

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DE  
ESPÉCIES DE TUBARÃO  
COMERCIALIZADAS NO LITORAL DO  
ESPÍRITO SANTO**

**ISABELA KELLEN RIBEIRO FERREIRA**

**São Mateus/ES**

**Setembro/2024**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DE ESPÉCIES  
DE TUBARÃO COMERCIALIZADAS NO  
LITORAL DO ESPÍRITO SANTO**

**ISABELA KELLEN RIBEIRO FERREIRA**

Monografia de Conclusão de Curso apresentada ao Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof<sup>a</sup>.Dra. Ana Paula Cazerta Farro

**São Mateus/ES**

**Setembro/2024**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Isabela Kellen Ribeiro Ferreira

Título: Identificação molecular de espécies de tubarão comercializadas no litoral do Espírito Santo

Monografia do Curso de Ciências Biológicas (Bacharelado)  
Defendida e aprovada em 19/09/ 2024

Orientador(a) e presidente da Comissão Examinadora

Examinador 1

Examinador 2

## AGRADECIMENTOS

Queria colocar o nome de todo mundo que esteve presente na minha jornada até aqui, mas infelizmente não será possível. Digo isso, pois, felizmente, tive muitas pessoas importantes que me deram apoio, amor. Mesmo que não saibam, foi graças a muitas delas, que a ansiedade não tomou conta de mim. A Biologia nunca foi meu primeiro plano, mas quando passou a ser, descobri um desejo que no fundo já sabia que existia, de ser pesquisadora. Então, agradeço a mim mesma, por não ter desistido, por não ter ido na conversa de terceiros, por ter amadurecido e por hoje estar trilhando esse caminho que ainda tem muito chão. Porém, se tem uma pessoa que merece os obrigados da minha vida, é a minha mãe, MARLI PIRES RIBEIRO FERREIRA, meus sinceros OBRIGADA! Mesmo com todas as dificuldades, com todos os imprevistos, ela sempre foi a pessoa que esteve ao meu lado. Eu arrisco a dizer que estão se formando duas biólogas, porque o tanto que ela me ouviu explicando as coisas, me ajudou em trabalhos na época do EARTE...Mãe, eu te amo muito e tudo isso só é possível, porque você nunca desistiu e sempre acreditou em mim. Nunca vou me esquecer das vezes que você falou “não preciso que você consiga, preciso que você tente e não desista”. Meu pai, DENIS WILLIAN GOMES FERREIRA, que mesmo com as nossas desavenças, nunca deixou de me amar e sempre me deu suporte para continuar e fazer a minha própria vida. Eu te amo e sou muito grata por tudo. Aos meus avós (Nilton, Célia e Rita) que mesmo falando para todo mundo que eu faço medicina, sempre estiveram comigo. Agradeço a todas as minhas tias, desde o apoio emocional (não é mesmo, tia Beth?!), as mensagens de preocupação da minha madrinha Janete, até as roupas de cama, copos...que as tias Maria de Fatima (tia neném) e tia Tanta me deram. Ao meu tio Ailton que me trouxe de bate e volta até a UFES para fazer a matrícula. Obrigada, meu padrinho Junior e a tia Talita por fazerem parte da minha vida e me ajudarem a enxergar sempre a melhor saída. A minha melhor amiga/irmã Yara que me atura há tantos anos, obrigada por ser a melhor parte de mim. Agradeço a todas as minhas primas e primos, as minhas amigas e amigos, Amanda A., Amanda G., Carolyna, Maria Clara, Nath, Madu, Lara, Thalita, Dantony, Larissa, Laryssa, Mari, Fabi, Marcos e Mateus (gêmeos), Débora, Ana Paula, Korina, Rafa, Lhary, Alice, Gustavo, José, Vandin, Gabriel, Leonan, Guilherme (que você esteja descansando em paz) saibam que vocês fazem parte disso. Obrigada por me aguentarem, por me ajudarem nos surtos (inclusive, agradeço as minhas psicólogas Hyasmyn e Aurelina, as maiores!). Eu amo cada um de vocês. Obrigada grupo GECOM, por me acolherem, principalmente Ray, Fefa e Helô, por cada aprendizado e informação que abrilhantaram a minha vida acadêmica, mas não só por isso, obrigada por terem se tornado minhas amigas, assim com as Gabis e

a Gi, por cada fofoca e surto compartilhado. Obrigada Prof. Ana, por ter acreditado em mim, e ter passado por cada momento por causa desses tubarões comigo. Agradeço aos membros da banca, Mylla e Joelson, por aceitarem o convite, aos colaboradores desse trabalho, Valéria e Erica. Dedico esse trabalho a três pessoas maravilhosas, uma é a minha mãe e as outras duas, já não estão entre nós, meu avô Sebastião e minha tia Carol, que no auge da escrita desse projeto, nos deixou inesperadamente, que vocês estejam orgulhosos de mim, sinto saudades!! Agradeço a Nossa Senhora Aparecida, pois sei que ela sempre esteve comigo e viu meu fraquejar, mas também me viu ter sucesso e gritar de felicidade.

## SUMÁRIO

|  |             |
|--|-------------|
| <b>SUMÁRIO DE FIGURAS .....</b>                            | <b>vi</b>   |
| <b>SUMÁRIO DE TABELAS.....</b>                             | <b>vii</b>  |
| <b>RESUMO .....</b>  | <b>viii</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                      | <b>ix</b>   |
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                  | <b>1</b>    |
| <b>2. OBJETIVOS .....</b>                                  | <b>4</b>    |
| 2.1 Objetivo Geral.....                                    | 4           |
| 2.2 Objetivos Específicos .....                            | 4           |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                         | <b>5</b>    |
| 3.1 Coleta de amostras .....                               | 5           |
| 3.2 Extração de quantificação .....                        | 7           |
| 3.3 Amplificação por PCR .....                             | 7           |
| 3.4 Análise de dados de sequências .....                   | 8           |
| 3.5 Sequências adicionais .....                            | 8           |
| <b>4. RESULTADOS .....</b>                                 | <b>9</b>    |
| <b>5. DISCUSSÃO .....</b>                                  | <b>16</b>   |
| 5.1 Identificação e Diversidade genética.....              | 16          |
| 5.2 Espécies encontradas e seu status de conservação ..... | 18          |
| <b>6. CONCLUSÃO.....</b>                                   | <b>23</b>   |
| <b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                 | <b>24</b>   |

## SUMÁRIO DE FIGURAS

- Figura 1:** Grande tubarão-martelo (*Sphyrna mokarran*). Espécie listada como Criticamente em Perigo de acordo com os critérios A2bd. Fonte: naturepl.com / : Alex Mostarda..... 3
- Figura 2 e Figura 3:** Pescados eviscerados, sem cabeça e nadadeiras, dispostos para venda em uma feira e uma peixaria de São Mateus, respectivamente. Fonte: O próprio autor. .... 5
- Figura 4:** Exemplo de como, em sua maioria, é comercializado o cação no litoral capixaba. Já cortado em postas e pesado na hora ou sacos de postas, já prontos e congelados. Fonte: O próprio autor. .... 6
- Figura 5 e Figura 6:** Postas de cação adquiridas em São Mateus, em uma peixaria grande (empresarial) e em feira, respectivamente, sendo preparadas e documentadas para a coleta de tecido, que posteriormente será utilizado no processo de extração do DNA. Fonte: O próprio autor. .... 6
- Figura 7:** Porcentagem de cada espécie, destacando a predominância de *Prionace glauca* e *Isurus oxyrinchus* em comparação com demais. As espécies incluídas são *Rhizoprionodon lalandii* (1 indivíduo), *Prionace glauca* (11 indivíduos), *Carcharhinus acronotus* (1 indivíduo), *Sphyrna lewini* (1 indivíduo), *Sphyrna mokarran* (1 indivíduo) e *Isurus oxyrinchus* (10 indivíduos)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figura 8:** Árvore de Neighbor-joining (NJ) para sequências COI de tubarões comercializados no litoral capixaba. Sequências de *Rhizoprionodon lalandii*, *Prionace glauca*, *Carcharhinus acronotus*, *Sphyrna lewini*, *Sphyrna mokarran*, *Isurus oxyrinchus* e *Narcine brasiliensis* (representando um grupo externo, da ordem Torpediniformes) foram obtidas a partir do NCBI. .... 16

## SUMÁRIO DE TABELAS

**Tabela 1:** Localidades, Número de sequências (N), acesso e referências das sequências obtidas no GenBank para o marcador COI de Chondrichthyes. .... 9

**Tabela 2:** Nome popular informado no comércio, local do comércio, como a amostra estava sendo comercializada (Tipo de corte – TC), tipo de conservação (C) e data da compra das amostras de cação nos litorais do Espírito Santo. “\_”: sem informação. ... 11

**Tabela 3:** Nome popular da espécie (NP), nome científico da espécie (NC), percentual de identificação no GenBank das 25 sequências de tubarão utilizadas nas análises. .... 13

**Tabela 4:** Espécies de tubarões identificadas usando sequências COI, seu status de conservação de acordo com União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e Categorias de ameaça para IUCN: DD – Dados Insuficientes, LC – Pouco Preocupante, VU – Vulnerável, NT – Quase Ameaçado, EN – Em Perigo, CR – Criticamente em Perigo, – = sem classificação. .... **Error! Bookmark not defined.**

**Tabela 5:** Diversidade genética do COI nas populações das espécies encontradas, com ênfase nas espécies mais abundantes: *Prionace glauca* e *Isurus oxyrinchu*. N - n° de amostras; H – n° de haplótipos; h – diversidade haplotípica; Pi ( $\pi$ ) - Diversidade nucleotídica..... **Error! Bookmark not defined.**

## RESUMO

Tubarões e raias são pertencentes à classe dos Chondrichthyes, mais precisamente à subclasse Elasmobranchii, que compreendem os peixes cartilagosos. No Brasil, 244 espécies de tubarões já foram descritas, com distribuição em ambientes marinhos, estuarinos e de água doce. No Espírito Santo já foram listadas 51 espécies. Devido às ameaças como a perda de habitat e a pesca comercial, industrial e artesanal, os tubarões vêm enfrentando um intenso declínio populacional. As espécies de tubarão podem apresentar características morfológicas similares, e a maioria é comercializada em postas ou já filetadas, sob a denominação generalizada de "cação", o que dificulta ou impossibilita a identificação das espécies. Técnicas moleculares, como o DNA Barcoding, têm sido utilizadas para uma identificação rápida e eficiente em diferentes grupos de organismos. Nesse estudo, foi utilizada tal ferramenta, com o objetivo principal de identificar espécies de tubarão comercializadas em cidades do Espírito Santo. Foram coletadas oportunisticamente 32 espécimes em peixarias grandes (empresariais), peixarias menores (artesaniais) e feiras de São Mateus, Conceição da Barra, Vitória, Vila Velha e Anchieta. O DNA das amostras foi extraído utilizando o protocolo de solução salina e amplificado a partir dos primers FishF1 e FishR2, e HCO e LCO. As sequências foram comparadas no GenBank para a identificação das espécies. A concentração de DNA extraído ficou em uma faixa de 23,09 a 400,01 ng/μL, com uma média de 138 ng/μL. As análises do gene mitocondrial Citocromo c Oxidase I (COI, 476 pb) resultaram na identificação de seis espécies de tubarões pertencentes às famílias Carcharhinidae (n=13); Sphyrnidae (n=2) e Lamnidae (n= 10). As espécies de tubarão mais comercializadas foram *Prionace glauca* e *Isurus oxyrinchus*. Verificou-se que das seis espécies, cinco são ameaçadas de extinção, de acordo com a Lista Vermelha de Animais Ameaçados da IUCN e quatro de acordo com o ICMBio, sendo respectivamente *Rhizoprionodon lalandii* classificada como VU e NT, *Carcharhinus acronotus* como EN e VU, *Sphyrna lewini* como CR em ambos, *Sphyrna mokarran* como CR em ambos e *Isurus oxyrinchus* como EN e CR. Os resultados deste estudo revelaram a comercialização ilegal de espécies de tubarões ameaçadas de extinção no litoral do Espírito Santo, destacando a importância do uso do DNA Barcoding para identificar com precisão essas espécies e auxiliar na gestão de recursos pesqueiros.

