

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS BAURU
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Letícia Maria Rodrigues

**IMPACTO DA PESCA SOBRE A DIVERSIDADE GENÉTICA DE ESPÉCIES DO
GÊNERO *Carcharhinus***

BAURU – 2022

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS BAURU
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Letícia Maria Rodrigues

**IMPACTO DA PESCA SOBRE A DIVERSIDADE GENÉTICA DE ESPÉCIES DO
GÊNERO *Carcharhinus***

Trabalho de conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte
das exigências para a obtenção do título de bacharel em
Ciência Biológicas.

Orientador: Prof. Assoc. Fábio Porto-Foresti

BAURU 2022

R696

Rodrigues, Letícia Maria

Impacto da pesca sobre a diversidade genética de espécies do gênero *Carcharhinus* / Letícia Maria

Rodrigues. -- Bauru, 2022

30 p. : il., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru

1. Diversidade Genética. 2. Pesca. 3. Conservação e Manejo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**IMPACTO DA PESCA SOBRE A DIVERSIDADE GENÉTICA DE ESPÉCIES DO
GÊNERO *Carcharhinus***

LETÍCIA MARIA RODRIGUES

Aprovada em 16/03/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Assoc. Fábio Porto-Foresti

(Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências, Bauru, SP)

Mestre Caio Augusto Gomes Goes

(Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências, Bauru, SP)

Dr. Vito Antonio Mastrochirico Filho

(Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências, Bauru, SP)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Assoc. Fábio Porto-Foresti, que contribui para a realização desse trabalho com auxílio, paciência e conhecimento. Sendo essencial toda a orientação e apoio ao estudo para que o mesmo fosse desenvolvido e também para a minha formação como Bióloga.

Agradeço aos meus pais, Luciana Aparecida Marcelino Rodrigues e Antônio Marcos Rodrigues, por todo o apoio e incentivo que me deram durante toda a minha graduação, sendo ambos como pilares nos quais me inspirei para seguir essa jornada e chegar aonde estou hoje.

Ao Felipe André Silva, um amigo e mentor que me auxiliou em todas as fases da minha formação, sendo uma das pessoas que contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho e da minha estruturação profissional, com companheirismo e dedicação.

Aos meus amigos da graduação que proporcionaram momentos de alegria e ensinamentos durante esse processo incrível que vivemos juntos, que possamos trilhar nossos caminhos sem perder a conexão que criamos ao longo desses anos.

A todos os citados aqui, meus sinceros e profundos agradecimentos por fazerem parte desse processo pelo qual vivi.

RESUMO

Carcharhinidae é uma das famílias de elasmobrânquios mais importantes economicamente, dentro dessa família se destaca o gênero *Carcharhinus*, como um dos mais afetados pela pesca no Brasil, devido a sua grande incidência no litoral brasileiro. A pesca de forma excessiva tem se tornando um grande problema para esse grupo, uma vez que ela gera uma drástica diminuição no número de indivíduos da população, interferindo nas dinâmicas de acasalamento e troca de material genético entre eles. Dado o exposto, o objetivo do estudo foi analisar a relação entre a atividade de pesca de elasmobrânquios em grande escala, com dados genéticos disponíveis de diversidade genética e estruturação genética de algumas espécies, especificamente do gênero *Carcharhinus* e qual a importância de estudos de genética de populações para os planos de manejo e conservação dessas espécies de elasmobrânquios. O estudo consistiu no levantamento bibliográfico sobre aspectos genéticos e moleculares, através de dados estatísticos de organizações e pesquisas com enfoque em genética de populações, realizadas com o intuito de analisar a variabilidade genética de elasmobrânquios do gênero *Carcharhinus*. O estudo também abordou a importância e viabilidade do uso da genética de populações e análises de marcadores moleculares na seleção de espécies em risco e inclusão em programas de conservação, assim como para melhoria das práticas de manejo e conservação do recurso genético dessas espécies. Os resultados encontrados relacionam a atividade pesqueira com a baixa diversidade de algumas espécies desse grupo, apesar de não ser a única razão para este evento, a pesca tanto artesanal quanto comercial revelou ser uma forte fonte de impacto antrópico no número de indivíduos em algumas regiões do oceano Atlântico, podendo então causar efeitos nocivos à diversidade de alguns grupos de tubarões. Concluiu-se com o estudo que se faz necessário o trabalho em conjunto entre gestores industriais e pesquisadores para elaboração de projetos de conservação e manejo, e que fazer uso de técnicas moleculares pode auxiliar no desenvolvimento de diversos tipos de análises que vão ajudar a enriquecer a pesquisa e servir como ferramenta para o monitoramento do impacto sobre a diversidade e estruturação genética desses grupos.

Palavras-chaves: Variabilidade genética, DNA mitocondrial, Marcadores moleculares (SNPs), Elasmobrânquios, Pesca.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 INFORMAÇÕES GERAIS: CHONDRICHTHYES.....	8
1.2 IMPACTO DA PESCA	8
1.3 CONSERVAÇÃO E MANEJO: Uso de ferramentas moleculares	10
1.4 OBJETIVOS GERAIS.....	12
2. METODOLOGIA.....	12
3. REVISÃO DE LITERATURA (RESULTADOS).....	14
4. DISCUSSÃO	16
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. INTRODUÇÃO

1.1 INFORMAÇÕES GERAIS: CHONDRICHTHYES

Chondrichthyes é uma classe de peixes cartilagosos amplamente difundida no litoral brasileiro, com uma diversidade de 12 ordens, 36 famílias, 79 gêneros e cerca de 165 espécies registradas e apesar de estarem restrito a região sudeste do Brasil, eles apresentam um total de 34% no número de espécies em estudos faunísticos registrados na costa brasileira (ROSA & GADIG, 2014).

Dentro desse grupo existem os Elasmobrânquios, uma subclasse de peixes cartilagosos que compreende os tubarões e as raias, com ampla distribuição pelo globo (HARA, 2018). Segundo o ICMBio, 2010, as espécies que compreendem esse grupo, possuem um tempo de vida longo, maturação sexual tardia, baixa fecundidade e baixa mortalidade natural, portanto a capacidade de restituição populacional é bem baixa para esses indivíduos. Isso, somado ao fato de que muitas dessas espécies costumam se aglomerarem em regiões e épocas definidas para realizarem o acasalamento, e que muitos dos berçários onde realizam o parto são localizados em águas rasas, tornam esse grupo extremamente vulneráveis a qualquer nível de pesca. Tal premissa foi confirmado em estudos de avaliação de risco feitos pelo ICMBio, onde cerca de 45% das espécies foram avaliadas dentro de alguma categoria de ameaça, sendo 23% classificadas como criticamente em perigo (CR), 6% como em perigo (EN), 15% como vulneráveis, 27% estão quase ameaçadas (NT) e 27% foram classificadas como dados insuficientes (DD).

O Instituto Chico Mendes através da Coordenação de Avaliação do Estado de Conservação da Biodiversidade (COABio/CGESP), junto com a International Union for Conservation of Nature's (IUCN) e a Gerência de Biodiversidade Aquática do Ministério do Meio Ambiente (GBA/MMA), estão avaliando o estado das 169 espécies de Chondrichthyes do Brasil. Em 2011 foi realizada uma segunda oficina de avaliação do estado de conservação dessas espécies para dar complemento a esses estudos, que contribuiu com a revisão da Lista de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção.

1.2 IMPACTO DA PESCA

Uma das maiores ameaças para a conservação dos Elasmobrânquios é a pesca. Estes animais são capturados por acidente como fauna acompanhante, em diversas categorias de

pescas (COSTA & CHAVES, 2006). Segundo LANA, 2012, no Brasil, são capturados cerca de 2.000t de tubarões e raias, o que representa 4,0% da pesca total extrativa em águas brasileiras. Deste total, uma grande parcela de tubarões é capturada acidentalmente pela pesca de espinhel direcionada para a captura de atum e espadarte. Dentre as espécies mais capturadas como fauna acompanhante temos o tubarão azul (*Prionace glauca*) e vários tubarões do Gênero *Carcharhinus* spp., onde os mesmos totalizam cerca de 95% dos elasmobrânquios capturados (LANA, 2012).

