

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
COORDENADORIA ESPECIAL DE OCEANOGRAFIA
CURSO OCEANOGRAFIA

Vitor César Leite Reis

**Influência das variações da temperatura do oceano (TSM e ENSO) em
interações negativas entre tubarões e humanos**

Florianópolis

2024

Vitor César Leite Reis

Influência das variações da temperatura do oceano (TSM e ENSO) em interações
negativas entre tubarões e humanos

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Oceanografia do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Renato Hajenius Aché de Freitas, Dr.

Florianópolis

2024

Reis, Vítor César Leite

Influência das variações da temperatura do oceano (TSM e ENSO) em interações negativas entre tubarões e humanos / Vítor César Leite Reis ; orientador, Renato Hajenius Aché de Freitas, 2024.

38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Graduação em Oceanografia, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Oceanografia. 2. Ataques de tubarão. 3. El Niño. 4. Temperatura superficial do mar. 5. Oceanografia. I. Freitas, Renato Hajenius Aché de. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Oceanografia. III. Título.

Vítor César Leite Reis

**Influência das variações da temperatura do oceano (TSM e ENSO) em interações
negativas entre tubarões e humanos**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso Oceanografia.

Florianópolis, 4 de Dezembro de 2024.

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof. Renato Hajenius Aché de Freitas, Dr.

Orientador

Guilherme Burg Mayer, MSc

UFSC

Isaac Simão Neto, MSc

UFSC

Florianópolis, 2024.

Resumo

O estudo analisou o comportamento dos casos de interação negativa entre tubarões e seres humanos, verificando a possível influência da anomalia da temperatura superficial do mar (SST) e o fenômeno climático El Niño-Oscilação Sul (ENSO). A elevação da temperatura da água do mar é um fator que pode influenciar o comportamento dos tubarões, alterando suas respostas aos estímulos, resultando em maior agressividade e frequência nas interações negativas com humanos. Observou-se um aumento considerável no número de ataques de tubarões desde a década de 1990, com maior incidência na América do Norte. A correlação entre SST e incidentes de ataques foi estatisticamente significativa em algumas regiões, como a América do Norte, Oceania e África, sugerindo uma possível relação entre o aumento da temperatura da água do mar e a ocorrência de incidentes. Entretanto, a análise do índice ONI, que representa o fenômeno El Niño, não apresentou correlação significativa com os ataques. Os tipos de ataques "sneak" e "hit and run", seriam mais sensíveis às variações ambientais, especialmente no que se refere ao erro de identificação da presa. Há necessidade de investigações adicionais para compreender melhor os fatores locais que influenciam os ataques de tubarões, considerando a variabilidade dos fenômenos oceanográficos e suas implicações nas interações entre humanos e tubarões.

Palavras-chave: ataques de tubarão; variáveis ambientais; temperatura superficial do mar; ENSO

Abstract

The study analyzed the behavior of negative interactions between sharks and humans, examining the potential influence of sea surface temperature (SST) anomalies and the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) climate phenomenon. A considerable increase in shark attacks has been observed since the 1990s, with higher incidence in North America. The correlation between SST and attack incidents was statistically significant in some regions, such as North America, Oceania, and Africa, suggesting a potential relation between rising sea temperatures and the occurrence of incidents. However, analysis of the Oceanic Niño Index (ONI), representing the El Niño phenomenon, did not show a significant correlation with attacks. The increase in sea surface temperature is a factor that may influence shark behavior, altering their responses to stimuli, resulting in increased aggressiveness and frequency of negative interactions with humans. The "sneak" and "hit and run" types of attacks are likely more sensitive to environmental variations, particularly regarding prey misidentification. Further investigations are needed to better understand the local factors influencing shark attacks, taking into account the variability of oceanographic phenomena and their implications for human-shark interactions.

Keywords: shark attacks; environmental variables; sea surface temperature; ENSO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	08
2. MÉTODOS	13
2.1 BASE DE DADOS	13
2.2 TRATAMENTO DE DADOS	14
2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	15
3. RESULTADOS	15
3.1 NÚMERO DE INCIDENTES	15
3.2 CORRELAÇÃO ANOMALIA TSM E INCIDENTES	20
3.3 CORRELAÇÃO ONI E INCIDENTES	22
4. DISCUSSÃO	24
5. CONCLUSÃO	30
6. REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

A classe Chondrichthyes é composta por tubarões, raias e quimeras, sendo os dois primeiros grupos componentes da subclasse Elasmobranchii, enquanto as quimeras pertencem à subclasse Holocephali. Características marcantes como a presença de um esqueleto cartilaginoso, com deposição pontual de cálcio em estruturas como as mandíbulas e vértebras diferenciam esses peixes dos demais. Outros fatores morfológicos característicos da classe incluem a existência de órgãos copuladores externos, denominados cláspes, nadadeiras peitorais e pélvicas pares e quatro a sete pares de fendas branquiais (Compagno et al., 1999; Catalogue Of Life, 2023; Scharpf, 2023).

A subclasse dos elasmobrânquios apresenta grande variedade morfológica e estratégias biológicas distintas, formando um grupo composto por 1226 espécies, das quais cerca de 500 são tubarões (Catalogue Of Life, 2023). O tamanho dos tubarões na fase adulta pode variar de 15 centímetros (*Etmopterus perryi*) a mais de 18 metros (*Rhincodon typus*), sendo quase todas marinhas. Uma característica comum às espécies de tubarões costeiros é a capacidade de uso do ambiente estuarino, podendo algumas adentrarem maiores distâncias nos cursos fluviais, chegando a permanecer em água doce, como é o caso do tubarão-cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*). O gênero *Glyphis*, composto unicamente por três espécies, é preferencialmente dulcícola e habita os rios e estuários da Austrália (Catalogue Of Life, 2023; Scharpf, 2023; IUCN, 2023).

Dependendo do tamanho corporal e do habitat, determinada espécie de tubarão pode ocupar a posição de mesopredador ou predador de topo da teia trófica, resultando em uma vasta diversidade de presas potenciais. Algumas espécies apresentam uma dieta mais específica, como os filtradores que consomem plâncton, enquanto outras possuem uma dieta mais generalista, consumindo peixes, moluscos, mamíferos marinhos, entre outras opções disponíveis (Machovsky-Capuska et al., 2020; Ahilan et al., 2021). Em um ecossistema saudável e equilibrado, a coexistência de espécies que não ocupam o mesmo nicho e teia trófica ocorre sem conflitos ou interações negativas frequentes (Molles, 2016).

Fatores ambientais que variam naturalmente, como as marés, a fase da lua e a disponibilidade de luz, já foram correlacionados com o posicionamento das presas e de cardumes de tubarões (*Galeorhinus galeus*) na coluna d'água, sugerindo que em lua nova os animais utilizavam mais a superfície, e em lua cheia se mantinham em profundidades maiores (West et al. 2001). A profundidade de captura do tubarão-azul, *Prionace glauca*, e do Mako *Isurus Oxyrinchus* também foi correlacionada com a flutuação das fases da lua (Lowry et al. 2007). Fatores abióticos também influenciam o comportamento e uso de habitats de tubarões, como x, y, z (Schlaff et al. 2014)

Mudanças climáticas constantes e persistentes têm causado efeitos consideráveis nos ecossistemas marinhos, como aumento da temperatura média da superfície do mar, alterações no pH e aumento de eventos climáticos extremos. Como consequência, há a alteração de habitats de diversas espécies e modificações significativas na distribuição de peixes e outros animais ao longo dos oceanos (Perry et al. 2005). Esses efeitos fazem com que os tubarões se adaptem, alterando a composição de suas dietas e estabelecendo novos padrões de comportamento (Curtis et al. 2013; Schlaff et al. 2014).

Os oceanos tendem a ter características ambientais com parâmetros que flutuam dentro de um intervalo conhecido, como a salinidade, a temperatura, o pH, clorofila entre muitos outros. Esses valores são diferentes para cada região do planeta, sendo influenciados por correntes oceânicas, regimes de vento, precipitação, tipo de fundo, proximidade da costa e outros fatores, formando um ambiente complexo e suscetível a alterações provenientes de diversas fontes (Castello & Krug, 2017). Uma das variáveis mais fáceis de se mensurar atualmente é a temperatura superficial da água do mar, que apresenta valores médios diretamente relacionados às latitudes, reduzindo no sentido Equador-Pólo tanto no hemisfério sul quanto no hemisfério norte. Existem sistemas de monitoramento dessa variável baseados em leituras de satélites e coletas sistemáticas de amostras in situ, gerando informações com precisão e quase instantâneas (Reynolds et al., 2002; NCEI, 2024).

A anomalia da temperatura superficial do mar (TSM) refere-se à diferença entre a temperatura atual da superfície do mar e a média histórica para uma

determinada época e localidade. É frequentemente calculada utilizando dados de satélites que monitoram a temperatura da superfície do mar ao longo do tempo (Stock et al., 2015). Esses dados são comparados com uma linha de base de longo prazo para determinar se a temperatura atual está acima ou abaixo do normal esperado para aquela região e estação do ano específicas (Huang et al., 2015; Pershing et al., 2018; Douville et al., 2021). Anomalias positivas indicam temperaturas acima da média, enquanto anomalias negativas indicam temperaturas abaixo da média.

Como as medições da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) já são realizadas há um bom tempo, é possível estabelecer uma média histórica para essa variável e observar seu comportamento a cada ano (Cai et al., 2014). Além disso, é possível observar fenômenos que influenciam pontualmente essa variável, como nas condições de El Niño e La Niña no Oceano Pacífico, onde há um aquecimento ou resfriamento excessivo da água na região equatorial do Pacífico Sul, alterando a circulação e trazendo diversos efeitos para o clima localmente e em áreas adjacentes (Wang et al., 2004).