**Palavras-chave:** COI; DNA Barcoding; Elasmobrânquios; Pescado.

## ABSTRACT

Sharks and rays belong to the class Chondrichthyes, specifically to the subclass Elasmobranchii, which comprises cartilaginous fish. In Brazil, 244 species of sharks have been described, with distribution across marine, estuarine, and freshwater environments. In Espírito Santo, 51 species have been listed. Due to threats such as habitat loss and commercial, industrial, and artisanal fishing, sharks have been suffering a significant population decline. Shark species can present similar morphological characteristics, and most are sold as steaks or fillets under the generalized name "cação," which makes species identification difficult or even impossible. Molecular techniques, such as DNA Barcoding, have been used for rapid and efficient identification across different organism groups. In this study, this tool was used with the primary goal of identifying shark species sold in cities in Espírito Santo. A total of 32 specimens were opportunistically collected from large fish markets (commercial), smaller fish markets (artisanal), and fairs in São Mateus, Conceição da Barra, Vitória, Vila Velha, and Anchieta. The DNA from the samples was extracted using the saline solution protocol and amplified using the primers FishF1 and FishR2, and HCO and LCO. The sequences were compared in GenBank platform for species identification. The concentration of the extracted DNA ranged from 23.09 to 400.01 ng/μL, with an average of 138 ng/μL. Analyses of the mitochondrial gene Cytochrome c Oxidase I (COI, 476 bp) resulted in the identification of six shark species belonging to the families Carcharhinidae (n=13); Sphyrnidae (n=2); and Lamnidae (n=10). The most marketed shark species were *Prionace glauca* and *Isurus oxyrinchus*. It was found that out of the six species, five are threatened with extinction according to the IUCN Red List of Threatened Species and four in the ICMBio: *Rhizoprionodon lalandii* classified as VU and NT, *Carcharhinus acronotus* as EN and VU, *Sphyrna lewini* as CR in both, *Sphyrna mokarranas* CR in both, and *Isurus oxyrinchus* as EN and CR. The results of this study revealed the illegal trade of two endangered shark species on the coast of Espírito Santo, highlighting the importance of using DNA Barcoding to accurately identify these species and aid in fisheries management.

**Keywords:** COI; DNA Barcoding; Elasmobranchs; Seafood..

## 1. INTRODUÇÃO

Popularmente chamados tubarões (ou cações) e raias (ou arraias), a subclasse Elasmobranchii (elásma = lâmina e brânquia = brânquias) – os elasmobrânquios – são animais vertebrados que, junto com as quimeras (subclasse Holocephali), formam um grupo conhecido como peixes cartilaginosos (classe Chondrichthyes: chondros = cartilagem e ichthys = peixe), cujo esqueleto é composto por cartilagens mineralizadas e não ossos verdadeiros, como na grande maioria dos vertebrados (KOTAS et al., 2023).

Este grupo apresenta os mais diversos hábitos alimentares, desde planctívoros a predadores de topo, reprodutivos, desde a postura de ovos até a viviparidade placentária. São encontrados nos oceanos do mundo inteiro, desde áreas costeiras ao mar aberto e de águas rasas até profundidades de 3000 metros (DANELUZ, 2020). Podem realizar tanto grandes migrações, quanto apresentarem comportamento costeiro mais regional. É difícil definir um padrão uma vez que, além da variação entre espécies, esse comportamento apresenta variação entre sexos, em diferentes estações, estágios de vida e fatores não biológicos como salinidade e temperatura da água (DANELUZ, 2020).

Os tubarões desempenham um papel crucial na manutenção do delicado equilíbrio entre presa e predador em seu ambiente, atuando como predadores-chave que regulam as populações de presas e garantem a diversidade de espécies (MOTIVARASH et al., 2020). Este papel é essencial para a estabilidade e o funcionamento dos ecossistemas marinhos, tornando os tubarões um componente significativo da cadeia alimentar (MOTIVARASH et al., 2020).

Dados recentes mostram que, no Brasil, são conhecidas 12 ordens (sete de tubarões, quatro de raias e uma de quimeras), o que corresponde a 85,7% das ordens conhecidas mundialmente. Existem 45 famílias, sendo 26 de tubarões, 16 de raias e três de quimeras, que correspondem a 66% das famílias conhecidas no mundo. Dos 225 gêneros reconhecidos mundialmente, 39,1% (89 gêneros, sendo 46 de tubarões, 38 de raias e cinco de quimeras) já foram registrados no Brasil (KOTAS et al., 2023). Conforme Gadig (2001), as regiões Sul e Sudeste exibem maior riqueza faunística (seis ordens, 19 famílias, 32 gêneros e 64 espécies no Sudeste e o mesmo número de ordens e famílias, 34 gêneros e 61 espécies no Sul).

Ruschi (1965) listou 47 espécies de peixes cartilaginosos no estado do Espírito Santo. Enquanto Santander-Neto (2024) avaliou 79 espécies de elasmobrânquios ocorrendo no litoral capixaba, totalizando 51 tubarões e 28 raias.

Os elasmobrânquios são naturalmente sensíveis à pesca, pois reúnem a alta longevidade, maturação sexual tardia, longos períodos de gestação, crescimento lento e outras

estratégias de vida de animais com tendência K-estrategista (CHAVES et al., 2019). As espécies k-estrategistas se caracterizam como organismos ligados a estágios sucessionais (sucessão ecológica) avançados de uma comunidade, sobrevivendo em ambientes cuja competição é elevada. Este tipo de organismo aloca mais energia no crescimento, produzindo proles menos numerosas e em estágios mais avançados do seu ciclo de vida (SOARES, 2014).

A pesca marinha constitui um importante item para a economia de cidades e comunidades litorâneas, proporcionando estabilidade alimentar, oportunidades de emprego, de renda e de subsistência (ROCHA, 2013). Em uma curta janela de tempo os elasmobrânquios deixaram de ser capturados majoritariamente como fauna acompanhante de outras espécies de animais marinhos, passando a ser alvo de pesca, e crescendo em número nos desembarques pesqueiros no Brasil. O desembarque de elasmobrânquios atualmente no país refere-se à cerca de 3% do total da pesca extrativa marítima, chegando a apresentar valores por volta de 11.000 toneladas em 2004, segundo o Ministério do Meio Ambiente (IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis 2011; SANTOS, 2018).

Segundo Pacoureaux et al. (2022) o Plano de Gestão Pesqueira para Tubarões do Oceano Atlântico em 1993 (Plano de Gestão das Pescas) foi desenvolvido em resposta à intensa expansão da pesca comercial e recreativa nas décadas de 1970 a 1980, devido ao aumento da procura de carne, barbatanas e cartilagem de tubarão em todo o mundo e às preocupações sobre os seus efeitos nas populações de tubarões. Antes da década de 1990, os tubarões eram considerados um recurso subutilizado e os pescadores comerciais e recreativos eram incentivados a pescar os tubarões, resultando no esgotamento grave de alguns grandes tubarões costeiros.

A captura dos elasmobrânquios é realizada tanto na forma industrial como pela pesca de menor escala, como na pesca artesanal, e que no Brasil, tem uma representatividade de 45% do total de pescados (SANTOS, 2018).

Metade dos tubarões e raias costeiras (51%, 296 de 582 espécies) estão ameaçadas de extinção principalmente devido à pesca excessiva com base nos critérios da Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) (SHERMAN et al., 2023), como por exemplo o “Grande tubarão-martelo” (*Sphyrna mokarran*) (Figura.1). Este tubarão é comumente capturado incidentalmente nos mais diversos tipos de pesca. Muitos espécimes são retidos mesmo que ilegalmente visando comércio da sua barbatana que é bastante valiosa. Além disso, são alvos da pesca esportiva, sendo considerados como troféus (SILVEIRA, 2018). Neste tipo de pesca geralmente visa-se capturar o tubarão mais pesado possível, estes acabam por ser fêmeas grávidas que são pescadas em áreas de berçário (SILVEIRA, 2018).



**Figura 1:** Grande tubarão-martelo (*Sphyrna mokarran*). Espécie listada como Criticamente em Perigo de acordo com os critérios A2bd. Fonte: naturepl.com / : Alex Mostarda.

Normalmente os tubarões exibem corpo alongado e roliço, como uma adaptação para maior mobilidade ao nadar, e poucas espécies têm o corpo mais achatado (cações-anjo, gênero *Squatina*). As aberturas branquiais localizam-se na parte lateral da cabeça e as nadadeiras peitorais são bem destacadas do tronco. A maioria dos tubarões possui duas nadadeiras dorsais (poucas espécies com uma) e muitos têm também uma nadadeira anal (KOTAS et al., 2023). Para identificação de espécies de tubarões usam-se principalmente caracteres morfológicos tais como dentição, nadadeiras, aspecto das fendas branquiais e tamanho dos animais. Entretanto, no Brasil, essa identificação morfológica era impossível até há pouco tempo devido à prática de remoção de muitas partes (“charutos”) dos animais como vísceras, cabeça e nadadeiras, antes do desembarque (ROCHA, 2013).

Um grande obstáculo para obter dados estatísticos mais refinados sobre a captura e o comércio de tubarões, e implementar planos de conservação e gestão específicos por espécie, é a dificuldade de identificar com precisão muitas das espécies comumente exploradas (SHIVJI et al., 2002), além da ausência geral de informações biológicas relevantes para a maioria das espécies (SANDOVAL-CASTILLO & BEHEREGARAY, 2015).

Existem inúmeras vantagens quando se utiliza a identificação molecular de espécies, podendo se trabalhar com apenas uma pequena amostra da espécie a ser estudada, dispensando longos estudos de taxonomia que na maioria das vezes só podem ser realizados com o indivíduo inteiro (ROCHA, 2013). O uso de informações de sequência de DNA para identificação correta de tubarões em nível de espécie é fundamental, especialmente quando as técnicas taxonômicas

tradicionais não são aplicáveis (VILLATE-MORENO et al., 2022).