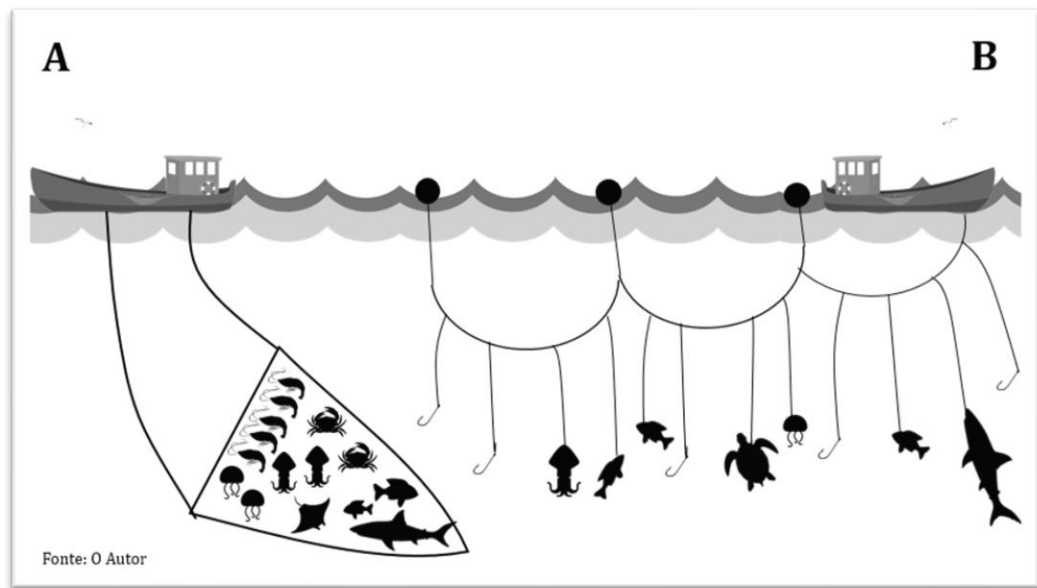


Figura 1: Representação gráfica dos principais tipos de pesca relacionadas com a captura de fauna acompanhante, com exemplificação de algumas das espécies comumente afetadas, incluindo os tubarões. Pesca de arrasto (A); Pesca por espinhel (B).

Os tubarões do gênero *Carcharhinus* são predadores de topo de cadeia, ou seja, são responsáveis por manter a densidade populacional das espécies de níveis inferiores em equilíbrio, sejam elas tropicais ou subtropicais (TOWSKI, 2014). Eles também auxiliam para manutenção da ecologia do ambiente marinho, uma vez que são animais migratórios e por isso influenciam em várias zonas diferentes (RODRIGUES, 2017). Porém, mesmo com sua alta importância ecológica, os dados disponíveis para o manejo adequado ainda são escassos.

Apesar de grande parte dos tubarões que são capturados pela pesca de qualquer modalidade, muitas vezes serem pegos como fauna acompanhante, onde não se há de fato o intuito de capturar esses animais como espécies-alvo, há também a pesca direcionada a este grupo, onde da mesma forma, ocorre a captura excessiva deste animal, gerando um

esgotamento nas populações desses grandes predadores em taxas superiores a 90% nas últimas décadas. Essa pesca incessante está relacionada diretamente com o alto valor comercial das nadadeiras desses animais, que são comercializadas como iguaria culinária em alguns países asiáticos, e também são consumidos em outros países da Europa (DOMINGUES et al., 2016).

Por conta da alta exposição deste grupo tanto a pesca artesanal, quanto a pesca comercial, várias medidas protetivas de conservação foram desenvolvidas. Com o intuito de frear essa comercialização de nadadeiras, a CITES (Convenção sobre Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção) foi assinada pelo Brasil em 1975, com o intuito de regularizar o comércio de fauna e flora, evitando assim o risco de extinções, quando a ameaça for o comércio internacional. Para isso, se atribui tanto aos países produtores quanto os consumidores mecanismos necessários para garantir que a exploração das populações não seja prejudicial. Tal convenção votou a inclusão de oito espécies de tubarões, adicionado posteriormente mais delas a esta lista, incluindo as do gênero *Carcharhinus*, com o intuito de proteger esse grupo da exploração tanto nacional quanto internacional.

O ICMBio também realizou uma avaliação do estado de conservação das espécies da fauna, utilizando a metodologia desenvolvida pela IUCN, que indica para cada espécie avaliada uma categoria de risco de extinção. Foram organizadas duas oficinas de avaliação, que contaram com a participação de 39 especialistas brasileiros. A primeira avaliação foi feita em 2010 em Brasília/DF, e foram avaliadas 78 espécies, e a segunda ocorreu em 2011, sendo avaliadas 91 espécies, compreendendo todas as espécies até então registradas ou conhecidas de Chondrichthyes no Brasil.

1.3 CONSERVAÇÃO E MANEJO: Uso de ferramentas moleculares

Dentro do contexto da conservação, é necessário considerar a imensa relevância que estudos de genética e o uso de ferramentas moleculares agregam para a melhoria dos métodos de conservação e manejo dos tubarões. Uma das ferramentas mais úteis são os marcadores moleculares, que ajudam a compreender melhor a biologia desses animais, permitindo a interpretação de vários padrões de variância genética na identificação dos indivíduos. Também possuem uma grande importância no estudo da diversidade genética, distribuição geográfica, relações filogenéticas, entre outras (CARDENOSA et al., 2014).

Diversos estudos de genética populacional vêm sendo empregados para compreender melhor as relações ecológicas e biológicas desses animais, desta forma, é possível

entender também as dinâmicas de reprodução e acasalamento deste grupo, permitindo o desenvolvimento de técnicas de manejo mais adequadas para uma conservação não só das espécies em si, mas também do *pool* gênico dentro das diferentes populações de tubarões, evitando assim perda da diversidade genética que existe entre elas.

Uma das ferramentas para estimativa da diversidade genética é o DNA mitocondrial, isto porque esta região possui características peculiares como alto número de cópias, herança exclusivamente materna e ausência de recombinação no DNA (POLETTI, 2018). Devido a isso, esta região foi utilizada para identificar os dados genéticos populacionais desses animais, que são muito importantes para estabelecer a frequência de determinado haplótipo de DNA mitocondrial na população. Os haplótipos estão presentes dentro da amostra de DNA mitocondrial e são utilizados como marcadores moleculares (*single nucleotide polymorphism* ou SNPs) para determinar e caracterizar a variabilidade genética dentro das populações. (CAMARGO, 2016 & DOMINGUES, 2016 & GERAGHTY, 2013).

A diversidade genética refere-se a toda variação biológica e hereditária que é acumulada durante o processo evolutivo, proveniente de mutações nas sequências de nucleotídeos durante a replicação do DNA. Quando esta variação ocorre dentro da mesma espécie é chamada de polimorfismo ou diversidade intraespecífica, sendo esta muito importante quando se pretende entender as relações entre indivíduos e populações de cada espécie, por isso, quando se busca saber para uma determinada espécie qual o grau de parentesco entre os indivíduos, se existe ou não fluxo gênico entre populações ou qual o status de conservação desta em particular, é a variação genética intraespecífica que é analisada (SANTOS et al., 2002).

