico tropical.

Palavras-chave: DNA barcoding, mar profundo, oceano Atlântico, reprodução.

Abstract

The present study aimed to identify deep-water elasmobranch species caught in the breakdown continental slope off Pernambuco State and to analyze their distribution and relative abundance, correlating them with biological aspects of reproduction, with emphasis on Squalidae family. Catches were made between the coordinates 7°15'45"-9°28'18"S and 34°48'35"- 41°19'54"W, northeastern Brazil, based on deep-sea fishing surveys conducted between 2014 and 2018 using as fishing gear bottom longlines and traps (covos) at depths ranging from 200 to 600 m. A total of 261 specimens were collected, represented by 7 species, belonging to 3 orders. All Squaliformes specimens belonged to Squalidae family and show the largest number of individuals: *Squalus cubensis* (47.5%), *Squalus bahiensis* (20.%) and *Cirrhigaleus asper* (9.3%). The order Carcharhiniformes had representative for Carcharhinidae, Triakidae and Scyliorhinidae family: *Carcharhinus signatus* (1.1%), *Mustelus canis* (1.9%) and *Scyliorhinus* sp. (19.7%), respectively. The order Hexanchiformes was represented by a single specimen, the Hexanchidae *Heptranchias perlo* (0.4%). Samples of all species, or subsamples of them, were retained to compose scientific or didactic collections. *Squalus bahiensis* and *S. cubensis* species had their genetic codes accessed and made available in the Barcode of Life Data (BOLD), constituting about 50 new sequences of the cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene. These two species had the range limit extended. Biological analyzes of *Squalus cubensis* were performed to 110 individuals, being 55 females and 53 males. Significant statistical differences were not related to gender of the total catch, mature individuals or embryos. Females were found in five maturation stages and males in four, with no animals at regenerating or regressing. The total length (TL) ranged from 231 mm to 860 mm (\bar{x} = 613 mm) for females, and from 244 mm to 542 mm (\bar{x} = 485 mm), for males. Females showed reproductive peaks in April and November. The first maturation size of females was estimated at 571.4 mm TL, while for males the average value was 452.1 mm TL. The study reveals an adult population on the depths of capture, which may reveal sites of reproductive aggregations. This study reveals the biological importance of the upper slope of Pernambuco as ecological hotspots, serving as a basis for management and conservations strategies in the tropical Atlantic.

Key words: DNA, deep-sea, Atlantic Ocean, reproduction

Apresentação

A presente tese de doutorado está organizada em quatro capítulos cujo correspondem a uma introdução à pesquisa e a biodiversidade dos tubarões de profundidade de Pernambuco e três artigos científicos que foram gerados a partir dos resultados obtidos com as espécies mais abundantes. Ao final é apresentada as conclusões gerais e, na sequência, uma breve perspectiva de trabalhos adicionais desenvolvidos pelos colaboradores, além das autorizações para atividades com finalidade científica (nº 39978-5) e os números de acesso no Genbank, no caso do material de genética.

O capítulo I “Tubarões de águas profundas de Pernambuco: Prospecções pesqueiras, biodiversidade e aspectos reprodutivos” é composto pela introdução, que por sua vez, contextualiza o oceano profundo, as prospecções de profundidade com ênfase para as amostragens de ictiofauna e a inserção dos elasmobrânquios neste contexto; objetivos da pesquisa; material e métodos; e, para finalizar, os resultados acerca da biodiversidade de tubarões amostrada abordando os aspectos reprodutivos das espécies menos abundantes, além do registro dos exemplares, ou partes destes, que foram retidos em coleções zoológicas.

O capítulo II consiste no artigo intitulado “Morphological and molecular analyses of the Cuban dogfish *Squalus cubensis* Howell Rivero 1936 (Squaliformes: Squalidae) in the southwestern Atlantic Ocean”, submetido no periódico *Journal of Fish Biology*. Já o capítulo III corresponde ao artigo “The northernmost range limit, further description and genetic analyses of the Northeastern Brazilian dogfish, *Squalus bahiensis* (Squaliformes: Squalidae)”, que será submetido ao periódico *Zootaxa*, e aborda os aspectos taxonômicos das espécies de *Squalus* que ocorrem na costa de Pernambuco. Juntos, os trabalhos acrescentam cerca de 50 novas sequências de DNA barcoding à base de dados do Barcode of Life Database (BOLD) o que dá suporte ao desenvolvimento de diversos outros trabalhos com genética molecular, no mundo inteiro.

O capítulo IV inclui o artigo intitulado “Population structure and reproductive biology of Cuban dogfish caught off the coast of Pernambuco, Brazil”, que será submetido para o periódico *Journal of Fish Biology* (JFB). O artigo aborda aspectos da biologia reprodutiva do cação bagre de Cuba, uma espécie pertencente a um complexo grupo taxonômico e que recentemente, dentro da referida tese, teve seu registro de ocorrência efetivamente confirmado para a região.

Os artigos foram escritos com o propósito principal de contribuir para uma melhor compreensão dos aspectos ecológicos dos elasmobrânquios de profundidade, produzindo e disponibilizando informações sobre biodiversidade e ecologia das espécies.

Capítulo I – Tubarões de águas profundas de Pernambuco: Prospecções pesqueiras, biodiversidade e aspectos reprodutivos

Introdução

Zonação Marinha

O ecossistema marinho tem uma série de características que o torna distinto com o aumento da profundidade e, conseqüentemente, com o distanciamento da costa e diminuição da luminosidade. As divisões clássicas do ecossistema pelágico são: região Nerítica, que se estende desde a linha da maré alta até ao final da plataforma continental, e região Oceânica. Baseado na luminosidade absorvida de acordo com a profundidade é possível observar três regiões distintas: zona Fótica (Epipelágica: 0 – 200 m), zona de Penumbra (Mesopelágica: 200 – 1.000 m) e zona Afótica (Batipelágica: 1.000 – 2.000 m, Abissal: 2.000 – 6.000 m e Hadal: 6.000 – 11.000 m) (GAGE e TYLER, 1991).

Consensualmente, o início do Mar Profundo é definido pelo fim da plataforma e início do talude continental, a partir dos 200 m de profundidade (GAGE e TYLER, 1991). Essa região, que engloba a zona de penumbra na qual mesmo havendo penetração de luz deixa de existir energia solar suficiente para a realização plena da fotossíntese, corresponde a mais de 90% de toda superfície ocupada pelo mar (COLAÇO et al., 2017).

Além da escassez da luz e da dependência da camada fótica para a produção de biomassa fotossintetizante, o aumento da pressão e a homogeneidade nos valores de salinidade e temperatura são características dessa região. Outra particularidade é a concentração de oxigênio dissolvido que tende a diminuir entre os 150 m e 1.500 m de profundidade, atingindo uma quantidade tão baixa que origina a chamada Zona de Oxigênio Mínimo. Logo após essa camada, correntes profundas carregadas de oxigênio misturam-se e aumentam a concentração deste, não o constituindo como fator limitante já que a densidade de organismos no mar profundo é baixa. (COLAÇO et al., 2017). Na ausência de luz, as fontes hidrotermais alicerçam verdadeiros oásis no meio dos oceanos mediante a produção primária por bactérias quimiossintetizantes (CASTELL e KRUG, 2015), compondo um ecossistema ainda mais singular.

Ambiente de propriedades e formas de vida peculiares, os oceanos profundos são considerados fontes de recursos e serviços ecossistêmicos e, provavelmente, um grande

repositório da biodiversidade. Avaliar a sua vulnerabilidade é, portanto, crucial para a definição de ações de gestão específicas que visem a sua preservação e sustentabilidade.

Prospecções de profundidade

No início do século XIX não era fácil acreditar que com a escuridão intensa, baixas temperaturas e alta pressão fosse possível existir vida a muitos metros abaixo da superfície do mar. Em 1843, o cientista britânico Edward Forbes, após prospecções a bordo do *HMS Beacon* (Her/His Majesty's Ship - navio de sua majestade) nos Mares Mediterrâneo e Egeu, observou que a abundância da vida era inversamente proporcional ao aumento da profundidade e, a partir disto, ele deduziu que deveria existir pouca ou nenhuma vida abaixo dos 550 m de profundidade, postulando assim, a Hipótese Azóica (do grego "a"=negação, "zôion"= ser vivo) (FORBES, 1843).

Apesar da teoria azóica, que persistiu por cerca de duas décadas, na metade do século XVIII já haviam evidências que provavam o contrário. Em 1810 o francês Antoine Risso (1777-1845) deu início a uma geração de taxonomista, dos quais também se destacam o zoólogo alemão Albert Gunther (1830-1914) e os americanos Samuel Garman (1843-1927) e Charles Gilbert (1859-1928), que contribuíram efetivamente para a ampliação na quantidade de novas descrições para espécies de peixes de profundidade (PRIEDE, 2017).

Como primeiro marco nesta trajetória, Risso (1810, 1826), além de acrescentar mais 21 novas espécies de peixes de profundidade, estabeleceu que os peixes são capazes de viver em profundidades superiores aos 2.000 m, identificou estratos de profundidade e observou o potencial comercial para a exploração da ictiofauna de profundidade, incluindo descrições dos métodos de captura (PRIEDE, 2017).

Cronologicamente, Gunther é o segundo grande destaque nas descobertas de espécies de profundidade realizadas em meados do século XIX. Ele foi o responsável por analisar as amostras da viagem do *HMS Challenger* (1872-1876), expedição que percorreu 127.600 km nos oceanos Atlântico, Pacífico, Índico e Antártico e coletou informações abióticas nas Fossas Marianas - Oceano Pacífico - em uma profundidade de 8.184 m, estabelecendo as bases para a oceanografia moderna (PRIEDE, 2017).

Antes da *Challenger Expedition* apenas 37 espécies de peixes de profundidade eram conhecidas. Gunther (1877) descreveu cerca de 25% dos 610 novos táxons coletados nesta expedição, demonstrando que a diversidade diminui com o aumento da profundidade ao registrar 232 espécies na faixa de profundidade entre 183 e 500 metros e apenas 23 espécies

entre 3.660 e 5.300 metros. Ele também classificou 385 espécies, que ocorrem a mais de 550 m de profundidade, como formas de vida verdadeiramente abissais (PRIEDE, 2017).

Por sua vez, Garman e Gilbert, em uma série de expedições a bordo do *United States Fish Commission Steamers (USFCS) Albatross*, contribuíram com o acréscimo de quase 350 novas espécies de profundidade no Oceano Pacífico. A série de viagens em regiões até então inexploradas descobriu mais espécies de peixes de águas profundas do que jamais alcançada por qualquer outro navio (PRIEDE, 2017).

A segunda metade do século XX testemunhou uma explosão extraordinária no desenvolvimento de métodos científicos e instrumentações. Nos anos após a Segunda Guerra Mundial, em razão dos avanços nas tecnologias dos sistemas de sondagens do assoalho oceânico juntamente com o aprimoramento das técnicas de captura, navios de diversas nacionalidades passaram a investigar os ecossistemas de águas profundas, contribuindo assim, para uma melhor compreensão da vida no planeta.

No Brasil, as iniciativas relacionadas as prospecções de profundidade datam da segunda metade do século XIX, na passagem da *Challenger Expedition* (1873) pelo Oceano Atlântico. Os relatórios da expedição mencionam coletas de amostras bióticas e abióticas nos arredores do Arquipélago de São Pedro e São Paulo e de Fernando de Noronha até Salvador-Bahia, passando ao longo do litoral de Pernambuco (LOPES, 2018). Como resultado, várias espécies de foram descritas por Gunther com base no material biológico coletado por esta expedição, incluindo a primeira espécie de peixe de oceano profundo descrita no país.

Depois dessa expedição, foi apenas no século XX que outros navios estrangeiros de pesquisa começaram a explorar melhor os oceanos profundos em territórios brasileiros. A exemplo do *M/V (motor vessel) Oregon II*, navio exploratório da *United States Fish and Wildlife Service (USFWS)*, que alcançou o largo da foz do rio Amazonas (GRACE, 1998) e realizou coletas além dos 400 m de profundidade (IWAMOTO e ARAI, 1987).

Outro grande marco nas prospecções de profundidade do país foram os cruzeiros oceanográficos realizados em 1987 pelo *R/V (Research Vessel) Marion Dufresne* cujo se constituiu na primeira expedição direcionada para ictiofauna demersal profunda em águas brasileiras. Por meio de redes e dragas foram coletadas amostras em até 5.092 m de profundidade nas encostas dos montes submarinos da cadeia de Abrolhos e na planície abissal em torno das ilhas da Trindade e Martin Vaz. Sendo registrado, inclusive, a captura de elasmobrânquios [*Bathyraja schroederi* (Krefft, 1968)], até os 2.380 m de profundidade (SÉRET e ANDREATA, 1992). A amostragem proporcionou um acréscimo no número de espécies que tiveram seu primeiro registro para o Atlântico, ou para o Brasil, além das diversas

novas espécies que foram descritas. Esta década (1980), também foi marcada por um aumento considerável nas pesquisas envolvendo os Chondrichthyes, duplicando a quantidade de publicações de registros formais de espécies de peixes cartilagosos marinhos no Brasil (ROSA e GADIG, 2014), com as espécies de águas profundas tendo respondido pela maior parcela desse incremento (e. g. CARVALHO et al., 2005; RINCÓN et al., 2001; SOTO, 2001 a, b).

Na década de 1990, o Brasil, ao assinar, em 1982, e ratificar, em 1988, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, assumiu uma série de direitos e deveres frente as comunidades nacional e internacional. Dentre tais compromissos, destacaram-se aqueles relacionados à exploração, aproveitamento, conservação e gestão sustentável dos recursos vivos na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) (MMA). As informações aportadas pelo *Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva* (REVIZEE) representaram uma importante contribuição ao conhecimento para as áreas de oceanografia física, química, geológica e biológica. No âmbito do REVIZEE foram estimadas a biodiversidade marinha (e.g. COELHO-FILHO, 2006; LESSA et al., 1999), assim como a potencialidade de novos recursos pesqueiros que permitissem o rendimento máximo sustentável (RMS) (e.g. HAIMOVICI e VELASCO, 2001; VIANA et al., 2003).

Apesar do importante progresso relativo ao conhecimento sobre as espécies de profundidade alcançado pelo Programa REVIZEE, uma das suas recomendações foi exatamente o aprofundamento dos estudos acerca da biologia e da dinâmica populacional das espécies de águas profundas, visto que os recursos demersais presentes no talude continental permanecem ainda largamente desconhecidos e inexplorados (BOECKMAN et al., 2001).

Na região Nordeste, além do Programa REVIZEE e alguns esforços pontuais, o conhecimento acerca da ictiofauna do mar profundo são destacados pelos trabalhos recentes de duas grandes instituições: a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Com a colaboração de diversas universidades brasileiras, a UFRN desenvolveu o projeto de *Monitoramento Ambiental Marinho da Bacia Potiguar* com o objetivo de caracterizar a biodiversidade do talude continental do Estado. No contexto do projeto foram realizados 33 arrastos entre as profundidades de 150 a 2.000 m e contabilizados 160 táxons de Teleósteos e seis de Chondrichthyes (OLIVEIRA et al. 2015).

Já as expedições do projeto *Acoustics along the BRAzilian COaSt* (ABRACOS), coordenado pelo Dr. Arnaud Bertrand da *Marine Biodiversité, Exploitation et Conservation* e desenvolvido em parceria com a UFRPE, consistiram em traçar uma caracterização 3D dos

compartimentos abióticos e bióticos e suas respectivas interações, visando melhorar a compreensão do grau de conectividade entre as ilhas oceânicas e a margem continental no Nordeste do Brasil (e.g. ASSUNÇÃO et al., 2020). Nesta conjuntura, amostragens in situ de organismos planctônicos, pelágicos e demersal-bentônicos foram combinadas com observações acústicas (e.g. EDUARDO et al., 2019; 2020) (BERTRAND, 2015).

Embora os oceanos correspondam a mais de 70% da superfície da Terra, em pleno século XXI, sua região profunda ainda permanece, em grande parte, oculta. Segundo Nelson (2006), existem cerca de 30.000 espécies de peixes descritas cientificamente e o conhecimento da ictiofauna de profundidade corresponde a aproximadamente 15% deste total (PRIEDE, 2017). As informações aportadas até então representam uma importante contribuição ao conhecimento deste grupo zoológico, contudo já se sabe que ecossistemas das plataformas do mar profundo constituem-se como principal depósito de biomassa (COLAÇO et al, 2017) prenunciando um grande repositório de biodiversidade ainda desconhecida.

Tubarões de Profundidade

Pertencentes à classe Chondrichthyes e à subclasse Elasmobranchii, os tubarões e raias são peixes com esqueleto cartilaginoso (BIGELOW e SCHROEDER, 1953; COMPAGNO, 2005) que ocupam uma vasta gama de habitats, incluindo ambientes fluviais, estuarinos e marinhos, costeiros e oceânicos, pelágicos e demersais, águas rasas e mares profundos (CAMHI et al., 1998; COMPAGNO, 1991; HOLMGREN e NILSSON, 1999). A história de vida de um organismo é determinada pelas características biológicas do seu ciclo de vida e pelas estratégias que influenciam a sua sobrevivência e reprodução. Tubarões e raias são caracterizados, em geral, por apresentarem baixa fecundidade, ciclo de vida longo, reprodução complexa e maturação tardia, além de serem k-estrategistas e ocuparem o topo da cadeia trófica (STEVENS et al., 2000). Este conjunto de características resulta em baixo potencial reprodutivo e baixa taxa intrínseca de crescimento populacional (HOENING e GRUBER, 1990; SMITH et al., 1998). Informações detalhadas sobre a história de vida e dinâmica reprodutiva dos elasmobrânquios, entretanto, estão disponíveis apenas para algumas espécies, principalmente para aquelas de maior importância comercial. Tal fato é resultado tanto da baixa prioridade dada à pesquisa de peixes cartilagosos, quanto da dificuldade considerável de coleta de dados para muitas espécies, particularmente para aquelas com distribuição restrita a ambientes de águas profundas (CAILLIET et al., 2005).

Segundo Weigmann (2016) foram descritas cientificamente 1.188 espécies de Chondrichthyes no mundo, compreendendo 16 ordens, 61 famílias e 199 gêneros. O grupo das

raias apresenta a maior riqueza com no número de espécies (630), seguida pelos tubarões (509) e quimeras (49). As ordens de tubarão mais representativas foram *Carcharhiniformes* e *Squaliformes* com, respectivamente, 284 e 119 espécies. Do total de espécies, 190 (16%) tem registro de ocorrência para a região sudoeste do Oceano Atlântico, sendo 166 espécies marinhas e 24 espécies ducíolas.

Tomando-se como ponto de partida a monografia Fauna Braziliense de Miranda Ribeiro (1907) e analisando-se as principais publicações produzidas no Brasil e em outros países americanos, com respeito ao número de espécies de tubarões, raias e quimeras registradas na costa brasileira, um levantamento acerca da diversidade deste grupo foi elaborado por Rosa e Gadig (2014). Nesta compilação faunística, os autores registraram a ocorrência de 12 ordens, 36 famílias, 79 gêneros e 165 espécies, incluindo, pelo menos, 15 espécies não descritas e/ou ainda não identificadas de forma conclusiva. Tratando-se apenas de espécies marinhas, o índice de diversidade é semelhante em ambos os trabalhos.

Das 165 espécies registradas por Rosa e Gadig (2014), 69 são de profundidade, ou seja, tem seu ciclo de vida prioritariamente abaixo dos 200 m de profundidade. Em um levantamento realizado por Rincon et al (2017), além dessas, mais nove espécies foram contabilizadas, totalizando 78 espécies de tubarões, raias e quimeras de profundidade o que corresponde a 45% do total de Chondrichthyes registrado para o país. Resultado similar a taxa mundial para as espécies de Chondrichthyes que habitam o oceano profundo (REFERENCIAR).

Resultante, em sua maior parte do REVIZEE, o conhecimento acerca da diversidade de elasmobrânquios de profundidade no Brasil ainda é fragmentado, baseando-se principalmente em registros ocasionais provenientes da pesca comercial ou científica, de forma que a fauna acompanhante de elasmobrânquios dessas pescarias é constituída de espécies com aspectos biológicos e ecológicos ainda pouco conhecidos.

Em Pernambuco, praticamente todos os levantamentos de espécies até hoje realizados têm se concentrado em áreas rasas, não avançando para águas profundas, de forma que o atual conhecimento sobre a fauna de profundidade é ainda bastante incipiente. Assim sendo, no âmbito do PROJETO ECOLOGIA E PESCA DE ESPÉCIES PELÁGICAS OCEÂNICAS E DEMERSAIS DE PROFUNDIDADE NA COSTA NORDESTE E ILHAS OCEÂNICAS DO BRASIL fomentado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), este trabalho visa analisar as espécies de elasmobrânquios demersais de profundidade (>200m) do talude continental do Estado de Pernambuco, a fim de identificar as espécies capturadas e analisar as suas distribuições batimétricas e abundâncias relativas,

correlacionando as mesmas com informações biológicas, a fim de contribuir para uma maior compreensão dos processos ecológicos dos ecossistemas de águas profundas de Pernambuco.

Objetivos

Objetivo geral

Identificar as espécies de elasmobrânquios demersais de profundidade capturadas na no talude continental do Estado de Pernambuco e analisar a sua distribuição e abundância relativa, correlacionando as mesmas com informações biológicas sobre a reprodução, com foco nas espécies da família Squalidae, em razão da grande lacuna de informações ainda existente sobre elas.

Objetivos específicos

- Identificar as espécies de elasmobrânquios capturadas com espinhel e armadilhas de fundo em águas profundas (200 – 600 m) no talude pernambucano;
- Avaliar a estrutura da população com base no tamanho (morfometria), sexo e variações espaciais e sazonais, com foco nas espécies da família Squalidae;
- Descrever o ciclo reprodutivo das espécies da família Squalidae.

Metodologia

Área de Estudo

A fisiografia dos fundos marinhos brasileiro é marcada por uma plataforma continental com amplitudes de comprimento variando entre 8 km, ao largo de Salvador, e 330 Km, na foz do Rio Amazonas; talude continental com declividade média de 4 a 5°, sendo alguns trechos profundamente escavados (canyons e vales) e outros com grandes extensões aplainadas, como os platôs marginais de São Paulo e de Pernambuco; e, por fim, o sopé continental, cuja transição do talude decorre suavemente a partir do intervalo 2.800-3.600 m de profundidade. A partir daí inicia a bacia oceânica propriamente dita (COUTINHO, 2000).

A plataforma continental do Estado de Pernambuco apresenta, na sua quase totalidade, largura reduzida (média de 35 km), declive suave, quebra da plataforma entre 50-60 m de profundidade, águas relativamente quentes, salinidade elevada (MANSO et al., 2003) e o fundo de algas calcárias domina a área. Já o talude continental é muito abrupto em sua parte superior assumindo a inclinação mais suave a partir de 500 m (KEMPF, 1970). Na área correspondente

ao platô de Pernambuco a plataforma alcança 46 km de largura, com declividade mínima 1,5 m/Km, nível superior situado entre 700 e 1.250 m de profundidade, além de um terraço inferior entre 2.000 e 2.400 m. Neste trecho, a largura do talude, que varia de 56 a 140 km, atinge sua maior amplitude (COUTINHO, 2000).

As operações de pesca foram realizadas entre outubro de 2014 e março de 2018, no talude continental, a cerca de 35 km da costa de Pernambuco ($7^{\circ}15'45''$ - $9^{\circ}28'18''$ S e $34^{\circ}48'35''$ - $41^{\circ}19'54''$ W) (Fig. 1), a bordo do Barco de Pesquisa “Sinuelo”, que possui 13 m de comprimento, 3,40 m de boca, motor: MWM 6c-229, e capacidade da urna de 4.000 kg, com autonomia para navegação na plataforma e no talude continental.

Métodos de Coleta

Foram utilizados dois aparelhos de pesca diferentes: espinhel e armadilhas de fundo (Fig. 2). O espinhel, do tipo horizontal de fundo, era composto por 25 linhas secundárias de poliamida (PA) de 200 mm, com linha principal de poliamida de 12 mm de diâmetro e anzóis 13/0 e 9/0, com distância de 4 m. Dois tipos de armadilhas de fundo foram utilizados: Padrão I e Padrão II. O *padrão I*, utilizado no Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE) na região Nordeste, foi empregado nos três primeiros anos de coleta. O *padrão II* seguiu o modelo usado pelo Projeto TAMAR. No primeiro, a estrutura das armadilhas era de ferro galvanizado, com tela em poliamida 210/36, malha de 10 mm entre nós, e dimensões de 200 x 90 cm (grande), 120 x 60 cm (média) e 100 x 60 cm (cônico-redonda), dispostas alternadamente na sequência: grande, média e redonda, distando 20 m uma da outra. As armadilhas do padrão II eram de formato cilíndrico, estrutura de ferro galvanizado com revestimento em PVC, diâmetro do fio de 2,5 mm, dimensões de 120 x 60 cm, coberta por tela de poliamida com malha de 10 mm entre nós. Como isca foram utilizadas a sardinha, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) ou a cavalinha, *Scomber scombrus* Linnaeus, 1758.

O lançamento dos aparelhos de pesca era efetuado no início da manhã e/ou no cair da tarde, sendo recolhidos após um tempo de imersão médio de dez horas (+/-2). Em cada lançamento foram anotadas as coordenadas geográficas, a data e a hora de início e do fim do lançamento e do recolhimento, profundidade (m), tipo de aparelho de pesca e o tempo de imersão.



Figura 1- Mapa da região nordeste do Brasil com destaque para área de amostragem demersal de profundidade na costa de Pernambuco ($7^{\circ}15'45''$ - $9^{\circ}28'18''$ S e $34^{\circ}48'35''$ - $41^{\circ}19'54''$ W). O retângulo branco realça a região do talude. Fonte: Google Earth

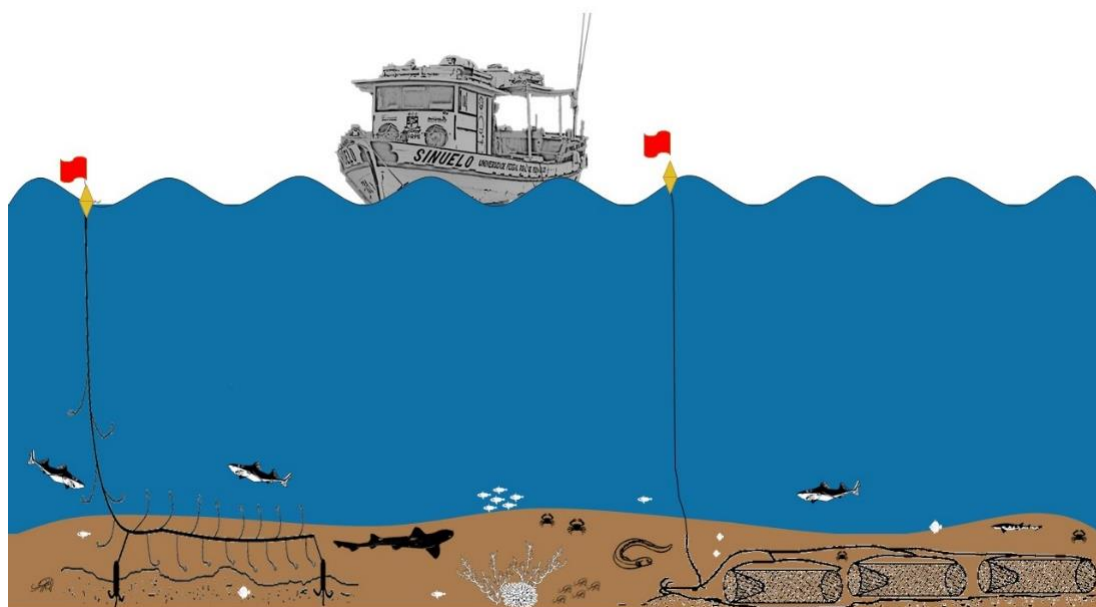


Figura 2- Representação gráfica dos aparelhos de pesca. (A) espinhel, (B) armadilhas de fundo padrão II. *A ilustração não representa a escala real dos elementos.