Alterações pontuais de temperatura (Mann 2000), como as que ocorrem no fenômeno El Niño Southern Oscillation (ENSO), e eventos extremos como tempestades e furacões podem perturbar ecossistemas costeiros (Coner et al. 1989), afetando o comportamento dos tubarões ou os matando (Matich et al., 2012; Match et al., 2020; Lubitz et al., 2024). Estes fenômenos influenciam a disponibilidade de presas em habitats críticos para tubarões juvenis e adultos, alterando a dinâmica ecossistêmica da região, visto que os desequilíbrios consequentes podem apresentar efeito cascata, afetando não apenas os tubarões, mas o conjunto da teia alimentar marinha e as interações entre espécies (Heithaus et al., 2008; Simpfendorfer et al., 2017; Root et al., 2003).

Nos últimos anos, os tubarões foram introduzidos no imaginário coletivo devido à grande influência da mídia de entretenimento, que utiliza esses animais como personagens em filmes, séries e documentários, bem como da mídia informativa, que se esforça para cobrir casos de interação entre tubarões e seres humanos, nem sempre da maneira mais precisa (Dell'Apa et al., 2014; Neff, 2015; Puniwai, 2020). No entanto, esses animais estão presentes há muito tempo nas

culturas ancestrais de comunidades litorâneas ao redor do mundo. O contato entre humanos e tubarões é um acontecimento corriqueiro de longa data, principalmente devido ao habitat de inúmeras espécies conhecidas ser o ambiente costeiro (Rodrigues, 2019). O uso destes locais pela população humana para a obtenção de alimento e atividades recreativas reforça a frequência de encontros.

Um tipo bastante conhecido de interação entre animais marinhos e seres humanos são os 'ataques' de tubarão, ou incidentes, que atualmente não possuem causas bem estabelecidas pela ciência, ainda que padrões nestas interações e nos resultados que causam tenham sido observados e categorizados em três tipos básicos, sendo eles:

Sneak (Ataque Surpresa) — O tubarão se aproxima da vítima de forma furtiva e aplica uma única mordida antes de se afastar ou continuar o ataque. É um tipo de interação comum para o tubarão-branco (*Carcharodon carcharias*), dando pouca ou nenhuma chance de defesa para a vítima, sendo quase sempre muito grave. *Bump and bite* (Colisão e Mordida) — Esse tipo de interação inicia com uma colisão do animal com a vítima, possivelmente na tentativa de identificação de uma possível presa, após o primeiro contato, uma ou mais mordidas são realizadas pelo tubarão. É um tipo de ataque comumente associado ao tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*) e o tubarão-cabeça-chata (*C. leucas*), que são conhecidos por serem investigativos e mais persistentes nas interações. Após a primeira mordida, o tubarão se mantém próximo da vítima, aumentando as chances de mais investidas. Devido à multiplicidade e extensão das feridas causadas na vítima, esse tipo de ataque tende a ser muito grave ou fatal. *Hit and run* (Bater e Correr) — É o tipo de interação negativa mais comum, comumente associada a erros de identificação da presa, logo, consiste em uma única mordida e evasão do local. Normalmente ocorre em águas rasas, tendo como vítimas banhistas e surfistas, e os ferimentos não são graves, já que não há repetição de mordidas e as espécies envolvidas possuem menor porte (Burgess, 1990).

Nos últimos anos, o número de interações negativas entre tubarões e humanos tem aumentado de forma expressiva, embora ainda seja um evento raro ou pouco incomum na maior parte do planeta (McPhee, 2014). Aproximadamente 80% dos casos registrados ocorreram em um recorte reduzido de regiões, consideradas "hotspots" de incidentes no mundo, compreendendo os Estados

Unidos, África do Sul, Austrália, Brasil, Bahamas e as Ilhas Reunião (McPhee, 2014; Chapman et al., 2016). Há uma predominância de espécies responsáveis pelos ataques, sendo o tubarão-branco (*C. carcharias*), o tubarão-cabeça-chata (*C. leucas*) e o tubarão-tigre (*G. cuvier*) os maiores envolvidos, apesar de outras espécies também serem relacionadas a incidentes. Muitas vezes, essa informação não pode ser obtida devido à falta de evidências concretas sobre qual espécie teria mordido a vítima (Macdonald et al., 2024; Simpfendorfer et al., 2021).

A combinação de fatores como baixa visibilidade em ambientes marinhos com energia elevada (zona de surf e áreas afetadas pelas correntes de maré), a ocorrência de uma única mordida durante o ataque e não permanência do animal nos arredores da vítima, levam à conclusão que a maior parte das interações são do tipo “bater e correr”. Esses ataques acontecem em águas rasas, contra surfistas e banhistas que teriam comportamento suficientemente similar a cardumes de peixes e outros animais que são presas de tubarões, a ponto de levar estes superpredadores a um erro de identificação de suas presas e o uso de uma mordida investigativa (Camhi, 1998). Apesar desse conceito ser considerado uma explicação válida para o fenômeno, é importante considerar que outros predadores podem atacar seres humanos por motivos como estresse, defesa ou mesmo em processo de predação (Bombieri et al., 2019; Dunhan et al. 2010), portanto, é necessário investigar se o mesmo não ocorreria para os tubarões.

Este estudo tem como objetivo principal investigar se variáveis ambientais, especialmente aquelas relacionadas à temperatura da água do mar, podem influenciar a ocorrência de interações negativas entre tubarões e seres humanos. Os tubarões, assim como qualquer animal, apresentam respostas fisiológicas e comportamentais às alterações do ambiente (Papastamatiou et al., 2012). Portanto, a variação anômala da temperatura superficial do mar, em escalas de tempo curta e longa, pode alterar a estabilidade do número de incidentes (Ryan et al., 2019). A compreensão mais profunda da distribuição das ocorrências e das variáveis ambientais associadas pode fornecer ferramentas essenciais para o desenvolvimento de estratégias eficazes de gestão e conservação (Weltz et al., 2013; Afonso et al., 2017; Butcher et al., 2019), visando minimizar conflitos e promover a coexistência entre humanos e tubarões em ecossistemas marinhos propensos a interações.

2. MÉTODOS

2.1 BASE DE DADOS

A base de dados utilizada para a obtenção de informações sobre incidentes no mundo foi a Global Shark Attack File (GSAF), em sua versão de acesso público disponível em <https://www.sharkattackfile.net/>. Esta base de dados é mantida pelo Shark Research Institute desde 1992 e é alimentada por especialistas globais que reportam casos de incidentes com o maior detalhamento possível. Cada registro inclui informações sobre a localização do incidente, algumas condições ambientais, a atividade da vítima durante a interação, suas informações pessoais e direcionamentos para as investigações realizadas pelos órgãos responsáveis.

Os dados de variação da temperatura do mar devido ao ENSO foram obtidos em maio de 2024 através da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2024). Esta base de dados é de acesso público e é atualizada na primeira semana de cada mês, com um índice de variação bem estabelecido conhecido como Oceanic Niño Index (ONI). O índice é calculado para 12 valores por ano, com os meses em triplicata; portanto, cada mês do ONI corresponde a uma média dos últimos três meses do calendário, tornando variações pontuais pouco influentes nos valores apresentados. Os valores disponíveis no site foram transcritos, com estrutura original, para um documento Google Planilhas, a fim de possibilitar o tratamento dos mesmos.

Os dados de anomalia da temperatura superficial do oceano foram obtidos através da ferramenta de download "Climate at a Glance" (NCEI, 2024). Esta métrica é crucial para estudar fenômenos climáticos como El Niño e La Niña, além de ajudar a compreender as mudanças ambientais que afetam a distribuição e comportamento das espécies marinhas, incluindo os tubarões (Collins et al., 2010; Thatje et al., 2008; Drymon et al. 2014; Ajemian et al. 2020).

2.2 TRATAMENTO DE DADOS

Quanto aos dados dos incidentes, foram considerados apenas aqueles descritos como "não-provocados", caracterizados pela ausência de interação intencional do ser humano com o animal, como em mergulhos recreativos para avistamento de tubarões, pesca direcionada, entre outras atividades que apresentam risco evidente. Esse recorte é necessário para eliminar o fator de estímulo negativo direto ao animal em seu habitat, que pode desencadear uma reação agressiva. Todos os outros tipos de incidentes confirmados, sendo eles provocados, decorrentes de acidentes náuticos e aéreos, ocorridos em situação de contato intencional com o animal ou aqueles sob investigação, não foram incluídos na pesquisa. Registros com informações insuficientes, como ausência de data, local bem definido e informações gerais que identifiquem o incidente, também foram desconsiderados.

Registros anteriores ao ano de 1900 foram excluídos da análise da evolução das ocorrências devido à grande incerteza quanto aos métodos de coleta de informações sobre os incidentes. Antigamente, os registros eram pontuais e realizados somente em regiões com maior estrutura para reportar os casos, influenciando diretamente as tendências e inviabilizando uma análise assertiva dos dados. Dessa forma, a evolução do número de ocorrências por continente foi avaliada de 1900 a 2023, enquanto as demais análises, baseadas nos dados referentes ao ENSO, consideraram incidentes entre 1950 e 2023.