Segundo ALLENDORF, 2014, após um levantamento de dados de vários autores, a pesca de recursos marinhos compreende cerca de 15% dentre todas as proteínas animais da dieta humana, porém, de acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), quase 60% de todos os estoques de peixes marinhos que são de grande valor comercial são excessivamente explorados. Com isso, nota-se que vários estudos já mostram que a queda da diversidade genética vem ocorrendo em diversos grupos taxonômicos de peixes e que existe de fato uma relação da mesma com a pesca excessiva, o que gera diminuição do número de indivíduos dentro daquela população, forçando a reprodução com um número muito restrito de parceiros, acarretando queda da diversidade genética entre esses indivíduos. Esta queda poderia levar a uma diminuição da heterozigose, onde indivíduos homozigóticos se tornam

maioria dentro da população, assim como também diminui a riqueza de alelos divergentes dentro da mesma, deste modo esses indivíduos ficariam mais suscetíveis a doenças e mutações genéticas deletérias, o que levaria ainda mais a diminuição do número populacional e baixa capacidade de adaptação a novos ambientes, gerando um grande risco de extinção para essas espécies (POVH et al., 2009).

1.4 OBJETIVOS GERAIS

Visto que já há evidências dessa relação entre pesca e diversidade genética dentro de outros grupos, este estudo teve como principal objetivo apresentar dados da relação entre a pesca de elasmobrânquios, especificamente do gênero *Carcharhinus*, com estudos de diversidade genética de algumas espécies. Também discutiremos a aplicabilidade do estudo de diversidade genética de população e ferramenta de análise molecular na avaliação de espécies de elasmobrânquios para inclusão em programas de conservação e para a melhoria das práticas de manejo e conservação do recurso genético dessas espécies, que possuem um grande papel dentro do ecossistema oceânico.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado através da revisão bibliográfica de dados estatísticos e pesquisas com enfoque em genética de populações, que tiveram o intuito de analisar a variabilidade genética de elasmobrânquios do gênero *Carcharhinus* e que apresentassem análises dos seguintes parâmetros: composição nucleotídica, diversidade das sequências, número e distribuição de sítios polimórficos, frequência e diversidade de haplótipos presentes em amostras de DNA mitocondrial. Parâmetros esses, que serão capazes de nos fornecer dados para identificar, se existe evidência molecular de queda da diversidade genética, devido a diminuição populacional pela pressão pesqueira nessas espécies ao longo do tempo.

Foi realizada uma busca por artigos que integrariam a revisão bibliográfica para levantamento dos dados, para isso foram usados os seguintes bancos de dados virtuais: *PUBMED*, *Periódico CAPES*, *Scielo* e *Web of Science*. A busca foi realizada no período de Abril/2021 á Dezembro/2021, com o uso das seguintes palavras chaves: (*genetical diversity* OR *genetic variability*) AND (*genus Carcharhinus*) AND (*mitochondrial DNA*) AND (*fisheries* OR *bycatch*). Após a busca, foram selecionados especificamente para a revisão bibliográfica três artigos sobre análise estatística da diversidade genética e estruturação

populacional de espécies do gênero *Carcharhinus* que se enquadravam dentro dos critérios exigidos quanto aos parâmetros de estudo, classificados como categoria A e para análise e discussão das metodologias de conservação e manejo foram selecionados três artigos que tratam da importância e aplicação dessas nas espécies marinhas, classificados como categoria B. Todos os trabalhos selecionados foram listados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Artigos selecionados sobre diversidade genética, conservação e estruturação populacional

Categoria	Título	Autor	Ano
A	Effects of the Pleistocene on the mitochondrial population genetic structure and demographic history of the silky shark (<i>Carcharhinus falciformis</i>) in the western Atlantic Ocean	Domingues et al.	2017
A	Genetic connectivity and phylogeography of the night shark (<i>Carcharhinus signatus</i>) in the western Atlantic Ocean: Implications for conservation management	Domingues et al.	2018
A	Structure and Genetic Variability of the Oceanic Whitetip Shark, <i>Carcharhinus longimanus</i> , Determined Using Mitochondrial DNA	Camargo et al.	2016
B	DNA Barcode Reveals the Bycatch of Endangered Batoids Species in the Southwest Atlantic: Implications for Sustainable Fisheries Management and Conservation Efforts	Ferrette et al.	2019
B	Ocean's eleven: a critical evaluation of the role of population, evolutionary and molecular genetics in the management of wild fisheries	Ovenden et al.	2013
B	Understanding and Estimating Effective Population Size for Practical Application in Marine Species Management	Hare et al.	2011

Para análise e levantamento de dados sobre fauna acompanhante e índice de risco de extinção foram utilizadas fontes como o ICMbio e RedList IUCN, e os dados estatísticos sobre a pesca foram retirados do Boletim Estatístico de Pesca e Aquicultura no Brasil de 2008 a 2011 - Ministério da Pesca e Aquicultura - Governo Federal. As tabelas, gráficos e figuras elaboradas pelo autor foram desenvolvidas com uso de ferramentas do pacote office, como PowerPoint, Excel e Word.

3. REVISÃO DE LITERATURA (RESULTADOS)

Existe diversas análises que são realizadas com o intuito de investigar a diversidade genética dentro de uma população, dentre as que foram utilizadas nos estudos revisados, a Estatística F de Wright (1951, 1978), segundo McManus et al. (2011) mensura o coeficiente de endogamia em subpopulações fragmentadas de uma população total afim de analisar a estruturação genética destas, essa análise estatística é feita através do cálculo de relação entre as variáveis de heterozigidade média esperada (de acordo com o equilíbrio de Hardy-Weinberg) dentre as subpopulações ou na população como um todo, e a heterozigidade média observada dentre as subpopulações fragmentadas, essa relação nos diz se há ou não endogamia nessas subpopulações, e qual o grau em que isso ocorre. Há três coeficientes dentro da estatística F, sendo eles, o F_{it} (mede o coeficiente de endogamia dentro da população total), o F_{is} (mede o coeficiente de endogamia dentro das subpopulações) e o F_{st} (mede o índice de diferenciação populacional entre as subpopulações em decorrência de fatores evolutivos). Outra análise muito utilizada em estudos de genética de população é o AMOVA (análise molecular de variância) de Excoffier et al. (1962), que mensura a distribuição da variabilidade genética que existe dentro e entre as populações, nesta metodologia é analisada de forma hierárquica a variância de haplótipos e mutações que ocorrem entre eles, que produz estimativas análogas a estatística F de Wright. Com isso, tendo como base essas informações foram analisadas 3 estudos referentes as espécies de tubarões do gênero *Carcharhinus* (*C. signatus*, *C. longimanus* e *C. falciformes*), ambos os estudos utilizaram de DNA mitocondrial para as análises, levando em consideração as regiões de haplótipos dentre as populações analisadas.

O estudo com o *C. longimanus* (Camargo et al., 2016) obteve-se 12 haplótipos, e nas análises gerais destes, encontraram baixos níveis relativos de diversidade de haplótipos ($h = 0,5953$) e diversidade de nucleotídeos ($\pi = 0,0013$), como resultado das análises estatísticas de variância, foi encontrado um valor de F_{st} significativo de 0.1039, que indica uma moderada diferenciação entre as subpopulações que foram analisadas, divididas em Oceano Atlântico Ocidental e Oriental.

Para a espécie *C. falciformes* (Domingues et al., 2017) foi registrado um total de 40 haplótipos, com uma diversidade de haplótipos e nucleotídeos geral entre as populações em um intervalo de ($h = 0,88 \pm 0,012$) e ($\pi = 0,005 \pm 0,003$) respectivamente, considerado

relativamente alta, mesmo dentre diferentes espécies de tubarões do mesmo gênero, como mostrado na figura 2 retirada de Domingues et al. (2017).