Identificação

Todos os indivíduos capturados foram acondicionados em gelo e transportados para o Laboratório de Oceanografia Pesqueira (LOP) da Universidade Federal Rural de Pernambuco

(UFRPE). Os espécimes foram identificados até o menor *táxon* possível, utilizando-se as chaves de Bigelow e Schroeder (1953), Compagno (2001), FAO (2015), Gomes et al (2010), Last et al., (2007), Soares et al. (2015) e Viana et al. (2016). Após a identificação, todos os exemplares foram etiquetados, medidos (comprimento total- CT e padrão- CP, em cm), pesados (peso total- PT e eviscerado- PE, em gramas) e sexados. Espécimes-testemunho foram fixados em formol a 10% e conservados em álcool 70% para que fossem depositados em coleções zoológicas e didáticas. Todos os demais foram eviscerados para retirada do aparelho digestório, aparelho reprodutor, vertebra/espinho, além de amostras de tecido muscular (1 cm²) e nadadeira para análise genética.

Biodiversidade e aspectos reprodutivos

Ao longo de 24 cruzeiros foram efetuados 52 lances de pesca, nos quais sete espécies foram capturadas, totalizando 261 exemplares. *Squalus cubensis* (47%) foi o táxon que apresentou o maior número de indivíduos, seguidos pelos *Scyliorhinus* sp. e *Squalus bahiensis* (ambos com 20%) e *Cirrhigaleus asper* (9%). As espécies *Mustelus canis*, *Carcharhinus signatus* e *Heptranchias perlo* corresponderam a 3% do total (Tab. 1, Fig. 3 a 5).

Tabela 1- Lista de espécies de elasmobrânquios de profundidade capturados na costa de Pernambuco no período de outubro de 2014 a março de 2018. CT - comprimento total (cm); Mín. – Mínimo; Máx. – Máximo; Méd. – Médio.

Nome Científico	Família	N	Frequência Relativa (%)	CT Mín.	CT Máx.	CT Méd.
<i>Carcharhinus signatus</i>	Carcharhinidae	003	01,16	112,8	135,7	123,9
<i>Mustelus canis</i>	Triakidae	005	01,93	103,5	112,5	108,0
<i>Scyliorhinus</i> sp.	Scyliorhinidae	052	19,69	28,8	53,8	43,1
<i>Heptranchias perlo</i>	Hexanchidae	001	00,39	-	-	98,5
<i>Cirrhigaleus asper</i>	Squalidae	024	09,27	57,8	107,6	93,4
<i>Squalus cubensis</i>	Squalidae	124	47,49	22,7	86,0	54,22
<i>Squalus bahiensis</i>	Squalidae	052	20,08	46,6	91,2	79,80

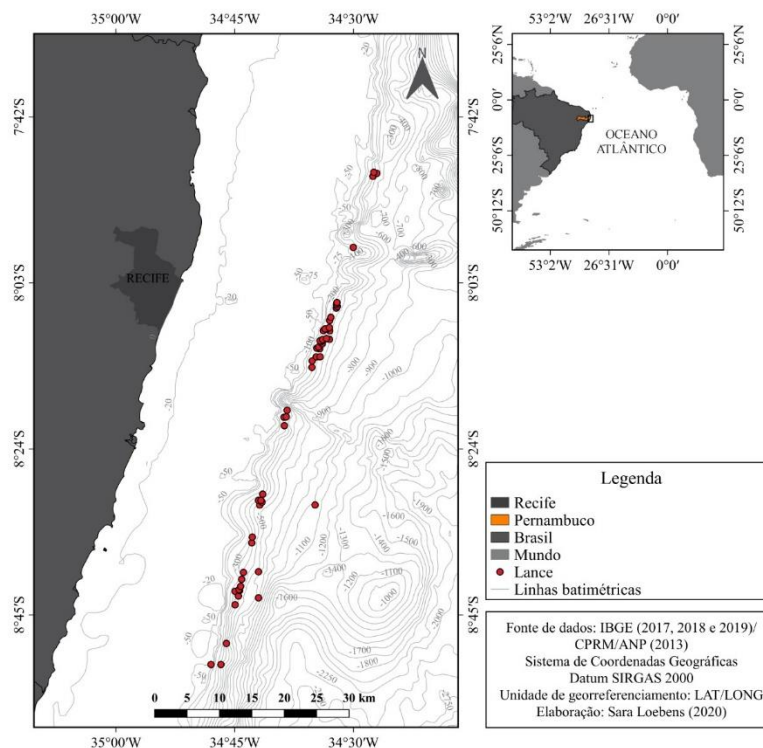


Figura 3- Localização dos pontos de coletas de profundidade no talude continental de Pernambuco, no período de outubro de 2014 a março de 2018. Os círculos vermelhos representam os lances de pesca.

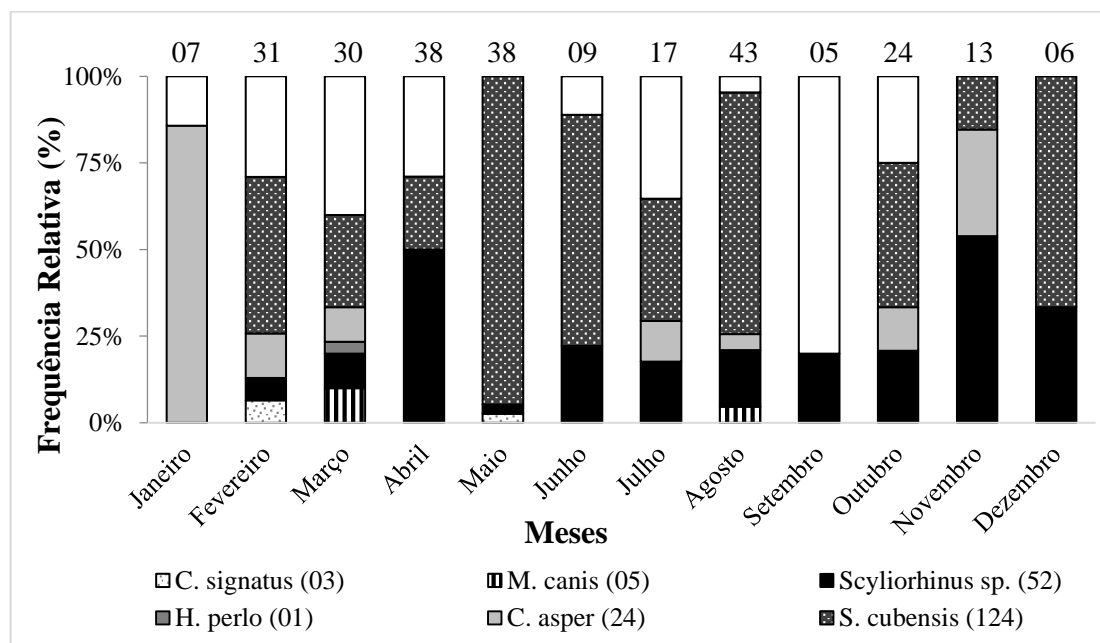


Figura 4- Distribuição mensal de captura das espécies de elasmobrânquios da costa de Pernambuco, no período de outubro de 2014 a março de 2018.

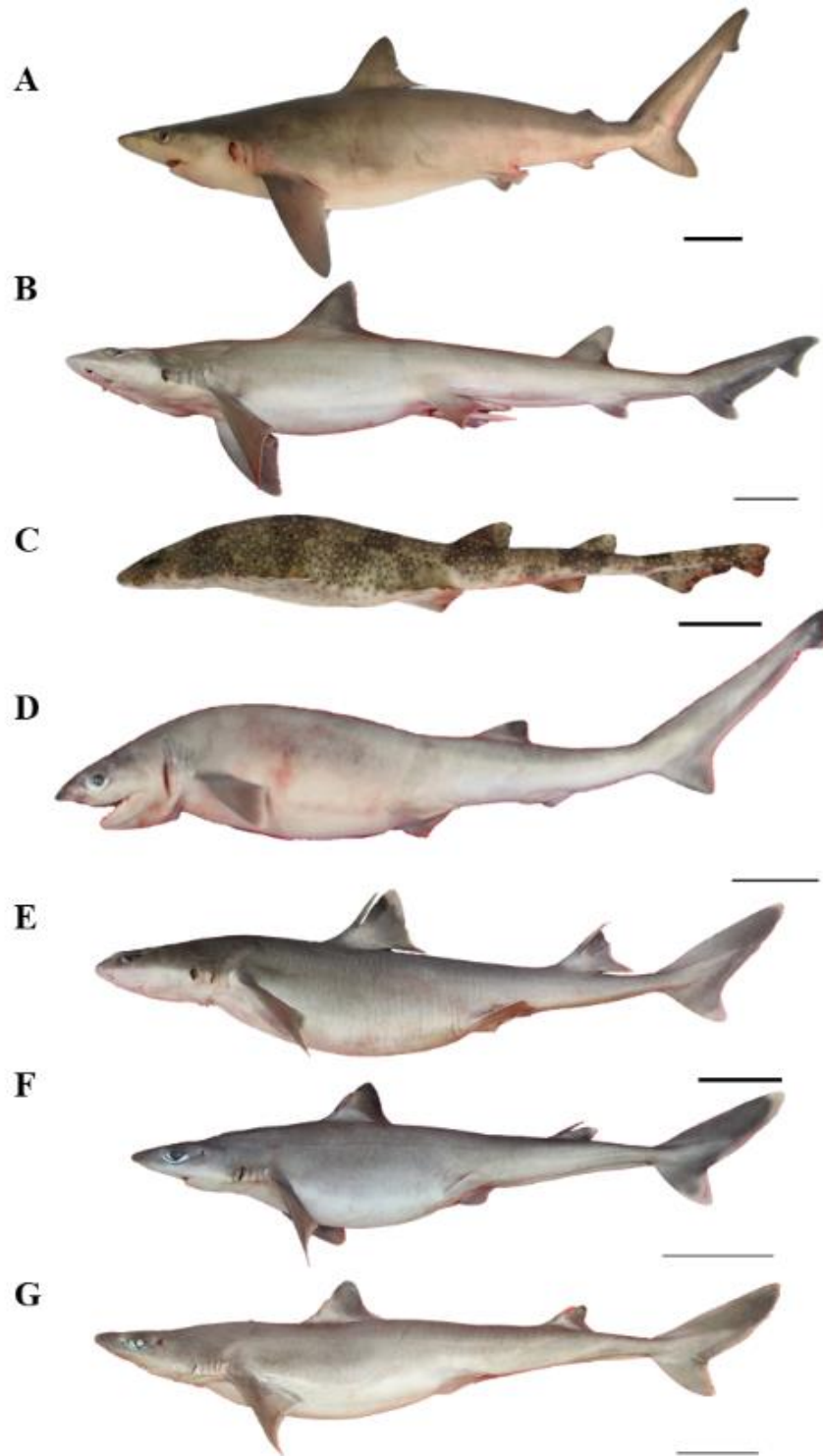


Figura 5- Representantes da fauna de elasmobrânquios capturados nas prospecções realizadas na costa do Estado de Pernambuco. **Carcharhiniformes:** (A) *Carcharhinus signatus*; (B) *Mustelus canis*; (C) *Scyliorhinus* sp.; **Hexanchiformes:** *Heptranchias perlo* (D); **Squaliformes:** (E) *Cirrhigaleus asper*, (F) *Squalus cubensis* e (G) *Squalus bahiensis*. Escala= 10 cm, exceto pra *Scyliorhinus* sp. (escala = 5 cm).

Carcharhinus signatus (Poey, 1868)

Os indivíduos dessa espécie foram capturados nos meses de fevereiro e maio, entre 200 e 267 m de profundidade, com espinhel horizontal, incluindo 1 fêmea e 2 machos, todos juvenis com comprimento total (CT) e peso total (PT) variando respectivamente entre 112,8 e 135,7 cm e 8,4 e 14,1 kg. A fêmea apresentou as glândulas oviduciais indiferenciadas do oviduto, com ovários filiformes e úteros imaturos. Os machos tinham cláster flexível, com margem livre reduzida, testículos ainda pouco diferenciados do órgão epigonal, ampola do ducto deferente vazia e epidídimo pouco desenvolvido. É possível observar uma grande quantidade de órgão epigonal (Fig. 6).



Figura 6- Indivíduo macho de *Carcharhinus signatus*. O círculo salienta o aparelho reprodutor e a seta a margem livre do cláster.

Mustelus canis (Mitchill, 1815)

Assim como *C. signatus*, a abundância relativa de *M. canis* foi bastante reduzida, com apenas 5 indivíduos do sexo masculino, representando menos do que 2% da elasmofauna capturada. Os indivíduos foram pescados nos meses de março e agosto, entre 354 e 400 m de profundidade, apenas com espinhel horizontal. Todos os indivíduos encontravam-se maduros, com cláster bem desenvolvido (Fig. 7) e CT variando entre 103,5 e 112,5 cm (Tab. 1).

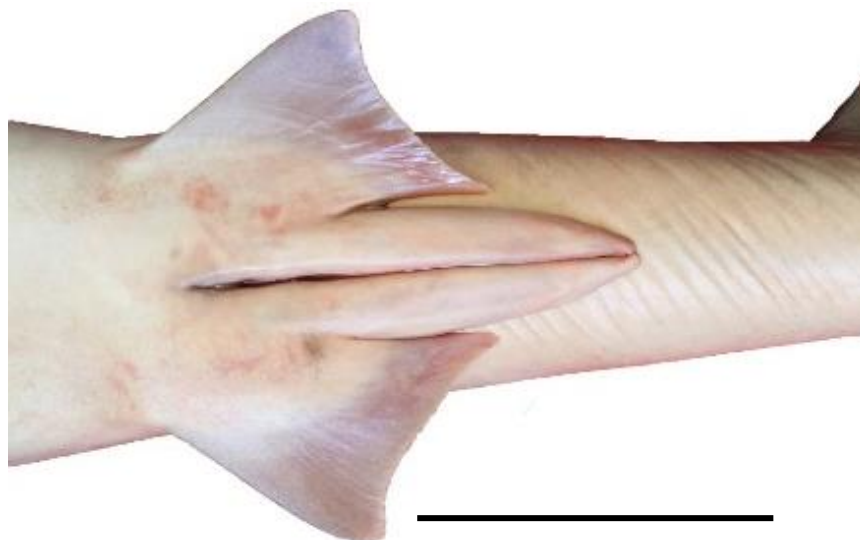


Figura 7- Clásper de *Mustelus canis* capturado na costa de Pernambuco. Escala = 10cm.

Scyliorhinus sp. Blainville, 1816

Foram capturados 52 indivíduos de *Scyliorhinus* sp., com CT variando entre 28,8 e 53,8 cm. Os machos foram fortemente predominantes nas capturas, resultando em uma proporção sexual de 1:2. Do total de indivíduos coletados, 5 foram retidos para coleção e os demais foram eviscerados para análise dos aspectos reprodutivos. As fêmeas (19) em sua maioria estavam imaturas (9), uma estava em desenvolvimento, quatro estavam aptas a se reproduzir e 2 apresentavam ovário com ovócitos em regressão e úteros flácidos caracterizando o estágio de pós-postura. Entre os machos (33) prevaleceram os indivíduos maduros (18), com cláspers completamente calcificados, testículos bem desenvolvidos, com pouco ou nenhum órgão epigonal e presença de líquido seminal. Apenas um exemplar encontrava-se em estágio de desenvolvimento, enquanto 14 estavam imaturos, com cláspers não calcificados e ausência de líquido seminal.

Heptranchias perlo (Bonnaterre, 1788)

Apenas uma fêmea dessa espécie foi amostrada tendo sido retida para coleção. O espécime, com 98,5 cm de CT, foi capturado no mês de março com espinhel horizontal, em uma profundidade de 354 m. Segundo Paul e Fowler (2003) a espécie é ovovivípara, com tamanho de primeira maturação das fêmeas variando entre 90,0 e 105,0 cm de CT, o que significa que a fêmea capturada se encontrava possivelmente madura.

Cirrhigaleus asper (Merrett, 1973)

As capturas dessa espécie foram realizadas em profundidade entre 229 e 500 m, nos meses de janeiro a março, julho, agosto, outubro e novembro, utilizando tanto o espinhel (18) quanto o covo (6). Foram capturados 24 indivíduos desta espécie, dos quais dois machos e duas fêmeas foram retidos para coleção. O CT dos espécimes variou entre 57,8 e 107,6 cm, com um CT médio de 93,5 cm tanto para os machos, quanto para as fêmeas. Todas as fêmeas (10) se encontravam em estágio inicial de maturação, com o ovário pouco desenvolvido e os úteros e glândulas oviduciais ainda indiferenciados (Fig. 8). Já entre os machos, apenas três indivíduos estavam imaturos, com cláspes não calcificados ou parcialmente calcificados, enquanto os demais (10) já estavam maduros com cláspes completamente calcificados e presença de líquido seminal (Fig. 9).

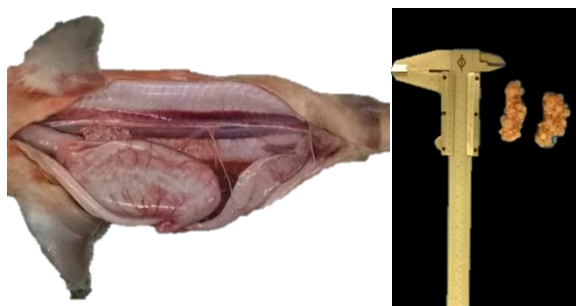


Figura 8- Fêmea imatura de *C. asper* capturada na costa de Pernambuco em processo de evisceração e respectivos ovários.

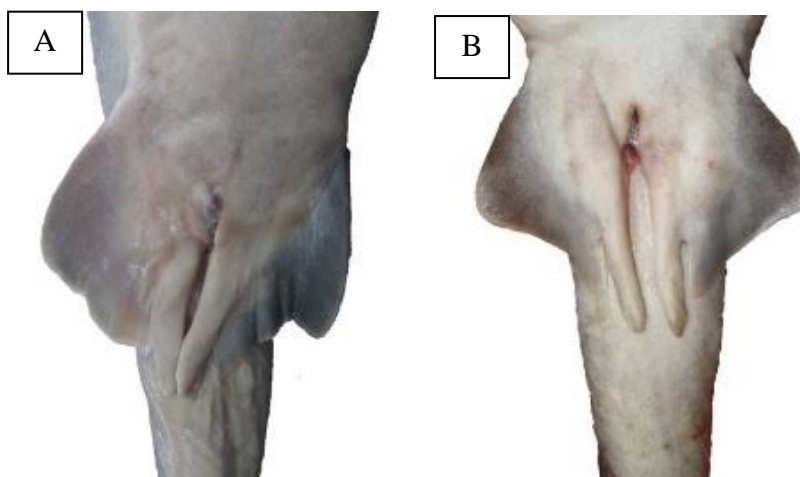


Figura 9- Registro fotográfico do cláspes não calcificado (A) e completamente calcificado (B) de machos de *C. asper* capturados na costa de Pernambuco.

Squalus bahiensis Viana, Carvalho e Gomes, 2016

Foram capturados 52 indivíduos, sendo 30 com espinhel e 22 com armadilhas, na faixa de profundidades entre 233 e 412 m. A proporção sexual foi de 17 fêmeas para 1 macho, havendo uma predominância clara das fêmeas. Seis espécimes-testemunho (quatro fêmeas e dois machos) foram depositados em coleções zoológicas e didáticas. O único exemplar macho eviscerado foi capturado em abril, apresentando peso total de 500 g e comprimento total de 46,6 cm, já se encontrando sexualmente maduro, com o cláster completamente calcificado e aparelho reprodutor apto a se reproduzir. Os outros machos retidos mediam 51,1 e 72,0 cm de CT, apresentando cláster semelhante ao eviscerado. As fêmeas (49) tiveram o CT variando de 57,6 a 91,2 cm, e PT entre 859,7 e 3.600,0 g. Apenas 9% delas estavam imaturas, com as demais já tendo atingido a fase adulta, encontrando-se aptas a se reproduzir. As fêmeas maternas representaram 86% da amostra e apresentaram de 1 a 5 ovos ou embriões em cada útero, sendo mais comum apresentar 3 ou 4 (Fig 10). Eles estavam presentes em todos os meses com exceção de maio, novembro e dezembro, período no qual não houve captura da espécie.

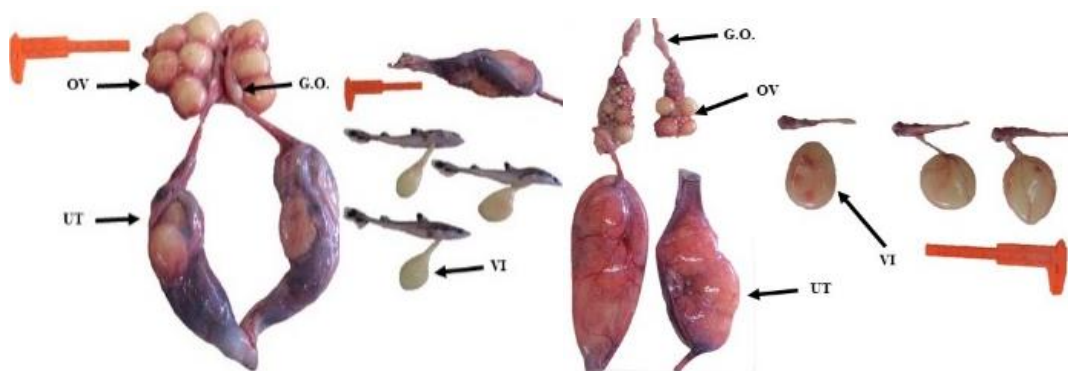


Figura 10- Aparelho reprodutor e respectivos embriões de fêmeas maternas de *Squalus bahiensis*, em diferentes estágios de desenvolvimento, capturadas na costa de Pernambuco. G.O. – Glândula Oviducal, OV – Ovário, UT – Útero, VI – Vitelo.

Squalus cubensis Howell Rivero, 1936

Os indivíduos dessa espécie foram os mais abundantes, razão pela qual serão tratados de forma mais detalhada no terceiro capítulo.

Biodiversidade, Conservação e Coleções científicas

O termo biodiversidade, “diversidade biológica”, refere-se à variedade de vida na Terra em todos os seus níveis, desde a variação genética aos ecossistemas de que fazem parte, podendo abranger os processos evolucionários, ecológicos e culturais que sustentam a vida (DIRZO e MENDOZA, 2008).

O Brasil está localizado na região Neotropical, destacada como a mais rica e diversificada do mundo para diversos grupos de animais (MARQUES e LAMAS 2006; MITTERMEIER, 1988). Nas últimas décadas houve um declínio da biodiversidade em todo o mundo (FIGUEIRÓ e ARNÓBIO, 2011), com o Brasil, que responde por cerca de 20% desta diversidade, tendo sido um dos mais afetados (ARANDA, 2014).

A biodiversidade constitui o objeto de estudo de pesquisadores em todo o mundo, que têm, nas coleções científicas, uma de suas principais fontes de informação (PRUDENTE, 2003). Organizadas de maneira sistemática, as coleções científicas disponibilizam um grande volume de informações, desde a procedência do material até a sua identificação taxonômica, constituindo, assim, um acervo de grande valor para os estudos de caracterização da biodiversidade e dos impactos ambientais enfrentados pelos mais variados ecossistemas. Peixoto (2012) estima que 26 milhões de espécimes estejam retidos em coleções no Brasil.

Vários esforços têm sido empenhados em todo o mundo com o objetivo de amplificar o conhecimento acerca dessa fauna de águas profundas (AGUZZI et al., 2019; CARVALHO-FILHO et al., 2011; FUJITA et al., 1993; ROSS e QUATTRINI, 2007; SOARES et al., 2016), apesar das dificuldades logísticas envolvidas na exploração desse ambiente. Mais recentemente, trabalhos realizados na esfera do Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE) e outros projetos de pesquisa (e.g. COSTA et al., 2005, 2007; FIGUEIREDO et al., 2002; MELO 2007; MELO et al., 2009; MINCARONE et al., 2008; NUNES et al., 2016, 2017; PAIVA et al., 2011; PIRES et al., 2019) ampliaram de forma significativa o conhecimento da fauna de profundidade e sua biologia em águas brasileiras.

No intuito de tornar acessível para estudos futuros, exemplares (ou parte destes) de todas as espécies foram depositados como espécimes-testemunho em coleções zoológicas e didáticas. No total, 26 indivíduos inteiros e 4 partes rígidas (condrocânio e cintura pélvica) provenientes do presente estudo foram retidos no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e do Museu de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (MOCH- UFPE), assim como da coleção didática do

Núcleo de Educação Ambiental (NEA) do Laboratório de Oceanografia Pesqueira (LOP) da UFRPE (Tab. 2).

Tabela 2- Elasmobrânquios demersais de profundidade retidos para coleções zoológicas. F – fêmea; M – macho; CT – comprimento total (cm); MZUSP - Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo; MOCH - Museu de Oceanografia Prof. Petrônio Alves Coelho da Universidade Federal de Pernambuco.

Espécie	Quantidade	CT (Min. – Max.)	Item	Instituição Destinatária
<i>Carcharhinus signatus</i>	1M	135,7	Cabeça	UFRPE
<i>Mustelus canis</i>	1M	112,5	Exemplar	MOCH
<i>Scyliorhinus</i> sp.	1M	48,5	Exemplar	MZUSP
	2M	37,4 – 51,7	Exemplar	MOCH
	1F, 1M	36,7 – 45,9	Exemplar	UFRPE
<i>Heptranchias perlo</i>	1F	98,5	Exemplar	MOCH
<i>Cirrhigaleus asper</i>	1F, 1M	94,5 – 106,8	Exemplar	MZUSP
	3F, 1M	84,5 – 107,6	Condrocânio	UFPB
	1F, 1M	57,8 – 88,0	Exemplar	MOCH
<i>Squalus bahiensis</i>	1F, 1M	72,0 - 82,5	Exemplar	MZUSP
	3F, 1M	51,1 – 84,8	Exemplar	MOCH
<i>Squalus cubensis</i>	2F, 2M	24,8 – 60,4	Exemplar	MZUSP
	3F	55,9 – 62,0	Exemplar	MOCH
	1F, 1M	50,7 – 59,5	Exemplar	UFRPE

Referências

AGUZZI, J.; CHATZIEVANGELOU, D.; MARINI, S.; FANELLI, E.; DANOVARO, R.; FLÖGEL, S.; LEBRIS, N.; JUANES, F.; DE LEO, F.C.; DEL RIO, J.; THOMSEN, L. New high-tech flexible networks for the monitoring of deep-sea ecosystems. **Environmental science & technology**. May 10;53(12):6616-31. 2019.

ARANDA, A.T. Coleções Biológicas: conceitos básicos, curadoria e gestão, interface com a biodiversidade e saúde pública. In: III Simpósio sobre a biodiversidade da mata atlântica. Santa Teresa. **Anais**. Santa Teresa – ES, 2014. p. 45-56.

ASSUNÇÃO, R.V.; SILVA, A.C.; ROY, A.; BOURLÈS, B.; SILVA, C.H.S.; TERNON, J-F.; ARAUJO, M.; BERTRAND, A. 3D characterisation of the thermohaline structure in the southwestern tropical Atlantic derived from functional data analysis of in situ profiles. **Progress in Oceanography**, Volume 187, 102399, 2020. ISSN 0079-6611. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102399>.

BERTRAND, A. ABRACOS cruise, RV Antea. 2015. <https://doi.org/10.17600/15005600>

BIGELOW, H.B.; SCHROEDER, W.C. **Fishes of the Western North Atlantic: sawfishes, guitarfishes, skates and rays. Part 2.** New Haven, Connecticut: Memoir Sears Foundation for Marine Research. 587 p. 1953.

BOECKMAN, C.E.; HAZIN, F.H.V.; HAZIN, H.G. Distribuição e abundância relativa de peixes demersais capturados na costa brasileira, entre São Luís (MA) e Cabo Frio (RJ). **Boletim Técnico Científico CEPENE**, v.9, n.1, p.205-226. 2001.

CAILLIET, G.M.; MUSICK, J.A.; SIMPFENDORFER, C.A.; STEVENS, J.D. Ecology and life history characteristics of Chondrichthyan fish. In: FOWLER, S.L.; CAVANAGH, R.D.; CAMHI, M.; BURGESS, G.H.; CAILLIET, G.M.; FORDHAM, S.V.; SIMPFENDORFER, C.A.; MUSICK, J.A. Sharks, rays and chimaeras: the status of the Chondrichthyan fishes. IUCN SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 2005. Chapter 3. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2005.SSC-AP.9.en ISBN: 2-8317-0700-5

CAMHI, M.; FOWLER, S.; MUSICK, J.; BRÄUTIGAM, A.; FORDHAM, S. Sharks and their Relatives Ecology and Conservation. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 20. 1998. Disponível em: <<https://portals.iucn.org/library/efiles/edocs/ssC-OP-020.pdf>> Acesso em: 10 outubro 2015

CARVALHO, M.R.; GOMES, U.L.; GADIG, O.B.F. Description of a new species of skate of the genus *Malacoraja* Stehmann, 1970: the first species from the southwestern Atlantic Ocean, with notes on generic monophyly and composition (Chondrichthyes: Rajidae). **Neotropical Ichthyology**, v.2005, n. 2, p.238-259, 2005.

