



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA

**Tubarões da plataforma continental de Pernambuco: ocupação dos
habitats e interações oceanográficas.**

Emerson Ozias de Luna

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Francisco de Nóbrega

Recife

Outubro/2022

EMERSON OZIAS DE LUNA

**Tubarões da plataforma continental de Pernambuco: ocupação dos
habitats e interações oceanográficas.**

Monografia apresentada a disciplina trabalho de conclusão de curso (TCC), do curso de Bacharelado em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Francisco de Nóbrega

Recife

Outubro/2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Luna, Emerson Ozias de .

Tubarões da plataforma continental de Pernambuco: ocupação dos habitats e interações oceanográficas. / Emerson Ozias de Luna. - Recife, 2022.
39 : il., tab.

Orientador(a): Marcelo Francisco de Nóbrega

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Oceanografia - Bacharelado, 2022.

1. Tubarões. 2. Ecologia. 3. Habitats essenciais. 4. Plataforma Continental de Pernambuco. 5. Interações oceanográficas. I. Nóbrega, Marcelo Francisco de . (Orientação). II. Título.

570 CDD (22.ed.)

EMERSON OZIAS DE LUNA

Tubarões da plataforma continental de Pernambuco: ocupação dos habitats e interações oceanográficas

Monografia apresentada a disciplina trabalho de conclusão de curso (TCC), do curso de Bacharelado em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Comissão examinadora

Prof. Dr. Marcelo Francisco de Nóbrega
Orientador e Presidente da Banca Examinadora
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

Profa. Dra. Caroline Vieira Feitosa - Titular
Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Jorge Eduardo Lins Oliveira - Titular
Departamento de Oceanografia e Limnologia - DOL
Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN

Msc Anna Carolina Pereira Locatelli - Suplente
Departamento de Oceanografia- UFP
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelos dons a mim concedidos, por ter me mantido com saúde e força nesses tempos difíceis de pandemia e também por ter colocado as pessoas certas nos momentos precisos durante esse projeto de pesquisa.

Agradeço grandemente a toda minha família, especialmente aos meus pais José Ozias (*In memoriam*) e Eurides, por ter me transmitido as virtudes humanas que forjaram minha personalidade. Igualmente a minha esposa Mônica, companheira e incentivadora de longa data. Aqui também deixo meu reconhecimento ao meu pai de afeto, Emanuel Vieira Cupertino por sempre torcer e acreditar no meu sucesso.

De importância especial para mim. Agradeço a meu orientador e parceiro, Professor Marcelo Francisco de Nobrega pela preciosa orientação, paciência e coragem de seguir sempre em frente superando os obstáculos. Mesmo quando estes pareciam intransponíveis. E ainda por me apresentar o talentoso mestrando, Matheus Assis Oliveira que com sua ajuda e disponibilidade foi fundamental na realização desse trabalho.

Meus cumprimentos ao amigo André Conceição Cordeiro, secretário de graduação. Que me fez perceber que mudanças de rumo na vida é um sinal de sabedoria, e a coragem se fez presente no momento em que ele literalmente abriu as portas do departamento de oceanografia para mim.

Agradeço também ao Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (Docean/UFPE) pela oportunidade da realização do curso de Bacharelado em Oceanografia. E ao Laboratório de Avaliação e Geoprocessamento de Estoques Pesqueiros (LAGEP) pelo acolhimento e disponibilidade de meios.

E por fim a todos os professores e professoras que contribuíram com a minha formação acadêmica e a todas as pessoas que de alguma forma colaboraram com essa jornada e com esse trabalho!