Os dados foram separados da planilha principal para gerar uma planilha específica com os registros de cada continente, sendo classificados como África, Américas, Ásia, Europa e Oceania. A América foi subdividida, de acordo com o conceito geográfico padrão, em três partes para beneficiar algumas visualizações, sendo consideradas América do Norte, América Central e América do Sul. Devido à falta de coordenadas geográficas na base de dados do GSAF, essa foi a maneira mais eficiente de filtrar possíveis particularidades locais nos casos. Após a separação por continentes, foi adicionado a cada registro um campo separado com o mês da ocorrência, procedimento necessário para viabilizar a análise de correlação entre incidentes e o índice ONI, que possui caráter mensal. Para esta

correlação, registros sem um mês específico do ocorrido foram desconsiderados, mesmo que tenham ocorrido em um ano válido para a pesquisa.

2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Foram realizadas análises de correlação para investigar a relação entre os incidentes com tubarões e variáveis ambientais. Como os dados apresentam caráter não-paramétrico, os testes estatísticos de Spearman e Kendall são mais adequados para o estudo. Primeiramente, utilizou-se a análise de correlação de Spearman para avaliar a correlação entre os dados de incidentes e os dados de anomalia da temperatura superficial do oceano (TSM). Esta escolha deve-se à capacidade da correlação de Spearman em capturar relações monotônicas não lineares entre as variáveis (Croux et al., 2010). Adicionalmente, foi aplicada a análise de correlação de Kendall aos mesmos conjuntos de dados, devido à sua robustez em relação a dados com empates e outliers, oferecendo uma perspectiva complementar à análise de Spearman (Croux et al., 2010). Diferentemente da análise com a anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM), os dados de variação anual do El Niño Oscilação Sul (ENSO) apresentaram caráter paramétrico no teste de Shapiro-Wilk. Isso possibilitou o uso da correlação de Pearson, a qual é apropriada para dados com distribuição normal e mensura a força e a direção da relação linear entre variáveis contínuas, visando identificar possíveis associações diretas. Estas análises foram conduzidas através da linguagem de programação Python 3.10.9 por meio do software Spyder 5.4.1.

3. RESULTADOS

3.1 NÚMERO DE INCIDENTES

Os dados globais indicam que há uma grande irregularidade na distribuição de incidentes no planeta, 50,8% do total de casos ocorreu no continente Americano e outra boa parte na Oceania, com os demais continentes apresentando uma quantidade muito menor de incidentes (Figura 1). O maior número de incidentes "não provocados" registrados em um único ano foi de 111 ocorrências em 2015, enquanto o menor número foi de 4 ocorrências em 1918. A média geral foi de 36 ± 28

incidentes por ano, porém é possível observar uma mudança abrupta na tendência a partir de 1990. Até 1990, a maior frequência foi de 50 incidentes em 1959, com uma média de 22 ± 11 incidentes por ano. De 1990 até 2023, a média aumentou para 75 ± 21 incidentes por ano, com um máximo de 111 casos em 2015. Desde 1994, nenhum ano apresentou menos de 50 casos de incidentes (Figura 2 A).

Figura 1: Distribuição global do número de casos envolvendo ataque de tubarão classificados como “não provocados”, registrados entre os anos de 1900 e 2023 no banco de dados Global Shark Attack File.



Fonte: Autor (2024)

Em valores absolutos, a América apresentou 2276 casos, a Oceania 1337 e a África 572, sendo os continentes com maior incidência de ataques. Em seguida, a Ásia apresentou 200 casos e a Europa o menor número, com 96 incidentes.

Os incidentes ao redor do mundo (Figura 2A) apresentam uma sutil oscilação temporal cíclica, com períodos de maior incidência seguidos por reduções nos casos. Durante a década de 1960, os casos aumentaram em comparação com o período anterior, porém este aumento não foi expressivo. A partir de 1990, os valores apresentaram um aumento considerável, superando 100 incidentes por ano em diferentes ocasiões. Apesar da recente redução, nos últimos dois anos, os

valores permaneceram acima de 50 casos por ano, superando o valor máximo observado no período anterior.

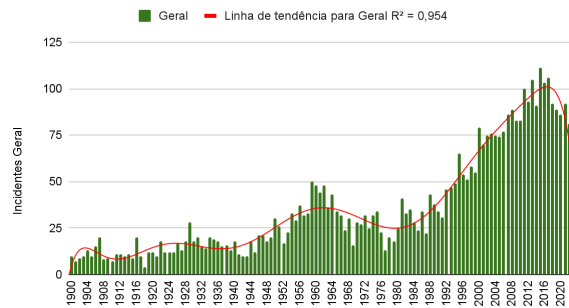
Na África (Figura 2B), o maior número de incidentes ocorreu em 1998, com 23 ocorrências, um ano atípico considerando a média geral de 5 ± 4 incidentes por ano na região. Até 1989, a média era de 3 ± 3 incidentes por ano, com um máximo de 11 ocorrências em 1961. Após 1990, a média subiu para 8 ± 5 , representando um aumento de 148,5% em relação ao período anterior, com o máximo de 23 ataques em 1998. A partir da década de 1940, houve anos com maior ocorrência de ataques, culminando no pico de 1998, seguido por um período de redução marcante no número de incidentes na última década.

O continente Americano (Figura 2C), considerado como uma unidade, apresentou uma média de 18 ± 19 incidentes por ano e um máximo de 69 incidentes em 2013. De 1900 a 1989, a média foi de 7 incidentes por ano, com um máximo de 29 em 1988. Após 1990, a média aumentou para 46 ± 14 incidentes por ano, um incremento de 483,5% em relação ao período anterior. O comportamento nas Américas é semelhante ao observado globalmente, com um aumento substancial nos casos a partir da década de 1990 e valores superiores aos registrados anteriormente.

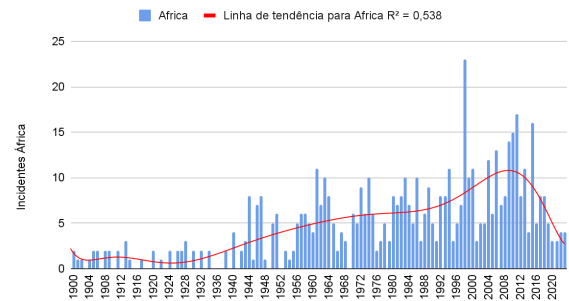
A Oceania (Figura 2D) apresentou até 1989 a média de 8 ± 5 incidentes por ano, com um máximo de 24 em 1960. Após 1990, a média subiu para 18 ± 9 , um aumento de 128,75%, sendo que neste período a Oceania apresentou três picos de alta incidência, seguidos por reduções marcantes. Atualmente, é observada uma tendência de queda, apesar dos números máximos terem aumentado a cada período de alta.

Figura 2: Ocorrências de interações negativas entre tubarões e humanos registradas a partir de 1900 no Global Shark Attack File. Dados gerais no primeiro gráfico e divididos por continentes nos gráficos seguintes. Linha de tendência gerada por equação polinomial e R^2 relativo a cada conjunto de dados ilustrando o comportamento da tendência.