CARVALHO-FILHO, A.; MARCOLVALDI, G.; PAIVA, M.I. *Asarcenchelys longimanus* (Ophichthidae: Myrophinae), two additional specimens and range extension in the south-western Atlantic. **Marine Biodiversity Records**. 2011

CASTELL, J.P.; KRUG, L.C. **Introdução às ciências do mar**. Editora Textos. 2015

COELHO-FILHO, P.A. Checklist of the Decapods (Crustacea) from the outer continental shelf and seamounts from Northeast of Brazil – REVIZEE Program (NEIII). *Zootaxa* 1184:1-27. 2006.

COLAÇO, A.; CARREIRO e SILVA, M.; GIACOMELLO, E.; GORDO, L.; VIEIRA, A.; ADÃO, H.; GOMES-PEREIRA, J.; MENEZES, G.; BARROS, I. **Ecosistemas do Mar Profundo**. DGRM, Lisboa, Portugal. 2017. E-book disponível em www.sophia-mar.pt. ISBN 978-989-99601-8-3

COMPAGNO, L.; DANDO, M.; FOWLER, S.L. **A field guide to the sharks of the world**. London: Harper Collins Publishers. 2005.

COMPAGNO, L.J.V. **FAO species catalogue**. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2 - Carcharhiniformes. FAO Fish. Synop. (125), 1984. 2001.

COMPAGNO, L.J.V. The evolution and diversity of sharks. In: GRUBER, S. H. (Ed.). *Discovering Sharks*. American Littoral Society, v. 14, p. 15-22. 1991.

COSTA, P.A.S.; BRAGA, A.C.; MELO, M.R.S.; NUNAN, G.W.A.; MARTINS, A.S.; OLAVO, G. Assembleias de teleósteos demersais no talude da costa central brasileira. In: COSTA, P.A.S.; OLAVO, G.; MARTINS, A.S. *Biodiversidade da fauna marinha profunda na costa central brasileira*. Rio de Janeiro: Museu Nacional (Série Livros n.24), 2007. p.87-107.

COSTA, P.A.S.; MARTINS, A.S.; OLAVO, G. Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira. 1ª ed. Rio de Janeiro: Museu Nacional, v. 1, 248 p. 2005. ISBN 85-7427-008-3

COUTINHO, P.N. Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil. **Programa Revizee (Oceanografia geológica)**. 2000.

DIRZO, R.; MENDONZA, E. Biodiversity, In: JØRGENSEN, S.E.; FATH, B.D. *Encyclopedia of Ecology*, Academic Press, Pages 368-377, ISBN 9780080454054. 2008. <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00460-2>.

EDUARDO, L.N.; BERTRAND, A.; MINCARONE, M.M.; SANTOS, L.V.; FRÉDOU T.; ASSUNÇÃO, R.V.; SILVA, A.; MÉNARD, F.; SCHWAMBORN, R.; LE LOC'H, F.; LUCENA-FRÉDOU, F., Hatchetfishes (Stomiiformes: Sternoptychidae) biodiversity, trophic ecology, vertical niche partitioning and functional roles in the western Tropical Atlantic, *Progress in Oceanography*, Volume 187, 102389, 2020. ISSN 0079-6611

EDUARDO, L.N.; VILLARINS, B.T.; MARTINS, J.R.; LUCENA-FRÉDOU, F.; FRÉDOU T.; LIRA, A.S.; TRAVASSOS, P.E.; BERTRAND, A.; MINCARONE, M.M. Deep-sea oceanic basslets (Perciformes, Howellidae) from Brazil: new records and range

extensions. **Check List**, 15(6), 965-971. 2019. Publisher's official version: <https://doi.org/10.15560/15.6.965>

FAO - Identification guide to the deep-sea cartilaginous fishes of the Southeastern Atlantic Ocean. FishFinder Programme, by EBERT, D.A.; MOSTARDA, E. Rome, Italy. 2015.

FIGUEIREDO, J.L.; SANTOS, A.P.; YAMAGUTI, N.; BERNARDES, R.A.; ROSSI-WOMGTSCHOWSKI, C.L.D.B. Peixes da Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil; levantamento com rede de meia água. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 242 p. 2002.

FIGUEIRÓ, R.; ARNÓBIO, A. Environment & Health: Perspectives and Challenges. **Revista Práxis**, 6: 49-53. 2011.

FORBES, E. Report on the Mollusca and Radiata of the Aegean Sea: and on their Distribution, *Considered as Bearing on Geology*. 1843.

FUJITA, T.; INADA, T.; ISHITO, Y. Density, biomass and Community structure of demersal fishes off the Pacific coast of northeastern Japan, **Journal of Oceanography**, v. 49, p. 211-229. 1993.

GAGE, J.D.; TYLER, P.A. Deep-Sea Biology: A natural history of organisms of the deep-sea floor. **Cambridge University Press**. 504 p. 1991.

GOMES, U.L.; SIGNORI, C.N.; GADIG, O.B.F.; SANTOS, H.R.S. **Guia para Identificação de tubarões e raias o Rio de Janeiro**. Technical Books Editora. 1ª edição. 2010.

GRACE, M. Cruise Results: Coastal Shark Assessment. NOAA Ship Oregon-II. Cruise OT-98-02 (231). Pascagoula, MS: NOAA, NMFS Southeast Fisheries Science Center. 1998.

GUNTHER, A. LVI.—Preliminary notes on new fishes collected in Japan during the expedition of HMS 'Challenger'. **Journal of Natural History**. 1877 Nov 1;20(119):433-46.

HAIMOVICI, M.; VELASCO, G. A pesca de espinhel de fundo no sul do Brasil em 1997 e 1998. Rio Grande: Ed. FURG, 2001. 26p.; 21 cm. – (Série Documentos Técnicos). ISSN 0101-7748

HOENING, J.M.; GRUBER, S.H. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. In PRATT, H.L.; GRUBER, S.H.; TANIUCHI, T. Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries. Proceedings of the Second United States–Japan Workshop East–West Center, Honolulu, Hawaii, 9–14 December 1987, pp. 1–16. NOAA Technical Report NMFS 90. 518 pp. 1990.

HOLMGREN, S.; NILSSON, S. Digestive system. In: HAMLETT, W. C. Sharks, Skates and Rays: the biology of elasmobranch fishes. Baltimore: The John Hopkins, University Press. p. 144 - 173. 1999.

IWAMOTO, T.; ARAI, T. A New Grenadier *Malacocephalus okamurai* (Pisces: Gadiformes: Macrouridae) from the Western Atlantic. **Copeia**. 1987. 204. 10.2307/1446054.

KEMPF, M. A plataforma continental de Pernambuco (Brasil). Nota preliminar sobre a natureza do fundo. **Trabalhos de Oceanografia**, Universidade Federal de Pernambuco, (9/11):111-124. 1970.

LAST, P.R.; WHITE, W.T.; POGONOSKI, J.J.; GLEDHILL, D.C.; YEARSLEY, G.K.; WARD, R.D. Part 1 — Application of a rapid taxonomic approach to the genus *Squalus*. In: LAST P.R.; WHITE W.T.; POGONOSKI J.J. Descriptions of new dogfishes of the genus *Squalus* (Squaloidea: Squalidae). CSIRO Marine and Atmospheric Research, Hobart, pp. 01–10. 2007.

LESSA, R; SANTANA, F.M; RINCO, G; GADIG, O.B.F; EL-DEIR, A.C.A. Biodiversidade de elasmobrânquios do Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Recife – PE. 1999

LOPES, M.M. The Challenger Deep–Sea Expedition (1872-1876) in Brazil: the circulation of news and knowledge. In: ABDON M.; AMILHAT A.; BADCOCK S.; BEAUREPAIRE P.; BERTRAND G.; BLAIS H.; BOUTIER J.; BRIZAY F.; BUCCARO A.; BURKARDT A.; FEDELE M.; FIORELLI V.; INFELISE M.; ISABELLA M.; MANTELLI B.; MASCILLI L.; MILANI G.; MINUTI R.; PEROCCO D.; RAINA D.; SABBA F.; SACAREAU I.; SCILLITANI L.; TAMISARI F.; TYLUSIŃSKA-KOWALSKA A.; VENAYRE S.; VIAL E. The scientific dialogue linking America, Asia and Europe between the 12th and the 20th Century: Theories and techniques travelling in space and time. **Fabio D'Angelo Naples, Associazione culturale Viaggiatori**, Ebook/Collection Curatele, 1 ISBN 9788894361209 doi.org/10.26337/2532-7623/LOPES Pgs 118 – 132. 2018.

MANSO, V.D.; CORREA, I.C.; GUERRA, N. Morfologia e sedimentologia da plataforma continental interna entre as Praias Porto de Galinhas e Campos-Litoral Sul de Pernambuco, Brasil. **Pesquisas em geociências**. 2003 Dec 31;30(2):17-25.

MARQUES, A.C.; LAMAS, C.J.E. Taxonomia zoológica no Brasil: estado da arte, expectativas e sugestões de ações futuras. **Papéis Avulsos de Zoologia**, 46: 139-174. 2006.

MELO, M.R.S. A new synphobranchid eel (Anguilliformes: Synphobranchidae) from Brazil, with comments on the species from the western South Atlantic. **Copeia**, v. 2, p. 315–323. 2007.

MELO, M.R.S.; NUNAN, G.W.A.; BRAGA, A.C.; COSTA, P.A.S. The deep-sea Anguilliformes and Saccopharyngiformes (Teleostei: Elopomorpha) collected on the Brazilian continental slope, between 11° and 23° S. **Zootaxa**, v. 2234, p. 1–20. 2009.

MINCARONE, M.; NIELSEN, J.G.; COSTA, P.A.S. Deep-sea ophidiiform fishes collected on the Brazilian continental slope, between 11° and 23°S. **Zootaxa**, v. 1770, p. 41–64. 2008.

MIRANDA RIBEIRO, A. Fauna Braziliense. Peixes II (Desmobranchios). *Archivos do Museu Nacional*, 14: 129-217. 1907.

MITTERMEIER, R.A. Primate Diversity and the Tropical Forest Case Studies from Brazil and Madagascar and the Importance of the Megadiversity Countries. In WILSON E.O.; PETER F.M. Biodiversity. Washington (DC): National Academies Press (US); 1988.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha/programa-revizee/item/7598.html>

NELSON, J.S. Fishes of the world- 4th ed. 2006 ISBN-13: 978-0-471-25031-9

NUNES, D.; FERREIRA, R.; HAZIN, F.; TRAVASSOS, P.; FIDELIS, J. Deep sea decapod crustaceans of São Pedro and São Paulo Archipelago, Equatorial Atlantic, Brazil. **Zootaxa**. 4324. 331-347. 2017. 10.11646/zootaxa.4324.2.6.

NUNES, D.; TRAVASSOS, P.; FERREIRA, R.; HAZIN, F. Distribution, relative abundance and diversity of deep-sea species at São Pedro and São Paulo Archipelago, Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**. 44. 228-237. 2016. 10.3856/vol44-issue2-fulltext-4.

OLIVEIRA, J.L., NÓBREGA, M.F., GARCIA JR, J., SAMPAIO, C.L.S., DI DARIO, F., FISCHER, L.G. AND MINCARONE, M.M. Biodiversidade marinha da Bacia Potiguar/RN. Peixes do Talude Continental. **Museu Nacional do Rio de Janeiro, Série Livros**, 55, p.218. 2015.

PAIVA, C.C.; ARAUJO, M.E.; CAIRES, R.A.; SALLES, R.; MEDEIROS, R.S.; LOTUFO, T.M.C. Six new records of deep-sea fish off north-eastern Brazil. **Marine Biodiversity Records**, v. 4, e.9, p. 1-5. 2011.

PEIXOTO, L.S. Primeira Coleção Didática de Zoologia da Universidade Federal da Integração Latino-Americana. Monografia Especialização em Ensino de Ciências, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. 40pp. 2012.

PIRES, A.M.; CARVALHO-FILHO, A.; FERREIRA, R.C.; VIANA, D.; NUNES, D.; HAZIN, F.H. Review of the Brazilian species of *Physiculus* (Gadiformes: Moridae), with

description of a new species from Saint Peter and Saint Paul Archipelago, equatorial Atlantic.

Zootaxa. Sep 16;4671(1):67-80. 2019

PRIEDE, I. G. **Deep-Sea Fishes: Biology, Diversity, Ecology and Fisheries**. 2017.

PRUDENTE, A. L. C. Coleções brasileira de Répteis. In: PEIXOTO, A. L. Coleções Biológicas de Apoio ao Inventário, Uso Sustentável e Conservação de Biodiversidade. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 228 pp e anexos. 2003.

RINCON, G., MAZZOLENI, R.C., PALMEIRA, A.R.O., LESSA, R. Deep-Water Sharks, Rays, and Chimaeras of Brazil. In: RODRIGUES-FILHO, L.F.; SALES, J.B.L. (Eds) Chondrichthyes - **Multidisciplinary Approach**. Intech. pp. 83–112. 2017. <https://doi.org/10.5772/intechopen.69471>

RINCON, G.; STEHMANN, M. F. W.; VOOREN, C. M. Results of the research cruises of FRV 'Walther Herwig' to South America. LXXIV. *Benthobatis krefftii* n. sp. (Chondrichthyes, Torpediniformes, Narcinidae), a new deep-water electric ray from off South Brazil and the third species of the genus. **Archive of Fishery and Marine Research**, Jena: Urban & Fischer Verlag, v. 49, n. 1, p. 45-60. 2001.

ROSA, R.S.; GADIG, O.B.F. Conhecimento da diversidade dos Chondrichthyes marinhos no Brasil: a contribuição de José Lima de Figueiredo. **Arquivos de Zoologia**. Vol. 45 (esp.): 89-104. 2014.

ROSS, S.W.; QUATTRINI, A.M. The fish fauna associated with deep coral banks off the southeastern United States. **Deep-Sea Research I**, v. 54, p. 975-1007. 2007.

SÉRET, B.; ANDREATA J.V. Deep-sea fishes collected during cruise MD-55 off Brazil. **Cybium** (Paris). 16(1):81-100. 1992.

SMITH, S.E.; AU, D.W.; SHOW, C. Intrinsic rebound potentials of 26 species of Pacific sharks. **Marine and Freshwater Research**, 49(7): 663–678. ISSN on-line: 2176-7793. 1998.

SOARES, K.D.A.; GADIG, O.F.B.; GOMES, U.L. *Scyliorhinus ugoi*, a new species of catshark from Brazil (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Scyliorhinidae). **Zootaxa** 3937 (2): 347-361. 2015.

SOARES, K.D.; GOMES, U.L.; DE CARVALHO, M.R. Taxonomic review of catsharks of the *Scyliorhinus haeckelii* group, with the description of a new species (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Scyliorhinidae). **Zootaxa**, 4066(5):501-34. 2016

SOTO, J.M.R. *Galeus mincaronei* sp. nov. (Carcharhiniformes, Scyliorhinidae), a new species of sawtail catshark from southern Brazil. **Mare Magnum** 1 (1): 11–18. 2001a.

SOTO, J.M.R. *Schroederichthys saurisqualus* sp. nov. Carcharhiniformes, Scyliorhinidae, a new species of catshark from southern Brazil, with further data on *Schroederichthys* species. **Mare Magnum**, 11: 37-50. 2001b.

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

VIANA, G.S.F., RAMOS-PORTO, M.; SANTOS, M.C.F.; SILVA, K.C.A.; CINTRA, I.H.A.; CABRAL, E.; TORRES, M.F.A.; ACIOLI, F.D. Caranguejos coletados no Norte e Nordeste do Brasil durante o programa REVIZEE (Crustacea, Decapoda, Bracgyura) **Boletim Técnico CEPENE**. 11(1): 117-144. 2003.

VIANA, S.T.; 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**, 4133 (1), 1-89. 2016. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4133.1.1>

WEIGMANN, S. Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. **Journal of Fish Biology**, 88(3):837-1037. 2016.

Capítulo II - Morphological and molecular analyses of the Cuban dogfish *Squalus cubensis* Howell Rivero, 1936 (Squaliformes: Squalidae) in the southwestern Atlantic Ocean.

Funding Information

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES - N°88882.158688/2014-01) and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - 426365/2018-6) provided financial support to this research.

Abstract

In this study, twenty seven specimens of the Cuban dogfish, *Squalus cubensis*, caught on the continental slope the northeast coast of Brazil, were identified by combining morphologic and genetic methodologies. The species is morphologically characterized by having a short snout ($PRN\ 4.5\% TL \leq INFL\ 4.9\% TL$), short dorsal fins, similar spine base width in both dorsal fins ($D1BS\ 1.0\% TL$ and $D2BS\ 0.9\% TL$). Dorsal caudal margin corresponding to approximately one-fifth of the TL (20.9%). The predominantly light-grey coloration on fresh specimens is uniform dorsally. The first dorsal fin is dark grey with a very narrow black apical margin and free rear tips with narrow white edge, being very similar to the second dorsal fin, except for the occasional presence, sometimes, of a white spot on the apex of the posterior margin. The caudal fin has a clearly defined white posterior margin, with a dark grey caudal bar at fork height and a slightly visible caudal stripe. Total vertebrae number (110-112) is relatively low, including exactly 41 monospondylous. The pairwise interspecific distance (COI) was 0.002 ± 0.002 between North Atlantic *S. cubensis* and the samples of the present study. Measurements and counts for examined specimens are provided and compared with those available in the literature.

Keywords: Brazil, DNA barcoding, Elasmobranchii, Taxonomy.

Introduction

Squaliformes is the second most diverse order of sharks, including six families and 140 species (Fricke et al., 2019). Members of the family Squalidae are characterized by the presence of spines in both dorsal fins and the absence of the anal fin (Compagno, 1984). It is the second most diversified family of the order (Fricke et al., 2019), including 39 species, holding the largest number of species described in the last decade, with 11 new descriptions (Daly-Engel et al. 2018; Долганов. 2019; Pflieger et al. 2018; Viana et al. 2016, 2017a, 2017b; White & Iglésias, 2011). With a highly conservative morphology, the genus *Squalus* Linnaeus, 1758 exhibits a great overlap of morphological characters (Last et al., 2007 a, c). Because of that, *Squalus* species are often recognized in groups - *Squalus acanthias* group, *S. megalops* group and *S. mitsukurii* group (Compagno et al., 2005) - according to morphometric and meristic characteristics, although these do not necessarily represent monophyletic groups.

Representatives of the “*S. megalops* group” are characterized by bilobate nostril, distance from snout tip to nostril (PRN) smaller than the distance from nostrils to upper labial furrow (INFL), pectoral fins with pointed free rear tips and a concave posterior margin, lower dorsal fins, unicuspid dermal denticles, and caudal fin with a white border on its posterior margin. In southwestern Atlantic Ocean (SWAO), specimens recorded of this group have been identified as *S. blainville* (Risso, 1827) (Ribeiro, 1907, 1923), *S. cubensis* Howell Rivero, 1936 (Bigelow & Schroeder, 1948; Sawdosky & Moreira, 1981), *S. megalops* (Macleay, 1881) (Hazin et al., 2006; Ivanoff & Vooren, 2015; Rosa & Gadig, 2014; Vooren & Kotas, 1985), and, more recently, as *S. albicaudus* Viana, Carvalho & Gomes, 2016 (Viana et al., 2016; Rincon et al., 2017). In addition, they have been recognized as a complex of species called “*megalops*” (Compagno et al., 2005) or “*megalops-cubensis*” (Last et al., 2007c).

Compagno et al. (2005) described the distribution of *Squalus blainville* as restricted to the Mediterranean Sea and Eastern Atlantic Ocean. *S. megalops* is the first species of the group to be reported in Australian waters (Last et al., 2007c). *S. cubensis* is recorded in the Caribbean, with its occurrence being extended to the coast of Brazil (Cadenat & Blache, 1981, Sadowsky & Moreira, 1981). *S. albicaudus*, in turn, occurs in warm tropical waters of Brazil coast, from the states of Bahia, Espírito Santo and São Paulo (Viana et al, 2016).

More recent taxonomic revisions of the genus *Squalus* resulted in the resurrection or re-description of several species (Duffy & Last 2007; Ebert et al., 2010; Last et al., 2007a; Viana & Carvalho 2016, 2018). In Brazil, the genus was recently revised by Viana et al. (2016), resulting in the description of four new species: *S. albicaudus*, *S. bahiensis*, *S. lobularis* e *S. quasimodo*; in addition to the confirmation of the occurrence of *S. acanthias* Linnaeus, 1758. This work, however, was largely based on samples from museum collections that did not allow molecular analysis and whose colouration and morphological measurements may differ considerably from fresh specimens.

In recent years, genetic markers have been widely used as a molecular tool for species identification (Torres et al. 2015, Serrano et al. 2018), helping to elucidate several taxonomic complex groups (e.g., Last et al., 2016; Lim et al., 2015; Marceniuk et al., 2019). Ward et al. (2007) used DNA barcoding to confirm the existence of a new species of *Squalus*, ratifying the efficiency of this tool to distinguish species in groups with a high morphological similarity. Naylor et al. (2012) and Veríssimo et al. (2016) assessed the DNA sequences of specimens of *Squalus* obtained from the southwestern Atlantic Ocean, although the voucher specimens do not have their species clearly defined.

Here, we assess the DNA barcoding of *Squalus cubensis*, species described almost a century ago and, until now, low understood, and provide a multi-tool approach, combining morphological, meristic and molecular tools, to reassert its records in the southwestern Atlantic.

Materials and Methods

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) of the Brazilian Ministry of the Environment (permit no. 39978-4 and 13843-1), Commission of Ethics on the Usage of Animals from the Federal Rural University of Pernambuco (license no. 044/2016; protocol no. 23082.025801/2015) approved data used in this research and capture methods.

Specimens were collected off Pernambuco (8,099°-8,172°S/ 34,534°- 34,570°W) (Figure 1), during five research cruises conducted between April 2017 and March 2018, in depths ranging from 200 to 400 m. All catches were made with cylindrical traps (120 cm height and 60 cm diameter), or by a demersal longline containing 50 hooks 9/0.



Figure 1. Geographical distribution of *S. cubensis* caught in the southwestern Atlantic (black triangles).

Morphometric measurements were made using a digital calliper, for sizes up to 150 mm, and by measuring tape, for larger, following Compagno et al (2005) and Last et al. (2007b), and were expressed as percentages of total length (% TL). The measurements (Appendix I) of adult specimens (**A**) were compared to *Squalus albicaudus* from the southwestern Atlantic Ocean, off Brazil (**B¹**), *S. cubensis* from the North Atlantic Ocean of Caribe (**D¹**) and Gulf of Mexico-GOM (**E¹**), provided by Viana et al. (2016); and to *S. cubensis* paratype MCZ 1461-S (**C²**), and *S. megalops* from Indo-Pacific Ocean, South-eastern Australia (**F²**), provided by Last et al. (2007c). In order to minimize the ontogenetic bias, whenever possible, juveniles were removed from the morphological analyses, which occurred for columns **A**, **B¹** and **C²**.

Due to a clear difference in the shape of the nostril, anterior nasal flap with rather large posterior secondary lobe, and tricuspid dermal denticles (Marouani et al., 2012), *S. blainville* was excluded from the comparative morphometric analyses.

The description of coloration follows Last et al. (2007b) based on fresh specimens, about 48h after capture, aiming to differentiate fresh samples from preserved ones. Vertebral meristic data (monospondylous; total, precaudal and caudal vertebrae) were obtained for five specimens using X-radiographs of Software ImageSuite V4. Of these, dermal denticles and tooth shape and row counts were taken directly from specimens or photographed by stereomicroscopy Leica EZ4W, according to Viana et al. (2016).

After measurement, the specimens were gutted for the collection of the reproductive organs, which were evaluated according to ICES (2012). Five specimens, however, were preserved whole in 10% formalin, at the ichthyologic collection of the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) and the Museu de Oceanografia Prof. Petrônio Alves Coelho (MOCH) of the Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). These include 514 mm female (MZUSP-125024), 614 mm female (MZUSP-125025), 620 mm female (216FC0218), 592 mm female (225FC0218) and 559 mm female (233FC0218). In addition to the morphometric and meristic data, genetic analyses of DNA barcoding were used for molecular identification of collected samples, with gene cytochrome c oxidase subunit I (COI).

All tissue samples were deposited at the Laboratório de Biologia e Genética de Peixes, Botucatu, Brazil (see Suppl.1). Total DNA was obtained using a DNeasy Blood and Tissue Kit (Qiagen, Hilden, Germany), following the manufacturer's instructions. Polymerase chain reaction of mitochondrial gene COI, was carried out in a 12.5 µL reaction volume containing 1.25 µL of 10× PCR buffer, 0.25 µL MgCl₂ (50 mM), 0.2 µL dNTPs (2 mM), 0.5 µL of each primer (10 µM), 0.1 µL of 1.25 U Taq platinum DNA polymerase, and 1 µL DNA template

(100 ng). PCR cycling was performed as follows: 94°C for 5 min; 30 cycles of 94°C for 40 sec, 52°C for 30 sec, 72°C for 1 min; and 72°C for 8 min, using the primers described by Ward et al. (2005). Subsequent PCR products were visualized on 1% Agarose gel and purified using ExoSAP-IT (USB Europe GmbH, Staufem, Germany) at 37°C for 60 min followed by 80°C for 15 min. The bi-directionally sequenced was performed using the BigDye Terminator v.3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, Inc.) on an ABI 3730 capillary sequencer following the manufacturer's instructions.

The sequences were aligned in Geneious 4.8.5 (Kearse et al., 2012) and are available in GenBank accession numbers (see Suppl. 1). The index of substitution saturation was obtained through DAMBE7 (Xia, 2018), and genetic distances were calculated using MEGA X (Kumar et al., 2018). All sequences were binned into species groups and the overall mean distance (distance among all specimens), the intraspecific distances (among specimens of each species group) and interspecific distances (among species groups) were calculated using the Kimura-2-parameters (K2P) model and 1,000 bootstrap replicates. Groups were ordered based on preliminary topologies (Neighbor-joining and maximum likelihood- ML- analyses). A consensus Neighbor-joining (NJ) tree based on 1,000 bootstrap replicates was generated using MEGA X. The maximum likelihood (ML) analysis was performed in RAxML v7.2 (Stamatakis et al. 2014), using the best-fit model of nucleotide evolution for our data, the HKY+I model (Hasegawa Kishino Yano+ Invariant sites), estimated by PartitionFinder (Lanfear et al. 2012), a maximum parsimony starting tree, and a posteriori analysis of bootstrap with the autoMRE function (Pattengale et al. 2009).

The COI sequences for *S. cubensis* from North Atlantic Ocean (Gulf of Mexico, EUA), *S. megalops* from Indo-Pacific Ocean (Australia) and *S. brevirostris* Tanaka, 1917 from East China Sea (Japan) deposited in the database Barcode of Life Data (BOLD) were inserted in this study (see Suppl. 2). The species *Cirrhigaleus asper* (GNSHK146) was used as outgroup.

Results

Squalus Linnaeus, 1758

Squalus cubensis

(Figs. 2-5; Tabs. 1-2)

Common names: Cuban dogfish

Specimens have a relatively short head length (HDL 17.4%, 16.1 - 18.5% TL) with proportionate snout (PRN 4.5%, 3.4 - 5.0% TL \leq INFL 4.9%, 4.4-5.5% TL) (Figure 2B), eyes inserted in the anterior region (POB 7.0%, 6.4 - 8.5% TL), eye socket length 1.4 to 2.7 times greater than their height, tiny spiracles (SPL 1.2%, 1.0 - 1.5% TL), first gill-slit height ever lesser than fifth gill-slit height (GS1 2.0%, 1.2 - 3.4 % TL \leq GS1 2.3%, 3.0 - 1.5% TL), and head height from 0.6 to 0.9 times its width. The elongated body have precaudal length (PCL) ranging from 78.4 to 82.9% (80.0%) of TL, dorsal caudal margin corresponding to approximately one-fifth of the TL (CDM 20.9%, 18.9 - 22.8% TL), values similar to the direct distance from snout tip to exposed base of pectoral fin (PP1 20.7%, 19.4 - 22.9% TL).