Table S2. Genetic diversity indices from control region (Dloop) of mitochondrial DNA of sharks of the *Carcharhinus* genus. *h*: haplotype diversity; π : nucleotide diversity. 1

Species	<i>h</i>	π	Citation
<i>Carcharhinus limbatus</i>	0.670 ± 0.20	0.001 ± 0.04	Keeney et al., (2003)
<i>Carcharhinus limbatus</i>	0.660 ± 0.17	0.001 ± 0.08	Keeney et al., (2005)
<i>Carcharhinus limbatus</i>	0.780 ± 0.04	0.002 ± 0.01	Keeney & Heist (2006)
<i>Carcharhinus sorrah</i>	0.600 ± 0.24	0.003 ± 0.19	Ovenden et al., (2009)
<i>Carcharhinus obscurus</i>	0.600 ± 0.29	0.005 ± 0.48	Ovenden et al., (2009)
<i>Carcharhinus plumbeus</i>	0.949	0.00475	Portnoy et al., (2010)
<i>Carcharhinus leucas</i>	0.760 ± 0.03	0.003 ± 0.0017	Karl et al., (2011)
<i>Carcharhinus brachyurus</i>	0.760±0.06	0.001±0.0007	Benavides et al., (2011)
<i>Carcharhinus obscurus</i>	0.830±0.03	0.005±0.0005	Benavides et al., (2011)
<i>Carcharhinus leucas</i>	0.482± 0.068	0.008±0.05295	Tillet et al., (2012)
<i>Carcharhinus limbatus</i>	0.797	0.0021	Sodré et al., (2012)
<i>Carcharhinus amboinensis</i>	0.340±0.26	0.006±0.003	Tillet et al., (2012)
<i>Carcharhinus porosus</i>	0.880 ± 0.02	0.004 ± 0.0002	Tavares et al., (2013)
<i>Carcharhinus falciformis</i>	0.480±0.03	0.001±0.0001	Galvan-Tirado et al., (2013)
<i>Carcharhinus acronotus</i>	0.735	0.001	Portnoy et al., (2014)
<i>Carcharhinus melanopterus</i>	0.460	0.001	Vignaud et al., (2014)
<i>Carcharhinus sorrah</i>	-	0.0026	Giles et al., (2014)
<i>Carcharhinus falciformis</i>	0.930 ± 0.01	0.006 ± 0.32	Clarke et al. (2015)
<i>Carcharhinus falciformis</i>	0.885 ± 0.01	0.005 ± 0.003	This study

Essa espécie também apresentou uma estruturação populacional significativa segundo a análise de variância com um F_{st} de 0.058. As populações analisadas foram divididas em dois grupos de acordo com a distribuição em Oceano do Atlântico Norte e do Atlântico Sul, próximos do continente americano.

A espécie *C. signatus* (Domingues et al., 2018) apresentou um total de 19 haplótipos para todas as populações, que também foram divididas em dois grupos, Atlântico Norte Ocidental e Atlântico sul Ocidental, com uma diversidade total de haplótipos e nucleotídeos em um intervalo de ($h = 0,74 \pm 0,027$) e ($\pi = 0,0034 \pm 0,002$) respectivamente, porém, se observou uma baixa nos valores de diversidade para as populações da região do Atlântico Sul.

No que diz respeito a relevância do uso de técnicas moleculares para melhorar e aprimorar planos de conservação e manejo de espécies ameaçadas, o estudo realizado por Ferrette et al. (2019) fez uso da metodologia do DNA Barcode para identificar a composição genética de espécies da superordem Batoidea, capturados como fauna acompanhante pela pesca industrial de pequena escala na região do Atlântico sudoeste e pela pesca artesanal na região oceânica sudeste do Brasil, conhecidos popularmente como raias, que é um grupo

próximo filogeneticamente dos tubarões. Após as análises foram sequenciados um total de 228 indivíduos, pertencentes a quatro ordens da Classe Chondrichthyes, dentre esses indivíduos, cerca de 44,3% pertenciam a espécies listadas em categorias de ameaça da Lista Vermelha da IUCN, cerca de 57,47% dos indivíduos eram de espécies declaradas protegidas no Brasil pela Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014, emitida pela Secretaria do Meio Ambiente (MMA), assim como espécies globalmente ameaçadas, sendo identificada também indivíduos de espécies com restrições comerciais para a pesca, previstas no Anexo II da Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora – CITES.

Foi realizada uma revisão e levantamento de dados estatísticos sobre a pesca extrativa no Brasil dos anos de 2008 a 2011 (gráfico 1), onde se tem a relação dos cações capturados em porcentagem para melhor visualização e entendimento, porém não há dados muito expressivos nem mesmo recentes sobre a pesca no país, sendo notável essa falta de informação sobre essa prática na região da América do Sul e a necessidade de atualização do Boletim Estatístico de Pesca e Aquicultura no Brasil pelo Ministério da Pesca e Aquicultura.

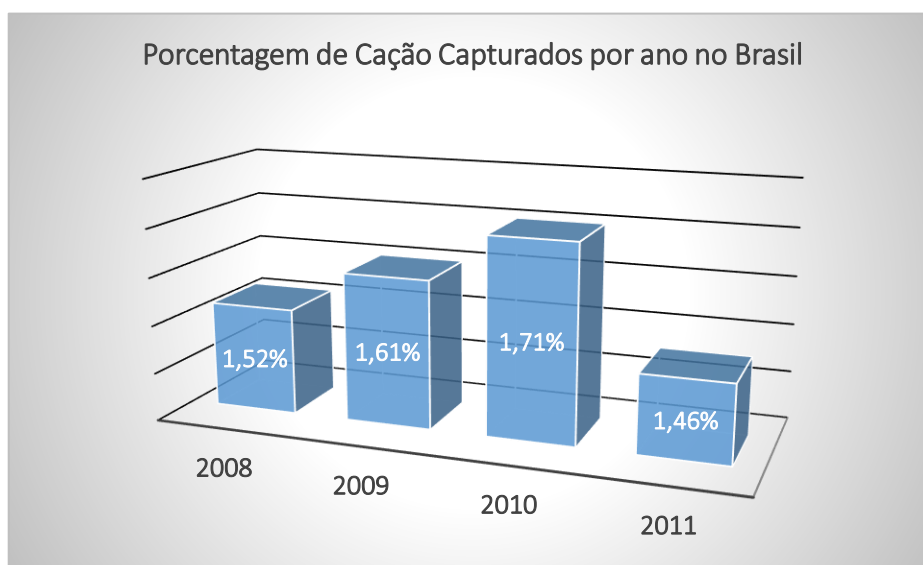


Gráfico 1: Porcentagem de cação* capturados por ano pela pesca extrativa no Brasil com intuito de comercialização entre os anos de 2008 a 2011 segundo dados disponíveis no Boletim Estatístico de Pesca e Aquicultura no Brasil de 2008 a 2011 - Ministério da Pesca e Aquicultura - Governo Federal, Brasília. *Espécies não discriminadas no boletim.

4. DISCUSSÃO

Os resultados observados para a espécie *C. longimanus* apresentam baixos níveis relativos de diversidade de haplótipos e nucleotídeo, o que evidencia uma baixa variabilidade

dentre as populações analisadas, esse resultado também indica uma variabilidade genética um pouco abaixo da média que é observada entre algumas outras espécies de tubarões pelágicos, assim como, a análise estatística de variância traz um valor de F_{st} de moderado a baixo, com uma certa restrição de fluxo gênico entre as populações oceânicos do Atlântico Ocidental e Oriental. Segundo Camargo et al, (2017), devido ao fato dessa espécie possuir um comportamento comum de migração, o mais esperado dessas populações é que apresentassem panmixia, ou seja, acasalamentos aleatório sem restrição, porém, o que é observado pelo estudo é que existe essa barreira ao fluxo gênico dentre as populações, já que os indivíduos apresentam na verdade um comportamento filopátrico nas fêmeas, que tendem a retornar para seu local de nascimento ou permanecer em uma área de vida para acasalar e se reproduzir, desta forma esses indivíduos cruzam apenas com os machos presentes naquela determinada região, mas não com indivíduos de outras localidades.