De acordo com Muttaqin et al. (2019), na última década, o desenvolvimento do código de barras do DNA Barcoding criou uma oportunidade para padronizar a identificação de espécies de produtos da vida selvagem. O gene Cytochrome c Oxidase I (COI) é uma região genética padronizada, que permite a identificação rápida e precisa de espécies, tornando-o adequado para aplicação na ciência forense da vida selvagem. Pesquisas anteriores, como Medonça et al. (2009); Caballero et al. (2012) e Cardeñosa et al. (2018) relacionadas à identificação de espécies de tubarões foram baseadas em ensaios multiplex de reação em cadeia da polimerase (PCR), bem como em primers específicos de espécies. O código de barras de DNA é usado para discriminar com sucesso muitas espécies regionais de tubarões que são desembarcadas na Indonésia, Austrália ou Brasil ( MUTTAQIN et al., 2019).

Os elasmobrânquios desempenham um papel vital na manutenção dos ecossistemas marinhos, porém, enfrentam ameaças significativas devido à pesca excessiva. A dificuldade na identificação morfológica dessas espécies, exacerbada pelas práticas de remoção de partes dos animais antes do desembarque, destaca a importância do uso de métodos modernos, como a identificação molecular através do DNA, para a gestão e preservação dessas espécies. Considerando que no Brasil, a pesca e a comercialização de tubarão são práticas comuns, sendo fauna alvo e/ou acompanhante, captura incidental ou não, que a denominação "cação" é utilizada de forma genérica para se referir a qualquer espécie de tubarão, e que muitas dessas espécies podem estar classificadas como em perigo ou risco de extinção, se faz necessária a compreensão mais profunda das espécies exploradas para implementação de planos de conservação eficazes e de legislações que protejam esses animais essenciais para o equilíbrio marinho.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Identificar através do método Barcoding (COI), as espécies de tubarão comercializadas no litoral do Espírito Santo (ES).

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Adquirir produtos de pescado de tubarão comercializados em diferentes locais;
- Fornecer uma lista de espécies comercializadas para os diferentes tipos de comércio para cada cidade e/ou região;

- Identificar e verificar se as espécies encontradas estão listadas como ameaçadas e ou protegidas na União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

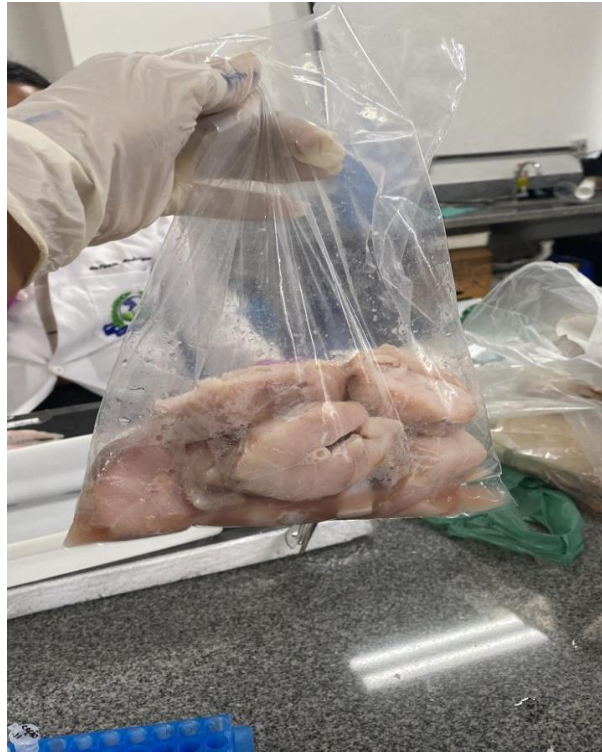
#### 3.1 Coleta de amostras

Peixes comercializados e rotulados como cação foram oportunisticamente obtidos em diferentes peixarias grandes (empresariais), peixarias menores (artesaniais) e feiras de São Mateus (Figuras 2 e 3), Conceição da Barra, Vitória, Vila Velha e Anchieta, totalizando 32 exemplares. Os peixes obtidos estavam sendo comercializados eviscerados comumente chamados de "charuto" (Figuras 2 e 3; Tabela 2) ou em postas (Figura 4).



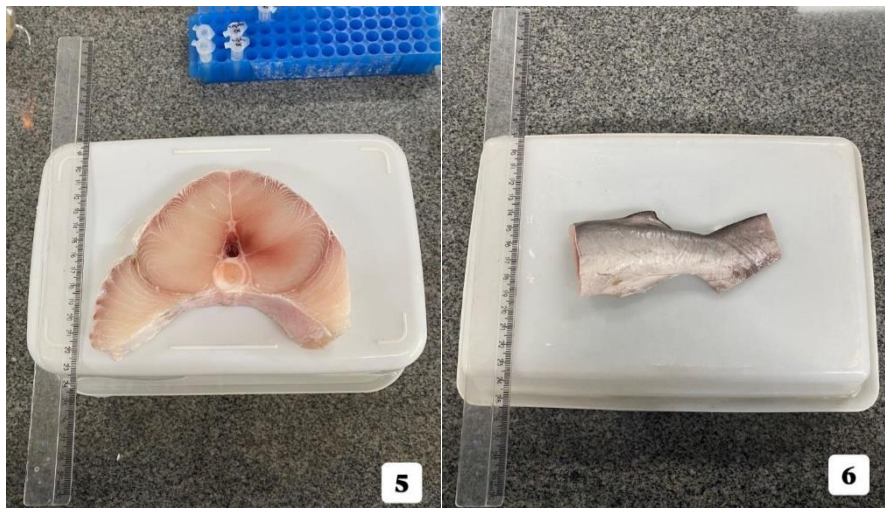
**Figuras 2 e 3:** Pescados eviscerados, sem cabeça e nadadeiras, dispostos para venda em uma feira e uma peixaria de São Mateus, respectivamente. Fonte: O próprio autor.

A parceria com o projeto “Identificação genética e bioquímica das espécies de peixes comercializadas no ES: uma abordagem forense gerando ferramentas para a autenticidade dos rótulos de pescado capixaba”, coordenado pela professora Valéria Fagundes, da Universidade Federal do Espírito Santo, cujo trabalho se alinha com os objetivos específicos deste estudo, foi possível obter amostras de pescado de diversas regiões do litoral do Espírito Santo.



**Figura 4:** Exemplo de como, em sua maioria, é comercializado o cação no litoral capixaba. Já cortado em postas e pesado na hora ou sacos de postas, já prontos e congelados. Fonte: O próprio autor.

A coleta de uma amostra de cada espécime foi realizada em parceria com o Laboratório de Ecologia de Peixes Marinhos. Foram retiradas amostras de tecido muscular, que foram armazenadas em álcool absoluto em microtubos. Os microtubos foram rotulados e mantidos refrigerados no Laboratório de Genética e Conservação Animal (LGCA), CEUNES, UFES.



**Figuras 5 e 6:** Postas de cação adquiridas em São Mateus, em uma peixaria (empresarial) e em feira, respectivamente, sendo preparadas e documentadas para a coleta de tecido, que posteriormente foram utilizadas no processo de extração do DNA. Fonte: O próprio autor.

### 3.2 Extração de quantificação do DNA

A extração foi realizada no Laboratório de Genética e Conservação Animal (LGCA) do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (UFES/CEUNES), São Mateus, ES. Foi extraído um pequeno fragmento de tecido dos exemplares preservados em etanol absoluto, de acordo com o protocolo de extração com solução salina (BRUFORD et al., 1992). Um pequeno pedaço de músculo foi extraído de cada espécime, picotado com bisturi esterilizado e colocado em um microtubo de 1,5 ml com solução de lise: 410  $\mu$ L de Buffer de Extração, 80  $\mu$ L de SDS 10% e 10  $\mu$ L de proteinase K. A solução foi deixada no banho-maria a 55 °C durante uma noite. Após a solução foi centrifugada a 13.000 rpm por 5 minutos. O sobrenadante foi transferido para outro tubo de 1,5 ml, no qual se adicionou 180  $\mu$ L de NaCl (5M). A solução foi invertida 50 vezes para que houvesse uma homogeneização. Em seguida, a solução foi centrifugada novamente a 13.000 rpm por 5 minutos. Depois, o sobrenadante foi transferido para um novo tubo de 1,5 ml contendo 1 mL de isopropanol gelado. A solução foi homogeneizada e centrifugada a 13.000 rpm por 7 minutos. Logo após, o sobrenadante foi descartado. Foram adicionados 250  $\mu$ L de etanol 80% e a solução foi invertida por 50 vezes.

Realizou-se uma nova centrifugação nas mesmas condições anteriores. O sobrenadante foi novamente descartado. Foram adicionados 250  $\mu$ L de etanol 80% e a solução foi invertida e centrifugada nas mesmas condições anteriores. Após, o sobrenadante novamente foi descartado. O álcool foi totalmente removido, os tubos foram colocados invertidos sobre um pedaço de papel e em seguida levados para o banho seco a 55°C por aproximadamente 10 minutos. O DNA foi ressuspendido com a adição de 50  $\mu$ L de água ultrapura. O tubo contendo a solução de DNA extraído foi mantido na geladeira durante 24 horas. Em seguida, as amostras de DNA foram quantificadas em espectrofotômetro (NanoDrop - ND100), utilizando 1  $\mu$ L do DNA extraído. Após a quantificação, amostras que apresentaram concentração de DNA acima de 50 ng/ $\mu$ l, foram diluídas para 20 ng/ $\mu$ L em água ultrapura.

### 3.3 Amplificação por PCR

O fragmento de DNA Barcoding (COI) foi amplificado usando pares universais de iniciadores de código de barras de peixes Fish-F1 5'TCAACCAACCACAAAGACATTGGCAC3 e Fish-R2 5' ACTTCAGGGTGACCGAAGAATCAGAA3' (WARD et al., 2005). As análises de PCR foram realizadas em um mix de volume final de 20  $\mu$ L, utilizando 15,38  $\mu$ L de H<sub>2</sub>O, 0,1 mM (10 mM) de dNTP, 1,0 mM (50mM) de MgCl<sub>2</sub>, 0,1 U (5U/ $\mu$ l) de Taq DNA Polimerase, 2  $\mu$ l tampão 10X, 0,21  $\mu$ M (10  $\mu$ M) de cada primer universal e 1,0 ng de DNA.

As condições do termociclador consistem em 35 ciclos de 1 min a 95°C, 1 min a 48,5°C

e 1 min a 68°C, seguidos de uma extensão final de 5 min a 65°C.

Também, foram utilizados os primers HCO: 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3' e LCO 5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3'. A solução final foi de 11,5 µL, contendo 9,05 µL de H<sub>2</sub>O, 0,25 mM (10 mM) de dNTP, 0,5 mM (50mM) de MgCl<sub>2</sub>, 0,15 U (5U/ul) de Taq DNA Polimerase, 1,25 µL tampão 10X, 0,15 µM (10 µM) de cada primer e 1,0 ng de DNA. O protocolo de amplificação consistiu em 35 ciclos de 5 min a 94°C, 30 s a 94°C, 45 s a 48°C, 45 s a 72°C e uma extensão final de 10 min a 72°C.

Todos os fragmentos amplificados foram verificados por eletroforese em gel de agarose 1%, fotografados e documentados. Por fim, os produtos de PCR amplificados foram purificados usando a enzima ExoSAP-IT e enviados a uma empresa terceirizada para sequenciamento dos fragmentos.