Pectoral fins with pointed free rear tips (PIP 11.7%, 9.6 - 13.3% TL), posterior margin strongly concave and anterior margin (P1A 13.9%, 12.0 - 16.2% TL) 1.5 to 1.9 times greater than their inner margin. Dorsal fins are short (D1H 7.2%, 6.6 - 8.7% TL \geq D1I 5.7%, 4.4 - 7.1% TL; D2H 4.2%, 3.1 - 5.4% TL \leq D2I 4.7%, 3.4 - 5.6% TL). In the second dorsal fin, the inner margin is larger than their height. Both dorsal fin-spine base widths presented very similar values (D1BS 1.0%, 0.7-1.5% TL, D2BS 0.9%, 0.6-1.5% TL) (Table 1).

Total vertebrae number (110-112) relatively low, including exactly 41 monospondylous centra for all individuals analysed, with 27-28 caudal vertebral centra and 82-85 precaudal centra (Table 2; Figure 3). Dermal denticles unicuspid and lanceolate. Teeth similar in the upper and lower jaw, with two to three rows in both jaws: 12/13-12/14 in the upper row and 11-11/12 in the lower one (Figure 4).

Predominantly light-grey, coloration on fresh specimens is uniform dorsally, clearing gradually towards the ventral surface. At their insertion, the pectoral and pelvic fins appeared very pale, becoming white throughout their ventral extension. Light and dark areas were not well differentiated (Figure 2A). First dorsal fin is dark grey, whitening to the fin center, with a very narrow black apical margin extending up to about two-thirds of the anterior margin and up to less than two-thirds of the posterior margin, and free rear tips with narrow white edge (Figure 2C). The second dorsal fin is very similar to the first one, sometimes with a white spot on the apex of the posterior margin and a narrower white border, more prominent on the free rear tip (Figure 2D). Dorsal-fin spines vary from dark grey anteriorly to light grey in the posterior region. Pectoral fins have a whitish posterior border, with a gradient of grey until the base, becoming pale before merging with the ventral coloration. The pelvic fin upper surface was grey. The caudal fin have a clearly defined white posterior margin, with a dark grey caudal

bar at fork height, between the upper and lower lobes, and no basal margin, with a slightly visible caudal stripe (Figure 2E). In preserved specimens, the predominantly grey coloration in the fresh specimens turned to brownish and light and dark areas are more sharply differentiated.

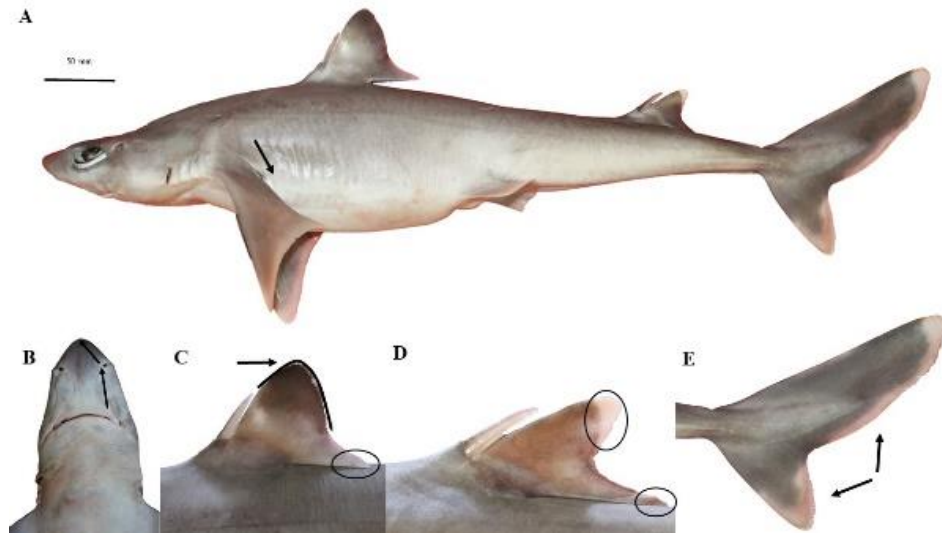


Figure 2. Female of *Squalus cubensis* (adult, 610 mm TL), from Pernambuco, Brazil. **A-** side view, **B-** ventral view of the head, **C-** first dorsal fin, **D-** second dorsal fin, **E-** caudal fin. The arrows indicate the most striking features of the colouration pattern, except for B in which it scales the distance $PRN < INFL$.

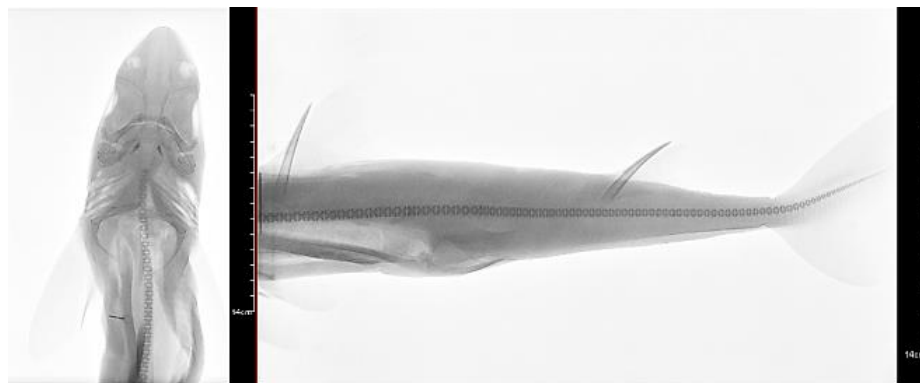


Figure 3. Digital radiography of *Squalus cubensis* (225FC0218, adult female, 592 mm TL), caught in Pernambuco, Brazil. ImageSuite V4. Scale bar = 140mm

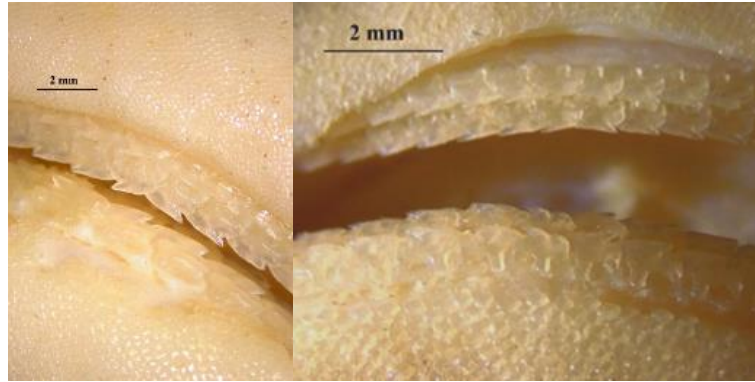


Figure 4. Series of functional teeth in upper and lower jaws of *Squalus cubensis*. **A.** adult female, 592 mm TL. **B.** juvenile male, 256 mm TL.

Table 1. External measurements expressed as percentage of total length (% TL) for *Squalus*. (**A:** *Squalus cubensis* Southwestern Atlantic; **B:** *Squalus albicaudus*; **C, D, E:** *Squalus cubensis*; **F:** *Squalus megalops*; ¹Viana et al., 2016; ²Last et al., 2007b)

	A				B ¹				C ²				D ¹ – Caribe				E ¹ - GOM				F ² -				
	N	Min	Max	X	N	Min	Max	X	N	Min	Max	X	N	Min	Max	X	N	Min	Max	X	N	Min	Max	X	
TL (mm)	23	508,0	650,0	600,2	11	440,0	610,0	531,5	683,0	12	275,0	532,0	415,3	14	205,0	650,0	418,2	6	373,0	527,0	457,0				
PCL	23	78,4	82,9	80,0	11	78,4	82,5	80,3	77,9	12	77,5	81,6	79,3	14	76,6	81,5	79,4	6	76.1	79.3	77.7				
PD2	23	45,6	64,7	61,3	11	57,8	64,4	61,4	63,4	12	60,2	64,6	62,3	14	58,9	66,3	62,1	6	60.6	62.3	61.6				
PD1	23	27,3	30,2	28,8	11	25,1	39,9	29,5	28,2	12	30,3	43,4	33,2	14	29,4	34,4	31,1	6	29.1	31.6	30.2				
SVL	23	46,1	52,1	47,9	11	30,5	55,9	45,1	49,0	12	28,9	50,8	46,5	14	41,9	52,5	46,7	6	47.6	50.1	48.5				
PP2	23	43,1	48,5	46,2	11	27,6	54,2	42,3	49,8	12	43,1	48,9	45,2	14	40,7	50,8	44,2	6	46.4	49.9	47.4				
PP1	23	19,4	22,9	20,7	11	20,2	24,0	21,7	21,8	12	21,4	44,7	25,0	14	19,5	23,4	22,4	6	20.4	23.2	21.5				
HDL	23	16,1	18,5	17,4	11	17,4	19,6	18,3	21,9	12	20,4	25,9	23,0	14	19,9	24,0	22,9	6	21.0	23.7	21.9				
PG1	23	18,1	22,5	21,0	11	18,7	24,7	21,7	18,4	12	17,4	21,6	19,5	14	17,1	20,5	19,5	6	17.7	19.8	18.5				
PSP	23	11,6	12,8	12,2	11	11,7	13,3	12,6	12,6	12	11,7	14,1	13,1	14	10,7	14,8	13,1	6	11.5	13.5	12.5				
POB	23	6,4	8,5	7,0	11	6,8	7,8	7,5	7,6	12	6,4	8,1	7,3	14	6,8	8,2	7,5	6	6.4	7.5	7.0				
PRN	23	3,4	5,0	4,5	11	4,3	5,2	4,6	4,6	12	3,9	5,0	4,5	14	4,3	5,4	4,7	6	3.7	4.1	3.9				
POR	23	8,3	10,2	9,2	11	9,2	11,2	10,0	9,6	12	8,8	11,1	10,1	14	8,7	11,8	10,4	6	8.6	9.9	9.1				
INLF	23	4,4	5,5	4,9	11	4,6	5,5	5,1	-	12	4,7	5,8	5,3	14	3,8	5,9	5,2	6	-	-	-				
MOW	23	6,4	9,9	7,7	11	6,9	7,9	7,4	6,7	12	7,0	9,7	8,4	14	7,2	9,4	8,0	6	7.8	8.6	8.1				
ULA	23	1,2	2,7	2,1	11	2,1	2,5	2,3	2,1	12	2,2	4,3	2,7	14	2,3	2,8	2,5	6	2.1	2.4	2.3				
INW	23	3,4	5,5	4,4	11	3,6	4,3	4,0	4,5	12	3,9	4,5	4,2	14	3,6	4,8	4,3	6	4.3	4.7	4.5				
INO	23	7,4	8,5	7,9	11	8,2	8,7	8,5	8,8	12	7,5	9,7	9,0	14	7,8	11,1	9,0	6	8.4	9.8	8.8				
EYL	23	2,6	5,5	4,5	11	4,0	5,3	4,7		12	3,9	5,0	4,6	14	3,2	6,0	4,4	6	4.4	5.4	4.8				
EYH	23	1,5	3,6	2,2	11	2,2	2,8	2,5	1,6	12	1,6	2,9	2,3	14	1,0	2,7	2,0	6	1.9	2.6	2.2				
SPL	23	1,0	1,5	1,2	11	1,3	2,0	1,5	1,9	12	1,3	2,0	1,7	14	1,0	2,1	1,6	6	1.0	1.7	1.4				

.....continued on the next page

Table 1. (Continued)

	A				B ¹				C ²	D ¹ – Caribe				E ¹ - GOM				F ² -			
	N	Min	Max	X	N	Min	Max	X		N	Min	Max	X	N	Min	Max	X	N	Min	Max	X
GS1	23	1,2	3,4	2,0	11	1,9	2,3	2,1	1,8	12	1,2	2,2	1,7	14	1,2	2,4	1,8	6	2,0	2,4	2,3
GS5	23	1,5	3,0	2,3	11	2,0	2,8	2,4	2,1	12	1,7	2,5	2,1	14	1,9	2,7	2,3	6	2,1	2,5	2,4
IDS	23	24,3	30,7	25,8	11	22,8	27,5	25,3	25,9	12	22,4	28,4	25,1	14	20,0	27,7	24,1	6	24,0	25,3	24,8
DCS	23	10,3	12,8	11,7	11	10,7	14,1	11,7	8,5	12	9,7	12,3	11,2	14	10,3	12,0	11,0	6	9,5	10,9	10,4
PPS	23	18,4	25,8	22,5	11	15,4	25,4	18,8	-	12	14,6	22,9	19,2	14	14,9	22,7	17,7	6	20,9	26,1	22,3
PCA	23	26,5	32,4	29,1	11	25,4	29,4	27,5	23,8	12	24,8	30,6	27,1	14	26,2	29,2	27,7	6	24,5	27,0	25,6
D1L	23	11,6	14,3	13,3	11	12,4	14,5	13,2	15,1	12	12,0	13,7	13,0	14	12,6	14,5	13,6	6	13,8	15,1	14,4
D1A	23	8,3	11,6	10,4	11	9,7	11,2	10,6	12,3	12	9,1	12,0	10,5	14	9,5	14,2	11,2	6	11,1	12,4	11,5
D1B	23	6,2	7,7	7,2	11	7,0	8,7	7,7	9,6	12	6,7	7,9	7,4	14	6,9	9,3	7,8	6	7,9	8,9	8,2
D1H	23	6,6	8,7	7,3	11	6,8	8,0	7,5	7,6	12	6,3	8,4	7,3	14	6,6	9,6	8,0	6	6,1	7,4	7,0
D1I	23	4,4	7,1	5,7	11	4,9	6,0	5,5	5,9	12	5,1	6,8	6,1	14	5,4	6,7	5,9	6	6,1	6,6	6,3
D1P	23	6,6	10,7	8,7	11	8,0	9,4	8,8	9,5	12	7,1	9,7	8,4	14	7,5	10,1	9,2	6	6,6	9,0	8,3
D1ES	23	3,3	4,4	3,8	11	2,3	4,2	3,6	-	12	2,5	4,7	3,6	14	2,1	4,9	3,5	6	2,4	3,3	3,0
D1BS	23	0,7	1,5	1,0	11	0,7	1,1	0,8	1,1	12	0,6	1,1	0,9	14	0,6	1,0	0,9	6	0,7	0,8	0,8
D2L	23	8,8	12,6	10,8	11	10,4	12,3	11,2	11,3	12	10,6	12,8	11,6	14	11,0	12,7	12,0	6	11,0	12,7	12,0
D2A	23	6,2	11,0	8,9	11	8,8	10,3	9,5	10,5	12	9,4	11,0	10,2	14	9,1	11,8	10,5	6	9,4	10,6	10,1
D2B	23	4,1	7,6	6,0	11	5,7	7,1	6,4	6,5	12	5,5	7,9	6,6	14	5,9	7,7	6,7	6	6,4	7,5	7,1
D2H	23	3,1	5,4	4,2	11	4,9	6,2	5,6	3,8	12	4,7	6,9	5,8	14	5,3	7,7	6,2	6	3,6	4,6	4,0
D2I	23	3,4	5,6	4,7	11	4,1	5,2	4,9	5,4	12	4,7	6,1	5,3	14	4,8	6,4	5,5	6	4,5	5,3	4,9
D2P	23	3,5	5,6	4,7	11	4,6	6,1	5,2	3,9	12	4,3	5,8	5,0	14	3,5	6,0	5,0	6	3,7	5,3	4,5
D2ES	23	3,1	5,5	4,5	10	3,4	5,1	4,5	6,5	12	4,0	6,0	5,0	14	4,2	6,3	5,1	6	3,6	5,0	4,3
D2BS	23	0,6	1,5	0,9	11	0,6	0,9	0,8	0,9	12	0,7	1,0	0,9	14	0,8	1,1	1,0	6	0,8	0,9	0,8
P1A	23	12,0	16,2	13,9	11	11,8	14,4	13,6	15,7	12	13,2	14,7	13,9	14	11,3	15,1	13,6	6	13,6	14,9	14,3

...continued on the next page

Table 1. (Continued)

	A				B ¹				C ²	D ¹ – Caribe				E ¹ - GOM				F ² -			
	N	Min	Max	X	N	Min	Max	X		N	Min	Max	X	N	Min	Max	X	N	Min	Max	X
P1I	23	7,8	10,1	8,9	11	8,6	10,2	9,5	11,1	12	4,2	12,1	9,8	14	3,8	11,2	9,7	6	7.4	9.2	8.2
P1B	23	3,7	6,3	5,0	11	3,7	4,7	4,2	4,6	12	3,7	9,8	4,7	14	3,5	10,4	4,9	6	4.4	5.7	5.3
P1P	23	9,6	13,3	11,7	11	9,7	11,8	10,6	11,2	12	9,2	11,9	10,6	14	8,1	12,6	10,4	6	10.8	12.7	11.6
P2L	23	8,4	10,1	9,4	11	9,9	12,2	11,0	10,8	12	10,0	12,3	11,1	14	10,0	12,9	11,2	6	9.9	11.5	10.5
P2I	23	4,1	6,5	4,6	11	4,2	6,3	5,3	6,1	12	4,3	8,1	5,7	14	4,3	7,0	5,7	6	4.2	6.8	5.5
CDM	23	18,9	22,8	20,9	11	19,3	21,2	20,0	22,1	12	20,1	22,9	21,3	14	19,5	22,9	21,5	6	20.0	21.4	20.9
CPV	23	9,8	12,4	11,0	11	10,5	11,7	11,2	11,7	12	10,5	12,0	11,1	14	5,2	13,9	11,3	6	10.5	11.3	11.0
CFW	23	6,0	7,8	6,6	11	6,2	6,9	6,7	6,3	12	6,3	7,4	6,8	14	5,5	7,7	6,7	6	6.6	7.5	7.1
HANW	23	5,5	8,1	7,2	11	6,5	7,4	7,0	6,5	12	6,6	7,6	7,1	14	6,5	10,6	7,3	6	6.3	7.6	6.7
HAMW	23	8,8	11,6	10,4	11	10,9	12,0	11,3	11,3	12	9,8	13,0	11,7	14	10,1	13,8	11,7	6	11.1	12.8	11.6
HDW	23	10,5	14,6	12,4	11	10,9	12,9	12,1	13,3	12	10,8	13,5	12,3	14	10,2	15,0	12,4	6	13.4	14.3	13.8
TRW	23	7,5	13,6	11,0	11	8,0	11,9	10,5	-	12,0	7,8	10,6	9,1	14	6,7	13,9	10,0	6	11.2	13.2	12.1
ABW	23	12,2	15,3	13,5	11	8,0	10,9	9,4	-	12,0	6,2	9,5	7,5	14	6,3	11,8	8,3	6	10.1	12.2	10.9
HDH	23	7,7	10,0	8,9	11	9,5	11,7	10,7	8,8	12,0	8,4	12,5	10,0	14	8,8	11,6	10,4	6	9.2	11.5	10.5
TRH	23	6,9	11,7	9,6	11	10,0	12,7	11,6	-	12,0	7,9	13,5	10,1	14	8,8	12,6	10,5	6	9.5	13.4	11.3
ABH	23	11,5	14,8	13,2	11	10,3	13,2	11,8	-	12,0	7,3	11,1	8,8	14	7,6	12,1	9,8	6	9.1	14.4	11.3
CLO					5	4,0	4,8	4,3	-	8,0	1,3	4,8	3,6	7	1,3	5,9	3,4	6	3.9	3.9	3.9
CLI					5	6,9	7,7	7,3	-	8,0	2,7	7,9	6,2	7	1,7	7,6	5,1	6	9.6	9.6	9.6

¹See APPENDIX 1. Abbreviations for external measurements.¹ N: number of specimens; Min.: Minimum; Max.: Maximum; X: mean

Table 2. Vertebrae number of *S. cubensis* from Brazil. Others values are provided for comparisons.

Group/ Species (Author, Year)	Source	Study area	Vertebrae			
			PV	CV	TV	Mono; Diplo
<i>Squalus cubensis</i> (Howell-Rivero, 1936)	Springer & Garrick, 1964	Cuba	82 - 87	29 - 30	112 - 116	-
<i>Squalus megalops</i> (Macleay, 1881)	Springer & Garrick, 1964	China Sea	78 - 82	25 - 27	104 - 108	-
<i>Squalus cubensis</i> (Howell-Rivero, 1936)	Sadowsky & Moreira, 1981	Brazil	81 - 87	-	104 - 115	-
<i>Squalus megalops</i> (Macleay, 1881)	Last, Edmunds and Yearsley, 2008	Australia	78 - 84	-	102 - 110	37 - 40;
<i>Squalus albicaudus</i> (Viana, Carvalho & Gomes, 2016)	Viana, Carvalho & Gomes, 2016	Brazil	81 - 89	26 - 29	110 - 116	39 - 41; 69 - 75
<i>Squalus bahiensis</i> (Viana, Carvalho & Gomes, 2016)	Viana, Carvalho & Gomes, 2016	Brazil	87	27 - 30	115 - 117	43 - 45
<i>Squalus cubensis</i> (Howell-Rivero, 1936)	Viana, Carvalho & Gomes, 2016	Gulf of Mexico	83 - 92	26 - 31	111 - 118	39 - 43; 70 - 76
<i>Squalus lobularis</i> (Viana, Carvalho & Gomes, 2016)	Viana, Carvalho & Gomes, 2016	Brazil	80 - 89	28 - 31	110 - 119	44 - 48;
<i>Squalus quasimodo</i> (Viana, Carvalho & Gomes, 2016)	Viana, Carvalho & Gomes, 2016	Brazil	87 - 92	29	116 - 121	45 - 46
<i>Squalus cubensis</i> southwestern Atlantic Ocean	Present study	Brazil	82 - 85	27 - 28	110 - 112	41; 69 - 71

PV - Precaudal Vertebrae; **CV** - Caudal Vertebrae; **TV** - Total Vertebra; **Mono** - Monospondylous; **Diplo** - Diplospondylous

All 27 specimens analysed morphometrically were also analysed at the molecular level. The COI sequence alignment comprised 650 base pairs (bp), presenting three variable sites along the new sequences for *S. cubensis* from southwestern Atlantic Ocean (Brazil). The average nucleotide percentages composition of the species in question were 32.5 adenine, 16.9 cytosine, 25.1 guanine and 25.5 thymine.

The final mtDNA matrix consisted of 74 terminals, including 27 new barcode sequences of *S. cubensis* southwestern Atlantic, 29 sequences available in BOLD of *S. cubensis* North Atlantic, eight sequences available of *S. megalops* and nine sequences of *S. brevirostris*. DAMBE did not indicate any saturation in either transitions or transversions in both asymmetrical (Iss.cAsym) and symmetrical (Iss.cSym) topologies.

The NJ and ML trees presented similar relationships among species, identifying three clusters, comprehended by *S. cubensis*, *S. megalops* and *S. brevirostris* (Figure 5). Assuming the samples of *S. cubensis* Southwestern Atlantic as a separate group from the other species, we found pairwise K2P distance values of 0.002/0.019 of pairwise comparisons (excluding the outgroup). The pairwise interspecific distance between *S. cubensis* southwestern Atlantic and the *S. cubensis* North Atlantic was 0.002 ± 0.002 , these two populations appeared to be quite closely related sister species, forming a cluster with a bootstrap value of 96%. Meanwhile, the distance between the *S. cubensis* southwestern Atlantic and *S. megalops* specimens was 0.017 ± 0.006 .

The largest interspecific distance was detected between *S. cubensis* southwestern Atlantic and samples of the *S. brevirostris* with 0.019 ± 0.006 . Between *S. cubensis* North Atlantic and *S. megalops* it was 0.016, and reached 0.008 between *S. megalops* and *S. brevirostris* (Table 3). Supplementary material 3 shows intra- and interspecific genetic distances for each hypothesized species group.

Most of the analysed specimens, 20 females and three males, were sexually mature with total length (TL) ranging from 508 to 650 mm. The other three females and one male were juveniles, with TL varying between 320 and 559 mm TL.

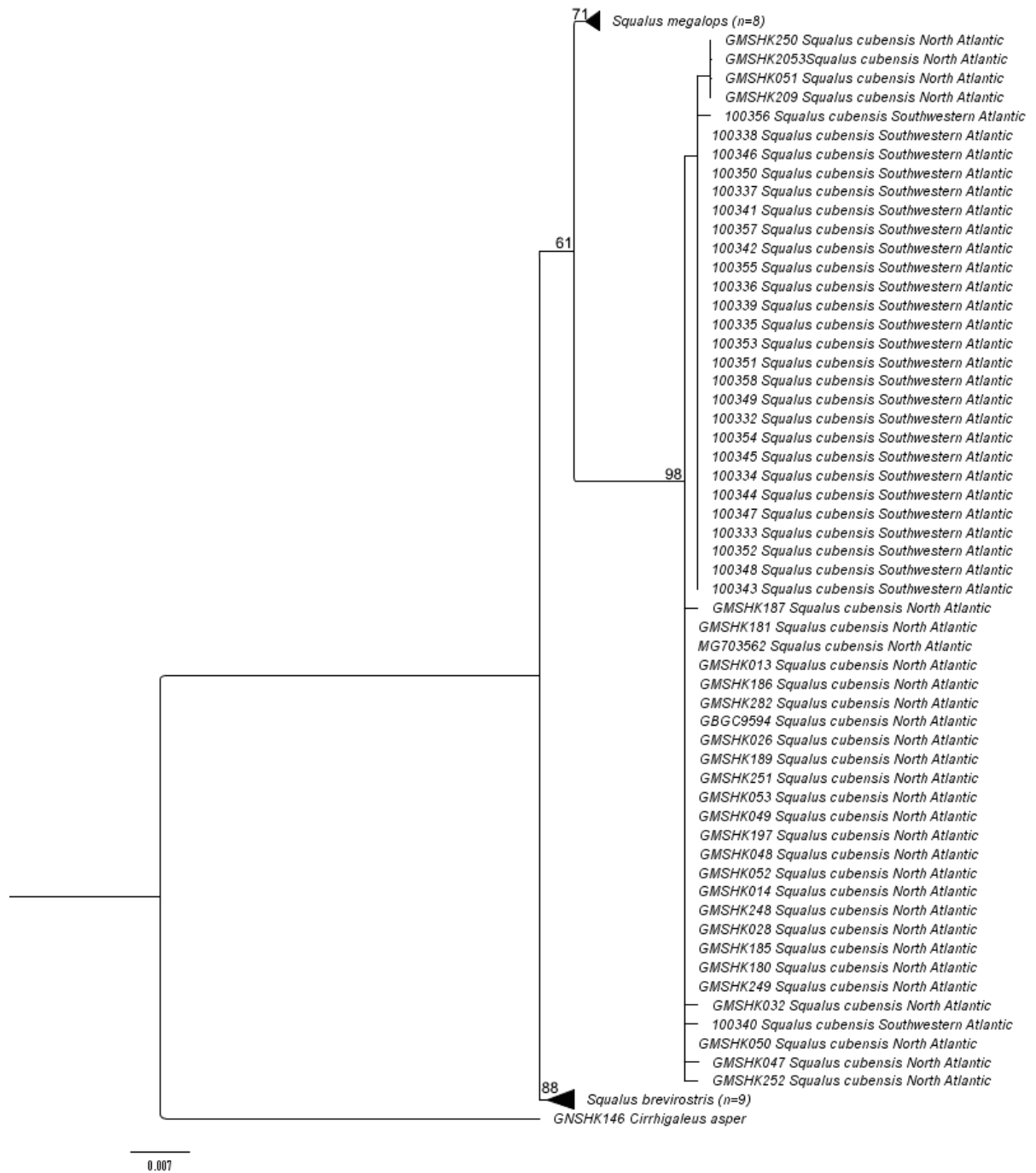


Figure 5. Best maximum likelihood tree based on the *cytochrome c oxidase subunit I* gene *Squalus cubensis* Southwestern Atlantic Ocean (N= 27), *Squalus cubensis* (N= 29) of North Atlantic Ocean, *Squalus breviostris* of East China Sea, and *Squalus megalops* of Indo-Pacific Ocean, with *bootstrap* value at nodes.

Discussion

The specimens analysed in this study are distinguished from local congeners *Squalus acanthias* by the following main characters: absence of white spots dorso-laterally on body; anterior margin of nostrils bilobate; origin of first dorsal-fin spine located anterior to the inner margin of the pectoral fins. *S. cubensis* southwestern Atlantic can be distinguished from all other local congeners, except *S. albicaudus*, by the combination of dermal denticles unicuspid and distance from snout tip to nostril less or equal than the distance from nostrils to upper labial furrow. They are also relatively smaller than the other species (508-650 mm), being close to *S. albicaudus* (440-610 mm), but smaller than *S. bahiensis* (588-690 mm), *S. lobularis* (530-725 mm), and *S. quasimodo* (660-830 mm). The discrimination can also be made from total, pre-caudal and monospondylous vertebrae numbers (Table 2), with large overlaps only for *S. lobularis*, which, however, has tricuspid dermal denticles.