Esse comportamento das fêmeas pode ser o fator que influencia na redução do fluxo gênico e conseqüente queda da diversidade nessas populações estudadas que se tornam geneticamente distintas uma dá outras, porém, com baixa variabilidade genética dentro da mesma população. Os estudos de Domingues et al. (2017) com *C. falciiformes* mostram que essa espécie apresenta uma alta diversidade genética de haplótipos e nucleotídeos dentre as populações e conseqüentemente estruturação genética populacional, mesmo quando comparada com outras espécies do gênero *Carcharhinus* se observa valores consideravelmente maiores, o que o autor atribui como conseqüência do seu comportamento migratório. Porém, segundos estudos levantados pelo próprio autor, o tubarão-seda é uma das espécies que sofrem uma alta exploração pesqueira e apesar disso, ao contrário do que se espera, apresenta esses altos valores de diversidade genética em estudo populacionais.

Segundo Domingues et al. (2017), uma das razões para a influência negativa da pesca sobre a diversidade dessa espécie ainda não ser detectada em estudos de estruturação genética e variabilidade, pode ser devido ao curto tempo no qual essa prática é exercida, ou seja, ainda não houve tempo hábil para que a assinatura genética de uma queda abrupta do número de indivíduos de uma população seja visível dentro das análises estatísticas dessas espécies de vertebrados, muito provavelmente devido ao longo tempo que esses indivíduos levam para se tornar adultos reprodutivos e também a alta conectividade que a espécie apresenta, com um comportamento migratório se dispersando e reproduzindo com outras populações, o que aumenta o fluxo gênico e também a diversidade.

As análises de estruturação genética para a espécie *C. signatus* também foram realizadas levando em consideração dois grupos, a região do Atlântico Norte e a do Atlântico

Sul. Apesar das análises de variância terem refletido valores de diversidade relativamente altos para a população no geral, quando se observa as populações individualmente dentro desses dois grupos, a região sul exibe valores de diversidade de haplótipos e nucleotídeos mais baixos do que a região norte. Segundo Domingues et al. (2017), esse gradiente latitudinal de diversidade genética observado, que decresce entre os locais amostrados em direção a região sul, pode indicar que a população do Atlântico Norte é mais antiga do que a população central e a do sul, ou seja, tinha-se inicialmente uma população que se dispersou para regiões ao sul e conforme outras populações menores foram se formando, houve diminuição na diversidade genética, provavelmente devido à redução no número de indivíduos, já que as populações migrantes eram bem menores, sendo então esta população do Atlântico Norte, a de origem das demais.

O autor sustenta esta afirmação devido aos valores altos de diversidade encontrados nas populações do norte e também dois haplótipos ancestrais (H1 e H8) encontrados nessas populações. Porém, além de associar essa baixa diversidade genética da população do Atlântico Sul com a descendência da população mais antiga do Norte, o autor ressalta que existe uma pressão de alta exploração pesqueira sobre essa espécie no Atlântico ocidental, e que nas últimas décadas houve uma drástica redução no número de indivíduos dessas populações, que leva a uma queda do fluxo gênico e também a baixa diversidade que vem sendo observada. Os estudos mostram que apesar dos tubarões em geral já apresentarem uma baixa diversidade genética, quando comparado a população do Atlântico Norte que possuem uma conservação mais ativa em relação a pesca desses animais, com a população do Atlântico Sul, que segundo o autor estão desprotegidas e sobre intensa pressão da pesca, é notável a diferença na diversidade genética, sendo que esta última apresenta valores bem mais abaixo do normal para a espécie.

Analisando todas as informações sobre diversidade genética das espécies de tubarões presentes nos estudos utilizados no presente trabalho, é possível entender que existem diversos fatores que podem influenciar e acarretar um menor fluxo gênico entre populações diferentes e consequentemente uma baixa diversidade genética, ou até mesmo o contrário. Como a influência das correntes oceânicas no padrão de distribuição de algumas espécies de tubarões migratórios, que lavam a acasalamentos com indivíduos de populações diferentes e um aumento no fluxo gênico entre as populações. Alguns desses fatores podem estar relacionados ao comportamento natural exibidos por algumas espécies, como foi observado no estudo com *C. longimanus*, onde as fêmeas apresentam um comportamento filopátrico que consequentemente resulta em um menor fluxo gênico entre os indivíduos da espécie e uma

menor diversidade dentro das populações.

Porém, como foi ressaltado nos estudos, os resultados mostram que além desses fatores ambientais e naturais relacionados as espécies, existe uma forte pressão da ação antrópica, que pode causar efeitos negativos sobre a diversidade desses animais e até mesmo potencializar uma diversidade genética naturalmente baixa dessas espécies, sendo a pesca em diversas modalidades a principal causa desse efeito prejudicial. Com isso, se evidencia a relevância dos estudos de conservação e manejo dessas espécies, como mencionado pelos próprios pesquisadores, apontando que existe uma necessidade de se elaborar planos de conservação diferenciados, levando em consideração as divisões entre as populações, uma vez que em todos os casos, há estruturação populacional, ou seja, existe diferença no pool gênico dentre as populações de diferentes regiões, como no caso da espécie *C. signatus*, onde além de se ter diferença no nível de diversidade genética entre as populações do Atlântico Norte e Atlântico Sul, se observa uma diferença no padrão de haplótipos dentre cada grupo, além do número de indivíduos na população, e por conta disso, um plano abrangente pode não representar ou até mesmo ser eficiente para conservar todas as características genéticas das diferentes populações.

Ferrette et al. (2019) descreveu um grande número de animais sequenciados pela técnica do DNA Barcode, que se encontraram em categorias de risco em lista de conservação ou estão sobre proteção legal contra pesca, porém, essas medidas não foram suficientes para garantir segurança para esses animais, que continuam sendo capturados como fauna acompanhante por muitas técnicas de pesca. O estudo faz uma amostragem do monitoramento da pesca no estado de São Paulo, onde a mesma representa 69,59% das capturas de elasmobrânquios no Litoral Paulista. Dentre as práticas pesqueiras da região tem-se, cerca de 42,82% da pesca por redes de emalhar, 36,34% por arrasto-lontra, 20,01% por rede de arrasto e 0,83% por armadilhas para peixes. Segundo o autor, esses resultados evidenciam os impactos da captura acidental (*bycatch*) pela pesca artesanal não gerenciada e a pesca industrial mesmo que em pequena escala sobre a biodiversidade marinha.

Um levantamento de dados de estudos sobre a diversidade de elasmobrânquios capturados com fauna acompanhante nas regiões litorâneas do Brasil (Martins et al., 2019; Graça Lopes et al., 2003) mostrou que cerca de 32% das espécies capturadas por *bycatch* por diversas modalidades de pesca, dentre elas a pesca por espinhel e arraste, que são as mais comuns, são espécies do gênero *Carcharhinus*, indicando novamente um alto risco sobre esse grupo não só devido a caça exploratória, mas também com a captura acidental e não intencional sobre a mesma. Algumas das espécies capturadas como fauna acompanhante,

pertencentes a Superordem Selachimorpha que compreende os tubarões e que foram identificadas dentro deste mesmo gênero integram a lista vermelha da IUCN em categorias que representam um alto risco de ameaça, conforme consta na tabela 2.

Tabela 2: Número de espécies da superordem Selachimorpha (Tubarões) capturada como fauna acompanhante. Em destaque o número de espécies do gênero *Carcharhinus*. Dados apresentados no Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 28(2): 173 - 188, 2002. Categorias de risco retiradas da The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. *Em representação das espécies não discriminadas no site. CR (Criticamente em Perigo), EN (Em Perigo), NT (Quase Ameaçado) e VU (Vulnerável).