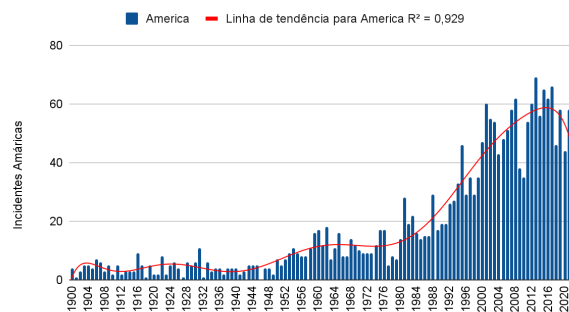
A. Incidentes por ano - Geral



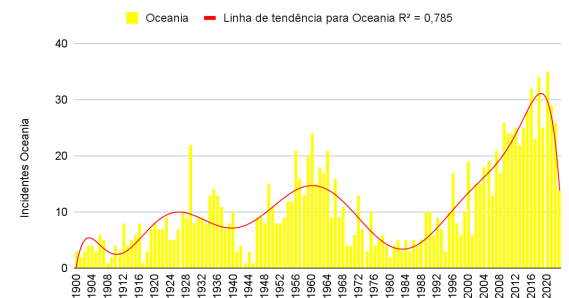
B. Incidentes por ano - África



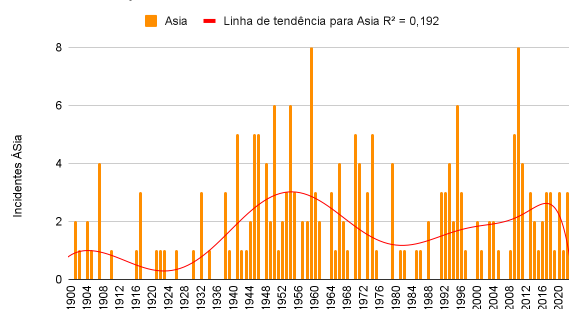
C. Incidentes por ano - Américas



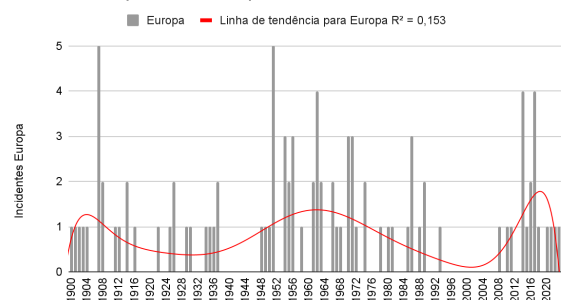
D. Incidentes por ano - Oceania



E. Incidentes por ano - Ásia



F. Incidentes por ano - Europa



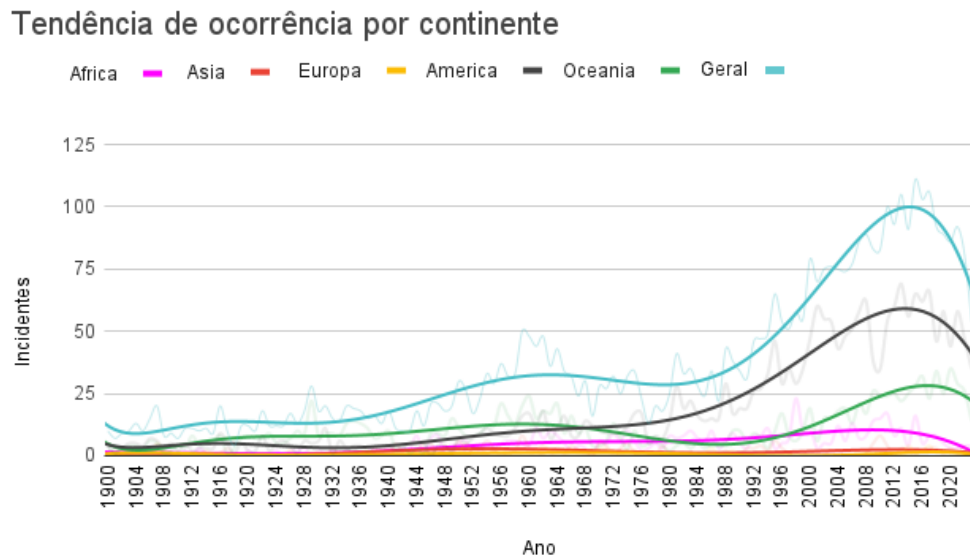
Fonte: Autor (2024)

No continente Asiático (Figura 2E), até 1989 a média era de 1 ± 2 incidente por ano, enquanto a partir de 1990, a média aumentou para 2 ± 2 casos por ano, com máximo de 8 incidentes ocorridos em 1959 e em 2010. A Ásia apresenta um baixo número de casos, com flutuações entre períodos de alta e baixa, indicando uma aparente aleatoriedade nas ocorrências.

Os dados do continente Europeu (Figura 2.F) indicam uma média de 1 ± 1 incidentes por ano e um máximo de 5 em 1907 e 1951. Até 1989, a média era de 1 ± 1 incidentes por ano, com os máximos já descritos. Após 1990, a média se manteve em 1 ± 1 incidente por ano, com um máximo de 4 em 2014 e 2017. A Europa apresenta poucos casos de interações, com valores absolutos baixos comparados a outras regiões, sem um padrão claro de alta ou baixa nos casos ao longo dos anos.

As Américas e a Oceania apresentaram valores superiores ao restante do mundo em todos os conjuntos de dados analisados, sendo as Américas destacadas a partir de 1975. As interações negativas se tornaram mais frequentes globalmente ao longo dos anos, com exceção da Ásia e Europa. A América tem grande influência na média global de incidentes, visto que a quantidade de incidentes nesse continente é muito maior que nos demais. Além disso, o comportamento da curva de incidentes ao longo dos anos para o Geral é muito similar à do continente americano, principalmente após 1975 (Figura 3).

Figura 3: Distribuição temporal (1900-2023) de incidentes para cada continente, através da linha de tendência melhor ajustada a cada conjunto de dados.



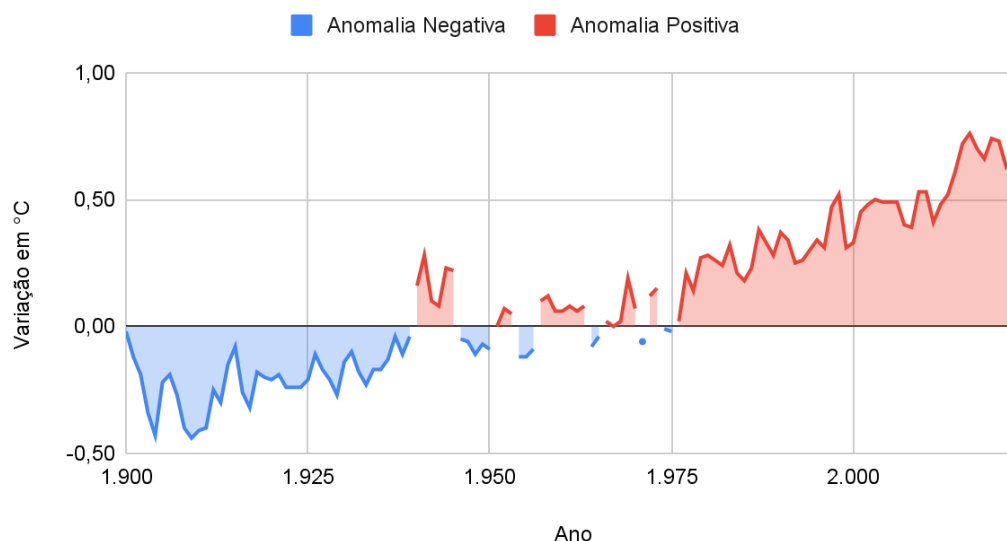
Fonte: Autor (2024)

3.2 CORRELAÇÃO ANOMALIA TSM E INCIDENTES

A anomalia da temperatura superficial do mar se manteve negativa de 1900 até 1940, quando apresentou um período de 5 anos de médias positivas. Após esse ano houve uma variação entre períodos de anomalia positiva e negativa por aproximadamente 35 anos, com predominância da positiva, e sempre com valores absolutos abaixo de $0,5^{\circ}\text{C}$. O último registro de anomalia negativa ocorreu no ano de 1975, passando a apresentar temperaturas de alguns graus acima da média e quebrando a barreira dos $0,5^{\circ}\text{C}$ em 1998, chegando à anomalia máxima registrada de $0,91^{\circ}\text{C}$ no ano de 2023 (Figura 4).

Figura 4: Variação da média anual dos valores de anomalia de temperatura superficial do oceano (SST) ao longo dos anos (1900-2023).

Anomalia TSM



Fonte: Autor (2024)

Para o teste de Spearman, quase todas as regiões (com exceção da Europa) apresentaram P-Valor muito próximo de zero (Tabela 1), o que indica um alto grau de significância para os resultados e baixa probabilidade de aleatoriedade na correlação entre dados. Para o teste de Kendall o mesmo padrão foi observado para o P-Valor, reforçando a probabilidade da correlação encontrada ser verdadeira.

Na Tabela 1 estão representados os resultados das correlações de Kendall e Spearman com valores arredondados para duas casas decimais. O teste estatístico de Kendall foi aplicado aos dados e apresentou resultados similares aos encontrados no teste de Spearman.

Tabela 1: Valores, arredondados para 2 casas decimais, das análises de correlação de Spearman e Kendall para os dados de incidentes com tubarões e de SST subdivididos por regiões globais.

Região de ataque	P-Valor	Spearman	Kendall	P-Valor
Geral	0	0,80	0,63	0
Ásia	0,01	0,22	0,16	0,02
Europa	0,38	-0,08	-0,06	0,41
Oceania	0	0,44	0,32	0
América do Sul	0	0,58	0,43	0
América do Norte	0	0,80	0,61	0
América Central	0	0,47	0,35	0
America (Total)	0	0,81	0,62	0
África	0	0,68	0,49	0

Fonte: Autor (2024)

Na região de incidentes “Geral”, que representa todo o mundo, o valor obtido para o teste foi de 0,80, o que indica uma correlação forte entre os casos de interação e o aumento da anomalia média da temperatura superficial do oceano. Devido à maior influência do número de ataques em alguns continentes específicos, o teste estatístico foi realizado para cada região com intuito de minimizar erros de generalização.

Setorizados por continente (Tabela 1), os incidentes em cada região do planeta se correlacionam diferentemente do TSM. A Europa foi o único continente que não apresentou um resultado significativo para os testes estatísticos realizados. O continente Ásia também obteve baixa correlação, apesar do teste se mostrar significativo, o que indica a não existência de uma relação forte entre a anomalia de TSM e os incidentes nesta região.

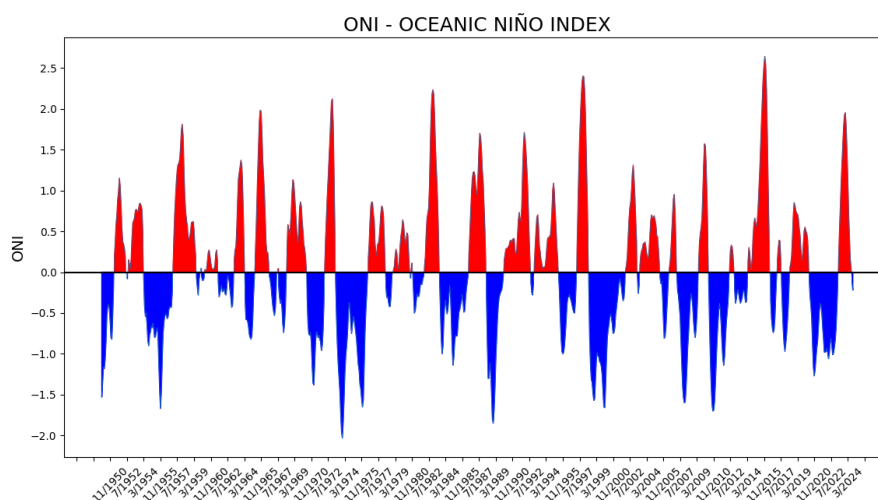
O P-Valor para a Oceania, África e América, assim como para suas subdivisões, tende a 0, validando o valor obtido no teste de Spearman para análise da relação entre as variáveis de pesquisa nestas regiões. Na Oceania os testes não indicaram uma forte correlação entre as variáveis, mas uma possível influência. A América do Sul e a África obtiveram valores ligeiramente superiores e já considerados significativos.