Representatives of “*Squalus megalops* group” show many morphological similarities that have led to misidentification. Over the years, records of the genus *Squalus* in the southwestern Atlantic Ocean have undergone various designations, with the short-snouted dogfish sharks have being identified as *S. megalops*, *S. cubensis* and *S. albicaudus*.

Southwestern Atlantic *S. cubensis* when compared with the data provided by Viana et al. (2016), fit the identification key of *S. albicaudus*, sharing unicuspid and lanceolate dermal denticles, and morphological characteristics that distinguish it from the regional congeners, such as a short snout (PRN 4.5%, 3.4 - 5.0% TL \leq INFL 4.9%, 4.4–5.5% TL \times PRN 4.6%, 4.3–5.2% TL \leq INFL 5.1%, 4.6–5.5% TL in *S. albicaudus*); and short dorsal fins (D1H 7.3%, 6.6–8.7% TL ; D2H 4.2%, 3.1–5.4% TL \times D1H 7.5%, 6.8–8.0% TL; D2H 5.6%, 4.9–6.2% TL in *S. albicaudus*), with the exception of *S. bahiensis* that presents values quite close to the dorsal height (D1H 7.0%, 6.9–7.1% TL; D2H 4.6%, 4.2–5.3% TL). The first and second dorsal anterior margin lengths are also close for these three species (*S. cubensis* Southwestern Atlantic: D1A 10.4%, 8.3–11.6% TL and D2A 8.9%, 6.2–11.0% TL; *S. albicaudus*: D1A 10.6%, 9.7–11.2% TL and D2A 9.5%, 8.8–10.3% TL; and *S. bahiensis*: D1A 10.5%, 10.3–10.6% TL and D2A 9.5%, 9.3–9.7% TL).

Besides the morphometric similarity found in the present study with those of *S. albicaudus*, they also do not differ much from the data presented by Last et al. (2007c) and Viana et al. (2016) for *S. megalops* and *S. cubensis*, respectively (Table 1). The greatest

differences are observed for column **C**¹, probably because it is a single individual, and for **F**¹, that is, among *S. cubensis* southwestern Atlantic and *S. megalops*.

According to Viana et al. (2016), the shape of the pectoral fins, with a strongly concave posterior margin and markedly pointed free rear tips, a striking feature for this species, is also observed in other species, such as *S. albicaudus*, *S. brevirostris*, *S. cubensis* and *S. megalops*, and should not be used to differentiate these species.

Squalus cubensis southwestern Atlantic, however, can be distinguished by the presence of a discontinuous white post-ventral caudal margin, with a dark grey caudal bar between the upper and lower lobes, whereas in *S. megalops* this region is markedly demarcated, extending along the entire posterior margin of fin, besides not having a caudal bar. These two species also diverge in total and monospondylous vertebrae number (110–112 and 41, for *S. cubensis* southwestern Atlantic x 102–110 and 37–40, for *S. megalops* by Last et al., 2007c).

The differences are no longer so evident when the results obtained in the present study are compared with the data of *S. cubensis*, sampled in the Gulf of Mexico (GOM) and the Brazilian coast, reported in other studies (Table 1). A more rounded snout and a more prominent dark spot on the dorsal fins in the Gulf of Mexico and Caribbean specimens may reflect the habitat and type of feeding in different areas. With a great variation in the proportions of the morphological and meristic characters, no significant difference was observed among the species (Table 1). The total vertebrae number (110–112) was lower than observed by Springer & Garrick (1964) (112–116), however it was within the range presented by Viana et al. (2016). The number of precaudal and caudal vertebrae, nevertheless, was similar to those presented by both authors (Table 2).

In order to identify, with some degree of certainty, closely related species such as the genus *Squalus*, morphometric, meristic and molecular data need to be evaluated concomitantly for a better comprehension about species' distribution and ecology. Data from DNA barcoding (COI) generated in this study, in addition to the morphological and meristic analyses, allowed the genetic identification of three different species: *S. cubensis*, *S. megalops* and *S. brevirostris*. The genetic distances from the mtDNA COI sequences of *S. cubensis* southwestern Atlantic and *S. cubensis* North Atlantic (below 0.02) showed a low pairwise value within-species, which is consistent with results found by Pflieger et al. (2018) for *S. clarkae* (0.33) and by Daly-Engel et al. (2018) for *S. hawaiiensis* (0.00) and *S. japonicus* (0.18).

Several molecular studies of the genus *Squalus* have demonstrated low to medium interspecific genetic distances using mtDNA COI. The interspecific genetic distances within “*S. mitsukurii* complex”, for instance, was 0.30% between *S. japonicus* and *S. mitsukurii*; while for *S. hawaiiensis* and *S. mitsukurii*, as well as for *S. hawaiiensis* and *S. japonicus*, the distance was 0.50%. Between *S. hawaiiensis* and *S. nasutus*, in turn, the distance was 0.80% (Daly-Engel et al. 2018). Pflieger et al. (2018), also using concatenated COI and ND2 sequences, found relatively higher values within this complex, for *S. clarkae* and *S. mitsukurii* (2.80%). When the species compared were from different “complexes”, the distances were even bigger, such as between the *S. clarkae*, from the “*S. mitsukurii* complex”, and *S. cubensis* (4.81%), belonging to “*S. megalops* complex”. Within the “*S. acanthias* complex”, the distance between *S. acanthias* and *S. suckleyi* was $0.765 \pm 0.307\%$, using only COI (Ebert et al., 2010). The relatively low/medium genetic distances detected among *Squalus* species may be a limiting factor for the correct identification of the different species, with mtDNA COI marker. These low interspecific genetic distances are not found in other shark species (Bernard et al., 2016, Ambily et al., 2018). The distance of *Cirrhigaleus asper* to all species analysed in this study, for instance, ranged from 6.792 to 7.418%, being nearest to *S. megalops* and furthest to *S. cubensis* Southwestern Atlantic.

The combination of morphometric characterization with molecular identification substantially strengthens the taxonomic diagnosis, helping to guide future work of this important and complex taxonomic group. The specimens collected in Brazil and evaluated in the present study confirm the presence of *S. cubensis* in a region to the south of its previous range, extended their occurrence from the Gulf of Mexico to southwestern Atlantic.

Acknowledgements

We are grateful to CAPES and CNPq for the Grants that supported this research. The authors are also grateful to lab teams for their effort in the cruises and genetic analyses. P. Roque is especially grateful to CAPES for the research fellowship

Significance Statement

Due to the taxonomic uncertainties surrounding *Squalus* species delimitation the results confirm that it is extremely necessary to use multiple tools to carry out the consecrated

identification and ecological approaches of this genus that include species described almost a century ago and, until now, low understood.

References

- Ambily, M. N., Zacharia, P. U., Najmudeen, T. M., Ambily, L., Sunil, K. T. S., Radhakrishnan, M., & Kishor, T. G. (2018). First Record of African Angel Shark, *Squatina africana* (Chondrichthyes: Squatinidae) in Indian Waters, Confirmed by DNA Barcoding. *Journal of Ichthyology*, **58**(3), 312-317.
- Bernard, A. M., Feldheim, K. A., Heithaus, M. R., Wintner, S. P., Wetherbee, B. M., & Shivji, M. S. (2016). Global population genetic dynamics of a highly migratory, apex predator shark. *Molecular ecology*, **25**(21), 5312-5329.
- Bigelow, H. B., & Schroeder, W. C. (1948) Sharks. In Tee-Van, J., Breder, C. M., Hildebrand, S. F., Parr, A. E. & Schroeder, W. C. (Eds.), *Fishes of the Western North Atlantic. Part 1*. (pp. 1–576) New Haven: Memoir Sears Foundation for Marine Research, Yale University.
- Cadenat, J., & Blache, J. (1981) *Requins de Méditerranée et d'Atlantique (plus particulièrement de La Côte Occidentale d'Afrique)*. Paris: Fauna Tropicale, **21**.
- Compagno, L.J.V. (1984) *FAO Species Catalogue. Vo. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes*. FAO Fisheries Synopsis, Rome, 4 (125), 1–249.
- Compagno, L., Dando, M., & Fowler, S.L. (2005) *A field guide to the sharks of the world*. London: Harper Collins Publishers.
- Daly-Engel, T. S., Koch, A., Anderson, J. M., Cotton, C. F., & Grubbs, R. D. (2018) Description of a new deep-water dogfish shark from Hawaii, with comments on the *Squalus mitsukurii* species complex in the West Pacific. *ZooKeys* 798, 135–157. <https://doi.org/10.3897/zookeys.798.28375>
- Долганов, В. Н. (2019). *Squalus boretzi* sp. n.(Squalidae)–новый вид сквалидных акул с Императорского подводного хребта (Тихий океан). *Биология моря*, 45(4), 279-285.
- Duffy, C. A. J., & Last P. R. (2007) Part 9 — Redescription of the Northern Spiny Dogfish *Squalus griffini* Phillips, 1931 from New Zealand. In: Last P. R., White W. T. & Pogonoski J.J. (Eds) *Descriptions of new dogfishes of the genus Squalus (Squaloidea: Squalidae)*. CSIRO Marine and Atmospheric Research, Hobart, pp. 55–69.
- Ebert, D. A., White, W. T., Goldman, K. J., Compagno, L. J. V., Daly-Engel, T. S., & Ward, R.D. (2010). Resurrection and redescription of *Squalus suckleyi* (Girard, 1854) from the North Pacific, with comments on the *Squalus acanthias* subgroup (Squaliformes: Squalidae). *Zootaxa*, 2612, 22-40. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2612.1.2>
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N., & van der Laan R. (eds) (2018). CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES. Available from: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (accessed 03 october 2018)
- Gopalakrishnan, A., Jayasankar, J., Shah, P., & Shalin, S. (2017) Genetic stock characterization of fish using molecular markers. In: Course Manual Summer School on Advanced

- Methods for Fish Stock Assessment and Fisheries Management. Lecture Note Series No. 2/2017. CMFRI; Kochi, pp. 308-316.
- Hazin, F. H. V., Fischer, A. F., Broadhurst, M. K., Veras, D., Oliveira, P. G., & Burgess G. H. (2006). Notes on the reproduction of *Squalus megalops* off northeastern Brazil. *Fisheries Research*, **79**, 251–257
- ICES- International Council for the Exploration of the Sea. 2012. Report of the workshop on Sexual Maturity Staging of Elasmobranchs. Lisbon, Portugal.
- Ivanoff, R., & Vooren, C. M. (2015) On growth and development of monozygotic twin embryos of the Shortnose spurdog *Squalus megalops* (Macleay, 1881) (Elasmobranchii: Squalidae). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, **10**(2), 134- 140.
- Kearse, M., Moir, R., Wilson, A., Stones-Havas, S., Cheung, M., Sturrock, S., Buxton, S., Cooper, A., Markowitz, S., Duran, C. (2012). Geneious Basic: An integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics*. **28**, 1647– 1649.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., & Tamura, K. (2018) MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. *Molecular Biology and Evolution*. **35**, 1547– 1549.
- Lanfear, R., Calcott, B., Ho, S. Y. W., & Guindon, S. (2012) Partitionfinder: Combined selection of partitioning schemes and substitution models for phylogenetic analyses. *Molecular Biology and Evolution*, **29**, 1695–1701.
- Last, P. R., Edmunds, M., & Yearsley, G.K. (2007c) Part 2 - *Squalus crassispinus* sp. nov., a new spurdog of the ‘megalops-cubensis group’ from the eastern Indian Ocean. In: Last P.R., White W.T. & Pogonoski J.J. (Eds) *Descriptions of new dogfishes of the genus Squalus (Squaloidea: Squalidae)*. CSIRO Marine and Atmospheric Research, Hobart, pp. 11-22.
- Last, P. R., Gavin, N., & Manjaji-Matsumoto, B. (2016). A revised classification of the family Dasyatidae (Chondrichthyes: Myliobatiformes) based on new morphological and molecular insights. *Zootaxa*. 4139 (3), 345. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4139.3.2>
- Last, P. R., White, W. T., & Motomura, H. (2007a) Part 6 — Description of *Squalus chloroculus* sp. nov., a new spurdog from southern Australia, and the resurrection of *S. montalbani* Whitley. In: Last P.R., White W.T. & Pogonoski J.J. (Eds) *Descriptions of new dogfishes of the genus Squalus (Squaloidea: Squalidae)*. CSIRO Marine and Atmospheric Research, Hobart, pp. 91–100.
- Last, P. R., White, W. T., Pogonoski, J. J., Gledhill, D. C., Yearsley, G. K. & Ward, R. D. (2007b) Part 1 — Application of a rapid taxonomic approach to the genus *Squalus*. In: Last P. R., White W.T. & Pogonoski J. J. (Eds) *Descriptions of new dogfishes of the genus Squalus (Squaloidea: Squalidae)*. CSIRO Marine and Atmospheric Research, Hobart, pp. 01–10.
- Lim, K. C., Lim, P. E., Chong, V. C. & Loh, K. H. (2015). Molecular and morphological analyses reveal phylogenetic relationships of stingrays focusing on the family Dasyatidae (Myliobatiformes). *PLoS One*, **10**(4), e0120518.
- Marceniuk, A. P., Caires, R. A., Machado, L., Cerqueira, N. N. C. D., Serra, R. R. M. D. S., & Oliveira, C. (2019). Redescription of *Orthopristis ruber* and *Orthopristis scapularis* (Haemulidae: Perciformes), with a hybridization zone off the Atlantic coast of South America. *Zootaxa*, **4576**(1), 109-126.

- Marouani, S., Chaâba, R., Kadri, H., Saidi B., Bouain, A., Maltagliati, F., Last, P., Séret, B. & Bradai, M. N. 2012. Taxonomic research on *Squalus megalops* (Macleay, 1881) and *Squalus blainvillei* (Risso, 1827) (Chondrichthyes: Squalidae) in Tunisian waters (central Mediterranean Sea). *Scientia Marina*, **76(1)**, 97-109. <https://doi.org/10.3989/scimar.03440.22B>
- Naylor, G. J. P., Caira, J. N., Jensen, K., ROSAna, K. A. M., White, W. T. & Last, P. R. (2012). A DNA sequence-based approach to the identification of shark and ray species and its implications for global elasmobranch diversity and parasitology. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, **367**, 1–262 <https://doi.org/10.1206/754.1>. ISSN 0003-0090
- Pattengale, N. D., Alipour, M., Bininda-Emonds, O. R. P., Moret, B. M. E., & Stamatakis, A. (2009) How Many Bootstrap Replicates Are Necessary? In: Proceedings of the Research in Computational Molecular Biology; Batzoglou, S., Ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 184–200.
- Pfleger, M., Grubbs, R., Cotton, C., & Daly-Engel, T. (2018). *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*, 4444 (2), 101–119. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4444.2.1>
- Ribeiro, A. M. (1907) Fauna Brasiliense. Peixes II (Desmobranchios). Arquivos do Museu Nacional, **14**, 131–217.
- Ribeiro, A. M. (1923) Fauna Brasiliense. Peixes. Vol. II. Primeira Parte. Imprensa Nacional, Rio de Janeiro, 52 pp.
- Rincon, G., Mazzoleni, R. C., Palmeira, A. R. O., & Lessa, R. (2017) Deep-Water Sharks, Rays, and Chimaeras of Brazil. In: Rodrigues-Filho, L.F. & Sales, J.B.L. (Eds) *Chondrichthyes - Multidisciplinary Approach*. Intech. pp. 83–112. <https://doi.org/10.5772/intechopen.69471>
- Rosa, R. S., & Gadig, O. B. F. (2014). Conhecimento da diversidade dos Chondrichthyes marinhos no Brasil: a contribuição de José Lima de Figueiredo. *Arquivos de Zoologia*, **45**, 89-104.
- Sadowsky, V., & Moreira, P. S. (1981) Occurrence of *Squalus cubensis* Rivero, 1936 in the Western South Atlantic Ocean, and Incidence of its Parasitic Isopod *Lironeca splendida* sp. n. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, **16**, 137–150. <http://dx.doi.org/10.1080/01650528109360588>
- Stamatakis, A. (2014) RAxML version 8: A tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics*, **30**, 1312–1313.
- Serrano, É. A., Melo, B. F., Freitas-Souza, D., Oliveira, M. L., Utsunomia, R., Oliveira, C., & Foresti, F. (2018). Species delimitation in Neotropical fishes of the genus *Characidium* (Teleostei, Characiformes). *Zoologica Scripta*, **48(1)**, 69-80.
- Springer, V.G. & Garrick, J.A.F. (1964) A survey of vertebral numbers in sharks. *Proceedings of the United States National Museum*, **116 (3496)**, 73–96. <https://doi.org/10.5479/si.00963801.116-3496.73>
- Torres, R. A., Santos, F. A., Andrade, F. R. S., Gondolo, G. F. & Lessa, R. P. R. (2015) Disentangling the controversial identity of the halfbeak stock (*Hemiramphus Braziliensis* and *H. balao*) from northeastern Brazil using multilocus DNA markers

Reviews in Fish Biology and Fisheries, **25**, 379- 394. <https://doi.org/10.1007/s11160-015-9381-2>

- Veríssimo, A., Zaera-Perez, D., Leslie, R., Iglésias, S. P., Seret, B., Grigoriou, P., Sterioti, A., Gubili, C., Barría, C., Duffy, C., Hernández, S., Batjakas, I. E., & Griffiths, A. M. (2016). Molecular diversity and distribution of eastern Atlantic and Mediterranean dogfishes *Squalus* highlight taxonomic issues in the genus. *Zoologica Scripta*, **46** (4), 1– 15. <https://doi.org/10.1111/zsc.12224>
- Viana, S. T., & Carvalho, M. R. (2016) Redescription of *Squalus acutipinnis* Regan, 1908, a Valid Species of Spiny Dogfish from Southern Africa (Chondrichthyes: Squaliformes: Squalidae). *Copeia* **104** (2), 539- 553. <http://dx.doi.org/10.1643/CI-14-217>
- Viana, S. T., & Carvalho, M. R. (2018). Resurrection and Redescription of the Southern Dogfish *Squalus probatovi* (Squalidae), a Valid Species from Angola. *Journal of Ichthyology*. **58** (5), 617- 632. <http://dx.doi.org/10.1134/S003294521805020X>
- Viana, S. T., Carvalho, M. R., & Gomes U. L. (2016). Taxonomy and morphology of species of the genus *Squalus* Linnaeus, 1758 from the Southwestern Atlantic Ocean (Chondrichthyes: Squaliformes: Squalidae). *Zootaxa*, 4133 (1), 1-89. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4133.1.1>
- Viana, S. T., Carvalho, M. R., & Ebert, D. A. (2017b), *Squalus bassi* sp. nov., a new long-snouted spurdog (Chondrichthyes: Squaliformes: Squalidae) from the Agulhas Bank. *Journal of Fish Biology*, **91**, 1178- 1207. <https://doi.org/10.1111/jfb.13448>
- Viana, S. T., Lisher, M. W., & Carvalho, M. R. (2017a). Two new species of short-snouted dogfish sharks of the genus *Squalus* Linnaeus, 1758, from southern Africa (Chondrichthyes: Squaliformes: Squalidae). *Marine Biodiversity*, **48**, 1- 28. <https://doi.org/10.1007/s12526-017-0673-8>
- Vooren, C. M., & Kotas, J. E. (1985) Aspectos da reprodução e do crescimento de *Squalus megalops* (Mc leay, 1882) e *Squalus blannvillei* (Risso, 1826) do sul do Brasil. Fundação Universidade do Rio Grande.
- Ward, R. D., Holmes, B. H., Zemlak, T. S., & SMITH, P.J. (2007) Part 12 - DNA barcoding discriminates spurdogs of the genus *Squalus*. In: Last P., White W. T., Pogonoski J. J. (Eds) *Descriptions of new dogfishes of the genus Squalus (Squaloidea: Squalidae)*. CSIRO Marine and Atmospheric Research, Hobart, Tasmania, 117–121.
- Ward, R. D., Zemlak T. S., Innes, B. H., Last, P. R & Hebert, P. D. N (2005). DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **360**, 1847– 1857. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1716>
- White, W. T. & Iglesias S. P. (2011) *Squalus formosus*, a new species of spurdog shark (Squaliformes: Squalidae), from the western North Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*, **79**, 954–968. <https://doi.org/10.1007/s12526-017-0673-8>
- Xia, X. (2018) DAMBE7: New and Improved Tools for Data Analysis in Molecular Biology and Evolution. *Mol. Biol. Evol.* 2018, 35, 1550–1552.

APPENDIX 1

Abbreviations of the main morphometric characters taken for *Squalus* (following Last et al., 2007b).

Abbreviations	Meaning
TL	total length
PCL	precaudal length
PD2	pre-second dorsal length
PD1	pre-first dorsal length
SVL	pre-vent length
PP2	prepelvic length
PP1	prepectoral length
HDL	head length
PG1	prebranchial length/
PSP	prespiracular length
POB	preorbital length
PRN	prenarial length
POR	preoral length
INLF	inner nostril-labial furrow space
MOW	mouth width
ULA	labial furrow length
INW	internarial space
INO	interorbital space
EYL	eye length
EYH	eye height
SPL	spiracle length
GS1	first gill-slit height
GS5	fifth gill-slit height
IDS	interdorsal space
DCS	dorsal-caudal space
PPS	pectoral-pelvic space
PCA	pelvic-caudal space
D1L	first dorsal length
D1A	first dorsal anterior margin
D1B	first dorsal base length
D1H	first dorsal height
D1I	first dorsal inner margin
D1P	first dorsal posterior margin
D1ES	first dorsal spine length
D1BS	first dorsal spine base width
D2L	second dorsal length
D2A	second dorsal anterior margin
D2B	second dorsal base length
D2H	second dorsal height

D2I	second dorsal inner margin
D2P	second dorsal posterior margin
D2ES	second dorsal spine length
D2BS	second dorsal spine base width
P1A	pectoral anterior margin
P1I	pectoral inner margin
P1B	pectoral base length
P1P	pectoral posterior margin
P2L	pelvic length
P2I	pelvic inner margin
CDM	dorsal caudal margin
CPV	preventral caudal margin
CFW	caudal fork width
HANW	head width at nostrils
HAMW	head width at mouth
HDW	head width
TRW	trunk width
ABW	abdomen width
HDH	head height
TRH	trunk height
ABH	abdomen height

Capítulo III - The northernmost geographic limit, additional description and genetic analyses of the Northeastern Brazilian dogfish, *Squalus bahiensis* (Squaliformes: Squalidae).

Abstract

The Northeastern Brazilian dogfish, *Squalus bahiensis* is further described on the basis of 15 adult females [729–854 mm in total length (TL)] and 2 males (511 and 720 mm TL) collected from Pernambuco, Brazil. In addition to morphometric and meristic data, the DNA barcoding was analysed to confirm species identification accurately. This is the first description of adult female specimens and it is the first effort to join complementary taxonomic tools for *Squalus* species from Southwestern Atlantic Ocean. The results confirm a greater northern geographic limit than previously reported for the species.

Keywords: continental slope, DNA barcoding, Elasmobranchii, morphology, Atlantic Ocean.

Background

With a complex taxonomic history, species of the genus *Squalus* Linnaeus, 1758, characterized by the presence of spines in both dorsal fins and the absence of the anal fin, show a highly conservative morphology. Because of that peculiar trait, they are often recognized in species complexes - *Squalus acanthias*, *S. megalops* and *S. mitsukurii* (COMPAGNO et al., 2005) - according to their morphometric and meristic characteristics.

The northeastern Brazilian dogfish *Squalus bahiensis* (Viana, Carvalho & Gomes, 2016), along with the Atlantic lobefin dogfish *S. lobularis* (Viana, Carvalho & Gomes, 2016) and the humpback western dogfish *S. quasimodo* (Viana, Carvalho & Gomes, 2016), are representatives of the *Squalus mitsukurii* species complexes. They exhibit a set of common features like bilobed anterior nasal flap, prenarial length greater than inner nostril-labial furrow space and tricuspid dermal denticles. The similarity of external morphology among species complexes has led to several misidentifications in previous literature (e.g. FISHER et al., 2006; GOMES et al., 1997; LESSA et al., 1999; ROSA & GADIG, 2014).

Despite the recent clarifications in the taxonomy of *Squalus bahiensis*, no molecular tool has ever been used to complement meristic and morphologic data, due to the conditions of long-preserved specimens. Furthermore, its original description was based on three adult male

specimens, since no female was available. Previously reported as endemic to the coast of Bahia (Brazil), here we report and describe seventeen specimens of *S. bahiensis* found off Pernambuco (Brazil), with emphasis in fresh specimen coloration and genetic analysis.

Materials and Methods

The data used in this research were obtained with full approval of the Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) of the Brazilian Ministry of the Environment (permit no. 39978-4 and 13843-1). Capture methods were pre-approved by the Commission of Ethics on the Usage of Animals from the Federal Rural University of Pernambuco (license no. 044/2016; protocol no. 23082.025801/2015).

The present study is based on 17 fresh specimens collected in Pernambuco state, 8,099°-8,172°S and 34,534°- 34,570°W, during three research cruises conducted between January and March 2018, in depths ranging from 200 to 400 m. All catches were made by cylindrical traps (120 cm height and 60 cm diameter), or demersal longline.

Morphometric measurements were made following Last et al. (2007a), expressed as percentages of total length (%TL) and were used for comparisons with *Squalus mitsukurii* species complexes from the Atlantic Ocean, in addition to the holotype *S. mitsukurii* measured by Viana et al. (2016). The description of coloration follows Last et al. (2007a), based in fresh specimens, examined up to 48h after capture, aiming to differentiate fresh samples from preserved ones. Vertebral meristic data (monospondylous; total, precaudal and caudal vertebrae) were obtained for four specimens using X-radiographs of Software ImageSuite V4. Of these, dermal denticles and tooth shape and row counts were taken directly from specimens or photographed by stereomicroscopy Leica EZ4W, according to Viana et al. (2016).

After measurement, the specimens were eviscerated for the collection of the reproductive organs, which were evaluated according to ICES (2012). However, six specimens were preserved whole in 10% formalin. Genetic analyses of DNA barcoding were performed for molecular identification of collected samples, with gene cytochrome c oxidase subunit I (COI). All tissue samples were deposited at the Laboratório de Biologia e Genética de Peixes, Botucatu, Brazil (see Suppl.1). Genetic methods follow Roque et al. 2020 (in press.).

The COI sequences for *S. blainville* (Risso, 1827) from Mediterranean Sea, *S. mitsukurii* (Jordan & Snyder 1903) from Pacific Ocean (Japan), *S. clarkae* (Pfleger, Grubbs, Cotton & Daly-Engel 2018) from North Atlantic Ocean (Gulf of Mexico, EUA), *S. cf. mitsukurii* from North Atlantic Ocean (Gulf of Mexico) and *S. cf. mitsukurii* South Atlantic Ocean (Brazil and

Uruguay) deposited in the database Barcode of Life Data (BOLD) were inserted in this study (see Suppl. 2). We used *Cirrhigaleus asper* (GNSHK146) as an outgroup. Finally, a haplotype network was generated from trees using the median-joining analysis (Bandelt et al. 1999) available in PopART 1.7 (Leigh & Bryant, 2015). Samples were labelled on the haplotype network according to species.

Results

Six specimens were deposited as vouchers in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) and in the Museu de Oceanografia Prof. Petrônio Alves Coelho (MOCH) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). These include the 825 mm female (MZUSP-125022), 720 mm male (MZUSP-125026), 729 mm female (MOCH 253FL0318), 848 mm female (MOCH 254FL0318), 835 mm female (MOCH 256FL0318) and 511 mm male (MOCH 257FL0318).

The specimens were determined to be adult with 720 to 854 mm TL, with males being the smallest individuals. Specimens examined agree with diagnostic characters previously described, with the first dorsal-fin spine length (2.8-4.3% TL), pectoral-fin anterior margin length (13.7-15.6% TL), dorsal-caudal space (10.2-11.9% TL), and interdorsal space (24.2-29.1% TL) overlapping with *S. bahiensis* (Table 1).

Total vertebrae (TV) number (113-116) relatively low, including 42-44 monospondylous centra, with 27-31 caudal vertebrae (CV) centra and 84-86 precaudal (PV) centra (Figure 1). The dermal denticles were tricuspid and imbricated. Teeth similar in the upper and lower jaw, with two to three rows in both jaws: 25-27 in the upper row and 22-23 in the lower one.