Família	Nome científico	Categoria de risco (IUCN)
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus brevipinna</i>	VU
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus falciformis</i>	VU
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus limbatus</i>	NT
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus perezii</i>	EN
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus plumbeus</i>	VU
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus signatus</i>	EN
Carcharhinidae	* <i>Carcharhinus spp.</i>	/
Carcharhinidae	<i>Galeocerdo cuvier</i>	NT
Carcharhinidae	<i>Rhizoprionodon porosus</i>	VU
Carcharhinidae	<i>Rhizoprionodon lalandii</i>	VU
Ginglymostomatidae	<i>Ginglymostoma cirratum</i>	NT
Lamnidae	<i>Isurus oxyrinchus</i>	EN
Squalidae	* <i>Squalus spp.</i>	/
Squatinaidae	<i>Squatina argentina</i>	CR
Squatinaidae	<i>Squatina guggenheim</i>	EN
Squatinaidae	<i>Squatina occulta</i>	CR
Sphyrnidae	<i>Sphyrna lewini</i>	CR
Sphyrnidae	<i>Sphyrna mokarran</i>	CR
Sphyrnidae	<i>Sphyrna tiburo</i>	EN
Triakidae	<i>Mustelus canis</i>	NT
Triakidae	<i>Mustelus higmani</i>	EN
Triakidae	<i>Mustelus schmitti</i>	CR

Tais dados apoiam a necessidade da implementação de novas metodologias, baseadas em estudos e análises moleculares com o uso de material genético para identificação de espécies específicas, que servem como uma ferramenta poderosa na busca, pela melhoria do monitoramento das estatísticas de capturas pesqueiras e gerenciamento preciso das capturas de espécies como fauna acompanhante. Para Ferrette et al. (2019), o DNA Barcode surgiu como uma ferramenta de alta relevância para identificação de espécies, por conta do seu foco aprimorado na padronização e validação de dados. Desta forma, o uso de técnicas envolvendo DNA vem para auxiliar não só no desenvolvimento de planos de conservação e manejo mais específicos para espécies-alvos, melhorando e promovendo a sustentabilidade da biodiversidade, mas também para fins de vigilância e gerenciamento da pesca comercial, podendo embasar estudos de legislação vigente ou criação de novas diretrizes para conservação e controle da pesca tanto artesanal como industrial, apoiando e mantendo a produtividade da atividade pesqueira sem o impacto da captura acidental.

Segundo Ovenden et al. (2013), houve mudanças que foram significativas no âmbito da conservação, através de parcerias bem estabelecida entre gestores das indústrias pesqueiras e geneticistas/pesquisadores nos últimos 50 anos, onde se faz uso de tecnologias genéticas e moleculares para ajudar a indústria a manter safras produtivas e sustentáveis, diminuindo a necessidade de pesca de forma excessiva e também ajudando a manter um controle de gestão sobre a pesca acidental, desenvolvendo novas metodologias de pesca que visam evitar a captura de espécies não alvo. Alguns exemplos de tecnologias genéticas usada na gestão da pesca citadas pelo autor são: Identificação genética da pesca uma vez que, para poder gerenciar quais espécies estão sendo pescadas e determinar se elas se enquadram ou não nas espécies-alvos ou até mesmo dentro de algum programa de conservação, é necessário conhecer sua identidade e saber quais espécies estão sendo pescadas e comercializadas de fato. A análise da estrutura genética do estoque pesqueiro, pois conhecer a estruturação populacional desse estoque pode auxiliar no processo de gestão da pesca, através de informações como variabilidade e endogamia dentre os indivíduos. Uso do DNA como marcador para a idade dos organismos pescados, já que o crescimento e amadurecimento do indivíduo são fatores essenciais na produtividade das populações.

O Instituto Chico Mendes através da Coordenação de Avaliação do Estado de Conservação da Biodiversidade (COABio/CGESP), junto com a International Union for Conservation of Nature's (IUCN) e a Gerência de Biodiversidade Aquática do Ministério do Meio Ambiente (GBA/MMA), estão avaliando o estado das 169 espécies de Chondrichthyes do Brasil. Em 2011 foi realizada uma segunda oficina de avaliação do estado de conservação

dessas espécies para dar complemento a esses estudos, que contribuiu com a revisão da Lista de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção. Esses estudos sobre o estado de conservação das espécies contribuem para o entendimento da ecologia e da importância dessas listas, que compilam todos esses dados para facilitar a visualização de pesquisadores e conservacionista do mundo todo e também para chamar atenção acerca da vulnerabilidade desses animais. Segundo dados levantados do próprio site da International Union for Conservation of Nature's, houve um aumento considerável no número de espécie do gênero *Carcharhinus* incluídas dentro de algum dos critérios de conservação da lista vermelha da IUCN (gráfico 2).

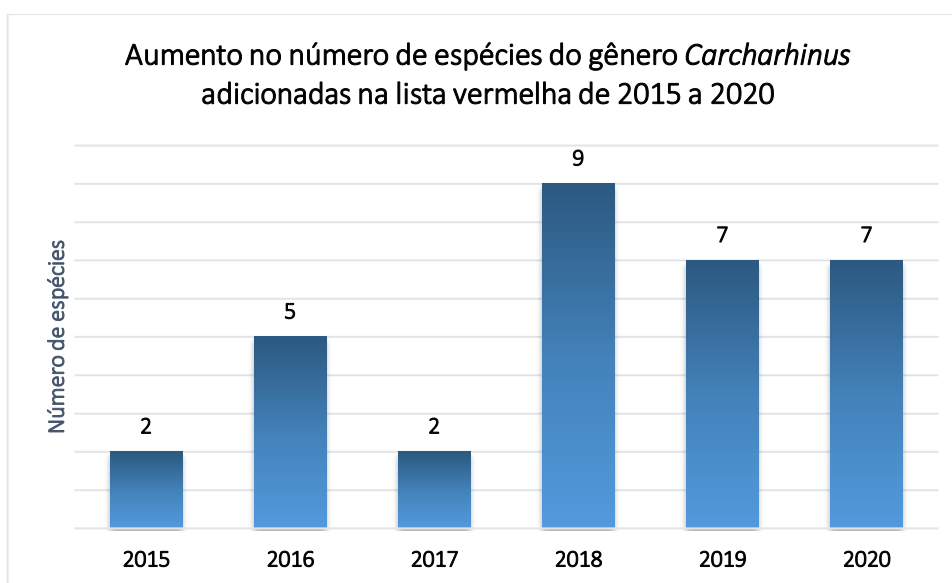


Gráfico 2: Variação do número de espécies do gênero *Carcharhinus* que foram incluídas na Red List of Threatened Species (IUCN). Version 2021-1 entre os anos de 2015 a 2020 segundo o <https://www.iucnredlist.org>.

Uma lista geral de algumas espécies desse gênero que se encontram incluídas na lista vermelha é apresentada na tabela 3 a seguir, não foram incluídos na lista espécies classificadas como DD (deficientes em dados). Segundo Ferrete et al. (2019), cerca de 90% das espécies de elasmobrânquios fazem parte da Lista Vermelha da IUCN, sendo que mais de 40% são classificados como deficientes em dados, o que coloca esse grupo como um dos mais ameaçados do mundo.

Tabela 3: Lista de espécies com distribuição geográfica global do gênero *Carcharhinus* que estão incluídas em alguma categoria dentro da lista vermelha da IUCN, juntamente com o ano de inclusão na lista através de estudos de risco de cada espécie. Fonte: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. CR (Criticamente em Perigo), EN (Em Perigo), NT (Quase Ameaçado) e VU (Vulnerável).