A América do Norte chama mais atenção nas análises, graças ao o valor da correlação de Spearman em torno de 0,8, representando uma forte correlação entre o aumento da anomalia da TSM e a ocorrência de incidentes envolvendo tubarões e humanos. Apesar de o número de interações ser bem menor na América Central e na América do Sul, o padrão se repete para o continente americano como um todo. Em um contexto Geral, envolvendo todos os incidentes ao redor do planeta, existe uma correlação forte entre os incidentes e a variação da anomalia média da temperatura superficial do mar.

3.3 CORRELAÇÃO ONI-ENSO E INCIDENTES

Os dados do ONI-ENSO apresentam certo padrão de ocorrência ao longo dos anos. Os fenômenos El Niño e La Niña acontecem em alternância, porém não existe um ciclo de variações com começo e fim bem delimitados (Figura 4).

Figura 4: Comportamento do ONI entre 1950 e 2024.



Fonte: Autor (2024)

De modo geral, os valores de significância (p-valor) observados no teste de correlação de Pearson para os dados do ONI-ENSO ficaram acima do limite convencional de 0.05, indicado na literatura para validar estatisticamente as inferências sobre os dados. O resultado sugere que a relação entre as variáveis analisadas não se mostrou estatisticamente significativa, impedindo uma análise satisfatória. Além disso, os coeficientes de correlação foram baixos para todos os continentes (Tabela 2).

Tabela 2: Resultado dos testes de correlação entre ONI-ENSO e incidentes com tubarões para cada região de estudo. Dados de ataques não provocados registrados no banco de dados Global Shark Attack File.

Região do Incidente	Pearson	P-Valor
Geral	-0.13	0.25
Ásia	-0.26	0.02
Europa	-0.18	0.13
Oceania	-0.11	0.33
América do Sul	0.12	0.32
América do Norte	-0.12	0.32
América Central	-0.04	0.72
America (Total)	-0.09	0.42
África	-0.02	0.84

Fonte: Autor (2024)

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que a variação positiva da anomalia da temperatura superficial do mar apresenta correlação com o aumento na frequência de interações negativas entre tubarões e seres humanos, especialmente em regiões como América do Norte e África. Além disso, o banco de dados analisado confirma a tendência do aumento de interações negativas nas últimas décadas.

Antes de 1980 os registros eram pouco frequentes e não apresentavam aquisição sistemática de dados, portanto, é necessário considerá-los com precaução. Após 1980 os esforços para registrar incidentes com tubarões contribuíram para alcançar um mínimo de confiabilidade nos dados, ainda assim não é possível abordar essa temática com um método científico tradicional. A grande maioria dos artigos relacionados a ataques de tubarão trazem um caráter descritivo das ocorrências ou são muito especulativos ao realizarem análises de prováveis fatores influentes.

Inicialmente o aumento global de incidentes chama a atenção, no entanto, os recortes macrorregionais evidenciam que tal aumento não ocorre de forma proporcional para todo o planeta. Esse tipo de divergência afasta as hipóteses previamente levantadas sobre o aumento populacional humano ter grande relevância no aumento de casos de ataques (Ferretti et al., 2015). Por si só, o aumento do número de pessoas deveria elevar os incidentes de forma mais homogênea no globo, visto que a população mundial cresceu, mesmo que com diferenças nas taxas, em todos os continentes (United Nations, 2019). Os processos de globalização e otimização da mobilidade permitiram o uso mais intenso das áreas costeiras. Com isso, o uso das praias não se dá apenas pela população local, o que equaliza a diferença das taxas de aumento populacional para cada região e dilui o uso do litoral em todo o planeta (Orams, 2002; UNWTO, 2018).

Outro fator que não corrobora com esta hipótese é a redução dramática na população de tubarões nos oceanos. Tanto em ambientes recifais quanto na coluna d'água, é estimada uma redução, a partir de 1970, de aproximadamente 70% da abundância total de indivíduos, causada pela sobrepesca, perda de habitat por pressão humana e alterações nas condições ambientais (Pacoureaux et al., 2021;

Simpfendorfer et al., 2023). Com uma redução tão acentuada na abundância desses animais, mesmo com aumento da população de humanos, a frequência de encontros tende a ser menor na atualidade.

O declínio da população de tubarões implica na redução do controle “top-down” nas populações e comunidades marinhas, exercido pelos mesmos. No controle “top-down”, os níveis tróficos são modificados a partir dos níveis mais elevados em direção aos inferiores (Paine, 1980; Pace et al., 1999; Barnes et al., 1999). Neste caso, o nível imediatamente abaixo dos tubarões tende a aumentar em abundância, que por sua vez diminui o nível seguinte. Esse processo continua em alternância até que o ecossistema se estabilize novamente. Dessa forma, a abundância de presas para os tubarões remanescentes no ambiente tende a aumentar e diminuir até que se encontre um novo equilíbrio (Rosenblatt et al., 2013). Diante deste cenário, são necessários estudos específicos para afirmar que os incidentes ocorrem por escassez de alimento.

A temperatura superficial da água do mar apresentou uma variação anômala positiva e crescente nas últimas décadas, partindo de 1975, mesmo período em que os incidentes com tubarões começaram a aumentar. Esta simultaneidade entre o aumento da intensidade de ambas as variáveis deve ser interpretada com cautela, visto que os dados de ataques começaram a ser registrados com maior assertividade após 1980, o que possibilitaria o enviesamento dos resultados estatísticos, ainda que as análises evidenciem baixa probabilidade em uma correlação aleatória. Por se tratar de uma média global, a anomalia da TSM utilizada para este trabalho faz uma leitura do comportamento geral dos oceanos no planeta, a heterogeneidade do aumento de incidentes ao redor do mundo sugere que processos locais podem afetar a probabilidade de ocorrência de um incidente tal qual processos a níveis globais.

As variações da temperatura superficial do mar induzidas pelos processos envolvidos no ENSO não apresentaram correlação, positiva ou negativa, com os incidentes. Apesar do El Niño e La Niña afetarem todo o planeta, esses processos têm efeitos mais intensos em regiões específicas, especialmente na área equatorial do oceano Pacífico e na América do Sul, principalmente em sua costa oeste (Glantz, 1997; McPhaden et al., 2006; Brainard et al., 2018). Mesmo para a região onde os

efeitos destes fenômenos são mais intensos a correlação com os incidentes, não observamos nenhuma correlação, e além disso, o número de interações para a área é baixo quando comparado com outras regiões. A heterogeneidade do aquecimento das águas nestes processos exige uma análise mais direcionada, de forma espaço-temporal, para verificação de influência direta nos ataques em diferentes locais. As análises realizadas indicam que a atividade do ENSO não influencia, em escala global, o número de ataques, assim como se mantém um padrão aleatório de ocorrências, para estas condições, em todos os continentes.

Na Oceania, onde nenhuma das variáveis avaliadas neste estudo apresentou potencial de desencadear incidentes, processos oceânicos locais podem ter maior influência na ocorrência de ataques e no perceptível aumento de casos que ocorreu nas últimas décadas.

Devido à grande escala e à complexidade das múltiplas variáveis envolvidas no ambiente oceânico, um estudo sistemático e amplo é necessário para se elucidar as possíveis motivações de interações negativas envolvendo tubarões e seres humanos. A literatura científica tende a indicar que a maior parte dos ataques ocorre devido a uma confusão feita pelos tubarões na hora da predação, o que levaria a uma mordida exploratória e abandono da vítima após a primeira investida (Camhi, 1998). Dentro dessa abordagem torna-se complexa a identificação de quais fatores relacionam o aumento de ataques e com a intensificação da anomalia da temperatura superficial da água do mar. Tornando-se necessário investigar novas possibilidades de interpretação para os tipos de ataque.

A elevação progressiva da temperatura da água do mar causa diversos problemas para o ecossistema de forma geral e para espécies específicas, porém é muito provável que indivíduos da mesma espécie respondam de maneira diferente a este estímulo (Curtis et al., 2013; Portner et al., 2014; Schlaff et al., 2014). Os tubarões apresentam comportamentos adequados a cada condição ambiental, assim como respostas fisiológicas às alterações no habitat (Matich et al., 2012; Osgood et al., 2021; Rummer et al., 2022). O estresse térmico pode influenciar migrações para aquelas espécies e indivíduos capazes de realizá-la, porém aqueles que precisam suportar a condição local, devem alterar seu comportamento e respostas fisiológicas para se adequar ao novo estímulo (Portner et al., 2008; Matich

et al., 2012; Sunday et al. 2012; Osgood et al., 2021). Um animal estressado tende a ter respostas mais agressivas a interações pouco habituais, seja por defesa de território ou pelo instinto de preservação diante de situações potencialmente perigosas (Wingfield et al., 2003; Nelson et al., 2007; Boonstra, 2013).