When fresh, the coloration was similar to preserved specimens, except for dorsal surface, which was grey to light-grey, clearing gradually towards the ventral surface. First dorsal fin with a narrow black apical margin, extending up to less than two-thirds of the posterior margin, with free rear tips whitish. The second dorsal fin uniformly grey, sometimes appearing very similar to the first dorsal fin, or, in some occasions, being whitish in the half posterior margin. Pectoral fins posterior margin whitish. Pelvic fins uniformly grey. The caudal fin grey with a dark grey caudal bar at fork height; white dorsal caudal margin and preventral caudal margin less evident than in preserved state. Eyes bright green in life (Figure 2).



Figure 1. Digital radiography of *Squalus bahiensis* (MZUSP-125026, adult male, 720 mm TL), caught in Pernambuco, Brazil. ImageSuite V4. Scale bar: 120 mm



Figure 2. Lateral view of *Squalus bahiensis* female (729 mm TL), collected at Pernambuco, Brazil. Scale bar = 100 mm.

Late embryos exhibit: a caudal fin pattern strong, black and white; relatively short dark oblique bar, extending from the origin of the ventral lobe to the caudal fork; a dark basal marking; black blotch on central anterior portion of upper lobe, sometimes reaching to the dorsal caudal margin; caudal stripe broad and grey in both lobes; a white upper caudal fringe sharply defined edged; upper postventral caudal margin and most of ventral lobe white. First dorsal fin apex dark reaching one-third to the anterior and posterior margin, extending to the center of the fin; a great white blotch near the base on anterior margin, broken by a dark skin on anterior dorsal-fin spine; about two-thirds of the posterior margin whitish and free rear tips white edge. Second dorsal light grey, whitish near the base, with a dark spot on the apex. Skin on anterior dorsal-fin spines greyish. Eyes blueish (Figure 3).



Figure 3. Lateral view of *Squalus bahiensis* late embryo (TL – 210 mm), collected at Pernambuco, Brazil. Scale bar = 50 mm.

COI partial sequences ranged from 730 to 970 base pairs (bp), with the average length generating a matrix of 848 bp. Pairwise distances ranged from 0.3% to 6.6%, with the *S. blainville* molecularly well distinct from any species analysed in this work. For *Squalus bahiensis* the highest interspecific distance was recorded to *S. mitsukurii* from Japan with 0.021 ± 0.006 , and the lowest to *S. cf. mitsukurii* from Uruguay with 0.003 ± 0.001 (Table 2).

The final mtDNA matrix consisted of 56 terminals, including 17 new barcode sequences of *S. bahiensis* Southwestern Atlantic and 36 sequences available in BOLD (*S. mitsukurii* N=05, *S. blainville* N=09, *S. clarkae* N=04, *S. cf mitsukurii*_BRA N=03, *S. cf mitsukurii*_URU N=02 and *S. cf mitsukurii*_GOM N=16) (Figure 4).

Discussion

Viana et al. (2016) have recently described *Squalus bahiensis*, along with three other *Squalus* species: *S. albicaudus*, *S. quasimodo* and *S. lobularis*. Morphological and meristic examination separate *S. bahiensis* from the two species of the “*S. megalops* group” that occur in Brazil, *S. albicaudus* and *S. cubensis* (Howell Rivero, 1936), by the combination of the tricuspid dermal denticle (vs. unicuspid in “*S. megalops* group”), prenarial length greater than inner nostril-labial furrow space (vs. prenarial length less or equal than inner nostril-labial furrow space in “*S. megalops* group”) and the presence of black caudal bar on posterior margin of caudal fin (vs. presence of caudal fin white border on its posterior margin in “*S. megalops* group”).

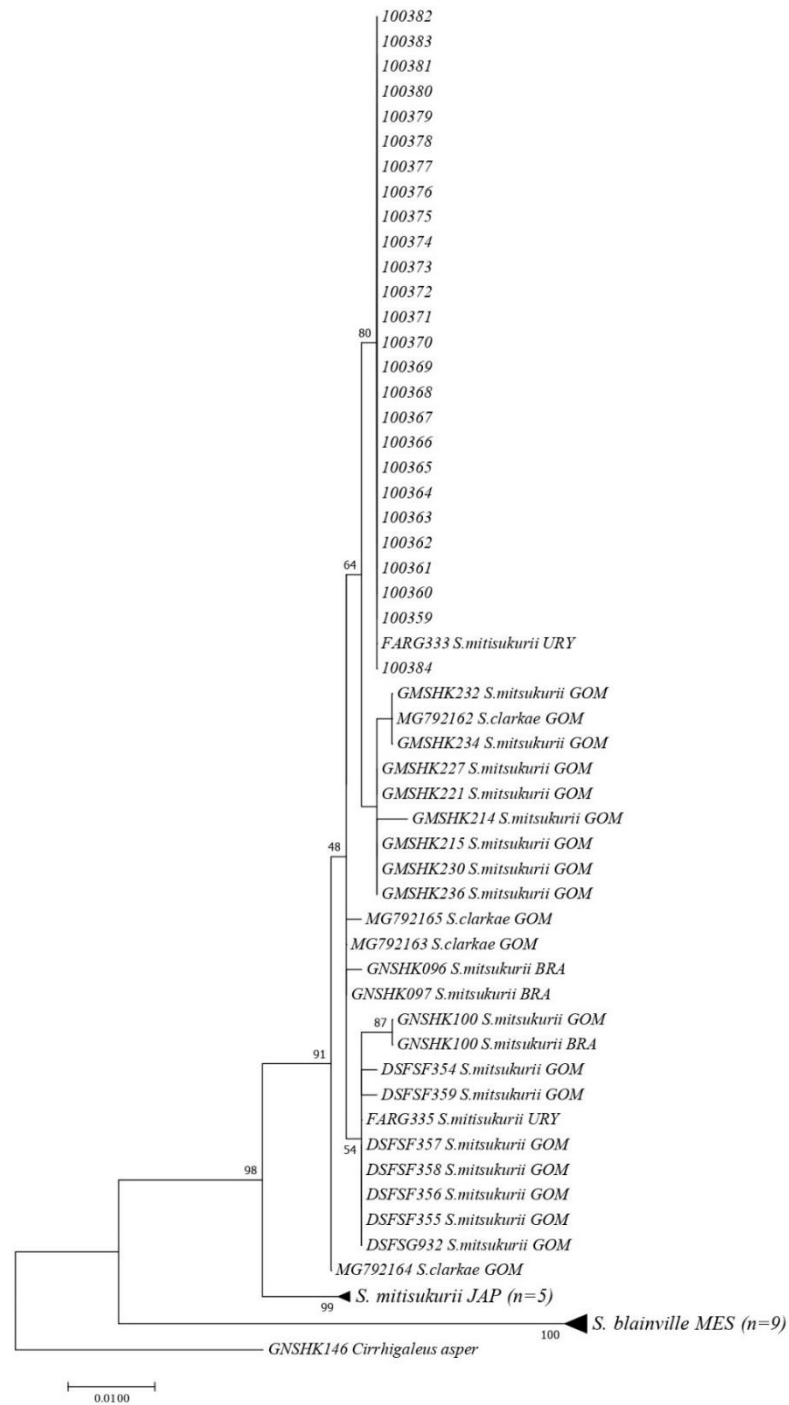


Figure 4. Best maximum likelihood tree based on the *cytochrome c oxidase subunit I* gene in species of *Squalus bahiensis* Southwestern Atlantic Ocean N= 17, *S. mitsukurii* N=05, *S. blainville* N=09, *S. clarkae* N=04, *S. cf mitsukurii_BRA* N=03, *S. cf mitsukurii_URU* N=02 and *S. cf mitsukurii_GOM* N=16, with *bootstrap* value at nodes.

Table 1. External measurements expressed as percentage of total length (% TL) for *Squalus bahiensis*.

	<i>Squalus bahiensis</i>					
	Female (15)				Male	
	Min	Máx	X	SD	MZUSP-125026	MOCH-257FL0318
Total length (mm)	72.90	85.40	81.55	3.76	72.00	51.10
Precaudal length	75.52	82.14	80.12	1.57	78.47	79.06
Pre-second dorsal length	60.42	64.20	62.15	1.24	62.50	59.88
Pre-first dorsal length	28.23	31.76	29.61	1.08	27.50	30.92
Pre-vent length	48.70	55.57	53.08	1.99	50.00	50.68
Prepelvic length	42.21	49.61	47.83	2.17	44.72	45.40
Prepectoral length	18.96	21.46	20.30	0.81	20.14	21.53
Head length	16.75	18.61	17.60	0.54	16.94	18.00
Prebranchial length	19.61	22.33	20.94	0.69	20.14	23.48
Prespiracular length	11.43	12.53	12.00	0.31	12.36	12.72
Preorbital length	6.79	7.76	7.26	0.28	7.08	7.63
Prenarial length	4.31	4.96	4.67	0.23	4.72	4.70
Preoral length	8.50	9.74	9.21	0.33	8.61	9.78
Inner nostril-labial furrow space	3.55	4.19	4.00	0.18	4.03	4.31
Mouth width	6.46	7.67	6.92	0.34	7.36	7.44
Labial furrow length	1.70	2.47	2.03	0.21	2.22	2.74
Internarial space	4.36	5.17	4.66	0.22	4.44	5.09
Interorbital space	7.49	8.31	7.81	0.25	7.64	8.22
Eye length	3.59	4.78	4.11	0.34	4.58	4.50
Eye height	1.31	2.69	1.91	0.37	2.08	2.15
Spiracle length	0.71	1.36	1.06	0.18	1.25	1.37
First gill-slit height	1.24	2.38	1.88	0.38	1.53	1.37
Fifth gill-slit height	1.77	2.65	2.29	0.32	1.94	1.96
Interdorsal space	24.23	29.58	26.08	1.73	27.08	24.27
Dorsal-caudal space	10.18	11.56	10.76	0.39	11.94	10.18
Pectoral-pelvic space	22.73	27.92	25.93	1.38	23.33	24.85
Pelvic-caudal space	25.10	27.52	26.54	0.73	28.06	27.79
First dorsal length	12.21	13.90	13.39	0.47	12.78	13.11
First dorsal anterior margin length	8.12	10.89	10.19	0.65	10.00	10.37
First dorsal base length	7.06	8.62	7.50	0.38	7.36	6.46
First dorsal height	5.85	6.82	6.37	0.28	6.53	6.26
First dorsal inner margin length	4.76	6.70	5.61	0.58	5.14	5.68
First dorsal posterior margin length	7.49	9.35	8.47	0.49	8.61	6.26
First dorsal spine length	2.79	4.31	3.50	0.44	3.33	3.13
First dorsal spine base width	0.59	0.94	0.77	0.10	0.69	1.17
Second dorsal length	11.02	13.56	12.25	0.76	11.94	12.33
Second dorsal anterior margin length	8.25	10.78	9.64	0.79	8.33	9.78
Second dorsal base length	6.23	8.62	7.56	0.68	6.25	6.85

Brasil

Second dorsal height	3.63	5.17	4.10	0.41	3.75	3.72
Second dorsal inner margin length	3.86	5.05	4.54	0.39	4.86	5.09
Second dorsal posterior margin length	4.12	5.99	5.24	0.51	5.56	3.52
Second dorsal spine length	2.83	4.67	3.88	0.52	3.89	3.52
Second dorsal spine base width	0.59	0.94	0.73	0.12	0.69	0.98
Pectoral anterior margin length	13.70	15.57	14.65	0.58	13.75	14.09
Pectoral inner margin length	6.45	8.21	6.95	0.47	6.11	8.22
Pectoral base length	5.14	6.25	5.83	0.31	5.69	4.70
Pectoral posterior margin length	9.70	12.04	11.27	0.61	10.97	9.98
Pelvic length	8.37	10.73	9.46	0.61	9.31	9.20
Pelvic inner margin length	3.79	4.99	4.24	0.36	3.89	5.87
Dorsal caudal margin length	19.14	21.30	20.30	0.75	21.11	21.14
Preventral caudal margin length	10.33	12.50	11.33	0.54	11.67	11.55
Caudal fork width	6.20	7.66	6.72	0.37	7.92	7.63
Head width at nostrils	5.92	6.90	6.27	0.26	6.67	6.46
Head width at mouth	10.05	11.17	10.42	0.39	10.97	11.15
Head width	11.62	14.27	13.10	0.79	10.97	12.33
Trunk width	10.79	14.64	13.39	1.30	12.50	10.76
Abdomen width	11.25	15.51	13.76	1.33	11.39	11.94
Head height	8.21	9.70	8.90	0.45	8.06	8.41
Trunk height	8.71	13.04	10.80	1.55	9.86	10.18
Abdomen height	10.06	13.63	11.90	1.30	10.83	10.57
Clasper outer length					4.44	1.76
Clasper inner length					7.64	4.31

Table 2. Average percent sequence divergence of CO1 (Figure 6) between and within *Squalus mitsukurii* complex species from Atlantic Ocean and *S. mitsukurii* from Pacific Ocean.

	<i>S.</i> <i>blainville</i>	<i>S.</i> <i>bahiensis</i>	<i>S.</i> <i>mitsukurii</i>	<i>S. cf.</i> <i>mitsukurii</i> BRA	<i>S. cf.</i> <i>mitsukurii</i> URY	<i>S. cf.</i> <i>mitsukurii</i> GOM	<i>S.</i> <i>clarkae</i>
<i>S. blainville</i>		0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
<i>S. bahiensis</i>	0.063		0.006	0.002	0.001	0.002	0.002
<i>S. mitsukurii</i>	0.066	0.021		0.005	0.005	0.005	0.005
<i>S. cf. mitsukurii_BRA</i>	0.064	0.006	0.018		0.002	0.002	0.002
<i>S. cf. mitsukurii_URY</i>	0.064	0.003	0.018	0.004		0.002	0.002
<i>S. cf. mitsukurii_GOM</i>	0.063	0.005	0.019	0.005	0.004		0.002
<i>S. clarkae</i>	0.062	0.005	0.019	0.005	0.004	0.005	

Historically considered as a very wide-ranging species (LAST et al., 2007 b), *Squalus mitsukurii* is the main representative of the long-snouted dogfish shark species complex. Currently, seven species of this complex are reported to occur in the Atlantic Ocean: *S. probatovi* (Myagkov & Kondyurin, 1986) from southeast; *S. bassi* (Viana, Carvalho & Ebert, 2017) from the east; *S. blainville* from northeast; *S. clarkae* from northwest; and *S. bahiensis*, *S. quasimodo* and *S. lobularis* from the southwest.

Besides being geographically distinct, *S. bahiensis* differs from *S. bassi* and *S. probatovi* by having a lower first dorsal height (5.9-6.8% TL *S. bahiensis* vs. in 7.5-9.1% TL in *S. bassi* vs. 8.2-10.4% TL in *S. probatovi*) and larger interdorsal space (24.2-29.1% TL *S. bahiensis* vs. in 20.5-25.7% TL in *S. bassi* vs. 21.9-24.8% TL in *S. probatovi*). *S. bahiensis* has less monospondylous and total vertebrae than *S. probatovi* (42-44 and 113-116 for *S. bahiensis* vs. 45-48 and 118-124 for *S. probatovi*).

Although the *Squalus mitsukurii* species complex has been identified as *S. blainville* in Brazil (RIBEIRO, 1907, 1923), this species was excluded from the comparative morphometric analyses due to a clear difference in the shape of the nostril and anterior nasal flap with rather large posterior secondary lobe (MAROUANI et al., 2012). Molecular data on the species, however, were analysed, due to the rather low number of species with morphological plus molecular information of the genus in the Atlantic Ocean.

As the number of individuals analysed increased, many morphological characters eventually overlapped. *S. bahiensis* still shares with *S. clarkae* many characters like similar trunk length (interdorsal space 24.2-29.1% TL vs. 24.1-25.8% TL and dorsal-caudal space 10.2-11.9% TL vs. 10.4-12.1 % TL, respectively), although measures that characterize *S. clarkae* as having a shorter snout than *S. bahiensis* could not be useful for separating these two species. A great overlap in monospondylous and total vertebrae number (42-44 and 113-116 vs. 44-45 and 111-114, respectively) could be also observed for these species, although the difference is clear when analysing the precaudal and caudal vertebrae number (84-86 and 27-31 vs. 87-90 and 24-27, respectively). Another divergence between these species is the caudal fin pattern in embryos, with upper caudal blotch reaching the dorsal caudal margin in *S. bahiensis* (not reaching in *S. clarkae*).

Genetic comparison was evaluated concomitantly, as well as morphometric and meristic data, for the long-snouted dogfish shark from the Atlantic Ocean. Molecular data had been previously reported for *S. lobularis*, *S. quasimodo*, *S. probatovi* and *S. bassi*. A TCS network illustrates genetic separation among *S. mitsukurii*, *S. blainville* and *S. bahiensis*. For other taxa, some haplotypes are closely related mainly with Gulf of Mexico species (Figure 5).

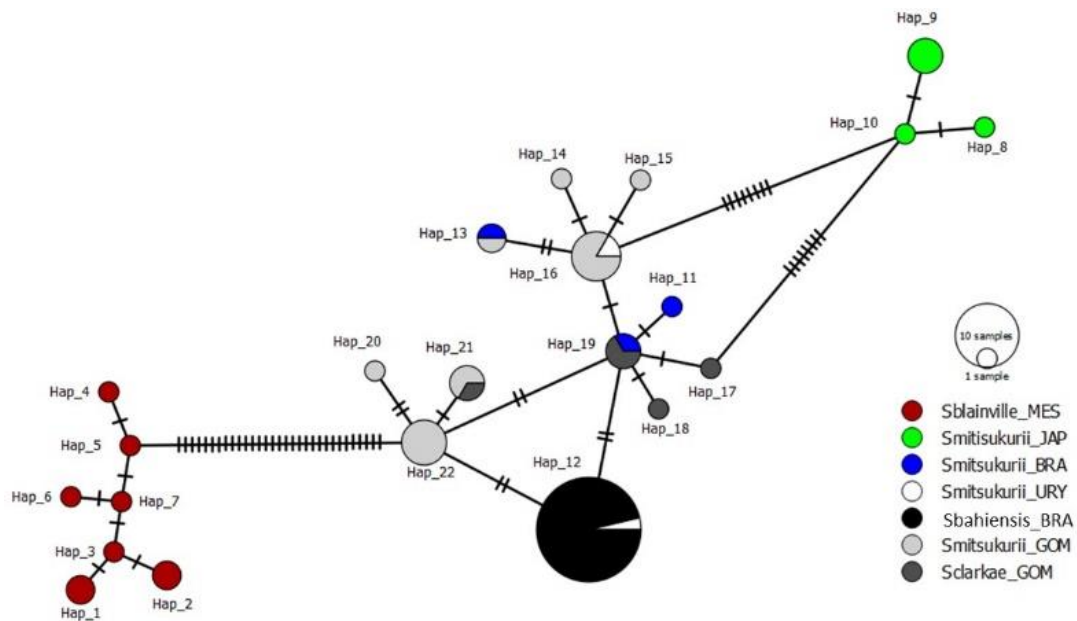


Figure 6. Haplotype networks based on COI sequences from *Squalus bahiensis* Southwestern Atlantic Ocean N=17, *S. mitsukurii* N=05, *S. blainville* N=09, *S. clarkae* N=04, *S. cf mitsukurii_BRA* N=03, *S. cf mitsukurii_URU* N=02 and *S. cf mitsukurii_GOM* N=16. Each colour represents a species, the circle size is equivalent to the number of individuals and uninterrupted branches represent single mutational steps.

The genetic distances from the mtDNA COI sequences indicate low/medium pairwise values for the *Squalus* species analysed, except between populations of *S. bahiensis* and *S. cf. mitsukurii* from Uruguay (0.03). *S. bahiensis* is characterized by a slender body as well as a slender second dorsal fin, whereas *S. quasimodo* has a prominent dorsal hump and the second dorsal fin upright, similar to the first dorsal fin. They also diverge in the vertebral meristic counts, but with a slight overlap (42–45 monospondylous centra, 84–87 precaudal centra, 113–117 total centra number in *S. bahiensis* vs. 45–46 monospondylous centra, 87–92 precaudal centra, 116–1121 total centra number in *S. quasimodo*).

The total, caudal and precaudal vertebrae number between *S. bahiensis*, including type specimens, and *S. lobularis* were indistinguishable. However, these species can be distinguished by the arrangement of the dermal denticles, not adjacent in *S. bahiensis*. Despite the lack of molecular information on a voucher specimen, Veríssimo et al. (2016) proposed that the analyzed samples from Brazil were *S. lobularis*. Our results show that there is no haplotype sharing with any other sample available on BOLD. This supports the difference between these two species.

The specimens collected at Pernambuco, with the complementary molecular analyses, confirm the presence of *S. bahiensis* from the northwestern Brazil to Uruguay. The

morphological measurements were expanded in range compared to the values previously reported for *S. bahiensis* by Viana et al. (2016) even though a great morphological overlap has been observed within different taxa of this species complexes.

References

BANDELT, H.J.; FORSTER, P.; ROHL, A. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. **Molecular Biology and Evolution**, 16(1), 37–48. 1999. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals>.

COMPAGNO, L., DANDO, M.; FOWLER, S.L. **A field guide to the sharks of the world**. London: Harper Collins Publishers. 2005.

FISCHER, A.F., VERAS, D.P., HAZIN, F.H.V., BROADHURST, M.K., BURGUESS, G.H.; OLIVEIRA, P.G.V. Maturation of *Squalus mitsukurii* and *Cirrhigaleus asper* (Squalidae, Squaliformes) in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. **Journal of Applied Ichthyology**, 22, 495–501. 2006

GOMES, U.L., LIMA, M.C., PARAGÓ, C.; QUITANS, A.P. Catálogo das coleções ictiológicas do Departamento de Biologia Animal e Vegetal. Instituto de Biologia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Gráfica UERJ, 185 pp. 1997.

ICES – International Council for the Exploration of the Sea. **Report of the workshop on Sexual Maturity Staging of Elasmobranchs (WKMSSEL)**. Lisbon, Portugal. 2012.

LAST, P.R.; WHITE, W.T.; MOTOMURA, H. **Part 6 — Description of *Squalus chloroculus* sp. nov., a new spurdog from southern Australia, and the resurrection of *S. montalbani* Whitley**. In: LAST, P.R.; WHITE, W.T.; POGONOSKI, J.J. *Descriptions of new dogfishes of the genus Squalus (Squaloidea: Squalidae)*. CSIRO Marine and Atmospheric Research, Hobart, 2007 b, pp. 91–100.

LAST, P.R.; WHITE, W.T.; POGONOSKI, J.J.; GLEDHILL, D.C.; YEARSLEY, G.K.; WARD, R.D. **Part 1 — Application of a rapid taxonomic approach to the genus *Squalus***. In: LAST, P.R.; WHITE, W.T.; POGONOSKI, J.J. *Descriptions of new dogfishes of the genus Squalus (Squaloidea: Squalidae)*. CSIRO Marine and Atmospheric Research, Hobart, 2007 a. pp. 01–10.

LEIGH, J.W.; BRYANT, D. POPART: Full-feature software for haplotype network construction. **Methods in Ecology and Evolution**, 6(9), 1110–1116. 2015. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12410>

LESSA, R; SANTANA, F.M; RINCO, G; GADIG, O.B.F; EL-DEIR, A.C.A. Biodiversidade de elasmobrânquios do Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Recife – PE. 1999

MAROUANI, S.; CHAÂBA, R.; KADRI, H.; SAIDI B.; BOUAIN, A.; MALTAGLIATI, F.; LAST, P.; SÉRET, B.; BRADAI, M.N. Taxonomic research on *Squalus megalops* (Macleay, 1881) and *Squalus blainvillei* (Risso, 1827) (Chondrichthyes: Squalidae) in Tunisian waters (central Mediterranean Sea). **Scientia Marina**, 76(1). 97-109. 2012. <https://doi.org/10.3989/scimar.03440.22B>

RIBEIRO, A.M. **Fauna Brasiliense**. Peixes. Vol. II. Primeira Parte. Imprensa Nacional, Rio de Janeiro, 52 pp. 1923.

RIBEIRO, A.M. **Fauna Braziliense**. Peixes II (Desmobranchios). Archivos do Museu Nacional, 14: 129-217. 1907.

ROQUE, P. C. G.; HAZIN, F. H. V. (2020). Morphological and molecular analyses of the Cuban dogfish *Squalus cubensis* Howell Rivero, 1936 (Squaliformes: Squalidae) in the southwestern Atlantic Ocean. In press

ROSA, R.S.; GADIG, O.B.F. Conhecimento da diversidade dos Chondrichthyes marinhos no Brasil: a contribuição de José Lima de Figueiredo. **Arquivos de Zoologia**, 45, 89-104. 2014

VERÍSSIMO, A., ZAERA-PEREZ, D., LESLIE, R., IGLÉSIAS, S. P., SERET, B., GRIGORIOU, P., STERIOTI, A., GUBILI, C., BARRÍA, C., DUFFY, C., HERNÁNDEZ, S., BATJAKAS, I. E., & GRIFFITHS, A. M. Molecular diversity and distribution of eastern Atlantic and Mediterranean dogfishes *Squalus* highlight taxonomic issues in the genus. **Zoologica Scripta**, 46 (4), 1– 15. 2016. <https://doi.org/10.1111/zsc.12224>

VIANA, S.T.; 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**, 4133 (1), 1-89. 2016. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4133.1.1>

Capítulo IV – Estrutura populacional e biologia reprodutiva do cação bagre de Cuba capturado em Pernambuco, Brazil.

Introdução

O sucesso evolutivo dos elasmobrânquios pode ser atribuído à sua eficiência como predador e às suas sofisticadas adaptações reprodutivas (CASTRO 1987), estratégias que influenciaram positivamente a sua sobrevivência. No entanto, essas mesmas estratégias resultaram em um baixo potencial reprodutivo e uma reduzida taxa intrínseca de crescimento populacional (HOENING & GRUBER, 1990; SMITH et al., 1998), tornando-os mais vulneráveis às ações antrópicas do que os peixes teleósteos, por exemplo (e.g. WORM et al. 2013. HOWARD et al. 2019).

Fisiologicamente, a reprodução está intimamente ligada a diversos aspectos do sistema reprodutor, como desenvolvimento, embriologia, fecundidade, fertilização e produção da prole, além das oportunidades que um indivíduo possui para se reproduzir (ZAVALA-CAMIN, 2004). Assim, informações como proporção sexual, distribuição de frequência de comprimento, relação peso-comprimento, tamanho de primeira maturação, relação gonadossomática, fator de condição e, no caso dos tubarões, o índice hepatossomático são necessárias para se compreender os aspectos fisiológicos e a estrutura populacional de uma determinada espécie.

Informações detalhadas sobre a história de vida e dinâmica reprodutiva dos elasmobrânquios, entretanto, estão disponíveis apenas para algumas espécies, principalmente para aquelas de maior importância comercial e de hábito pelágico (e.g. BROWN e ROFF, 2019; GRANT et al. 2018). No entanto, vários esforços têm sido empreendidos em todo o mundo com o objetivo de expandir o conhecimento acerca da fauna demersal de águas profundas (e.g. BARGIONE et al. 2019; PINHEIRO et al., 2020).

Além do empenho necessário para se ter acesso a amostras de mar profundo, espécies do gênero *Squalus* apresentam uma alta taxa de sobreposição dos caracteres morfológicos e merísticos, o que leva a uma grande dificuldade na sua identificação taxonômica. Apesar do número crescente de estudos com o gênero, principalmente na área de taxonomia, ainda é pouco o que se conhece em relação à ecologia das espécies do gênero. Das 35 espécies do gênero *Squalus*, as dez descritas na última década não constam na lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (International Union for Conservation of Nature- IUCN), e apenas 23 têm algum registro, das quais 61% são classificadas como “dados deficientes” (Data Deficient- DD), incluindo o *S. cubensis*.

O entendimento acerca da estrutura e dinâmica populacional de uma determinada espécie é de extrema importância para que o seu manejo e a conservação possam ser realizados de maneira eficiente, tornando, assim, necessário o estudo da sua biologia, incluindo informações como tamanho de maturação, fecundidade, idade, crescimento e longevidade (NATANSON et al., 2002).

A combinação da caracterização morfométrica com a identificação molecular fortalece substancialmente a diagnose taxonômica das espécies. Recentemente, Roque et al. (2020), utilizando essas duas ferramentas, confirmaram a ocorrência de *Squalus cubensis* no nordeste do Brasil. O presente estudo objetivou avaliar a dinâmica e a estrutura populacional de *Squalus cubensis*, visando a subsidiar medidas de gestão capazes de assegurar a sua conservação.