Lista de espécies do gênero <i>Carcharhinus</i> incluídas na lista vermelha da IUCN				
Índice	Nome popular	Nome científico	Categoria	Ano de inclusão
1º	Cação Noturno	<i>Carcharhinus signatus</i>	EN	2019
2º	Cação-dente-liso	<i>Carcharhinus isodon</i>	NT	2019
3º	Marracho marcado	<i>Carcharhinus sealei</i>	NT	2003
4º	Tubarão baleeiro indonésio	<i>Carcharhinus tjutjot</i>	VU	2018
5º	Tubarão Bignose	<i>Carcharhinus altimus</i>	NT	2020
6º	Tubarão Blacktip	<i>Carcharhinus leiodon</i>	EN	2017
7º	Tubarão Bornéu	<i>Carcharhinus borneensis</i>	EN	2005
8º	Tubarão de cauda manchada	<i>Carcharhinus sorrah</i>	NT	2007
9º	Tubarão de cauda pequena	<i>Carcharhinus porosus</i>	CR	2019
10º	Tubarão de cauda pequena falsa	<i>Carcharhinus obsoletus</i>	CR	2020
11º	Tubarão do Pacífico	<i>Carcharhinus cerdale</i>	CR	2019
12º	Tubarão Galha-branca-oceânico	<i>Carcharhinus longimanus</i>	CR	2018
13º	Tubarão gracioso	<i>Carcharhinus amblyrhynchoides</i>	NT	2005
14º	Tubarão Pondicherry	<i>Carcharhinus hemiodon</i>	CR	2020
15º	Tubarão rotador	<i>Carcharhinus brevipinna</i>	VU	2020
16º	Tubarão Touro	<i>Carcharhinus leucas</i>	NT	2005
17º	Tubarão-cinzeiro-dos-recifes	<i>Carcharhinus amblyrhynchos</i>	EN	2020
18º	Tubarão-cobre	<i>Carcharhinus brachyurus</i>	VU	2020
19º	Tubarão-corre-costa	<i>Carcharhinus plumbeus</i>	VU	2007
20º	Tubarão-de-focinho-negro	<i>Carcharhinus acronotus</i>	EN	2019
21º	Tubarão-de-pontas-negras-do-recife	<i>Carcharhinus melanopterus</i>	VU	2020
22º	Tubarão-de-pontas-prateadas	<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	VU	2015
23º	Tubarão-de-recife-caribenho	<i>Carcharhinus perezi</i>	EN	2019
24º	Tubarão-galha-preta	<i>Carcharhinus limbatus</i>	NT	2005
25º	Tubarão-lombo-preto	<i>Carcharhinus falciformis</i>	VU	2017
26º	Tubarão-mancha-preta	<i>Carcharhinus dussumieri</i>	EN	2018
27º	Tubarão-nariz-duro	<i>Carcharhinus macloti</i>	NT	2003
28º	Tubarão-negro	<i>Carcharhinus obscurus</i>	EN	2018

Apesar desses vertebrados serem afetados principalmente por atividades pesqueiras desordenada, a captura acidental dessas espécies também é uma das principais ameaças, o que representa um grande desafio tanto para o manejo pesqueiro sustentável quanto para a

biodiversidade marinha e os esforços das equipes de conservação. O que ressalta a importância de pesquisas nesse âmbito para melhorarmos cada vez mais nosso entendimento e termos ciência das condições de cada espécie, para assim garantir um plano de conservação adequando. De modo geral esses dados ajudam a elucidar o risco real sobre essas espécies, e corroboram com os estudos de conservação que vem sendo realizados ao longo dos anos. Para alguns autores (Ferrete et al., 2019; Hare et al., 2011) existe uma grande falha no que diz respeito aos dados estatísticos sobre pesca, como é visto no gráfico 1 apresentado nesse trabalho, existe uma defasagem de dados de pesca confiáveis e padronizados nos últimos anos, sendo que a pesca tem se tornado cada vez mais expansiva.

Isso pode estar relacionado a grande variedade de equipamentos e metodologias de pesca, as diferentes espécies alvos dessa prática e os locais de embarque e desembarque desse pescado. Tudo isso pode influenciar no processamento dos dados de captura e nos métodos de amostragem, que muitas vezes são subnotificados. Para Ferrete et al. (2019), as pesquisas voltadas para a avaliação da captura acidental têm focado apenas na pesca em grande escala, negligenciando estudos sobre pesca artesanal e de pequena escala, o que deixa encoberto os efeitos nocivos em potencial desse subtipo de pesca sobre as espécies ameaçadas. Por isso, é de extrema relevância investir em estudos e projetos que incentivam a criação de estratégias eficazes para a mitigação na capturas acessórias tanto para a pesca artesanal quanto na de pequena escala, pois essas representam a grande parte da captura pesqueira em todo o mundo, realizando ações principalmente em regiões costeiras e de plataforma continental, que são locais que possuem uma alta produtividade da biodiversidade marinha, assim como são preferidos em épocas de acasalamento e reprodução por algumas espécies.

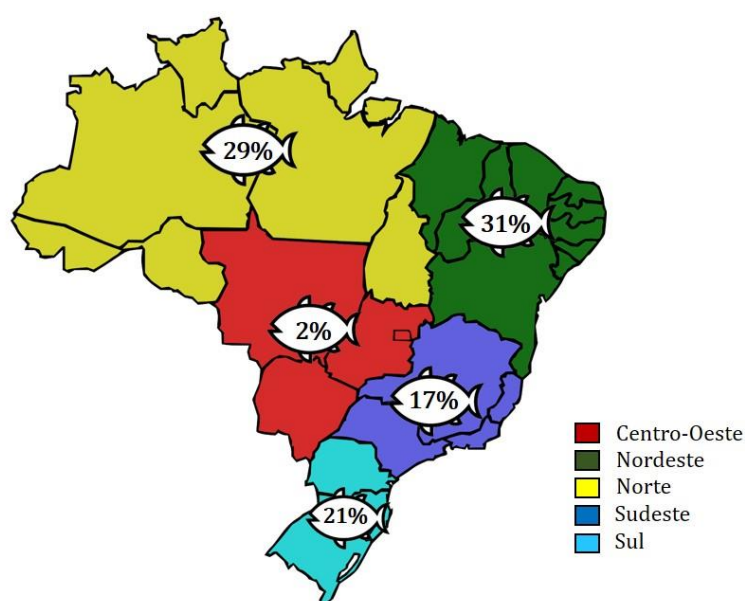


Figura 2: Porcentagem da pesca extrativa no Brasil, do consumo de pescado em território nacional e da exportação para o mercado exterior discriminada por região, segundo o Boletim Estatístico de Pesca e Aquicultura no Brasil de 2008 a 2011 - Ministério da Pesca e Aquicultura - Governo Federal, Brasília

Na Figura 2 é possível ver em porcentagem qual a influência de cada região do Brasil no mercado da pesca, sendo que as regiões do Nordeste e Norte possuem um maior consumo de pescado do país, onde também se possui culturalmente a pesca artesanal como fonte de busca por alimento. Porém é notável que esses dados são desatualizados, voltando novamente na questão da falta de informações atual sobre o comercio da pesca no Brasil e por conta disso, projetos para manejo têm sido cada vez menos específicos e eficientes, já que não se tem informações corretas sobre a quantidade de pescado nem sobre as espécies que realmente estão sendo comercializadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região oceânica do Atlântico Sudoeste é reconhecida como um dos mais importantes hotspots globais quando se trata de riqueza, diversidade funcional e endemismo de espécies de elasmobrânquios, porém, é também uma região amplamente explorada pela atividade pesqueira. Com esse estudo é possível entender melhor qual a relação da pesca com a estrutura genética das populações, quais impactos podem ser causados nas espécies devido a essa prática e quais são as medidas que podem ser tomadas visando melhorar a conservação e manejo para esses animais, assim como, entender melhor quais as falhas no sistema de gestão da pesca, desde a pesca artesanal até a pesca industrial de pequeno e grande porte.