Ataques do tipo “Sneak”, comuns aos tubarões-brancos (*Carcharodon carcharias*), aparentam advir de um engano na identificação da presa, no entanto, não como uma mordida exploratória (Burgess, 1990; Camhi, 1998). O tubarão desfere uma única mordida, que frequentemente gera grandes danos às vítimas, porém ao perceber que não era a presa esperada. O animal cessa o ataque e em sequência abandona o local, ainda que a sua tendência inicial indicasse tentativa de predação. Este tipo de interação seria mais comum aos tubarões-brancos devido ao método de predação realizado pela espécie e sua respectiva dieta. Presas como pinípedes e cetáceos de menor porte apresentam tamanho proporcional ao que um ser humano poderia representar dentro da água, favorecendo interações equivocadas.

Os ataques do tipo “Bump and bite” exigem uma abordagem mais cautelosa ao serem apontados como completo engano. As diversas mordidas que ocorrem durante a interação e o fato das vítimas precisarem lutar para escapar, sugerem que o animal apresentava intenção de prosseguir com o ataque, por intenção de predação ou eliminação de possível ameaça. No primeiro caso, a investida inicial seria fruto de um erro na identificação da presa, porém, após a primeira mordida, dita como exploratória, não se pode afirmar que o animal não pretendia concluir o processo de predação. Em caso de resposta a ameaças, tanto ao território quanto à integridade do animal, a elevação nos níveis de estresse por conta do aumento na temperatura da água poderia tornar mais frequentes os casos de resposta agressiva e, consequentemente, produzir um aumento nos casos de interações dessa categoria. Outra possibilidade é a intensificação da busca por alimento, causada pela elevação do metabolismo dos tubarões, inflacionando a frequência de interações negativas. Por serem pecilotérmicos, a resposta imediata ao aumento da temperatura ambiente é a elevação da temperatura corporal e, como consequência, do metabolismo do indivíduo (Heupel et al., 2008; Grubbs, 2010; Schulte, 2015; Kessel et al. 2014; Skelton, 2020; Zema-Shamir et al., 2022). Esse aumento de metabolismo gera maior demanda energética, obrigando o animal a buscar

diferentes fontes de alimento ou aumentar a frequência de ingestão calórica (Reynolds et al. 1980; Seibel et al., 2007; Ste-Marie et al., 2022), elevando a possibilidade de interações negativas com pessoas que usam o habitat desses animais para diferentes fins.

O tipo de interação mais propensa a alterações de frequência com as mudanças na temperatura da água seria o “Hit and run”. A definição atual indica que esse tipo consiste em um erro de identificação, uma mordida investigativa e evasão por parte do animal ao perceber o equívoco. Essa definição é problemática visto que este é um tipo de ataque comum a espécies de menor porte, que predam peixes relativamente pequenos. Tanto peixes quanto cardumes não apresentam forma ou comportamento que se aproximam de um ser humano, o que sugere que o erro de identificação não deveria ocorrer na maioria das vezes. Além disso, caso esse tipo de erro realmente seja causado por condições ambientais pouco favoráveis, como água turva e baixa visibilidade (Collin et al., 2004; Chapman et al., 2016), os incidentes deveriam apresentar maior frequência, visto que a maioria das praias apresentam esse tipo de condição em grande parte do tempo (Davies-Colley et al., 2001; Castello & Krug, 2017).

Uma alternativa a essa definição seria equivalente ao que ocorre com as arraías, que acabam utilizando o ferrão como forma de defesa (Magalhães et al., 2006; Burns et al., 2014; Hughes et al., 2018). Tubarões, na sua grande maioria, quando acuados ou sob potencial ameaça, tendem a fugir do local sem interações físicas, porém, em casos de aproximação ostensiva, podem aplicar uma mordida como mecanismo de defesa e, em seguida, fugir do local para se preservar. Para usar o estresse como parâmetro, o mesmo deve ser sistematicamente mensurado. Contudo, com o possível aumento do estresse e alterações no metabolismo dos tubarões causados pela elevação da TSM, o número de indivíduos que reagiriam agressivamente a uma aproximação, mordendo a ameaça ao invés de apenas fugir, tenderia a ser superior, causando como consequência o aumento dos casos de interação negativa dessa categoria.

Diante do cenário em que a variação positiva da anomalia da temperatura da superfície do mar influencia a ocorrência de interações negativas entre tubarões e seres humanos através do estímulo a comportamentos agressivos como resposta

ao aumento de temperatura, espera-se que haja uma redução no número de ataques no momento em que as espécies se encontrem novamente adaptadas às novas condições ambientais. Com a adaptação, temperaturas mais elevadas não estariam fora das condições ideais para os indivíduos, eliminando as respostas agressivas (Huo et al., 2020; Hummer et al., 2022) e reduzindo pontualmente os casos de ataques. Como se observa uma subida constante e progressiva nos valores da anomalia, em dado momento as condições ambientais voltariam a ser pouco favoráveis aos animais (Huo et al., 2020; Hummer et al., 2022), impulsionando uma nova ascensão nos ataques não provocados.

Apesar de relevantes, os resultados deste trabalho devem ser interpretados com cautela devido às limitações inerentes à natureza do estudo. A escassez de informações ambientais detalhadas para algumas localidades e a falta de coordenadas geográficas precisas para os registros podem ter restringido a capacidade de explorar nuances espaciais e temporais. Além disso, o caráter esporádico dos incidentes torna desafiador o estabelecimento de padrões consistentes em escala global.

Baseado nos resultados encontrados e nas limitações identificadas, é necessário o desenvolvimento de futuras investigações que abordem variáveis ambientais adicionais, como turbidez da água, densidade de presas e impactos de atividades humanas locais. Particularmente, estudos capazes de correlacionar possíveis estressores ambientais às respostas fisiológicas e comportamentais dos tubarões devem ser realizados. Análises regionais mais detalhadas, especialmente em áreas de alta incidência de ataques, podem fornecer insights valiosos sobre as interações entre humanos e tubarões em contextos ambientais distintos.

É complexo aplicar uma metodologia científica eficiente para a temática, visto que os ataques ocorrem com frequência relativamente baixa, não são previsíveis e a área de ocorrência abrange todo o mundo. Com essas limitações, grande parte dos estudos que buscam elucidar as motivações das interações negativas entre tubarões e seres humanos acabam sendo bastante especulativos. A abordagem mais descritiva dos casos, buscando a identificação das espécies envolvidas, características do local, momentos do dia e do ano em que ocorrem e condições ambientais, tem se tornado cada dia mais assertiva. O processo de alimentação dos

bancos de dados com mais detalhes sobre os incidentes possibilita uma investigação mais aprofundada dos casos, trazendo maior compreensão geral das condições favoráveis à ocorrência de ataques.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que a variação positiva da anomalia da temperatura superficial do mar tem correlação com o aumento na frequência de interações negativas entre tubarões e seres humanos, especialmente em regiões como América do Norte e África.

Esse resultado pode contribuir para o entendimento de como alterações ambientais em escala global podem impactar a dinâmica ecossistêmica e o comportamento de tubarões em relação à interação com seres humanos. Por outro lado, a ausência de correlação significativa entre os incidentes e o índice ONI-ENSO reforça a importância de considerar fatores locais e regionais em estudos que tenham como objetivo elucidar as interações negativas.

Por fim, a compreensão aprofundada dos fatores que influenciam as interações entre tubarões e humanos é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo e conservação. Essas iniciativas não apenas contribuem para a preservação de espécies fundamentais para o equilíbrio ecológico marinho, mas também promovem a segurança das comunidades humanas que compartilham e fazem uso desses ambientes costeiros.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, A. S.; NIELLA, Yuri V.; HAZIN, Fábio HV. Inferring trends and linkages between shark abundance and shark bites on humans for shark-hazard mitigation. **Marine and Freshwater Research**, v. 68, n. 7, p. 1354-1365, 2017.
- AHILAN, B.; VINOLIYA, R. Crosslin; Peter MA. ECOLOGICAL IMPORTANCE OF SHARKS. **Journal of Aquaculture in the Tropics**, v. 36, n. 1-4, p. 31-38, 2021.
- AJEMIAN, M. J. et al. Movement patterns and habitat use of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) across ontogeny in the Gulf of Mexico. **PLoS One**, v. 15, n. 7, p. e0234868, 2020.
- BARNES, Richard Stephen Kent; HUGHES, Roger N. **An introduction to marine ecology**. John Wiley & Sons, 1999.
- BUTCHER, P. A.; Piddocke, Toby P.; Colefax, Andrew P.; Hoade, Brent; Peddemors; Victor M.; Borg, Lauren; Cullis, Brian R. Beach safety: can drones provide a platform for sighting sharks?. **Wildlife Research**, v. 46, n. 8, p. 701-712, 2019.
- BETTCHER, V. B.; Santos, Luciano N.; Bertoncini, Áthila A.; Silva, Maurizélia B.; Castro, Andrey L. F. Evidence of the Atlantic nurse shark (*Ginglymostoma cirratum*) population shrink at Rocas Atoll, Southwestern Atlantic. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 33, n. 8, p. 845-852, 2023.
- BURGESS, George H. Shark attack and the international shark attack file. **Discovering sharks. Highlands: American Littoral Society**, p. 101-105, 1990.
- BOMBIERI, Giulia et al. Brown bear attacks on humans: a worldwide perspective. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-10, 2019.
- BOONSTRA, Rudy. The ecology of stress: a marriage of disciplines. **Functional Ecology**, v. 27, n. 1, p. 7-10, 2013.
- BRAINARD, Russel E. et al. Ecological impacts of the 2015/16 El Niño in the central equatorial Pacific. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 99, n. 1, p. S21-S26, 2018.
- BURNS, M. D.; GILBERT, C. R.; WARREN, M. Dasyatidae: whiptail stingrays. **Freshwater Fishes of North America**, v. 1, p. 140-159, 2014.
- CAI, Wenju et al. Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. **Nature climate change**, v. 4, n. 2, p. 111-116, 2014.
- CAMHI, Merry. **Sharks and their relatives: ecology and conservation**. IUCN, 1998.
- CASTELL, Jorge P.; KRUG, Luiz Carlos (Ed.). **Introdução às ciências do mar**. Editora Textos, 2017.
- Catalogue of Life**. Disponível em: <https://www.catalogueoflife.org/data/taxon/8X6G5>
Acesso em 03/02/2023.