### **3.4 Análise de dados de sequências**

As sequências obtidas foram editadas usando MEGA 11.0 (TAMURA et al., 2021) e comparadas com banco genômico internacional, o GenBank. Atraves da ferramenta Blast existente dentro do GenBank foram analisadas as regiões de similaridade entre sequencias estudadas e as disponíveis no banco de dados. As sequências que apresentaram valor de identificação (homologia) maior do que 99% foram utilizadas para a identificação das espécies.

### **3.5 Sequências adicionais**

Para uma maior compreensão dos dados foi realizada uma árvore filogenética contendo as sequências geradas e sequências COI adicionais disponíveis nos bancos de sequências online (GenBank e/ou BOLD), com o intuito de verificar a distância genética e relações de agrupamento dos táxons específicos das espécies analisadas. Além das 32 sequências obtidas, 60 sequências provenientes do GenBank foram incluídas (Tabela 1).

Quarenta e uma sequências são provenientes do Oceano Atlântico; Mar do Caribe e Mar do Alabama, 19 sequências foram agrupadas como Oceano Índico e uma sequência é pertencente ao Oceano Pacífico, no Mar de Salomão.

As sequências foram alinhadas no programa Mega 11.0 (TAMURA et al., 2021). Foram verificadas as distâncias genéticas entre as sequências através do modelo Kimura-2-parâmetros (K2P) e para uma melhor visualização das relações de distância das sequências alinhadas, foi elaborada uma árvore filogenética no MEGA com o método Neighbor-joining (NJ) usando 10.000 replicações.

**Tabela 1:** Localidades, Número de sequências (N), 60 acessos e referências das sequências obtidas no GenBank para o marcador COI de Chondrichthyes.

| LOCALIDADES   | N  | ACESSOS   | REFERÊNCIAS  |
|---|----|---|--|
| Oceano Atlântico;<br>Mar do Caribe; Mar<br>do Alabama | 40 | KM987415.1; KM987414.1; KM987413.1;<br>KM987412.1; JQ365529.1; JQ365528.1;<br>JQ365527.1; FJ457031.1; MH911015.1;<br>MH911014.1; KP975822.1; KP975821.1;<br>KC015834.1; KC015833.1; KC015832.1;<br>MG837892.1; MG837891.1; MG837890.1;<br>MG837889.1; KM987407.1; KM987406.1;<br>KM987405.1; KF461148.1; MH911288.1;<br>MH911287.1; MG838000.1; MG837999.1;<br>MG837998.1; KF461241.1; JQ365585.1;<br>JQ365584.1; JQ365583.1; JQ365582.1;<br>JQ365581.1; MH911049.1; MH911048.1;<br>MH911047.1; MF686574.1; MG837943.1;<br>MG837942.1 | Almanza,M., Marquez,E. and<br>Chasqui,L., 2014<br><br>Ferrette,B.L.S et al., 2019<br><br>Benard-Capelle,J <i>et al.</i> , 2015<br>McCusker,M.R et al., 2013<br><br>Sarmiento-Camacho,S. and<br>Valdez-Moreno,M., 2018<br><br>Feitosa,L.M et al.,2018 |
| Oceano Índico   | 19 | KP193455.1; KP193446.1; KP193350.1;<br>KP193339.1; KP193306.1; KP193159.1;<br>HQ171760.1; KP193257.1; KM973193.1;<br>KM973192.1; KM973191.1; KM973190.1;<br>KP193440.1; KP193439.1; KP193430.1;<br>KP193427.1; KP193402.1; KP193399.1;<br>KP193396.1  | Jabado,R.W et al., 2015<br><br>Doukakis,P et al., 2011   |
| Oceano Pacífico<br>(Mar de Salomão)                   | 1  | MF508693.1  | Appleyard,S.A., White,W.T.,<br>Vieira,S. and Sabub,B., 2018  |

#### 4. RESULTADOS

No total, 32 amostras foram coletadas entre os dias janeiro a maio de 2024 em 11 comércios diferentes (Tabela 2). Durante a comercialização, todas as amostras de pescado foram referidas como “cação” pelos comerciantes. Duas amostras apresentavam o pescado em

“charuto”, mas o comerciante os cortou em postas. As demais 30 amostras, estavam sendo disponibilizadas já cortadas em postas para a venda. Vinte e seis amostras estavam sendo comercializadas congeladas e seis estavam frescas. Para cinco amostras não foi possível ter informações, pois essas foram compradas por colaboradores e os dados não foram repassados (Tabela 2).

A concentração de DNA extraído dessas amostras variou entre 23,09 a 400,01 ng/ $\mu$ L, com média de 138 ng/ $\mu$ L.

As 32 sequências apresentaram de 404 a 649 pares de base. Vinte e cinco sequências exibiram qualidade satisfatória para as análises posteriores e apresentaram similaridade acima de 99% com as sequências de DNA disponíveis no banco de dados GenBank.

Foram identificadas duas ordens de tubarões (Carcharhiniformes e Lamniformes), três famílias (Carcharhinidae, Sphyrnidae e Lamnidae) e cinco gêneros (*Rhizoprionodon*, *Prionace*, *Carcharhinus*, *Sphyrna* e *Isurus*), totalizando seis espécies identificadas: *Rhizoprionodon lalandii*, *Prionace glauca*, *Carcharhinus acronotus*, *Sphyrna lewini*, *Sphyrna mokarran* e *Isurus oxyrinchus*. Dos vinte e cinco indivíduos identificados, *Prionace glauca* foi a espécie que apresentou maior abundância.

**Tabela 2:** Rotulagem dada as amostras (ID), nome popular informado no comércio (NP), cidade onde o comércio se situa (Local), forma de comercialização da amostra (Tipo de corte - TC), métodos de conservação (C) e data da compra das 32 amostras de pescado vendidas nas peixarias empresariais, artesanais e feiras do litoral do Espírito Santo. – = sem informação.

| ID       | NP informado | Local                     | TC      | C         | Data de compra |
|----------|--------------|---------------------------|---------|-----------|----------------|
| CAÇÃO 01 | Cação        | São Mateus                | Charuto | Fresco    | 10/01/24       |
| CAÇÃO 02 | Cação        | São Mateus                | Postas  | Congelado | 18/01/24       |
| CAÇÃO 03 | Cação        | São Mateus                | Postas  | Congelado | 18/01/24       |
| CAÇÃO 04 | Cação        | São Mateus                | Postas  | Fresco    | 18/01/24       |
| CAÇÃO 05 | Cação        | São Mateus                | Postas  | Congelado | 24/02/24       |
| CAÇÃO 06 | Cação        | São Mateus                | Postas  | Congelado | 24/03/24       |
| CAÇÃO 07 | Cação        | São Mateus                | Postas  | Congelado | 16/03/24       |
| CAÇÃO 08 | Cação        | São Mateus                | Postas  | Congelado | 15/03/24       |
| CAÇÃO 09 | Cação        | São Mateus                | Postas  | Congelado | 02/04/24       |
| CAÇÃO 10 | Cação        | Conceição da Barra        | Postas  | Congelado | 09/05/24       |
| CAÇÃO 11 | Cação        | Conceição da Barra        | Postas  | Fresco    | 09/05/24       |
| CAÇÃO 12 | Cação        | Conceição da Barra        | Postas  | Congelado | 09/05/24       |
| CAÇÃO 13 | Cação        | Conceição da Barra        | Postas  | Fresco    | 09/05/24       |
| CAÇÃO 14 | Cação        | São Mateus                | Postas  | Fresco    | 11/05/24       |
| CAÇÃO 15 | Cação        | São Mateus                | Charuto | Fresco    | 18/05/24       |
| CAÇÃO 16 | Cação        | São Mateus                | Postas  | Congelado | 16/03/24       |
| CAÇÃO 17 | Cação        | São Mateus                | Postas  | Congelado | 16/03/24       |
| CAÇÃO 18 | Cação        | São Mateus                | Postas  | Congelado | 15/03/24       |
| CAÇÃO 19 | Cação        | São Mateus                | Postas  | Congelado | 15/03/24       |
| CAÇÃO 20 | Cação        | Conceição da Barra        | Postas  | Congelado | 09/05/24       |
| CAÇÃO 21 | Cação        | Vila Velha –<br>Prainha   | Postas  | Congelado | 09/05/24       |
| CAÇÃO 22 | Cação        | Vila Velha –<br>Prainha   | Postas  | Congelado | 09/05/24       |
| CAÇÃO 23 | Cação        | Vila Velha –<br>Prainha   | Postas  | Congelado | 09/05/24       |
| CAÇÃO 24 | Cação        | Vila Velha –<br>Prainha   | Postas  | Congelado | 09/05/24       |
| CAÇÃO 25 | Cação        | Vila Velha –<br>Prainha   | Postas  | Congelado | 09/05/24       |
| CAÇÃO 26 | Cação        | Vila Velha                | Postas  | -         | -              |
| CAÇÃO 27 | Cação        | Vila Velha                | Postas  | -         | -              |
| CAÇÃO 28 | Cação        | Vila Velha                | Postas  | -         | -              |
| CAÇÃO 29 | Cação        | Vila Velha                | Postas  | -         | -              |
| CAÇÃO 30 | Cação        | Anchieta                  | Postas  | -         | 22/05/2024     |
| CAÇÃO 31 | Cação        | Vitória – Praia do<br>Suá | Postas  | Congelado | 03/05/2024     |
| CAÇÃO 32 | Cação        | Vitória – Praia do<br>Suá | Postas  | Congelado | 03/05/2024     |

Das vinte e cinco amostras, 14 apresentaram percentual de 100% de identificação no Genbank, e as demais 99,57%. Foram atribuídos os nomes populares das espécies identificadas, obtidos do GenBank e IUCN: Tubarão-nariz-afiado (*Rhizoprionodon lalandii*), Tubarão-azul (*Prionace glauca*), Tubarão-de-focinho-negro (*Carcharhinus acronotus*), Tubarão-cabeça-de-martelo-escalopado (*Sphyrna lewini*), Grande-tubarão-martelo (*Sphyrna mokarran*) e Tubarão-mako-de-barbatana-curta (*Isurus oxyrinchus*) (Tabela 3).

No Norte do Espírito Santo, em São Mateus e Conceição da Barra, predominaram as espécies *Prionace glauca* e *Carcharhinus acronotus*, *Rhizoprionodon lalandii*, *Sphyrna lewini* e *Sphyrna mokarran*. No Sul, especificamente em Vila Velha e Vitória, a espécie predominante foi *Isurus oxyrinchus*, com múltiplas identificações.

No Brasil, três espécies estão incluídas na classificação de Criticamente em Perigo (CR) (*Sphyrna lewini*, *Sphyrna mokarran* e *Isurus oxyrinchus*) e uma Vulnerável (VU) (*Carcharhinus acronotus*). Sendo então quatro espécies ameaçadas de extinção, de acordo com o ICMBio (Tabela 4).