“Um passo a frente e você não estará mais no mesmo lugar”

Chico Science e Nação Zumbi

RESUMO

Os tubarões desempenham um importante papel para o bom funcionamento de muitos ecossistemas no Brasil e no mundo, sendo predadores intermediários e de topo, regulando a abundância dos níveis tróficos. Assim como demais organismos marinhos, os tubarões costeiros possuem uma maior afinidade por determinado hábitat, dependendo de suas características ambientais. Dada a importância ecológica, trófica e funcional dos tubarões costeiros na regulação dos ecossistemas marinhos, o entendimento dos padrões do uso de hábitat desses animais torna-se imprescindível para a implementação de estratégias de conservação e planos de manejo dos ambientes costeiros. Este estudo se propôs a realizar um levantamento do estado do conhecimento dos usos dos habitats dos tubarões costeiros no espaço e tempo, assim como avaliar a variação espaço-temporal da abundância e estrutura populacional das espécies de tubarões *Carcharhinus acronotus* e *Rhizoprionodon porosus*, que ocorrem na Plataforma Continental de Pernambuco, investigando ainda aspectos da distribuição e as influências das variáveis oceanográficas. Uma pesquisa bibliométrica foi realizada na base Web of Science (WOS) para melhor compreender o status de estudo, interesse e produção científica. Os dados do presente estudo foram gerados por pescarias experimentais realizadas com embarcações da frota artesanal que operam com rede de emalhar de fundo na Plataforma Continental de Pernambuco. Um Modelo Linear Generalizado (GLM) foi estabelecido, considerando como variável resposta a probabilidade de presença das espécies *R. porosus* e *C. acronotus* em cada lance de rede. O modelo de distribuição de probabilidade utilizado foi o Binomial e a função de ligação logística, utilizando como variáveis preditoras as estações do ano, tipo de substrato, profundidade, distância da costa, latitude, temperatura e transparência da água. O modelo construído foi projetado no espaço com o uso de técnicas de interpolação. As estimativas da probabilidade de presença resultaram em diferenças estatisticamente significativas para as variáveis estações do ano, tipo de substrato, profundidade, latitude, distância da costa, transparência e temperatura da água, indicando que esses fatores e covariáveis influenciam na distribuição das espécies na Plataforma Continental de Pernambuco. *R. porosus* e *C. acronotus* foram mais abundantes no outono e inverno, em temperaturas da água que variaram entre 26 e 28 °C, por substratos mais consolidados de cascalho e pedra, com tendência de aumento da presença em áreas mais profundas e de maior transparência da água. O presente estudo concorda fortemente com padrões de uso de hábitat obtidos em outras regiões do mundo, abordando aspectos e investigações pouco estudadas, da exploração dos habitats pelas espécies de tubarões costeiros *Rhizoprionodon porosus* e *Carcharhinus acronotus*. Esses resultados contribuirão com importantes informações, que visam a implementação de medidas de conservação e manejo para esses importantes recursos.

Palavras-chave: *Rhizoprionodon porosus*; *Carcharhinus acronotus*; Habitats essenciais; Afinidades; Fidelidade.

ABSTRACT

Shark species play an important functional and trophic role for the well-functioning of ecosystems in Brazil and worldwide as they are top and mid predators, regulating the lower trophic levels abundances. As well as some marine organisms, depending on environmental factors, coastal sharks have habitat preferences. Given the sharks ecologic, trophic and functional importance to regulate the coastal marine ecosystems, the knowledge about their habitat use patterns becomes essential in implementing coastal marine habitats management plans and strategies. This present study proposed a spatio-temporal assessment on the habitat use by coastal knowledge status worldwide as well as an evaluation of the spatio-temporal variations and the influence of oceanographical variables in occurrence probabilities of the two coastal sharks *Carcharhinus acronotus* and *Rhizoprionodon porosus* throughout the Continental Shelf of Pernambuco. A bibliometric survey was conducted on the Web of Science (WOS) basis in order to understand the study and the scientific interest status. The data presented herein were obtained from artisanal fleets that operate on Pernambuco Continental Shelf using the bottom gillnet as the main fishing gear. To model tendencies and patterns, the Generalised Linear Model (GLM) was used taking the responsive variable the presence probability for both species *C. acronotus* and *R. porosus* in each bottom gillnet deployment into account. The Binomial distribution of probabilities model and the logistic link function were used in the model, the predictive variables used were seasons, substrate type, depth, coast distance, latitude, temperature and water transparency. The final built models were projected spatially using interpolation techniques. Presence probability estimates showed statistically significant differences for every predictive variable analysed (seasons, substrate type, depth, latitude, coast distance, temperature and water transparency), indicating that these variables and their covariations influence the species distribution patterns on the Pernambuco Continental Shelf. *R. porosus* and *C. acronotus* were more probable to occur between the Autumn and Winter in temperatures among 26 and 28 °C on consolidated and thicker-grained substrates showing a probability increase convergence with depth and water transparency. This study strongly follows patterns obtained in other studies using the same shark species habitat-using and brings a huge contribution to coastal shark habitat using understanding on the Tropical South Atlantic as this is the first one utilising this species in this area. These results will provide important missing information to be used on the implementation of conservation and management strategies for these important ecological resources.