Metodologia

Todos os espécimes foram capturados no talude continental, entre 7°50'26.5"S/ 34°26'10.7"W e 8°20'20,6"S/ 34°38'51,2"W, e entre as profundidades de 240 e 600 m, com armadilhas de fundo e espinhel horizontal. Em ambas as artes de pesca foram utilizadas como isca a sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879)) ou a cavalinha (*Scomber scombrus* Linnaeus, 1758). As operações de pesca foram conduzidas pelo barco de pesquisa “Sinuelo”, pertencente ao Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

No Laboratório de Oceanografia Pesqueira (LOP) da UFRPE, os indivíduos capturados foram identificados, sexados e tiveram seu comprimento total (da ponta do focinho até a ponta posterior da nadadeira caudal, em mm) e o peso total (g) mensurados. Em seguida, foram aferidas as dimensões dos órgãos do sistema reprodutor, incluindo comprimento e largura, em milímetros, e peso total, em gramas, e o peso total do fígado (g).

A análise macroscópica foi adaptada da tabela de descrição do sistema reprodutor dos elasmobrânquios vivíparos proposta pela ICES (2013) (Tab. 1). Após a medição do comprimento e largura do útero, os mesmos foram dissecados para se verificar se havia presença de ovos ou embriões, com os mesmos, sempre que presentes, tendo sido contados e, no caso dos embriões, sexados.

Uma vez medidos e analisados, todas as amostras foram imersas em solução de formol a 10% por 24 horas. Após esse período, os testículos e epidídimo dos machos e os ovários, glândulas oviducais e úteros das fêmeas foram clivados e retornaram ao processo de fixação por mais 24 horas, tendo sido, na sequência, imersos em álcool com concentração de 70%, para fins de conservação.

Tabela 1- Estágios maturacionais de *Squalus cubensis* capturados na costa de Pernambuco, Brasil, entre outubro de 2014 e março de 2018, baseados na escala sugerida por ICES (2013).

	MACHOS	FÊMEAS
IMATURO	Imaturo Em desenvolvimento	Imaturo
MADURO	Capaz de reproduzir Ativo	Capaz de reproduzir Gestação Inicial Gestação média Gestação final

A proporção sexual foi calculada através da razão entre fêmeas e machos capturados (PSC), em idade reprodutiva (PSR) e embrionária. Para avaliar a significância estatística das diferenças observadas na proporção sexual (PSC e PSR), foi utilizado o teste de Qui quadrado (χ^2), a partir da formula $X = \sum ((O - E)^2 / E)$, na qual O = frequência observada e E= Frequência esperada.

A relação peso x comprimento foi avaliada a partir da função de regressão potencial $Y = aX^b$ na qual Y, a variável peso, é dependente de X, a variável comprimento. Em seguida os dados foram linearizados, a partir da formula $\log Y = \log a + b \log X$, para uma melhor representação gráfica, além de permitir a realização do teste T de Student, comparando-se o valor do coeficiente de equilíbrio “b” ao valor de isometria = 3, que indica que peso e comprimento aumentam igualmente. Caso $b > 3$, a espécie possui crescimento alométrico positivo, no qual a taxa de aumento de biomassa é maior que a do crescimento; caso $b < 3$, a alometria é negativa com a taxa de crescimento do animal sendo maior que o ganho de peso.

O tamanho de primeira maturação (L_{50}) foi calculado através da formula $P = 1 / (1 + \exp[-b(L - L_{50})])$, na qual P é a proporção de maduros, b é coeficiente angular, e L é o valor médio das classes de comprimento e $L_{50} = |a/b|$, tendo sido necessária a linearização do modelo para a obtenção dos valores de a e b (KING, 1995).

A Relação Gonadossomática (RGS) foi avaliada por: $RGS = (PG/PT - PG) * 100$, onde PG é o peso da gônada (ambos ovários) e PT é o peso total do animal, ambos em gramas. O Índice hepatossomático (IHS) foi também calculado, por: $IHS = (PF/PT - PF) * 100$, na qual PF é o peso do fígado e PT é o peso total do animal (KOUSTENI, MEGALOFONOU, 2011, ROCHOWSKI, GRAHAM, et al., 2015, WATSON, SMALE, 1998).

Tanto os ovários (peso, largura e diâmetro do maior óvulo) como os testículos direito e esquerdo (peso, comprimento e largura) foram comparados para se avaliar possíveis diferenças estatisticamente significantes, aplicando-se, para este fim, o teste não paramétrico de Wilcoxon, em razão das variâncias não terem apresentado uma distribuição normal ($W > 0,05$), com exceção para o peso e para o comprimento dos testículos ($W < 0,05$), tendo se utilizado nesses dois casos o teste T de Student. Para todas as análises estatísticas foram utilizados os programas

“Microsoft Office Excel 2013”, “BioEstat 5.3” e “R Studio 3.5”, considerando-se o nível de significância de 5%.

Resultados

Entre outubro de 2014 e março de 2018, foram capturados 108 indivíduos de *S. cubensis*: 55 fêmeas (15 imaturas, 5 capazes de reproduzir, 17 em gestação inicial, 14 em gestação média e 4 em gestação final), e 53 machos (4 imaturos, 5 em desenvolvimento, 23 capazes de reproduzir e 21 ativos). Diferenças estatisticamente significativas em relação ao gênero não foram observadas para o total de animais capturados (PSP), nem tão pouco para aqueles que estavam capazes de se reproduzir (PSR) ou eram embriões (Tab. 2). A fecundidade uterina média foi igual a 3 embriões, variando entre 1 e 8.

Tabela 2- Proporção sexual dos indivíduos capturados pela pesca (PSP), dos indivíduos adultos, em idade reprodutiva (PSR), e entre os embriões de *S. cubensis*, capturado no litoral de Pernambuco, Brasil. F= Fêmea, M= Macho, SNI= sexo não identificado.

	F	M	SNI	Total	F/M	χ^2	P
PSP	55	53	-	108	1,03	0,37	0,84
PSR	41	44	-	85	0,93	0,11	0,7449
EMBRIÕES	33	27	30	90	1,22	0,60	0,4306

O comprimento total dos exemplares examinados variou de 231 mm a 860 mm, para fêmeas, com uma moda entre 546 e 625 mm (média= 613 mm, n= 26); e de 244 mm a 542 mm, para os machos, com uma moda entre 467 e 546 mm (média= 485 mm, n= 45). O número de indivíduos nas primeiras classes de comprimento foi baixo para ambos os sexos (Fig. 1).

Para as fêmeas, a relação peso eviscerado x comprimento total (Fig. 2) apresentou um valor de $b= 2,97$ ($R^2 = 0,9769$), indicando uma alometria levemente negativa, enquanto que para os machos (Fig. 3) esse valor foi: $b= 3,16$ ($R^2 = 0,9672$), indicando uma alometria positiva, i.e. um maior incremento de peso do que de tamanho, na taxa de crescimento. A correlação entre a fecundidade uterina e o comprimento das fêmeas gestantes (Fig. 4) indica que as maiores fêmeas tendem a gerar um número maior de embriões.

O tamanho de primeira maturação das fêmeas (Fig. 5) foi estimado em 571,4 mm, variando entre 554,4 e 589,0 mm ($\alpha= 0,05$), enquanto que para os machos o valor médio foi igual a 452,1 mm, com uma variação de 400,5 a 478,8 mm ($\alpha= 0,05$). O comprimento em que 95% das fêmeas e machos atingem a capacidade reprodutiva foi de 649,3 e 502,9 mm, respectivamente, sugerindo que as fêmeas tenham um desenvolvimento mais lento.

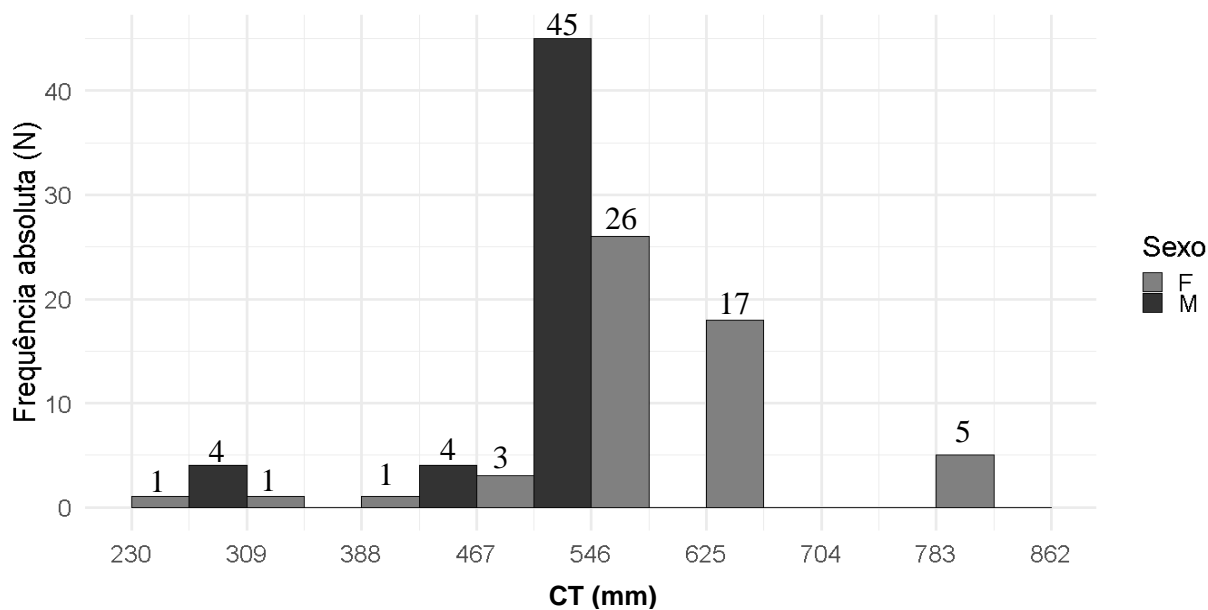


Figura 1- Distribuição de frequência de comprimento do *S. cubensis* capturado em águas profundas Pernambuco- Brasil.

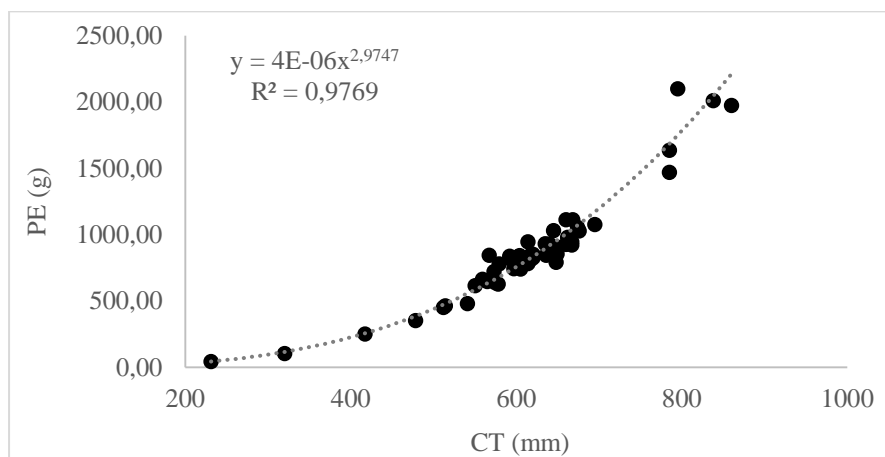


Figura 2- Relação Peso Eviscerado (PE) x Comprimento Total (CT) de fêmeas de *S. cubensis* capturadas em águas profundas de Pernambuco, Brasil.

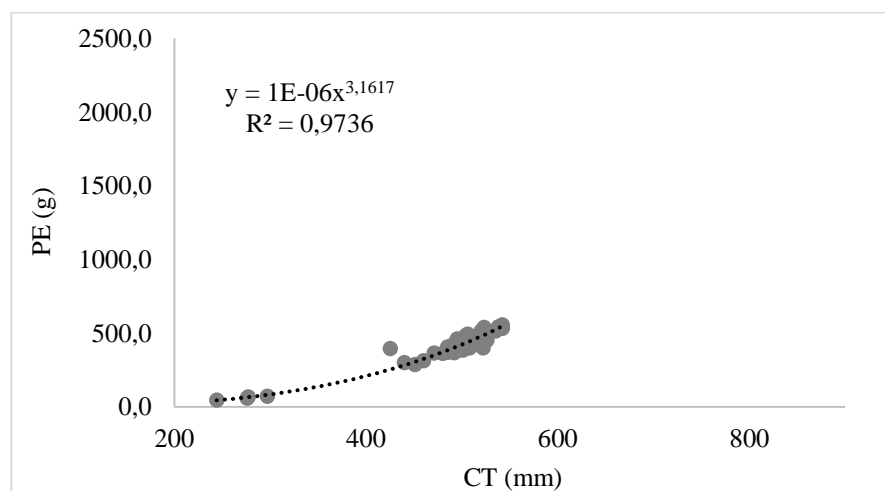


Figura 3- Relação Peso Eviscerado (PE) x Comprimento Total (CT) de machos de *S. cubensis* capturados em águas profundas de Pernambuco, Brasil.

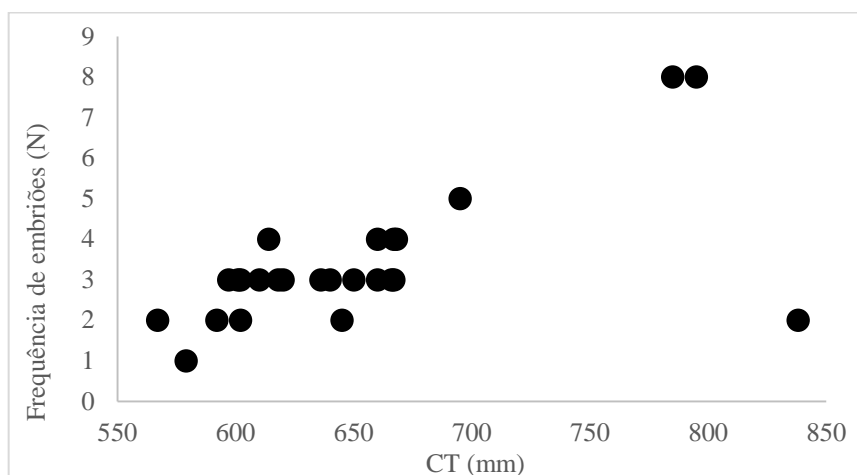


Figura 4- Comprimento total (CT) das fêmeas x fecundidade uterina de *Squalus cubensis* capturado em águas profundas de Pernambuco, Brasil.

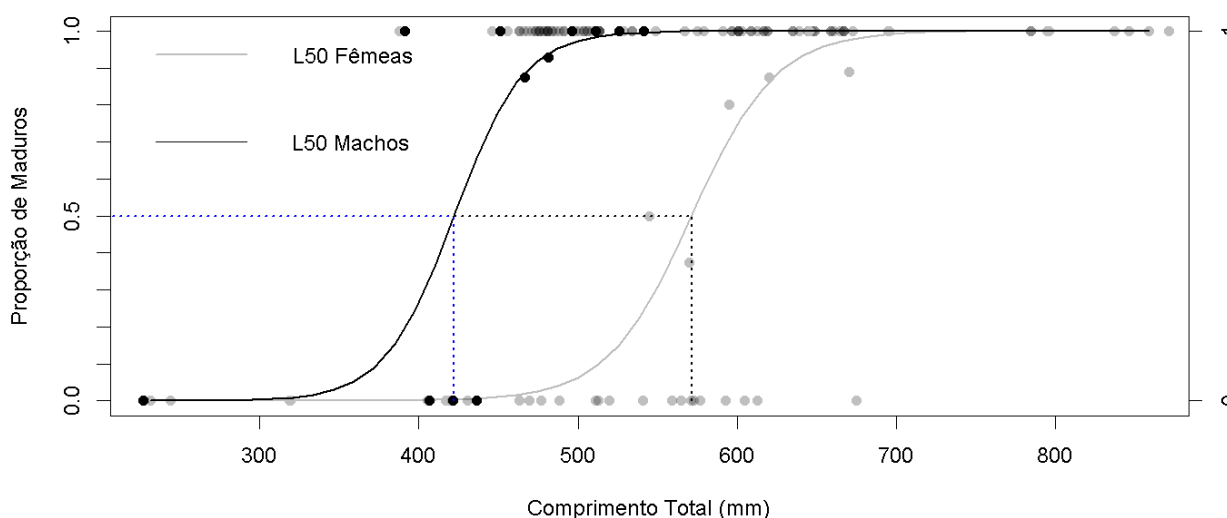


Figura 5- Tamanho de primeira maturação (L₅₀) para machos e fêmeas de *S. cubensis* capturados em águas profundas de Pernambuco, Brasil.

No sistema reprodutor das fêmeas (Fig. 6), os ovários, as glândulas oviducais e os úteros foram encontrados na cavidade celomática entre a cavidade torácica e a região pélvica, apresentando-se em pares, um de cada lado do corpo. Os ovários são formados por células germinativas circulares (folículos), vasos sanguíneos e corpora lútea, localizando-se abaixo da cavidade torácica, entre as nadadeiras peitorais, sendo indiferenciados nos espécimes imaturos.

A largura do ovário (4,5 – 87,0 mm), o peso do ovário (6,4 – 760,0 g), o número de folículos (10 – 60) e o diâmetro do maior folículo (0,1 – 39,0 mm) apresentaram valores médios mais baixos no estágio imaturo, aumentando progressivamente até o estágio capaz de reproduzir (Tab. 3).

Quando a fêmea chega à capacidade reprodutiva o ovário apresenta folículos maduros e prontos para serem fecundados. Logo após a ovulação, os folículos maduros que não foram liberados passam pelo processo de degeneração e o ovário volta a ter menores dimensões, durante o período gestacional. Na gestação média, o ovário tende a se desenvolver novamente, com a fêmea se encontrando pronta para uma nova ovulação logo após o parto.

A glândula oviducal também seguiu o padrão observado para o ovário (Tab. 3), quanto ao seu peso (0,03 – 2,02 mm) e largura (3,0 – 14,0 mm), apresentando valores baixos no estágio imaturo, crescendo até o estágio capaz de reproduzir, diminuindo novamente no início da gestação e aumentando até o seu final. Esses valores indicam que o sistema reprodutor prepara a glândula oviducal para a passagem do folículo ovariano que possui diâmetro maior do que a própria largura da glândula (24,2 e 11,1 respectivamente, em mm).

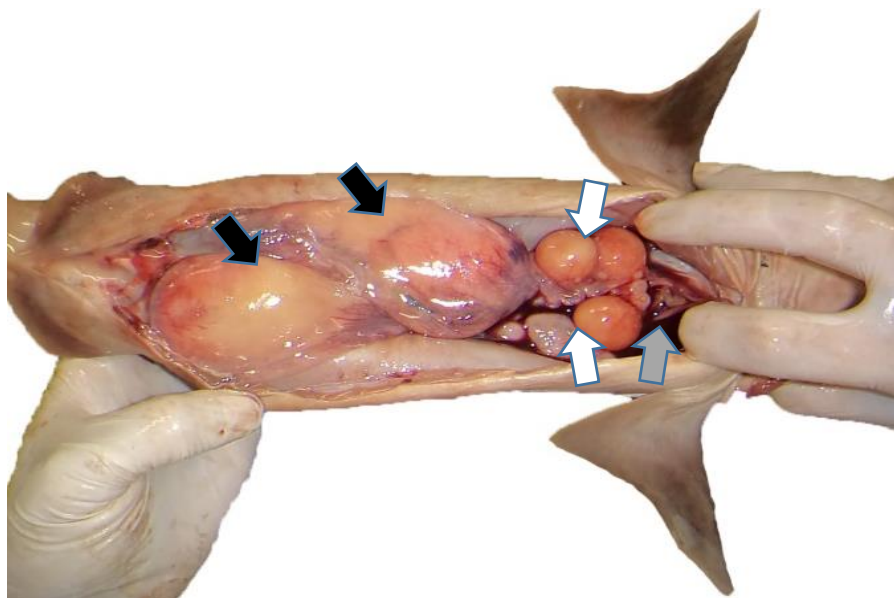


Figura 6- Fêmea em gestação inicial de *Squalus cubensis* capturado em águas profundas de Pernambuco, Brasil. Seta branca= ovário; Seta preta = Útero; Seta cinza = Glândula oviducal.

A largura do útero (Tab. 3) apenas aumentou com o desenvolvimento do sistema reprodutor, sendo estreito quando imaturo (0,1 – 40,5 mm) e aumentando de acordo com o avanço da gestação, chegando ao máximo de elasticidade no seu final (35,1- 69,5 mm), quando os embriões já estão completamente desenvolvidos.

No sistema reprodutor dos machos (Fig. 7) (Tab. 4), testículos, epidídimos e ampolas do ducto deferente foram observados em pares, nos lados direito e esquerdo do corpo. O testículo foi localizado próximo à região torácica, entre as nadadeiras peitorais, com coloração alaranjada e estrutura delgada, formando lóbulos. O clássper mostrou sinais de calcificação em torno do tamanho de primeira maturação, indicando que em suas primeiras tentativas reprodutivas os machos da espécie podem não estar ainda com o clássper completamente calcificado (Fig. 8).

Não houve diferença estatisticamente significativa entre o peso ($W = 0,0004$; $p = 0,1433$) e a largura ($W > 0,0001$; $p = 0,2250$) dos ovários direito e esquerdo, nem em relação ao diâmetro do maior óvulo ($W = 0,0021$; $p = 0,6363$), indicando que as fêmeas possuem funções reprodutivas igualmente ativas em ambos os lados do sistema reprodutor. No caso dos machos, da mesma forma, não houve diferenças significativas entre o comprimento ($W = 0,8133$; $p = 0,09372$), a largura ($W = 0,01732$; $p = 0,8108$) e o peso ($W = 0,3053$; $p = 0,9722$) dos testículos direito e esquerdo, indicando níveis similares de atividades reprodutiva em ambos os lados.

A variação mensal do RGS indica a ocorrência de dois picos reprodutivos nas fêmeas, um em abril (4,19) e outro em novembro (5,21), com uma queda brusca no mês seguinte a cada pico (0,63 e 0,53, respectivamente). Tendência inversa é observada na variação do IHS, com os menores valores tendo sido observados em abril (4,01) e novembro (1,36), com uma subida abrupta nos meses seguintes (6,05 e 7,79, respectivamente) (Fig. 9).

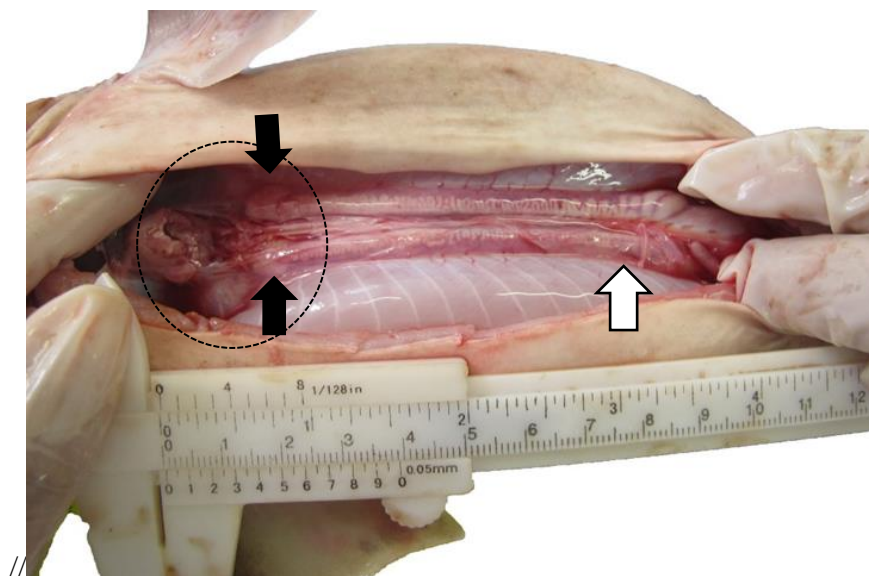


Figura 7- Macho capaz de reproduzir de *Squalus cubensis* capturado em águas profundas de Pernambuco, Brasil. Seta branca= ampola do ducto deferente; Seta preta = epidídimo; círculo pontilhado= região de localização do testículo.

O diâmetro dos folículos ovarianos (Fig. 10) teve maiores médias nos meses de maio (2,25) e dezembro (2,55), meses seguintes aos maiores picos de RGS e menores de IHS, evidenciando o uso de reservas energéticas do fígado para o desenvolvimento ovocitário. Já para os machos, os valores de RGS (Fig. 11) não apresentaram variações importantes ao longo do ano, variando entre 0,84 e 1,30. No caso do IHS, embora a amplitude de variação tenha sido maior (2,75 – 6,04), não pareceu estar diretamente associada ao ciclo reprodutivo (Fig. 11).

Tabela 3- Características morfométricas do sistema reprodutivo de fêmeas de *S. cubensis* capturadas na costa de Pernambuco, Brasil. LO= Largura do ovário (mm); PO= Peso do ovário

(g); NF= Número de folículos; DMF= Diâmetro do maio folículo (mm); PG= Peso da glândula (g); LG (Largura da glândula (mm) e LU= Largura do útero (mm).

	Imaturo (15)	Capaz de reproduzir (5)	Gestação Inicial (17)	Gestação média (14)	Gestação Final (4)
Ovário					
PO (g)	0,6 -13,9	5,0 -76,0	3,0 -8,6	3,8 -53,8	11,9 -50,0
LO (mm)	4,5 -27,5	23,0 -87,0	14,0 -39,0	18,0 -51,5	38,0 -55,0
NF	18 -30	22 - 25	10 -50	15 -50	15 -60
DMF (mm)	0,1 -23,0	8,5 -39,0	6,0 -20,0	10,5 -40,5	16,0 -33,5
Glândula Oviducal					
PG (g)	0,1 -1,0	0,6 -2,0	0,4 -1,2	0,5 -1,6	0,6 -1,6
LG (mm)	3,0 -12,0	8,5 -14,0	7,5 -13,5	5,5 -13,5	11,0 -14,0
Útero					
LU (mm)	0,1 -40,5	13,0 -50,5	25,0 -54,5	36,0 -52,0	35,1 -69,5
Descrição	Filiforme e delgado	Totalmente desenvolvido	Presença de vitelo amarelado ou com manchas rosadas	Embriões visíveis com saco vitelínico ainda grande	Embriões completamente formados com saco vitelínico reduzido ou ausente

Tabela 4- Características morfométricas do sistema reprodutivo de machos de *S. cubensis* capturados na costa de Pernambuco, Brasil. PTE= peso do Testículo (g); CTE= comprimento do testículo (mm); LTE= largura do testículo (mm); LA= largura da ampola (mm); LE= largura do epidídimo (mm).