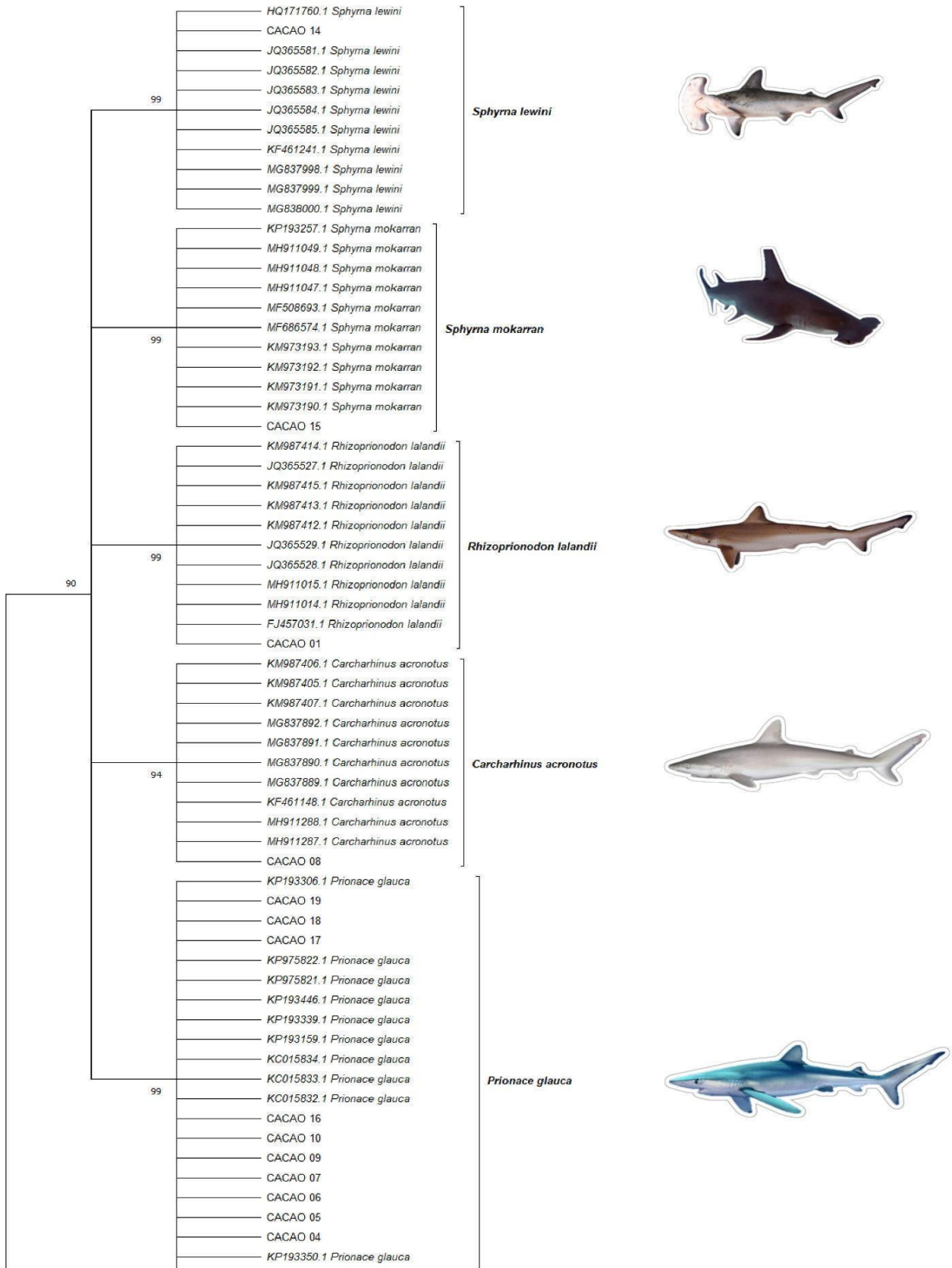
**Tabela 3:** Rotulagem dada as amostras (ID), nome popular da espécie (NP) obtidos pelo GenBank e IUCN, nome científico da espécie (NC), percentual de identificação no GenBank dos 25 indivíduos utilizados nas análises com o marcador COI no litoral do Espírito Santo.

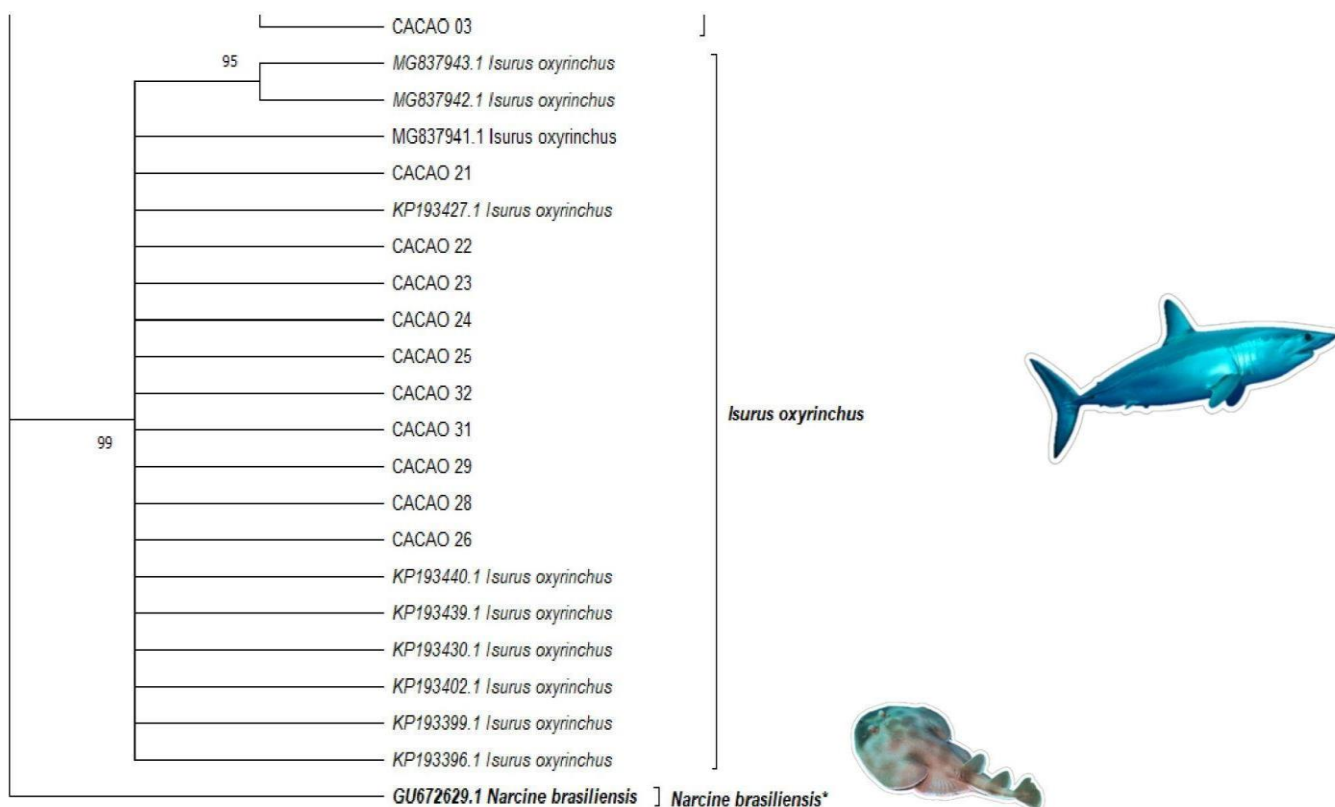
| ID       | LOCAL              | NP                                     | NC                             | % GenBank |
|----------|--------------------|--|--------------------------------|-----------|
| CAÇÃO 01 | São Mateus         | Tubarão-nariz-afiado                   | <i>Rhizoprionodon lalandii</i> | 100%      |
| CAÇÃO 03 | São Mateus         | Tubarão-azul                           | <i>Prionace glauca</i>         | 100%      |
| CAÇÃO 04 | São Mateus         | Tubarão-azul                           | <i>Prionace glauca</i>         | 100%      |
| CAÇÃO 05 | São Mateus         | Tubarão-azul                           | <i>Prionace glauca</i>         | 100%      |
| CAÇÃO 06 | São Mateus         | Tubarão-azul                           | <i>Prionace glauca</i>         | 100%      |
| CAÇÃO 07 | São Mateus         | Tubarão-azul                           | <i>Prionace glauca</i>         | 100%      |
| CAÇÃO 08 | São Mateus         | Tubarão-de-focinho-negro               | <i>Carcharhinus acronotus</i>  | 100%      |
| CAÇÃO 09 | São Mateus         | Tubarão-azul                           | <i>Prionace glauca</i>         | 100%      |
| CAÇÃO 10 | Conceição da Barra | Tubarão-azul                           | <i>Prionace glauca</i>         | 100%      |
| CAÇÃO 14 | São Mateus         | Tubarão-cabeça- de- martelo-escalopado | <i>Sphyrna lewini</i>          | 99,57%    |
| CAÇÃO 15 | São Mateus         | Grande-tubarão-martelo                 | <i>Sphyrna mokarran</i>        | 100%      |
| CAÇÃO 16 | São Mateus         | Tubarão-azul                           | <i>Prionace glauca</i>         | 100%      |
| CAÇÃO 17 | São Mateus         | Tubarão-azul                           | <i>Prionace glauca</i>         | 100%      |
| CAÇÃO 18 | São Mateus         | Tubarão-azul                           | <i>Prionace glauca</i>         | 100%      |
| CAÇÃO 19 | São Mateus         | Tubarão-azul                           | <i>Prionace glauca</i>         | 100%      |
| CAÇÃO 21 | Vila Velha         | Tubarão-mako-de-barbatana-curta        | <i>Isurus oxyrinchus</i>       | 99,57%    |
| CAÇÃO 22 | Vila Velha         | Tubarão-mako-de-barbatana-curta        | <i>Isurus oxyrinchus</i>       | 99,57%    |
| CAÇÃO 23 | Vila Velha         | Tubarão-mako-de-barbatana-curta        | <i>Isurus oxyrinchus</i>       | 99,57%    |
| CAÇÃO 24 | Vila Velha         | Tubarão-mako-de-barbatana-curta        | <i>Isurus oxyrinchus</i>       | 99,57%    |
| CAÇÃO 25 | Vila Velha         | Tubarão-mako-de-barbatana-curta        | <i>Isurus oxyrinchus</i>       | 99,57%    |
| CAÇÃO 26 | Vila Velha         | Tubarão-mako-de-barbatana-curta        | <i>Isurus oxyrinchus</i>       | 99,57%    |
| CAÇÃO 28 | Vila Velha         | Tubarão-mako-de-barbatana-curta        | <i>Isurus oxyrinchus</i>       | 99,57%    |
| CAÇÃO 29 | Vila Velha         | Tubarão-mako-de-barbatana-curta        | <i>Isurus oxyrinchus</i>       | 99,57%    |
| CAÇÃO 31 | Vitória            | Tubarão-mako-de-barbatana-curta        | <i>Isurus oxyrinchus</i>       | 99,57%    |
| CAÇÃO 32 | Vitória            | Tubarão-mako-de-barbatana-curta        | <i>Isurus oxyrinchus</i>       | 99,57%    |

**Tabela 4:** Espécies de tubarões identificadas usando sequências COI, seu status de conservação de acordo com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e Categorias de ameaça para IUCN: DD – Dados Insuficientes, LC – Pouco Preocupante, NT – Quase Ameaçado, VU – Vulnerável, EN – Em Perigo, CR – Criticamente em Perigo, – = sem classificação.

| <b>Espécies</b>                | <b>Status de conservação no Brasil de acordo com o ICMBio</b> | <b>Status de conservação de acordo com a IUCN</b> | <b>Estado de comercialização e pesca de acordo com SINDIPI, 2021</b> | <b>Número de espécimes identificados</b> |
|--------------------------------|---|---|--|--|
| <i>Rhizoprionodon lalandii</i> | NT  | VU  | PERMITIDA  | 1  |
| <i>Prionace glauca</i>         | NT  | NT  | PERMITIDA  | 11                                       |
| <i>Carcharhinus acronotus</i>  | VU  | EN  | -  | 1  |
| <i>Sphyrna lewini</i>          | CR  | CR  | PROIBIDA   | 1  |
| <i>Sphyrna mokarran</i>        | CR  | CR  | PROIBIDA   | 1  |
| <i>Isurus oxyrinchus</i>       | CR  | EN  | PERMITIDA  | 10                                       |

Após alinhamento e edição, as sequências geradas apresentaram 476 pb. Para a análise de Neighbor-Joining, foram acrescentadas 60 sequências COI do GenBank, de diferentes trabalhos publicados e diferentes localidades. Após o alinhamento e edição, o tamanho resultante dos fragmentos foi de 288 pb. Em relação ao dendrograma gerado, nota-se que cada clado agrupou as sequências de maneira específica (Figura 7). As espécies *Prionace glauca* e *Isurus oxyrinchus* apresentaram clados bem definidos, levando em consideração que apresentaram maior número de exemplares. A presença de *Narcine brasiliensis* como grupo irmão foi eficaz, com uma distinção clara de seus ramos em relação às demais espécies.