CHAPMAN, B. K.; MCPHEE, Daryl. Global shark attack hotspots: Identifying underlying factors behind increased unprovoked shark bite incidence. **Ocean & Coastal Management**, v. 133, p. 72-84, 2016.

CHERCHI, A.; NAVARRA, Antonio. Influence of ENSO and of the Indian Ocean Dipole on the Indian summer monsoon variability. **Climate dynamics**, v. 41, p. 81-103, 2013.

MCCAGH, C.; SNEDDON, Joanne; BLACHE, Dominique. Killing sharks: The media's role in public and political response to fatal human–shark interactions. **Marine Policy**, v. 62, p. 271-278, 2015.

COLLIN, S.; WHITEHEAD, Darryl. The functional roles of passive electroreception in non-electric fishes. **Animal Biology**, v. 54, n. 1, p. 1-25, 2004.

COLLINS, M.; An, S.; Cai, W.; Ganachaud, A.; Guilyardi, E.; Jin, E.; Jochum, M.; Lengaigne, M.; Power, S.; Timmermann, A.; Vecchi, G.; Wittenberg, A. The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño. **Nature Geoscience**, v. 3, n. 6, p. 391-397, 2010.

CONDIE, S. A.; Waring, J.; Mansbridge, J. V.; Cahill, M. L. Marine connectivity patterns around the Australian continent. **Environmental modelling & software**, v. 20, n. 9, p. 1149-1157, 2005.

CONNER, W. H.; Day Jr, J. W.; Baumann, R. H.; Randall, J. M. Influence of hurricanes on coastal ecosystems along the northern Gulf of Mexico. **Wetlands ecology and Management**, v. 1, p. 45-56, 1989.

COMPAGNO, L. J. V. Checklist of living elasmobranchs. **Sharks, skates, and rays, the biology of elasmobranch fishes**, p. 471-498, 1999.

CROUX, C.; DEHON, C. Influence functions of the Spearman and Kendall correlation measures. **Statistical methods & applications**, v. 19, p. 497-515, 2010.

CURTIS, T. H.; PARKYN, Daryl C.; BURGESS, George H. Use of human-altered habitats by bull sharks in a Florida nursery area. **Marine and Coastal Fisheries**, v. 5, n. 1, p. 28-38, 2013.

DAVIES-COLLEY, R. J.; SMITH, D. G. Turbidity suspended sediment, and water clarity: a review 1. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 37, n. 5, p. 1085-1101, 2001.

DELL'APA, Andrea; CHAD SMITH, M.; KANESHIRO-PINEIRO, Mahealani Y. The influence of culture on the international management of shark finning. **Environmental management**, v. 54, p. 151-161, 2014.

DOUVILLE, Hervé et al. Water cycle changes. 2021.

DRYMON, J. Marcus; AJEMIAN, Matthew J.; POWERS, Sean P. Distribution and dynamic habitat use of young bull sharks *Carcharhinus leucas* in a highly stratified northern Gulf of Mexico estuary. **PloS one**, v. 9, n. 5, p. e97124, 2014.

DULVY, Nicholas K.; FRECKLETON, Robert P.; POLUNIN, Nicholas VC. Coral reef cascades and the indirect effects of predator removal by exploitation. **Ecology letters**, v. 7, n. 5, p. 410-416, 2004.

DULVY, Nicholas K. et al. Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. **eLife**, v. 3, p. e00590, 2014.

DUNHAM, Kevin M. et al. Human–wildlife conflict in Mozambique: a national perspective, with emphasis on wildlife attacks on humans. **Oryx**, v. 44, n. 2, p. 185-193, 2010.

FERRETTI, Francesco et al. Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. **Ecology letters**, v. 13, n. 8, p. 1055-1071, 2010.

FERRETTI, Francesco et al. Reconciling predator conservation with public safety. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 13, n. 8, p. 412-417, 2015.

FLORIDA MUSEUM OF NATURAL HISTORY. International Shark Attack File. Disponível em: <https://www.floridamuseum.ufl.edu/shark-attacks/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

GLANTZ, Michael H. Currents of Change: El Niño's Impact on Climate and Society. reviewed by César N. Caviedes. **Hispanic American Historical Review**, v. 77, n. 4, p. 688-689, 1997.

GRUBBS, R. Dean. Ontogenetic shifts in movements and habitat use. In: **Sharks and their Relatives II**. CRC press, 2010. p. 335-366.

HAZIN, Fábio HV; BURGESS, George H.; CARVALHO, Felipe C. A shark attack outbreak off Recife, Pernambuco, Brazil: 1992–2006. **Bulletin of Marine Science**, v. 82, n. 2, p. 199-212, 2008.

HAZIN, Fabio HV et al. Regional movements of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, off northeastern Brazil: inferences regarding shark attack hazard. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 3, p. 1053-1062, 2013.

HEITHAUS, Michael R. et al. Predicting ecological consequences of marine top predator declines. **Trends in ecology & evolution**, v. 23, n. 4, p. 202-210, 2008.

HEUPEL, Michelle R.; SIMPFENDORFER, Colin A. Movement and distribution of young bull sharks *Carcharhinus leucas* in a variable estuarine environment. **Aquatic Biology**, v. 1, n. 3, p. 277-289, 2008.

HOOD, Raleigh R.; BECKLEY, Lynnath E.; WIGGERT, Jerry D. Biogeochemical and ecological impacts of boundary currents in the Indian Ocean. **Progress in Oceanography**, v. 156, p. 290-325, 2017.

HUANG, Boyin et al. Extended reconstructed sea surface temperature version 4 (ERSST. v4). Part I: Upgrades and intercomparisons. **Journal of climate**, v. 28, n. 3, p. 911-930, 2015.

HUBER, Daniel R. et al. Analysis of the bite force and mechanical design of the feeding mechanism of the durophagous horn shark *Heterodontus francisci*. **Journal of Experimental Biology**, v. 208, n. 18, p. 3553-3571, 2005.

HUGHES, Ruth; PEDERSEN, Kristen; HUSKEY, Steve. The kinematics of envenomation by the yellow stingray, *Urobatis jamaicensis*. **Zoomorphology**, v. 137, p. 409-418, 2018.

HUO, Da et al. The adaptation and response of aquatic animals in the context of global climate change. **Frontiers in Marine Science**, v. 10, p. 1231099, 2023.

KESSEL, S. T. et al. Predictable temperature-regulated residency, movement and migration in a large, highly mobile marine predator (*Negaprion brevirostris*). **Marine Ecology Progress Series**, v. 514, p. 175-190, 2014.

KRISHNAN, R. et al. The long-lived monsoon depressions of 2006 and their linkage with the Indian Ocean Dipole. **International Journal of Climatology**, v. 31, n. 9, p. 1334-1352, 2011.

LOWRY, Michael; WILLIAMS, Danielle; METTI, Yola. Lunar landings—Relationship between lunar phase and catch rates for an Australian gamefish-tournament fishery. **Fisheries Research**, v. 88, n. 1-3, p. 15-23, 2007.

LUBITZ, Nicolas et al. Climate change-driven cooling can kill marine megafauna at their distributional limits. **Nature Climate Change**, p. 1-10, 2024.

MACDONALD, Jed; ESCALLE, Lauriane. The evolving relationship between humans and sharks - A review and discussion of current shark hazard management strategies to foster co-existence, 2024.

MACHOVSKY-CAPUSKA, Gabriel E.; RAUBENHEIMER, David. The nutritional ecology of marine apex predators. **Annual Review of Marine Science**, v. 12, n. 1, p. 361-387, 2020.

MAGALHAES, Kharita W. et al. Biological and biochemical properties of the Brazilian *Potamotrygon* stingrays: *Potamotrygon* cf. *scobina* and *Potamotrygon* gr. *orbigny*. **Toxicon**, v. 47, n. 5, p. 575-583, 2006.

MATICH, Philip; HEITHAUS, Michael R. Effects of an extreme temperature event on the behavior and age structure of an estuarine top predator, *Carcharhinus leucas*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 447, p. 165-178, 2012.

MATICH, Philip; STRICKLAND, Bradley A.; HEITHAUS, Michael R. Long-term monitoring provides insight into estuarine top predator (*Carcharhinus leucas*) resilience following an extreme weather event. **Marine Ecology Progress Series**, v. 639, p. 169-183, 2020.

MCPHADEN, Michael J.; ZEBIAK, Stephen E.; GLANTZ, Michael H. ENSO as an integrating concept in earth science. **science**, v. 314, n. 5806, p. 1740-1745, 2006.

MCPHEE, Daryl. Unprovoked shark bites: are they becoming more prevalent?. **Coastal Management**, v. 42, n. 5, p. 478-492, 2014.

MIDWAY, Stephen R.; WAGNER, Tyler; BURGESS, George H. Trends in global shark attacks. **PloS one**, v. 14, n. 2, p. e0211049, 2019.