De fato, é descrito que a pesca é uma forma de subsistência para muitas comunidades e por conta disso tem se tornado cada vez mais expansiva. Porém, o intuito não é proibir o comércio de pescado, e sim, buscar a sustentabilidade dentro dessa prática, evitando a captura exacerbada ou a captura de espécies que estejam ameaçadas. Por isso, esse estudo sugere o uso de diversas ferramentas moleculares disponíveis na criação de planos de conservação e manejo, onde fazendo uso da genética e educação ambiental amparadas pela legislação, torna-se possível gerir de uma forma mais eficiente o consumo de pescado no país, evitando pesca de espécies em risco, permitindo que as mesmas consigam recompor sua população, aderindo modelos de pesca com equipamentos específicos que evitem o *bycatch*, para que haja a captura apenas de espécies-alvos categorizadas como abundantes e fora de risco.

É necessário que pesquisadores, autoridades legais e gestores de pesca desenvolvam planos de conservação que foquem em alternativas e recursos para preservar a biodiversidade marinha, mitigando os efeitos nocivos que a atividade pesqueira insustentável, como a captura acidental pode infligir. Se houver um esforço em conjunto tanto dos conservacionistas quanto

dos pescadores para criar um sistema de gestão que permita ter dados e informações sobre a pesca e assim ter um controle de estoque, espécies e consumo, é possível realizar essa prática que hoje já se torna imprescindível de forma sustentável, sem causar danos ao ecossistema nem a biodiversidade das espécies marinhas que são amplamente ricas e importantes para a ecologia e sobrevivência dos oceanos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLENDORF, F. W; BERRY, O; RYMAN, N, (2013) **So long to genetic diversity, and thanks for all the fish.** *Molecular Ecology* 23, 23–25. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/mec.12574>> Acesso em: 27 de Abril de 2021.

ANDRADE, F. R. S, (2017) **Análise da estrutura e diversidade genética do tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*, Péron & Lesueur, 1822) na Costa de Pernambuco e no Arquipélago de Fernando de Noronha.** Dissertação (Programa de Pós-graduação em Biologia Animal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/24878/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20F1%C3%A1via%20Roberta%20Santos%20Andrade.pdf>> Acesso em: 02 de Maio de 2021.

Boletim Estatístico de Pesca e Aquicultura no Brasil de 2008 a 2011 - Ministério da Pesca e Aquicultura - Governo Federal, Brasília. Disponíveis em: <<https://www.icmbio.gov.br/cepsul/biblioteca/acervodigital/38download/artigos-cientificos/112-artigos-cientificos.html>> Acesso em 27 de junho de 2021

CAMARGO, S. M, et al., (2016) **Structure and Genetic Variability of the Oceanic Whitetip Shark, *Carcharhinus longimanus*, Determined Using Mitochondrial DNA.** *PLoS ONE* 11 (5): e0155623. Disponível em: <[doi:10.1371/journal.pone.0155623](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155623)> Acesso em: 27 de Abril de 2021.

CARDEÑOSA, D; HYDE, J; CABALLERO, S, (2014) **Genetic Diversity and Population Structure of the Pelagic Thresher Shark (*Alopias pelagicus*) in the Pacific Ocean: Evidence for Two Evolutionarily Significant Units.** *PLoS ONE* 9(10): e110193. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110193>> Acesso em: 27 de Abril de 2021.

Chondrichthyes - Tubarões, arraias e quimeras/editor Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Brasília, DF: ICMBio; 2021. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/component/content/article/47-fauna-brasileira/estado-de-conservacao-interno/366-chondrichthyes-tubaroos-arraias-e-quimeras>> Acesso em: 27 de Abril de 2021.

COSTA, L.; CHAVES, P. T. C. (2006) **Elasmobrânquios capturados pela pesca artesanal na costa sul do Paraná e norte de Santa Catarina, Brasil**. Biota Neotrop. Sep/Dec vol. 6, no. 3. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?article+bn02706032006> ISSN 1676-0603> Acesso em: 02 de Maio de 2021.

DOMINGUES, R. R. et al., (2017) **Effects of the Pleistocene on the mitochondrial population genetic structure and demographic history of the silky shark (*Carcharhinus falciformis*) in the western Atlantic Ocean**. UNESP – Rio Claro. Disponível em: < DOI 10.1007/s11160-017-9504-z> Acesso em: 27 de Abril de 2021.

DOMINGUES, R. R. et al., (2018) **Genetic connectivity and phylogeography of the night shark (*Carcharhinus signatus*) in the western Atlantic Ocean: Implications for conservation management**. UNESP – Rio Claro. Disponível em: <DOI: 10.1002/aqc.2961> Acesso em: 27 de Abril de 2021.

FERRETTE, B. L. S. et al., (2019) **DNA Barcode Reveals the Bycatch of Endangered Batoids Species in the Southwest Atlantic: Implications for Sustainable Fisheries Management and Conservation** **E** **orts**. Genes 10, 304 – MDPI. Disponível em: <DOI:10.3390/genes10040304> Acesso em: 27 de Abril de 2021.

GERAGHTY P. T; WILLIAMSON J. E; MACBETH W. G; WINTNER S. P; HARRY A.V, et al. (2013) **Population Expansion and Genetic Structure in *Carcharhinus brevipinna* in the Southern Indo-Pacific**. PLoS ONE v.8 (issue 9): e75169. Disponível em: <doi:10.1371/journal.pone.0075169> Acesso em: 02 de Maio de 2021.

GRAÇA, L. R. et al., The shrimp fishery by-catch of São Paulo State coast, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, [S.l.], v. 28, n. 2, p. 173-188, 2018. ISSN 1678-2305. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/28_2_173-188> Acesso em 29 de junho de 2021.

HARA, Y.; YAMAGUCHI, K.; ONIMARU, K. et al., (2018) **Os genomas de tubarão fornecem informações sobre a evolução dos elasmobrânquios e a origem dos vertebrados**. *Nat. Ecol. Evol.* v.2, p.1761–1771. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41559-018-0673-5>> Acesso em: 02 de Maio de 2021.

HARE, M. P. et al., (2011) **Understanding and Estimating Effective Population Size for Practical Application in Marine Species Management**. *Conservation Biology*, Volume 25, No. 3, 438–449. Disponível em: <DOI: 10.1111/j.1523-1739.2010.01637.x> Acesso em: 27 de Abril de 2021.

INSTITUTO CHICO MENDES (2016) **Avaliação do risco de extinção dos elasmobrânquios e quimeras no Brasil: 2010-2012**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/trabalhos_tecnicos/pub_2016_avaliacao_elasmo_2010_2012.pdf> Acesso em: 27 de Abril de 2021.

INSTRUÇÃO NORMATIVA MPA/MMA N° 10, DE 10 DE JUNHO DE 2011. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/legislacao/legislacao-geral-da-pesca/ini-mpa-mma-no-10-de-10-06-2011.pdf/view>> Acesso em: 29 de junho de 2021.

LANA, F. O, (2012) **Ecologia do tubarão lombo preto *Carcharhinus falciformis* (Muller & Henle, 1839) na margem ocidental do oceano atlântico equatorial**. 88 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência Veterinária) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. Disponível em: <<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/6308>> Acesso em: 27 de Abril de 2021.

MARTINS, L. G. et al., **Diversidade de elasmobrânquios capturados como fauna acompanhante em pescarias realizadas na Plataforma Continental Amazônica**. 1º Seminário Integrado de Biodiversidade Aquática, Belém, 2019. Disponível em:

SANTOS, F. R, et al. (2009) **Diagnóstico do Conhecimento da Diversidade Genética. BIOTA MINAS**, p. 390-410. Disponível em: <<http://www.biodiversitas.org.br/biotaminas/publicacao/biotaminas.pdf>> Acesso em: 27 de Abril de 2021.

The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/search/list?taxonomies=128986&searchType=species>> Acesso em 29 de junho de 2021.

TOWSKI, H. B (2014) **Importância ecológica dos tubarões e raias em uma rede trófica na costa sul do brasil.** Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas – Zoologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/35106/R%20-%20T%20-%20HUGO%20BORNATOWSKI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 02 de Maio de 2021.