**Figura 7:** Árvore de Neighbor-Joining (NJ) para sequências COI de tubarões comercializados no litoral capixaba. Sequências de *Rhizoprionodon lalandii*, *Prionace glauca*, *Carcharhinus acronotus*, *Sphyrna lewini*, *Sphyrna mokarran*, *Isurus oxyrinchus* e *Narcine brasiliensis* (representando um grupo irmão, da ordem Torpediniformes) foram obtidas a partir do GenBank. Fonte das imagens: BioDiversity4All; Vianna, M.; Andy Murch; Patrick Doll e Mike Cobb.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 Identificação molecular

No decorrer das amostragens, os peixes adquiridos, genericamente chamados de “cação” foram encontrados eviscerados, sem cabeça e sem as nadadeiras (Figuras 2 e 3) ou em postas (Figura 4), o que impossibilitou qualquer tipo de identificação morfológica prévia no momento da coleta e o que reforçou a necessidade de identificação molecular dos espécimes. Como confirmação dessas identificações, os agrupamentos observados na árvore de Neighbor-Joining com altos valores de bootstrap (Figura 7) refletiram uma alta concordância entre as sequências de DNA das amostras estudadas e as sequências adicionais de cada espécie do banco. Todos os clados apresentaram agrupamentos consistentes, mesmo com números baixos de representantes.

Os resultados das identificações moleculares nos dão uma ideia do cenário da pesca e comércio de tubarões no ES e isso traz a problemática da captura de espécies atualmente consideradas ameaçadas de extinção. Exemplos são as espécies *Sphyrna lewini* e *Sphyrna mokarran*, que estão entre as principais espécies capturadas nas pescarias comerciais das

regiões Sudeste e Sul do Brasil (SINDIPI, 2021). Ambas foram encontradas sendo comercializadas em São Mateus - Guriri e estão classificadas como Criticamente em Perigo pela IUCN e pelo ICMBio. Assim como em São Mateus, Vila Velha - Prainha e Vitória - Praia do Suá, foram identificadas espécies Criticamente em Perigo no Brasil e Em Perigo no aspecto global.

A espécie *Rhizoprionodon lalandii* é classificada como “quase ameaçada” (NT) no Brasil e vulnerável (VU) no contexto global. Embora as condições dessa espécie indique riscos para a sobrevivência da mesma, a pesca ainda é permitida, assim como a espécie *Prionace glauca*, o que sugere que essas espécies não são protegidas de forma restrita, o que pode ser preocupante a longo prazo, principalmente sem um monitoramento adequado.

*Carcharhinus acronotus* é uma espécie classificada como “vulnerável” no Brasil e “em perigo” globalmente, ocupando o segundo lugar entre os desembarques de tubarões costeiros (RODRIGO, 2011). Diferente das espécies *Sphyrna lewini* e *Sphyrna mokarran* que apresentam uma situação ainda mais crítica, sendo classificadas como “criticamente em perigo” (CR). Tanto no Brasil quanto no cenário global, a pesca de ambas é proibida, mas os resultados dessa pesquisa revelam que a proibição, por si só, não tem sido suficiente para protegê-las. Vale ressaltar que *Sphyrna lewini* se encontram entre as espécies mais vulneráveis de tubarões aos efeitos da sobreexploração pesqueira (KOTAS, 2006).

*Isurus oxyrinchus* mesmo com o status de “criticamente em perigo” no Brasil e “em perigo” globalmente, sua pesca ainda é permitida. Tal fato demonstra que as informações geradas, além de gerar dados para a identificação, também podem contribuir para melhor fiscalização do desembarque de “charutos”, bem como para o controle das licenças de pesca e a implementação de medidas de proteção como tamanho mínimo nas capturas, completa utilização do animal capturado e minimização dos descartes para as espécies em perigo de extinção (TEIXEIRA, 2011).

## 5.2 Espécies encontradas e seus status de conservação

### *Prionace glauca*



**Ordem:** Carcarhiniformes

**Família:** Carcharinidae

**Gênero:** *Prionace*

Foi observado que o tubarão-azul (*Prionace glauca*) foi a espécie mais frequente e abundante no estudo. Entre as espécies de tubarão comumente capturadas, *Prionace glauca* é considerada como o elasmobrânquio mais abundante, apresentando ampla distribuição geográfica, alta taxa de natalidade e crescimento mais rápido (TEIXEIRA, 2011).

De acordo com a União Internacional para a Conservação da Natureza, o tubarão-azul realiza longas migrações transoceânicas, e é considerada uma das espécies de tubarões oceânicos mais abundante. Ocorre ao longo de toda a costa brasileira, na área oceânica, inclusive no Sudeste.

Esta espécie é altamente valorizada por pescadores recreativos de grande porte, e embora muitos pratiquem a pesca e soltura, a pesca recreativa pode ser uma ameaça devido à mortalidade após a soltura (CAMHI; PIKITCH & BABCOCK, 2008).

No Oceano Atlântico, o declínio de *P. glauca* na pesca foi de 60% de 1986 a 2000 no hemisfério norte e na região sudeste do Brasil, houve um aumento considerável na captura entre 1972 e 1993 (TEIXEIRA, 2011). No entanto, estes números crescentes nos desembarques na região sudeste brasileira provavelmente não se referem a um crescimento populacional ou à capacidade de recuperação dos estoques e sim ao incremento nas artes da pesca e à participação de novas embarcações a partir das décadas de 70 e 80 (TEIXEIRA, 2011).

Embora o tubarão azul seja a espécie mais explorada na pesca oceânica em nível mundial com a captura dos indivíduos desde o primeiro ano de vida, análises demográficas não indicam efeitos de sobrepesca (TEIXEIRA, 2011).

### *Isurus oxyrinchus*



**Ordem:** Lamniformes

**Família:** Lamnidae

**Gênero:** *Isurus*

A espécie *Isurus oxyrinchus* distribui-se na zona epipelágica oceânica, desde regiões tropicais até temperadas em todo o mundo, entre

cerca de 50°N (até 60°N no Atlântico Nordeste) e 50°S, com ocorrências sazonais em áreas costeiras, normalmente em águas superficiais, mas com incursões a grandes profundidades até cerca de 900 m (BARRETO, 2024).

De acordo com Gadig (2001) e a IUCN, no Brasil, a espécie distribui-se por toda a costa, principalmente em áreas oceânicas e com registros sazonais em áreas costeiras. Na costa Sudeste e Sul existem alguns registros de sua aproximação da área litorânea durante o verão.

O Tubarão-mako-de-barbatana-curta é capturado globalmente tanto como alvo quanto como captura acessória em pescarias comerciais e de pequena escala com espinhéis pelágicos, redes de cerco e redes de emalhar. A maioria das capturas ocorre como captura acessória de frotas pelágicas industriais em águas oceânicas e de alto-mar (CAMHI et al., 2008). Como abordado pela União Internacional para a Conservação da Natureza, *Isurus oxyrinchus* é uma das espécies de tubarão mais valiosas devido à alta qualidade de sua carne. Dessa forma, apresenta grande importância econômica, já que representam uma alta porcentagem da biomassa total dos tubarões que são capturados (ROCHA, 2013).

A partir dos declínios estimados entre 1979 e 2007 e das projeções futuras até o ano de 2040, infere-se uma redução populacional de pelo menos 80%, baseando-se em um índice de abundância apropriado para o táxon e em níveis reais de exploração. Por isso, *Isurus oxyrinchus* foi categorizado como, Criticamente Em Perigo (CR), pelos critérios A4bd (BARRETO et al., 2024).

Os níveis de mortalidade são subestimados devido à exploração desordenada e não documentada e as altas taxas de descarte, principalmente de jovens. Outra dificuldade na obtenção de dados é que tubarões pescados e seus subprodutos não são adequadamente identificados e reportados, limitando a obtenção de informações de captura e comercialização, o que dificulta a avaliação dos efeitos da exploração e a definição de medidas de conservação. A Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico (ICAAT) recomenda a proibição de pesca para várias espécies oceânicas, o que foi seguido pelo Brasil, exceto para *Isurus oxyrinchus*. Embora os dados estatísticos sejam deficientes desde o final da década de 2000 no Brasil, assume-se uma tendência populacional de declínio, visto não terem sido observadas diminuições no esforço de pesca nem adoção de medidas mitigadoras para o espinhel-de-superfície (BARRETO et al., 2024).

### *Rhizoprionodon lalandii*

**Ordem:** Carcarhiniformes

**Família:** Carcharinidae

**Gênero:** *Rhizoprionodon*



Tendo em vista os dados divulgados pela IUCN, o tubarão-nariz-afiado-brasileiro é um tubarão pequeno (até 77 cm de comprimento total) que ocorre no Atlântico Centro-Oeste e Sudoeste, do Panamá ao estado de Santa Catarina, Brasil. É capturado na pesca artesanal intensiva com redes de emalhar na maior parte da sua distribuição geográfica e é consumido ou vendido localmente.

No Brasil, se distribuem comumente na faixa costeira de toda a costa, principalmente no Sudeste e Sul, onde a espécie já foi amplamente estudada.

De acordo com a última avaliação da IUCN, em 2019, a espécie *Rhizoprionodon lalandii* é capturada em redes de emalhar artesanais, que são intensas em grande parte de sua área de distribuição. No Nordeste e no Leste do Brasil, os pescadores relatam que esta espécie era abundante na década de 1980 e hoje é rara nos desembarques. No sul do Brasil, o esforço de captura por unidade deste tubarão permaneceu estável entre 1996 e 2002, mas diminuiu desde então no estado de São Paulo. No geral, devido à presença de pescarias intensas e em grande parte não gerenciadas em toda a sua área de distribuição, à falta de refúgio em profundidade e aos declínios inferidos nos desembarques artesanais em toda a sua área de distribuição, até certo ponto compensados por sua história de vida produtiva, suspeita-se que o Tubarão-nariz-afiado sofreu uma redução populacional de 30-49% nas últimas três gerações (12 anos) e é avaliado como Vulnerável A2bd.