Keywords: *Rhizoprionodon porosus*; *Carcharhinus acronotus*; Essential habitats; affinity; Fidelity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema de uma rede de emalhar de fundo usada na região nordeste do Brasil.....	07
Figura 2 – Exemplos de <i>Rhizoprionodon porosus</i> (a) e <i>Carcharhinus acronotus</i> (b).....	08
Figura 3 – Separação de clusters de acordo com a interação entre países (a), coocorrência das palavras-chave e clusterização de acordo com o número de vezes que coocorrem em um documento (b).....	12
Figura 4 – Lances de rede de emalhar de fundo realizados na plataforma Continental de Pernambuco.....	13
Figura 5 – Relações peso comprimento de <i>Rhizoprionodon porosus</i> (a) e <i>Carcharhinus acronotus</i> (b), capturados na plataforma continental de Pernambuco.....	14
Figura 6 – QQplot dos resíduos observados em relação aos resíduos esperados para distribuição normal do modelo GLM para probabilidade de presença (a) e distribuição de frequência dos resíduos do modelo (b).....	15
Figura 7 – Probabilidade de presença média e intervalo de confiança (95%) estimados pelo modelo GLM em relação as estações do ano (a), tipo de substrato (b), profundidade (c), latitude (d), distância da costa (e) e temperatura da água (f), para os tubarões <i>Rhizoprionodon porosus</i> e <i>Carcharhinus acronotus</i> na Plataforma Continental de Pernambuco.....	16
Figura 8 – Probabilidade de presença média e intervalo de confiança (95%) estimados pelo modelo GLM em relação a transparência da água, para os tubarões <i>Rhizoprionodon porosus</i> e <i>Carcharhinus acronotus</i> na Plataforma Continental de Pernambuco.....	17
Figura 9 – Cartografia de interpolação do modelo GLM de probabilidade de presença dos tubarões (a) e tipos de substratos (b).....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sumário da regressão potencial entre a relação do peso e comprimento da espécie <i>Rhizoprionodon porosus</i> , capturado na Plataforma Continental de Pernambuco.....	13
Tabela 2 – Sumário da regressão potencial entre a relação do peso e comprimento da espécie <i>Carcharhinus acronotus</i> , capturado na Plataforma Continental de Pernambuco.....	14
Tabela 3 – Sumário do modelo GLM para probabilidade de presença dos tubarões <i>Rhizoprionodon. porosus</i> e <i>Carcharhinus acronotus</i> na plataforma Continental de Pernambuco.....	15

SUMÁRIO

1. Introdução.....	11
2. Objetivos.....	15
3. Materiais e Métodos.....	15
4. Resultados.....	19
5. Discussão.....	28
6. Conclusão.....	31
Referências	31

1. INTRODUÇÃO

Ambientes costeiros são caracterizados no mundo principalmente pelo seu alto dinamismo ecológico com uma grande complexidade e diversidade de habitats (Boström, et al., 2011), tais como praias, recifes (arenosos e de corais), manguezais, complexos estuarinos, costões rochosos, plateau e restingas (Marino e Freire, 2013; Boström, et al., 2011). Tal dinâmica e variedade de habitats permite o suporte e manutenção de uma alta biodiversidade do ecossistema e que espécies de todos os níveis tróficos e guildas habitem e utilizem de seus recursos, fazendo com que os ambientes costeiros possuam uma ecologia complexa e única (Ricklefs e Relyea, 2019).