	Imaturo (4)	Em desenvolvimento (5)	Capaz de reproduzir (23)	Ativo (21)
Testículo				
PTE (g)	Aparelho reprodutor indiferenciado do órgão epigonal	1,46 -3,20	1,83 -4,26	3,15 -5,20
LTE (mm)		8,0 -11,2	8,5 -17,0	9,0 -18,0
CTE (mm)		36,0 -42,5	31,5 -52,0	34,5 -47,0
Ampola do ducto deferente				
LA (mm)		1,0 -1,0	1,0 -11,5	1,0 -9,5
Descrição		Sem fluido seminal aparente	Presença de fluido seminal	Fluidos saindo pelo cláspere e cloaca quando pressionado
Epidídimo				
LE (mm)		3,0 - 5,0	3,0 -9,0	3,0 -8,0

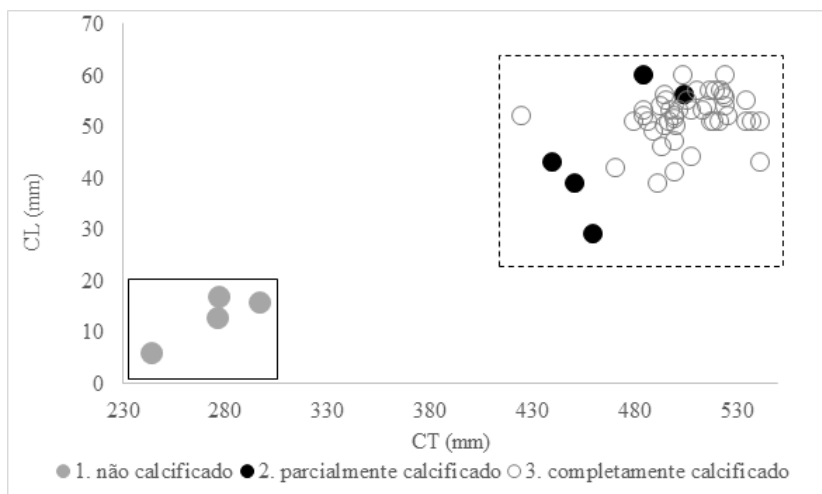


Figura 8- Relação entre o comprimento do clássper (CL), grau de calcificação e comprimento total (CT) de machos de *S. cubensis* capturados em águas profundas de Pernambuco, Brasil. O quadrado com linha contínua representa os machos imaturos e o com linha tracejada indica os machos maduros

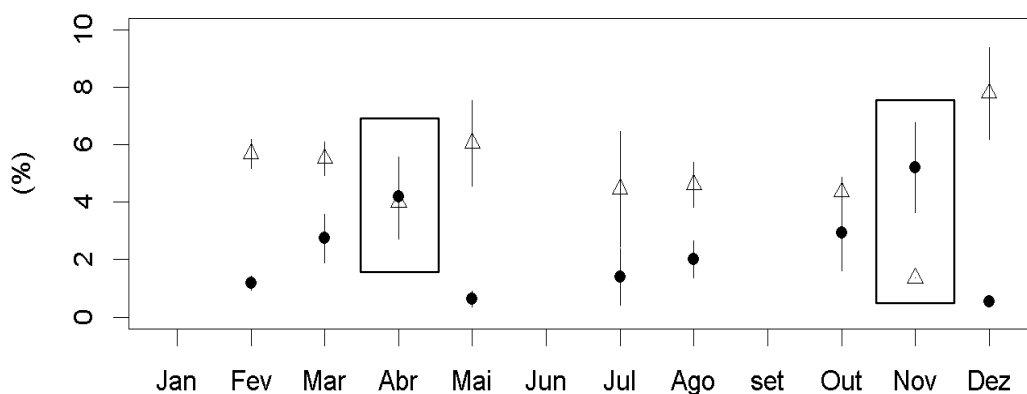


Figura 9- Variação mensal de RGS (Círculos pretos) e IHS (triângulo vazado) de fêmeas de *S. cubensis*, capturadas em águas profundas de Pernambuco, Brasil.

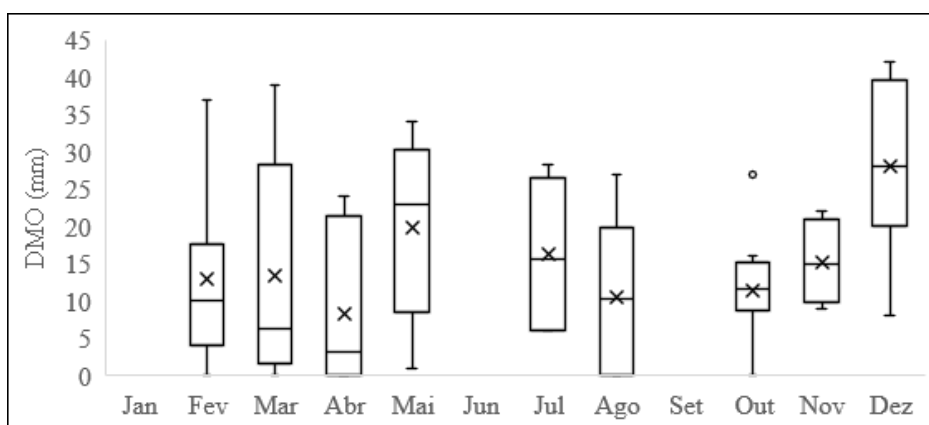


Figura 10- Correlação do diâmetro do maior folículo (DMO) por mês das fêmeas de *S. cubensis*, capturados em águas profundas de Pernambuco, Brasil. X = média.

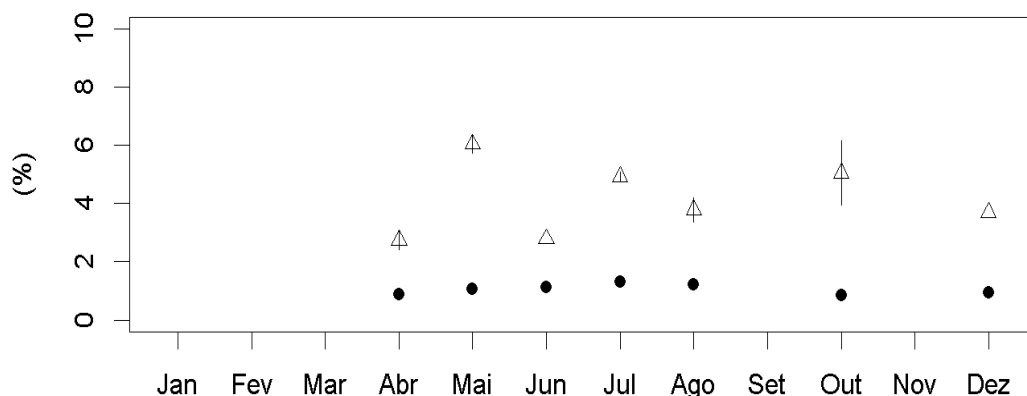


Figura 11- Variação mensal do RGS (Círculos pretos) e do IHS (triângulo vazio) de machos de *S. cubensis*, capturados em águas profundas de Pernambuco, Brasil.

Discussão

Hazin et al. (2006), estudando os aspectos reprodutivos de *Squalus megalops* capturados na costa nordeste do Brasil, reportaram uma proporção sexual com uma forte predominância de fêmeas (5:1), padrão semelhante ao encontrado para o *S. cubensis* em estudo realizado em La Pared, Venezuela (TAGLIAFICO et al., 2019), com proporção de 9 fêmeas: 1 macho. Esses resultados diferem do encontrado neste trabalho, já que não foram detectadas diferenças estatisticamente significantes entre os sexos. As possíveis razões para essa forte discrepância podem estar ligadas à segregação sexual por área ou profundidade.

No presente estudo, também não houve diferença significativa no fator reprodutivo da espécie, nem na proporção sexual dos embriões, com uma fecundidade uterina de cerca de 3 embriões por fêmea, muito próxima, portanto, do *Squalus acanthias* (YIGIN e ISMEN, 2013) e do *Squalus megalops* (HAZIN et al. 2006), ambos com fecundidade média de 4 embriões por fêmea.

De acordo com Yigin e Ismen (2013), fêmeas de *S. acanthias* possuem alometria positiva de crescimento, enquanto os machos apresentam alometria negativa, tendência, portanto, contrária àquela observada para a presente espécie.

O *S. cubensis* apresentou um tamanho de primeira maturação (L_{50}) maior nas fêmeas (554,4 mm) do que nos machos (478,8 mm), variação considerada alta para o gênero e que pode ser explicada pela menor taxa de crescimento dos machos. Tagliafico et al. (2019), porém, encontraram valores menores para o L_{50} das fêmeas da mesma espécie, $L_{50} = 445,3$ mm. Essas diferenças, além de intrínsecas à espécie, em consequência do seu processo evolutivo, também podem ser explicadas pelos distintos parâmetros bióticos e abióticos de cada local de captura, como temperatura, disponibilidade de alimento, entre outros, que podem influenciar o crescimento do animal e/ou o desenvolvimento reprodutivo dos espécimes. Os valores do presente trabalho, porém, são próximos aos relatados por Hazin et al. (2006), para *S. megalops*,

que encontraram uma amplitude ainda maior, com o tamanho de maturação para fêmeas situando-se em 588,0 mm, contra o intervalo entre 430,0 e 480,0 mm, para os machos. Já no *S. acanthias*, a diferença é menor, com as fêmeas e os machos chegando à maturidade com, respectivamente, 564,0 e 528,0 mm (YIGIN e ISMEN, 2013).

Hazin et al. (2006) encontraram um comprimento médio para os machos de *S. megalops* igual a $641,6 \pm 72,0$ mm, enquanto que para as fêmeas o valor foi de $472,4 \pm 45,5$ mm, aproximadamente 170 mm de diferença, situação oposta ao presente trabalho, em que o comprimento médio das fêmeas (613 mm) foi bem maior do que o dos machos (485 mm) de *S. cubensis*, mesmo padrão encontrado por Tagliafico et al. (2019) com menor diferença entre os sexos, fêmeas = 534 mm e machos = 508 mm. Levando-se em consideração que o tamanho de primeira maturação das fêmeas em ambas as espécies é maior do que o dos machos, é possível que o presente trabalho tenha realizado capturas na área reprodutiva da espécie, no talude continental, enquanto Hazin et al. (2006) podem ter realizado capturas em diferentes profundidades, tendo, assim, acesso a um número maior de classes de comprimento.

No presente caso, os dois ovários apresentaram características semelhantes, com ambos se encontrando ativos sexualmente, da mesma forma que o *S. megalops* (HAZIN et al., 2006). Segundo os autores, os folículos maduros possuíam um diâmetro $> 20,0$ mm compatível, portanto, com o tamanho médio dos folículos em fêmeas consideradas aptas a se reproduzir no presente trabalho, igual a $24,2 \pm 11,1$ mm. O fato de as fêmeas em final da gestação também apresentarem folículos ovarianos bem desenvolvidos ($25,6 \pm 11,5$ mm) indica que ela estará pronta para uma nova ovulação assim que terminar a gestação em curso. Além disso, a variação anual do diâmetro médio do maior folículo indicou que as fêmeas podem passar por 2 períodos reprodutivos anuais, sendo um entre abril e maio e o outro, possivelmente, entre novembro e dezembro.

Embora não haja machos de tamanho intermediário na presente amostragem (300 a 420 mm), o cláspere parece apresentar um crescimento abrupto, servindo possivelmente como um bom indicador da maturação sexual, em conjunto com o seu estágio de calcificação, coincidindo com o comportamento descrito por Yigin e Ismen (2013), para o *S. acanthias*, por Hazin et al. (2006), para os *S. megalops*, e por Jones et al. (2013), para o *S. cubensis* capturado no Golfo do México.

O IHS foi inversamente proporcional ao RGS e diretamente proporcional à variação anual do diâmetro do maior folículo, indicando a utilização de reservas do fígado para a síntese de vitelo e amadurecimento dos ovócitos, antes da ovulação e início da gestação, quando o IHS volta novamente a subir. Essa variação sazonal é similar à descrita por Hazin et al. (2006), que encontraram um maior número de fêmeas gestantes no mesmo período de picos de RGS do *S.*

cubensis. O IHS dos machos, ao contrário, não apresentou uma correlação clara com o RGS, indicando uma independência de reservas hepáticas para a síntese dos gametas masculinos. Diferentemente da variação sazonal aqui descrita, Watson e Smale (1998) não conseguiram encontrar evidências de um ciclo reprodutivo definido para o *S. megalops* capturado na África do Sul, já que foram encontradas fêmeas prenhes durante todo o ano. Já para o *S. acanthias*, Yigin e Ismen (2013) sugere que tanto o IHS quanto o RGS variaram de acordo com o estágio maturacional, tanto para as fêmeas quanto para os machos, assemelhando-se ao comportamento apresentado pelo *S. cubensis* aqui descrito.

Conclusão

O *Squalus cubensis* apresenta proporção sexual equilibrada de uma fêmea para um macho, tanto na pesca quanto na reprodução e natalidade. O maior comprimento médio das fêmeas (613 mm) em relação aos machos (485 mm) pode resultar tanto de uma segregação sexual por tamanho como de um crescimento diferenciado entre os sexos ou, ainda, diferentes taxas de mortalidade.

As fêmeas exibiram uma alometria negativa, com a taxa de crescimento em tamanho sendo maior que em peso, diferentemente dos machos, provavelmente em razão desses últimos terem um custo energético menor para o amadurecimento reprodutivo, podendo transferir, assim, mais energia para o ganho de massa. Muito provavelmente por esta razão, também, os machos atingem a maturação sexual antes das fêmeas (452,1 mm x 571,4 mm, respectivamente).

Não foi encontrada diferença significativa entre os aspectos morfométricos dos ovários direito e esquerdo, nem dos dois testículos, indicando que ambos são ativos sexualmente. A relação gonadossomática (RGS) das fêmeas apresentou dois picos, em abril e em novembro, apresentando quedas bruscas nos meses seguintes, indicando, portanto, a provável existência de dois períodos de maior atividade reprodutiva para a espécie, comportamento corroborado pelo índice hepatossomático (IHS) que apresentou resultados antagônicos ao RGS. Já para os machos esta relação não foi observada, não ocorrendo grande variação no peso dos testículos durante o ano, e sem correlação com o IHS.

Referências

ANDERSENS, H.C. **Report of the workshop on Sexual Maturity Staging of Elasmobranchs (WKMSSEL)** Lisbon, Portugal International Council for the Exploration of the Sea Conseil International pour l'Exploration de la Mer. n. December, p. 11–14, 2012. Disponível em: <www.ices.dk/info@ices.dk>. Acesso em: 10 janeiro 2017

BARGIONE, G.; DONATO, F.; LA MESA, M.; MAZZOLDI, C.; RIGINELLA, E.;

VASAPOLLO, C.; VIRGILI, M.; LUCCHETTI, A. Life-history traits of the spiny dogfish *Squalus acanthias* in the Adriatic Sea. *Scientific reports*. 2019 Oct 4;9(1):1-0.

BROWN, C.J.; ROFF, G. Life-history traits inform population trends when assessing the conservation status of a declining tiger shark population, *Biological Conservation*, Vol. 239, 108230, ISSN 0006-3207. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108230>.

GRANT M.I.; SMART J.J.; WHITE W.T.; CHIN A.; BAJE L.; SIMPFENDORFER C.A. Life history characteristics of the silky shark *Carcharhinus falciformis* from the central west Pacific. **Marine and Freshwater Research** 69, 562-573. 2018. <https://doi.org/10.1071/MF17163>

HAZIN, F.H.V.; FISCHER, A.F.; BROADHURST, M.K. Notes on the reproduction of *Squalus megalops* off northeastern Brazil, **Fisheries Research**, v. 79, n. 3, p. 251–257, 2006. DOI: 10.1016/j.fishres.2006.04.006.

HOWARD, S.; KAHUI, V.; ROCK, J. The opportunity cost of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) bycatch in a ling (*Genypterus blacodes*) longline fishery, **Marine Policy**, Vol. 105, P 38-43. 2019. ISSN 0308-597X. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.04.005>.

JONES, L. M.; DRIGGERS, W.B.; HOFFMAYER, E.R.; HANNAN, K.M.; MATHERS, A.N. Reproductive Biology of the Cuban Dogfish in the Northern Gulf of Mexico. **Marine and Coastal Fisheries**, v. 5, n. 1, p. 152–158, 2013. DOI: 10.1080/19425120.2013.768572.

KOUSTENI, V.; MEGALOFONO, P. Reproductive biology and embryonic development of *Squalus blainvillei*; in the eastern Mediterranean Sea, **Scientia Marina**, v. 75, n. 2, p. 237–249, 2011. DOI: 10.3989/scimar.2011.75n2237.

NATANSON, L.J.; MELLO, J.J.; CAMPANA, S.E. Validated age and growth of the porbeagle shark (*Lamna nasus*) in the western North Atlantic Ocean, **Fishery Bulletin**, v. 100, n. 2, p. 266–278, 2002. DOI: 10.1111/j.1365-2141.2006.06219.x.

PINHEIRO, H.T.; MACENA, B.C.L.; FRANCINI-FILHO, R.B.; FERREIRA, C.E.L.; ALBUQUERQUE, F.V.; BEZERRA, N.P.A.; CARVALHO-FILHO, A.; FERREIRA, R.C.P.; LUIZ, O.J.; MELLO, T.J.; MENDONÇA, S.A.; NUNES, D.M.; PIMENTEL, C.R.; PIRES, A.M.A.; SOARES-GOMES, A.; VIANA, D.L.; HAZIN, F.H.V.; L.A. ROCHA. Fish biodiversity of Saint Peter and Saint Paul's Archipelago, Mid-Atlantic Ridge, Brazil: new records and a species database. *Journal of Fish Biology*. 2020. doi: [10.1111/jfb.14484](https://doi.org/10.1111/jfb.14484)

ROCHOWSKI, B.E.A.; GRAHAM, K.J.; DAY, R.W.; WALKER, T.I. Reproductive biology of the greeneye spurdog *Squalus chloroculus* (Squaliformes, Squalidae). **Journal of Fish Biology**, v. 86, n. 2, p. 734–754, 2015. doi:[10.1111/jfb.12593](https://doi.org/10.1111/jfb.12593).

SMITH, S.E.; AU, D.W.; SHOW, C. Intrinsic rebound potentials of 26 species of Pacific sharks. **Marine and Freshwater Research**, 49(7): 663–678. ISSN on-line: 2176-7793. 1998.

TAGLIAFICO, A.; RANGEL, S.; BROADHURST, M. K. Maturation and reproduction of *Squalus cubensis* and *Squalus cf. quasimodo* (Squalidae, Squaliformes) in the southern Caribbean Sea", **Ichthyological Research**, v. 66, n. 1, 2019. DOI: 10.1007/s10228-018-0640-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10228-018-0640-9>.

WATSON, G.; SMALE, M.J. Reproductive biology of shortnose spiny dogfish, *Squalus megalops*, from the Agulhas Bank, South Africa, **Marine and Freshwater Research**, v. 49, n. 7, p. 695–703, 1998. DOI: 10.1071/MF97255.

WORM, B.; DAVIS, B.; KETTEMER, L.; WARD-PAIGE, C.A.; CHAPMAN, D.; HEITHAUS, M.R.; KESSEL, S.T.; GRUBER, S.H. Global catches, exploitation rates, and rebuilding options for sharks. **Marine Policy**. 40. 194–204. 2013.

ZAVALA-CAMIN, L.A. **O planeta água e seus peixes**. [S.l.], Edição do autor. 2004. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=NvnaAAAACAAJ>. Acesso em: 15 abril

YIGIN, C.C.; ISMEN, A. Reproductive biology of spiny dogfish *Squalus acanthias*, in the North Aegean Sea. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 1;13(1):169-77. 2013

Considerações Finais

O estudo das comunidades marinhas de profundidade ampliou-se significativamente a partir deste século. O avanço no uso das tecnologias aplicada às regiões oceanográficas permitiu a utilização de materiais mais resistentes durante prospecções, aumentando significativamente o número de compilações faunísticas, descrições de espécies e numerosos estudos sobre os mais variados aspectos da biologia das espécies de águas profundas em todo o mundo, inclusive no Brasil.

Concomitantemente ao incremento no conhecimento a cerca desses habitats, é crescente a necessidade de recursos da sociedade. A migração das zonas de pesca para áreas cada vez mais profundas, a exploração de petróleo e gás e as possíveis catástrofes ligadas a estas atividades podem tomar proporções avassaladoras. Face aos incidentes que ocorreram em Tramandaí, sul do Brasil, em janeiro de 2019 e mais recentemente (agosto de 2019) na costa do nordeste e norte dos estados da região sudeste do país e que afetam não só economicamente as comunidades que dependem dos recursos marinhos, mas também compromete toda uma cadeia alimentar.

Crescente também é a preocupação de pesquisadores e órgãos de pesquisa em relação a vulnerabilidade e a capacidade de resiliência do mar profundo, e o princípio básico para gestão e conservação é conhecer para proteger. O estudo da biodiversidade desse ambiente é uma área de pesquisa emergente e apresenta um alto potencial para a descoberta de novas espécies, assim como a compreensão dos aspectos ecológicos que as permeiam.

Estudos que aliam diferentes ferramentas de identificação de espécies dão robustez aos dados e evitam potenciais erros, principalmente quando se trata de grupos taxonômicos complexos. A caracterização da dinâmica populacional também é vital para o desenvolvimento de estratégias de conservação para qualquer espécie.

Sendo assim, a presente tese contribui com o delineamento de duas espécies de *Squalus* além do detalhamento reprodutivo da espécie *Squalus cubensis*, cuja descrição data do início do século passado, mas que durante todo esse tempo esteve envolvida em incertezas taxonômicas e dúvidas sobre a real área de ocorrência.

Salientamos também a importância das parcerias entre pesquisadores e instituições que promove o fortalecimento da ciência, uma vez que os resultados dos trabalhos podem se tornar uma ferramenta valiosa em prol da conservação e da gestão sustentável de eventuais recursos pesqueiros de águas profundas.

Coparticipações em linhas de pesquisa relacionadas

• **Artigo:** Age and growth of the Cuban dogfish shark (*Squalus cubensis*) of the Southwestern Atlantic Ocean;

Trabalho desenvolvido no âmbito do projeto da tese em parceria com a pesquisadora Sara Loebens, do programa de Pós-graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

• **Artigo:** Interações tróficas entre espécies demersais da família Squalidae do Atlântico Sudoeste utilizando isótopos estáveis.

Em parceria com a pesquisadora Fernanda Albuquerque da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

• **Projeto de pesquisa:** Estudos genéticos em espécies de tubarões do gênero *Squalus* (Chondrichthyes, Squalidae) na costa do Brasil.

Envolvendo a temática de conservação de elasmobrânquios e análises genéticas populacionais, o projeto, já aprovado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), coordenado pelo Dr. Fausto Foresti e a equipe do Laboratório de Biologia e Genética de Peixes (UNESP – Botucatu), conta com a participação integrada dos professores / pesquisadores Dr. Otto B. F. GADIG (Unesp – São Vicente / SP) e Dr. Fabio V. Hazin (UFPE – Recife / PE), no qual, se destacam com a grande experiência em conservação de elasmobrânquios no Brasil. Os professores / pesquisadores Dr. João Braulio (UFMA) e Dr. Diogo Teruo Hashimoto (CAUNESP/Unesp, Jaboticabal), desenvolvem pesquisas com marcadores genéticos populacionais e apresentam experiência em análises genéticas, no qual irão colaborar na compreensão e entendimento das populações de tubarões. Contamos ainda com a colaboração de professores / pesquisadores Dr. Paulino Martínez Portela (Universidade de Santiago de Compostela, Lugo, Espanha) e Dr. Manuel Vera (Universidade de Girona, Girona, Espanha) que apresentam grande experiência com o desenvolvimento de marcadores moleculares. E recentemente contamos com o apoio do grupo de pesquisadores Prof. Dr. Pindaro Diaz-Jaimes (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico) e Dr. Sergio M. Delpiani (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CONICET, Buenos Aires – Argentina), que apresentam experiência com genética de elasmobrânquios.

Apêndices

I. Autorização para atividades com finalidade científica – SISBIO



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 39978-6	Data da Emissão: 31/05/2019 10:51:57	Data da Revalidação*: 31/05/2020
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: FÁBIO HISSA VIEIRA HAZIN	CPF: 399.585.824-49
Título do Projeto: ECOLOGIA E PESCA DE ESPÉCIES PELÁGICAS OCEÂNICAS E DEMERSAIS DE PROFUNDIDADE NA COSTA NORDESTE E ILHA	
Nome da Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco	CNPJ: 24.416.174/0001-06

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Coleta de Amostras	07/2013	06/2015
2	Processamento das amostras	07/2013	06/2019
3	Coleta de Amostras	06/2017	12/2019
4	Processamento das amostras	06/2017	06/2020

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	PAULO GUILHERME VASCONCELOS DE OLIVEIRA	Colaborador	920.285.354-15	Brasileira
2	Danielle de Lima Viana	Colaboradora	038.601.514-79	Brasileira
3	Jorge Eduardo Lins	Colaborador	140.763.064-49	Brasileira
4	Paulo Eurico Pires F. Travassos	Colaborador	198.312.934-87	Brasileira
5	Diogo Martins Nunes	Colaborador	056.999.314-81	Brasileira
6	Mariana Gomes do Rêgo	Colaboradora	052.288.014-21	Brasileira
7	Rafael Ferreira Muniz	Colaborador	030.479.164-46	Brasileira
8	POLLYANA CHRISTINE GOMES ROQUE	Colaboradora	071.483.594-30	Brasileira
9	Rômulo Costa Pires Ferreira	Colaborador	048.032.784-46	Brasileira
10	DRÁUSIO PINHEIRO VÉRAS	Colaborador	989.432.434-72	Brasileira
11	Paulo Rogério de Souza Almeida	Pesquisador	071.165.814-56	Brasileira
12	Alessandra Maria Advincula Pires	Pesquisadora	076.566.814-93	Brasileira
13	Bruno César L. Macena Rocha	Pesquisador	030.053.524-47	Brasileira
14	Camila Brasilino Botelho de Araújo	Pesquisadora	082.946.114-09	Brasileira
15	Citáudio Della Vedova	Pesquisador	052.294.014-51	Brasileira
16	Leonardo de Lima Fidelis	Pesquisador	091.655.354-05	Brasileira
17	Natalia Priscila Alves Bezerra	Pesquisadora	051.064.264-05	Brasileira
18	Fernanda Virginia Albuquerque da Silva	Pesquisadora	058.573.144-61	Brasileira
19	Karla Mirella de Assis Bezerra Martins	Pesquisadora	070.536.034-23	Brasileira
20	Sara de Castro Loebens	Pesquisadora	018.476.412-29	Brasileira
21	Bruno Cesar Rodrigues da Silva	Pesquisador	057.179.984-14	Brasileira
22	Isa Marielle Coutinho	Pesquisadora	068.448.174-01	Brasileira
23	João Vitor Albuquerque Veloso	Pesquisador	029.555.493-20	Brasileira
24	Lucas Vinicius Santos Silva	Pesquisador	103.495.094-09	Brasileira
25	Sidney Marcelo Victor de Andrade	Pesquisador	110.503.964-13	Brasileira

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0399780620190531

Página 1/5

II. Supplementary material *Squalus cubensis*

Supplementary material 1. GenBank system accession number used in “Morphological and molecular analyses of the short-nouted dogfish shark (Squaliformes: Squalidae) in the southwestern Atlantic Ocean”

Species	Locality	Latitude (S)	Longitude (W)	Voucher	GenBank accession
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°10'01.7'	34°33'24.4'	100332	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°10'01.7'	34°33'24.4'	100333	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°08'48.8'	34°33'35.9'	100334	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°08'48.8'	34°33'35.9'	100335	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°09'01.8'	34°33'48.4'	100336	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°08'48.7'	34°33'35.8'	100337	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°08'48.8'	34°33'35.9'	100338	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°08'48.8'	34°33'35.9'	100339	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°08'48.8'	34°33'35.9'	100340	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°08'48.8'	34°33'35.9'	100341	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°08'48.8'	34°33'35.9'	100342	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°10'18.1'	34°34'13.1'	100343	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°10'18.2'	34°34'13.2'	100344	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°06'10.7'	34°32'10.0'	100345	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°05'57.7'	34°32'02.9'	100346	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°05'57.7'	34°32'02.9'	100347	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°06'10.7'	34°32'10.0'	100348	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°43'42.5'	34°44'57.3'	100349	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°43'42.5'	34°44'57.3'	100350	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°41'23.0'	34°44'15.5'	100351	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°42'35.8'	34°44'32.1'	100352	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°41'23.0'	34°44'15.5'	100353	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°41'23.0'	34°44'15.5'	100354	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°41'23.0'	34°44'15.5'	100355	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°41'23.0'	34°44'15.5'	100356	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°41'23.0'	34°44'15.5'	100357	
<i>Squalus cubensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°41'24.0'	34°44'15.5'	100358	

III. Supplementary material *Squalus bahiensis*.

Supplementary material 1. GenBank system accession number used in “The northernmost geographic limit, additional description and genetic analyses of the Northeastern Brazilian dogfish, *Squalus bahiensis* (Squaliformes: Squalidae).”

Species	Locality	Latitude (S)	Longitude (W)	Voucher	GenBank accession
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°12'20.3'	34°34'13.4'	100369	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°11'20.3'	34°34'17.2'	100371	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°11'20.3'	34°34'17.2'	100372	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°10'19.4'	34°33'57.7'	100373	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°10'19.4'	34°33'57.7'	100374	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°10'19.4'	34°33'57.7'	100375	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°10'19.4'	34°33'57.7'	100375	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°10'19.4'	34°33'57.7'	100376	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°10'19.4'	34°33'57.7'	100377	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°10'19.4'	34°33'57.7'	100378	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°10'19.4'	34°33'57.7'	100378	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°08'39.0'	34°33'02.7'	100379	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°08'39.0'	34°33'02.7'	100380	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°08'39.0'	34°33'02.7'	100381	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°08'39.0'	34°33'02.7'	100382	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°05'28.4'	34°32'05.2'	100383	
<i>Squalus bahiensis</i>	Pernambuco - Brazil	8°05'28.4'	34°32'05.2'	100384	