### *Carcharhinus acronotus*

**Ordem:** Carcarhiniformes

**Família:** Carcharhinidae

**Gênero:** *Carcharhinus*



O tubarão-de-nariz-preto, *Carcharhinus acronotus*, é encontrado nas águas costeiras do Oceano Atlântico da Carolina do Norte (EUA) a Santa Catarina (Brasil), incluindo o Golfo do México, Caribe e Bahamas. A abundância desta espécie em áreas próximas à costa em toda a sua área de distribuição torna-a acessível à pesca comercial e recreativa, que ocorre principalmente em áreas costeiras com

anzol e redes de emalhar (IUCN; RODRIGO, 2011).

Embora as populações de tubarão-de-nariz-preto ainda não tenham mostrado sinais de sobrepesca em nenhum lugar, sua participação como captura acessória na pesca costeira em toda a costa brasileira levanta preocupações (RODRIGO, 2011).

### *Sphyrna lewini*



**Ordem:** Carcharhiniformes

**Família:** Sphyrnidae

**Gênero:** *Sphyrna*

De acordo com a IUCN, a espécie *Sphyrna lewini* corre em todo o mundo, em águas tropicais, subtropicais e temperadas. No Brasil, o tubarão-martelo-entalhado cobre toda a costa, sendo uma das espécies mais abundantes nas pescarias com redes de emalhar da costa Sudeste e Sul. Os adultos são capturados tanto nas regiões oceânicas como sobre a plataforma continental. Neonatos e jovens predominam na faixa costeira durante o verão.

O tubarão-martelo-entalhado é capturado globalmente tanto como alvo quanto como captura acessória em pescarias comerciais e de pequena escala, usando espinhéis pelágicos, redes de cerco e redes de emalhar. A maior parte da captura ocorre como captura acessória de frotas pelágicas industriais em águas oceânicas e de alto-mar (CAMHI et al., 2008).

O tubarão-martelo está entre as principais espécies de tubarão no comércio de nadadeiras e são uma das espécies preferidas para a sopa de barbatana de tubarão. A carne, o óleo de fígado, a pele, a cartilagem e as mandíbulas também podem ser aproveitados (MARCUS & POSTH, 2018)

### *Sphyrna mokarran*



**Ordem:** Carcharhiniformes

**Família:** Sphyrnidae

**Gênero:** *Sphyrna*

Segundo as informações da IUCN, o grande tubarão-martelo ocorre em todos os oceanos, preferencialmente em águas tropicais e

subtropicais e, menos frequente em águas temperadas.

A espécie é registrada ao longo de toda a costa brasileira sobre a plataforma continental e insular, além de áreas oceânicas. Dados de áreas oceânicas não são precisos, possivelmente em função da dificuldade de identificar animais eviscerados que desembarcam nos entrepostos pesqueiros. Na plataforma continental do Norte e Nordeste é aparentemente mais comum, na costa Central sua ocorrência é pouco conhecida, provavelmente pela falta de acompanhamento de desembarques e despescas de praias. No Sudeste e Sul sua ocorrência sobre a plataforma continental não é comum, com poucos registros conhecidos. O limite sul conhecido de sua distribuição no Brasil situa-se no Complexo Estuarino Lagunar de Cananéia, mas é possível que também seja encontrada em áreas oceânicas mais ao sul, ainda que em menor frequência, como sugerem os dados atuais (IUCN, 2019).

*Sphyrna mokarran* é normalmente capturada como captura acessória em uma variedade de pescarias e está listado como globalmente ameaçado de extinção pela União Internacional para a Conservação da Natureza. Devido à mortalidade muito alta nessas espécies em embarcações, são necessárias pesquisas sobre métodos de pesca para reduzir a mortalidade de tubarões capturados com palangre (GULAK et al., 2015).

Tanto *Sphyrna lewini*, quanto *Sphyrna mokarran* são classificadas como Criticamente em Perigo (CR) pela IUCN e pelo ICMBio, e possuem a venda e a comercialização proibida de acordo com o SINDIPI (2021), considerando que ambas foram identificadas neste projeto, questiona-se a falta de fiscalização sob esses animais, demonstrando que no litoral capixaba, há a pesca, a venda e o consumo de espécies de tubarão ameaçadas de extinção.

Dado o status do Brasil como um dos sete principais produtores e consumidores mundiais de carne de tubarão, e o número de espécies endêmicas vulneráveis ou ameaçadas de extinção encontradas na costa do país (FEITOSA et al., 2018) e o fato das regiões Sudeste e Sul apresentarem a maior riqueza de espécies devido ao maior esforço de amostragem e pela presença de uma zona de sobreposição entre elementos faunísticos tropicais e de águas temperadas, caracterizando-se como uma área de transição faunística (GADIG, 2001), a identificação de espécies em risco de extinção no comércio do litoral capixaba, demonstra uma perspectiva preocupante para a conservação da condrofauna.

A identificação de comercialização de espécies de tubarões ameaçados de extinção nas cidades litorâneas do Espírito Santo (ES) pode revelar não só uma problemática ambiental, mas também um conflito cultural.

O estado do Espírito Santo possui uma rica tradição pesqueira, onde a pesca de tubarões, conhecidos localmente como “cação”, faz parte da cultura alimentar e econômica há gerações. Os tubarões, ou cações, têm um papel significativo na dieta capixaba. A carne de tubarão é

amplamente consumida e faz parte de pratos tradicionais, como a moqueca capixaba, que é um símbolo gastronômico do estado. Além disso, a pesca é uma atividade histórica e culturalmente importante para muitas comunidades litorâneas do ES, que dependem da pesca artesanal para subsistência e renda. Essa realidade facilita a comercialização desses animais em feiras e peixarias e justifica, em parte, a presença de espécies ameaçadas, contribuindo significativamente para o declínio das populações desses animais. Assim, nota-se a necessidade de equilibrar a conservação ambiental com o respeito às práticas culturais e econômicas da região, através de educação e conscientização ambiental (focando a importância ecológica dos tubarões) e o desenvolvimento de políticas públicas que conciliem a proteção das espécies com a geração de renda para as comunidades pesqueiras e organizações locais. Realizar um trabalho participativo a fim de promover soluções inovadoras e adaptadas à realidade local.

Um dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, inclui a Vida na água, sendo esse o objetivo 14, que aborda a conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares, e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, é fundamental que as ações estejam alinhadas com os princípios da ODS14, promovendo práticas pesqueiras que respeitem os limites dos ecossistemas marinhos e garantindo a sustentabilidade a longo prazo. O incentivo a pesquisas e o desenvolvimento de políticas públicas devem visar a proteção das espécies ameaçadas, ao mesmo tempo em que se buscam alternativas que permitam o sustento das comunidades pesqueiras locais, assegurando o uso dos recursos naturais e apoiando a economia regional.

## **6. CONCLUSÕES**

Os resultados desta pesquisa indicam a presença e comercialização de espécies de tubarões ameaçadas de extinção no litoral do Espírito Santo, refletindo um cenário preocupante tanto para a conservação da biodiversidade marinha quanto para o cumprimento das normas de proteção ambiental. A utilização do marcador genético COI revelou-se crucial nesse processo, permitindo uma identificação precisa das espécies comercializadas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMANZA, M.; MÁRQUEZ, E.; CHASQUI, L. **Análisis filogenético del género *Rhizoprionodon* en el Caribe colombiano**. Instituto de investigaciones marinas y costeras "José Benito Vives de Andrés" (Invemar), resumo in: Libro de resúmenes iv encuentro colombiano sobre condricios, 2014. Disponível em: <https://www.encurta.ae/gH67R>. Acesso em: 24 ago. 2024.

APPLEYARD, S. A.; WHITE, W. T.; VIEIRA, S.; SABUB, B. **Artisanal shark fishing in Milne Bay Province, Papua New Guinea: biomass estimation from genetically identified shark and ray fins**. Scientific reports, v. 8, n. 1, p. 6693, 2018. DOI:10.1038/s41598-018-25101-8. Acesso em: 22 ago. 2024.

BARRETO, R.R.P.; LESSA, R.P.T.; VOOREN, C.M.; SILVA, F.M.S.; NETO, J.S.; KOTAS, J.E.; MOTTA, F.S.; ROSA, R.S.; SCALCO, A.C.S.; SCHNEIDER, F.; DOLPHINE, P.M.; GADIG, O.B.F.; SANTOS, R.A. ***Isurus oxyrinchus***. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br> Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.37002/salve.ficha.13769.2>. Acesso em: 03 de set. de 2024.

BÉNARD-CAPELLE, J.; GUILLONNEAU, V.; NOUVIAN, C.; FOURNIER, N.; LE LOËT, K.; DETTAI, A. Fish mislabelling in France: substitution rates and retail types. **PeerJ**, v. 2, e714, 2015. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.714>. Acesso em: 22 de ago. 2024.

BRUFORD, M. W.; HANOTTE, O.; BROOKFIELD, J. F. Y. & BURKE, T. **Single-locus and multilocus DNA fingerprinting**. In: Molecular genetic analyses of populations: A Practical Approach. HOELZEL, A. R. (Ed.). Oxford. p. 225-269. 1992.

CAMHI, M. D.; PIKITCH, E. K.; BABCOCK, E. A. **Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries, and Conservation**. Oxford: Blackwell Publishing, 2008. 494 p. ISBN 978-0-632-05995-9. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Gregor-Cailliet/publication/230003495\\_The\\_Biology\\_and\\_Ecology\\_of\\_Thresher\\_Sharks\\_Alopiidae/links/5a0bcfa3a6fdccc69eda6dd7/The-Biology-and-Ecology-of-Thresher-Sharks-Alopiidae.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gregor-Cailliet/publication/230003495_The_Biology_and_Ecology_of_Thresher_Sharks_Alopiidae/links/5a0bcfa3a6fdccc69eda6dd7/The-Biology-and-Ecology-of-Thresher-Sharks-Alopiidae.pdf). Acesso em: 24 ago. 2024.

CHAVES, P. D. T. D. C.; ALMEIDA, M. P. D.; PLATNER, M. Tubarões e raias como captura incidental na pesca artesanal do litoral do Paraná: condição reprodutiva e variações sazonais em composição e abundância. **Arquivo de Ciências do Mar**. Fortaleza, v. 52, n. 2, p. 7-23, 2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.32360/acmar.v52i2.39966>. Acesso em: 16 maio. 2024.

DANELUZ, C. M. **DNA Barcode utilizado na identificação de tubarões comercializados no CEAGESP**, São Paulo. 2020. 59 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Marinha) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, São Paulo. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/83dce190-af42-4701-b068-7f5c9fbcbbff0/download>. Acesso em: 20 abril. 2024.