MANN, Kenneth Henry. **Ecology of coastal waters: with implications for management**. John Wiley & Sons, 2000.

MOLLES, Manuel C. **Ecology: concepts and applications**. Seventh edition. New York, NY, McGraw-Hill Education, 2016

MOTTA, Philip J.; HUBER, Daniel R. Prey capture behavior and feeding mechanics of elasmobranchs. **Biology of sharks and their relatives**, v. 1, p. 165-195, 2004.

MOTTA, Philip J. et al. Functional morphology of the feeding apparatus, feeding constraints, and suction performance in the nurse shark *Ginglymostoma cirratum*. **Journal of morphology**, v. 269, n. 9, p. 1041-1055, 2008.

NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION (NCEI). Climate at a Glance: Global Time Series. Disponível em: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series/globe/ocean/1/5/1900-2023>. Acesso em: 10 jul. 2024.

NEFF, Christopher. Australian beach safety and the politics of shark attacks. **Coastal Management**, v. 40, n. 1, p. 88-106, 2012.

NEFF, Christopher L.; YANG, Jean YH. Shark bites and public attitudes: policy implications from the first before and after shark bite survey. **Marine Policy**, v. 38, p. 545-547, 2013.

NEFF, Christopher; HUETER, Robert. Science, policy, and the public discourse of shark “attack”: a proposal for reclassifying human–shark interactions. **Journal of environmental studies and sciences**, v. 3, p. 65-73, 2013.

NEFF, Christopher. The Jaws Effect: How movie narratives are used to influence policy responses to shark bites in Western Australia. **Australian journal of political science**, v. 50, n. 1, p. 114-127, 2015.

NELSON, Randy J.; TRAINOR, Brian C. Neural mechanisms of aggression. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 8, n. 7, p. 536-546, 2007.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. Oceanic Niño Index (ONI) v5. Climate Prediction Center. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 11 jul. 2024.

ORAMS, Mark. **Marine tourism: development, impacts and management**. Routledge, 2002.

OSGOOD, Geoffrey J.; WHITE, Easton R.; BAUM, Julia K. Effects of climate-change-driven gradual and acute temperature changes on shark and ray species. **Journal of Animal Ecology**, v. 90, n. 11, p. 2547-2559, 2021.

PACE, Michael L. et al. Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. **Trends in ecology & evolution**, v. 14, n. 12, p. 483-488, 1999.

PACOUREAU, Nathan et al. Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. **Nature**, v. 589, n. 7843, p. 567-571, 2021.

PAINE, Robert T. Food webs: linkage, interaction strength and community infrastructure. **Journal of animal ecology**, v. 49, n. 3, p. 667-685, 1980.

PAPASTAMATIOU, Y. P.; LOWE, C. G. An analytical and hypothesis-driven approach to elasmobranch movement studies. **Journal of Fish Biology**, v. 80, n. 5, p. 1342-1360, 2012.

PERRY, A. L.; LOW, P. J.; ELIS, J. R.; REYNOLDS, J. D. Climate change and distribution shifts in marine fishes. **science**, v. 308, n. 5730, p. 1912-1915, 2005.

PERSHING, Andrew J. et al. Assessment of Climate Impacts on Oceans and Marine Resources of the United States. In: **AGU Fall Meeting Abstracts**. 2018. p. PA31D-1158.

PÖRTNER, Hans O.; FARRELL, Anthony P. Physiology and climate change. **Science**, v. 322, n. 5902, p. 690-692, 2008.

PÖRTNER, Hans-Otto et al. Ocean systems. In: **Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge University Press, 2014. p. 411-484.

PUNIWAI, Noelani. Pua ka wiliwili, nanahu ka manō: Understanding Sharks in Hawaiian Culture. **Human Biology**, v. 92, n. 1, p. 11-17, 2020.

REYNOLDS, William W.; CASTERLIN, Martha E. The role of temperature in the environmental physiology of fishes. In: **Environmental physiology of fishes**. Boston, MA: Springer US, 1980. p. 497-518.

REYNOLDS, Richard W. et al. An improved in situ and satellite SST analysis for climate. **Journal of climate**, v. 15, n. 13, p. 1609-1625, 2002.

RODRIGUES, Jonas Eugênio da Silva. **A problemática de incidentes com tubarões em Pernambuco, Brasil**. 2019. 138 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

ROSENBLATT, Adam E. et al. The roles of large top predators in coastal ecosystems: new insights from long term ecological research. **Oceanography**, v. 26, n. 3, p. 156-167, 2013.

RITTER, Erich; AMIN, Raid. The importance of academic research in the field of shark-human interactions: a three-pronged approach to a better understanding of shark encounters. **Chapter in Chondrichthyes-Multidisciplinary Approach**, L. da Silva Rodrigues Filho and J. de Luna Sales, eds., Chondrichthyes, InTech, Rijeka, Croatia, p. 63-80, 2017.

RUMMER, Jodie L. et al. Climate change and sharks. In: **Biology of sharks and their relatives**. CRC Press, 2022. p. 767-793.

RYAN, Laura A. et al. Environmental predictive models for shark attacks in Australian waters. **Marine Ecology Progress Series**, v. 631, p. 165-179, 2019.

SCHARPF, C. **The ETYFish Project**. Disponível em: <https://etyfish.org/>. Acesso em 03/02/2023.

SCHLAFF, Audrey M.; HEUPEL, Michelle R.; SIMPFENDORFER, Colin A. Influence of environmental factors on shark and ray movement, behaviour and habitat use: a review. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 24, p. 1089-1103, 2014.

SCHULTE, Patricia M. The effects of temperature on aerobic metabolism: towards a mechanistic understanding of the responses of ectotherms to a changing environment. **The Journal of experimental biology**, v. 218, n. 12, p. 1856-1866, 2015.

SEIBEL, Brad A.; DRAZEN, Jeffrey C. The rate of metabolism in marine animals: environmental constraints, ecological demands and energetic opportunities. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 362, n. 1487, p. 2061-2078, 2007.

SIMPFENDORFER, Colin A.; DULVY, Nicholas K. Bright spots of sustainable shark fishing. **Current Biology**, v. 27, n. 3, p. R97-R98, 2017.

SIMPFENDORFER, Colin A.; HEUPEL, Michelle R.; KENDAL, Dave. Complex human-shark conflicts confound conservation action. **Frontiers in Conservation Science**, v. 2, p. 692767, 2021.

SIMPFENDORFER, Colin A. et al. Widespread diversity deficits of coral reef sharks and rays. **Science**, v. 380, n. 6650, p. 1155-1160, 2023.

SKELTON, Zachary Robert. **Comparison of Temperature Preference and Metabolic Thermal Sensitivity Between Two Juvenile Coastal Shark Species**. University of California, San Diego, 2020.

STE-MARIE, Eric et al. Life in the slow lane: field metabolic rate and prey consumption rate of the Greenland shark (*Somniosus microcephalus*) modelled using archival biologgers. **Journal of Experimental Biology**, v. 225, n. 7, p. jeb242994, 2022.

STOCK, Charles A. et al. Seasonal sea surface temperature anomaly prediction for coastal ecosystems. **Progress in Oceanography**, v. 137, p. 219-236, 2015.

SUNDAY, Jennifer M.; BATES, Amanda E.; DULVY, Nicholas K. Thermal tolerance and the global redistribution of animals. **Nature Climate Change**, v. 2, n. 9, p. 686-690, 2012.

THATJE, Sven; HEILMAYER, Olaf; LAUDIEN, Jürgen. Climate variability and El Niño Southern Oscillation: implications for natural coastal resources and management. **Helgoland Marine Research**, v. 62, p. 5-14, 2008.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Population Prospects 2019: Highlights**. New York: United Nations, 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Publications/>. Acesso em: 11 out. 2024.

UNITED NATIONS WORLD TOURISM ORGANIZATION (UNWTO). **Tourism Highlights**. 2018. Disponível em: <https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284419876>. Acesso em: 11 out. 2024

WANG, Chunzai; PICAUT, Joël. Understanding ENSO physics—A review. **Earth's Climate: The Ocean–Atmosphere Interaction, Geophys. Monogr**, v. 147, p. 21-48, 2004.

WELTZ, Kay et al. The Influence of Environmental Variables on the Presence of White Sharks, *Carcharodon carcharias* at Two Popular Cape Town Bathing Beaches: a Generalized Additive Mixed Model. **PLoS One**, v. 8, n. 7, p. e68554, 2013.

WEST, Grant J.; STEVENS, John D. Archival tagging of school shark, *Galeorhinus galeus*, in Australia: initial results. **The behavior and sensory biology of elasmobranch fishes: an anthology in memory of Donald Richard Nelson**, p. 283-298, 2001.

WHITENACK, Lisa B.; SIMKINS JR, Daniel C.; MOTTA, Philip J. Biology meets engineering: the structural mechanics of fossil and extant shark teeth. **Journal of morphology**, v. 272, n. 2, p. 169-179, 2011.

WINGFIELD, J. C.; SAPOLSKY, R. M. Reproduction and resistance to stress: when and how. **Journal of neuroendocrinology**, v. 15, n. 8, p. 711-724, 2003.

WORM, Boris et al. Global shark fishing mortality still rising despite widespread regulatory change. **Science**, v. 383, n. 6679, p. 225-230, 2024.

ZEMAH-SHAMIR, Ziv et al. A Systematic Review of the Behavioural Changes and Physiological Adjustments of Elasmobranchs and Teleost's to Ocean Acidification with a Focus on Sharks. **Fishes**, v. 7, n. 2, p. 56, 2022.