DOUKAKIS, P.; HANNER, R.; SHIVJI, M.; BARTHOLOMEW, C.; CHAPMAN, D.; WONG, E.; AMATO, G. Applying genetic techniques to study remote shark fisheries in northeastern Madagascar. **DNA mitochondrial**, v. 22, n. sup1, p. 15-20, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.3109/19401736.2010.526112>. Acesso em: 22 ago. 2024.

Espírito Santo (Estado). **Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca**. Disponível em: <https://www.es.gov.br/secretarias/seag>. Acesso em: 3 set. 2024.

FEITOSA, L. M.; MARTINS, A. P. B.; GIARRIZZO, T.; MACEDO, W.; MONTEIRO, I. L.; GEMAQUE, R.; NUNES, J. L. S.; GOMES, F.; SCHNEIDER, H.; SAMPAIO, I.; SOUZA, R.; SALES, J. B.; RODRIGUES-FILHO, L. F.; TCHAICKA, L.; CARVALHO-COSTA, L. F. DNA-based identification reveals illegal trade of threatened shark species in a global elasmobranch conservation hotspot. **Scientific Reports**, v. 8, art. 334, 20 fev. 2018. DOI: 10.1038/s41598-018-21683-5. Disponível: Identificação baseada em DNA revela comércio ilegal de espécies ameaçadas de tubarões em um hotspot global de conservação de elasmobrânquios | Relatórios Científicos (nature.com). Acesso em: 16 ago. 2024.

GADIG, O. B. F. **Tubarões da costa brasileira**. 2001. 343 f. Tese (Doutorado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo: Rio Claro. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/34244521\\_Tubaroes\\_da\\_costa\\_brasileira](https://www.researchgate.net/publication/34244521_Tubaroes_da_costa_brasileira). Acesso em: 25 abril. 2024.

GULAK, S., DE RON SANTIAGO, A., & CARLSON, J. Hooking mortality of scalloped hammerhead *Sphyrna lewini* and great hammerhead *Sphyrna mokarran* sharks caught on bottom longlines. **African Journal of Marine Science**, 37(2), 267–273, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.2989/1814232X.2015.1026842>. Acesso em: 25 ago. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Disponível: Página Inicial — Ibama ([www.gov.br](http://www.gov.br)). Acesso em: 30 set. 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Lista de espécies ameaçadas**, 2014. Disponível em: ICMBio - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Sudeste e Sul - Lista de Espécies Ameaçadas - Saiba Mais. Acesso em: 30 set. 2024.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). **The IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>. Acesso em: 26 ago. 2024.

JABADO, R. W.; AL GHAIS, S. M.; HAMZA, W.; HENDERSON, A. C.; SPAET, J. L.; SHIVJI, M. S.; HANNER, R. H. O comércio de tubarões e seus produtos nos Emirados Árabes Unidos. **Conservação Biológica**, v. 181, p. 190-198, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.032>. Acesso em: 22 ago. 2024.

KOTAS, J. E., PETRERE JR, M., FIEDLER, F., MASTROCHIRICO, V., & SALES, G. **A pesca de emalhe-de-superfície de Santa Catarina direcionada à captura dos tubarões-martelo, *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith 1834) e *Sphyrna zygaena* (Linnaeus 1758)**, 2008. Atlântica (Rio Grande), 30(2), 113-128. Disponível: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/artigos\\_cientificos/art\\_2008\\_emalhe\\_superf\\_sc.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/artigos_cientificos/art_2008_emalhe_superf_sc.pdf). Acesso em: 02 out. 2024.

KOTAS, J. E.; BARRETO, R.; SANTOS, R. A.; LESSA, R.; ROSA, R. S.; VIZUETE, E. P., ... & GADIG, O. B. **PAN Tubarões: Primeiro Ciclo do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Tubarões e Raias Marinhos Ameaçados de Extinção**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Distrito Federal: Brasília, 2023. 384p. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/livros\\_digitais/Biodiversidade/Livro\\_Pan\\_Tubar%C3%B5es\\_2023\\_vfinal\\_23\\_digital\\_compacto\\_compressed\\_1.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/livros_digitais/Biodiversidade/Livro_Pan_Tubar%C3%B5es_2023_vfinal_23_digital_compacto_compressed_1.pdf). Acesso em: 28 fev. 2024.

MARCUS, J. H.; POSTH, C. Ancient DNA in human evolution and paleontology. **Frontiers in Genetics**, v. 9, p. 138, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00138>. Acesso em: 24 ago. 2024.

MCCUSKER, M. R.; DENTI, D.; VAN GUELPHEN, L.; KENCHINGTON, E.; BENTZEN, P. Barcoding Atlantic Canada's commonly encountered marine fishes. **Molecular Ecology Resources**, v. 13, n. 2, p. 177-188, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12043>. Acesso em: 22 ago. 2024.

MOTIVARASH, Y. B.; FOFANDI, D. C.; DABHI, R. M.; MAKRANI, R. A.; TANNA, P. D. Importance of sharks in ocean ecosystem. **Stud J Entomol Zool, Veraval**, vol. 8(1), p. 611-613, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/338790362\\_Importance\\_of\\_sharks\\_in\\_ocean\\_ecosystem](https://www.researchgate.net/publication/338790362_Importance_of_sharks_in_ocean_ecosystem). Acesso em: 20 abril. 2024.

MUTTAQIN, E.; ABDULLAH, A.; NURILMALA, M.; ICHSAN, M.; SIMEONE, B. M.; YULIANTO, I.; BOOTH, H. DNA-barcoding as molecular marker for seafood forensics: Species identification of locally consumed shark fish products in the world's largest shark fishery. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, Botucatu-SP, n. 278 012049, p. 1-11, 2019. Disponível em: DOI: 10.1088/1755-1315/278/1/012049. Acesso em: 27 mar. 2023.

PACOUREAU, N.; CARLSON, J. K.; KINDSVATER, H. K.; RIGBY, C. L.; WINKER, H.; SIMPFENDORFER, C. A.; DULVY, N. K. Conservation successes and challenges for wide-ranging sharks and rays. **Proc Natl Acad Sci EUA A**. 2023. Disponível em: DOI: 10.1073/pnas.2216891120. Acesso em: 12 jun. 2024.

ROCHA, M. L. **Desenvolvimento de marcadores genéticos para identificação de espécies de tubarões comercializados no Brasil**. 2013. 43 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, São Paulo: Botucatu. Acesso em: 13 jun. 2024.

RODRIGO, R. B.; ROSANGELA, P. L.; FABIO, H. H.; FRANCISCO, M. S. Age and growth of the blacknose shark, *Carcharhinus acronotus* (Poey, 1860) off the northeastern Brazilian Coast, **Fisheries Research**, Volume 110, Issue 1, p. 170-176, 2011. ISSN 0165-7836, Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.04.003>. Acesso em: 24 ago. 2024.

RUSCHI A. **Lista dos tubarões, raias e peixes de água doce e salgada do Estado do Espírito Santo e uma observação sobre a introdução do dourado no Rio Doce**. Bol. Mus. Biol. Prof. Mello Leitão 25A, 1–22, 1965.

SANDOVAL-CASTILLO, J.; BEHEREGARAY, L. B. Metapopulation structure informs conservation management in a heavily exploited coastal shark (*Mustelus henlei*). **Marine Ecology Progress Series**, Austrália, v. 533, p. 191-203, 2015. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.3354/meps11395>. Acesso em: 13 jun. 2024.

Santander-Neto J, Lírío GdosS, Moreira JVCdeO, Gadig OBF, Hostim-Silva M (2024). **Chondrichthyan biodiversity in the state of Espírito Santo, Brazil**. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 104, e76, 1–10. <https://doi.org/10.1017/S0025315424000791>. Acesso em: 02 out. 2024.

SANTOS, Monique Cardoso dos. **Reconhecimento etnoecológico sobre o tubarão-mangona *Carcharias taurus* sob a perspectiva de pescadores da Grande Florianópolis-SC, Brasil**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/192273>. Acesso em: 20 set. 2024.

SARMIENTO-CAMACHO, S.; VALDEZ-MORENO, M. DNA barcode identification of commercial fish sold in Mexican markets. 2018. **Genome**. 61. DOI:10.1139/gen-2017-0222. Acesso em: 22 ago. 2024.

SHERMAN, C. S.; SIMPFENDORFER, C. A.; PACOUREAU, N.; MATSUSHIBA, J. H.; YAN, H. F.; WALLS, R. H.; DULVY, N. K. Half a century of rising extinction risk of coral reef sharks and rays. **Nat Commun**, v. 14, n. 15, p. 1-11, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35091-x>. Acesso em: 20 mar. 2024.

SHIVJI, M.; CLARKE, S.; PANK, M.; NATANSON, L.; KOHLER, N.; STANHOPE, M. Genetic Identification of Pelagic Shark Body Parts for Conservation and Trade Monitoring. **Society for Conservation Biology**, Flórida: Dania Beach, n. 4, p. 1036–1047, 4 Aug. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.01188.x>. Acesso em: 13 jun. 2024.

SINDIPI - Sindicato dos armadores e das indústrias da pesca de itajaí e região. **Guia fotográfico das principais espécies de tubarões capturadas nas pescarias comerciais das regiões Sudeste e Sul do Brasil**. Itajaí: SINDIPI, 2021. Disponível em: <https://www.sindipi.com.br/uploads/repositorio/files/GUIA%20TUBARAOES.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2024.

SILVEIRA, F. F. **Fauna Digital do Rio Grande do Sul**, 2018. Bird and Mammal Evolution, Systematics and Ecology Lab - UFRGS. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/faunadigitalrs/sphyrna-mokarran-tubarao-martelo-pana/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

SOARES, G. M. (ORG.). **Ecologia de populações e comunidades**. João Pessoa: UFPB, 2014. Disponível em: [http://portal.virtual.ufpb.br/biologia/novo\\_site/Biblioteca/Livro\\_4/1-Ecologia\\_de\\_Populacoes\\_e\\_Comunidades.pdf](http://portal.virtual.ufpb.br/biologia/novo_site/Biblioteca/Livro_4/1-Ecologia_de_Populacoes_e_Comunidades.pdf). Acesso em: 16 jun. 2024.

TAMURA et al. **MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0**. 2013.

TEIXEIRA, A. F. **Análise da variabilidade e estruturação genética do tubarão**

**azul, *Prionace glauca* (Chondrichthyes, Carcharhinidae) no Oceano Atlântico Sul Ocidental utilizando marcador molecular do DNA mitocondrial** Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2011. Disponível: <http://hdl.handle.net/11449/99426>. Acesso em: 02 out. 2024.

United Nations. **Goal 14:** Life Below Water. Global Goals. Disponível em: <https://www.globalgoals.org/goals/14-life-below-water/>. Acesso em: 02 set. 2024.

VILLATE-MORENO, M.; CUBILLOS-M, J. C.; STIBOR, H.; CRAWFORD, A. J., & STRAUBE, N. Molecular identification and first demographic insights of sharks based on artisanal fisheries bycatch in the Pacific Coast of Colombia: implications for conservation. **PeerJ**, v. 10, p. 1-26, 2022. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.13478>. Acesso em: 20 jun. 2024.

WARD, R.D. et al. **DNA barcoding Australia's fish species**. Philosophical Transactions of the Royal Society, v. 360, p. 1847–1857, 2005. Disponível em: <http://doi:10.1098/rstb.2005.1716>.