O Brasil é considerado um país costeiro com mais de 8.400 km de linha de costa, estende-se latitudinalmente desde 05°N a 34°S, permitindo que o país possua variadas características ambientais e habitats costeiros, como todos os ambientes citados acima (Marino e Freire, 2013). Situada no Oeste do Atlântico Sul, a linha de costa brasileira compreende o clima tropical, sub-tropical e sub-temperado (Freire et al., 2008; Marino e Freire, 2013). A região Nordeste do Brasil possui muitos habitats costeiros em sua plataforma continental, todos proporcionando uma alta complexidade espaço-temporal e ecológica à região, possuindo uma alta exploração/uso dos habitats por todas as espécies marinhas costeiras, principalmente as predadoras e carnívoras que se beneficiam da alta densidade das espécies costeiras de peixes e invertebrados (Bornatowski et al., 2014a,b; Queiroz et al., 2022).

Os tubarões desempenham um importante papel para o bom funcionamento de muitos ecossistemas no Brasil e no mundo, sendo predadores intermediários e de topo, regulando a abundância dos níveis tróficos intermediários pela regulação cima-baixo (*top down*), carreando matéria orgânica para diferentes habitats e estratos de habitats, tornando o seu uso do habitat e nicho espacial essenciais para a estabilidade/viabilidade deste (Bornatowski et al., 2014a,b; Ricklefs e Relyea, 2019; Queiroz et al., 2022). Tubarões costeiros podem inclusive desempenhar funções ecológicas tão distintas em um ecossistema a ponto de co-existir várias de suas espécies sem sobreposição significativa de nicho (Bornatowski et al., 2014a,c; Echevarría et al., 2022), reforçando assim que sua importância e contribuição ecológica nos ecossistemas é indispensável pois exploram/usam os recursos

dos habitats de maneira muito variada. Além da importância ecológica, muitas espécies de tubarões costeiros possuem também uma importância pesqueira e alimentícia, tais como *Rhizoprionodon porosus*, *R. lalandii*, *Squalus cubensis* e *Carcharhinus falciformis*, que são espécies popularmente chamadas de cação e pescadas no Brasil e no mundo (Fischer et al., 2012). Estas espécies provêm uma proteína com alto valor biológico a um baixo custo, evidenciando assim sua importância alimentar para comunidades nativas e até para comercialização no mercado interno e externo (MPA, 2012, Fischer et al., 2012).

Assim como demais organismos marinhos, os tubarões costeiros também possuem uma maior afinidade por determinado habitat dependendo de suas características ambientais (Crear et al., 2020). Na região tropical do Atlântico, as espécies predadoras de topo tendem a possuir uma afinidade ambiental similar (Yates et al., 2015), tal especificidade relaciona-se com disponibilidade de presas (recursos), temperatura (entre 20 - 25°C), salinidade (entre 18 - 25 ppt), época do ano (pequenas migrações latitudinais para reprodução e alimentação) e tipo de substrato (de cascalho a rochoso) (Speed et al., 2010; Crear et al., 2020; Mullins et al., 2021). Tais afinidades aprimoram a exploração e uso dos habitats pelos tubarões costeiros (Crear et al., 2020), os padrões de migração em tubarões costeiros são em pequena escala e geralmente ocorrem somente ao ambiente berçário (Speed et al., 2010), este fato ocorre, pois a maioria dos tubarões costeiros tropicais têm uma alta fidelidade pelo ambiente/habitat onde vive (Speed et al., 2010; Crear et al., 2020).

Sabendo-se que o hábito de sedentarismo é um produto da especificidade e fidelidade de habitat dos tubarões costeiros, um grande problema torna-se os impactos das mudanças climáticas e perda de habitats que estão associados com o aumento da temperatura, evaporação e salinidade da água (Birkmanis et al., 2020; Crear et al., 2020). Estes impactos podem influenciar diretamente a distribuição dos tubarões - diminuindo sua aptidão e capacidade exploratória do habitat - e indiretamente, alterando a abundância, distribuição e ciclo de suas presas (Speed et al., 2010; Birkmanis et al., 2020). Tais influências em conjunto podem, a um curto prazo, desregular toda a cadeia trófica dos tubarões costeiros, levando-os a um potencial risco de extinção local pela queda populacional devido a limitações ambientais do habitat sob efeito de mudanças climáticas (Meurant, 2012; Birkmanis et al., 2020; Mullins et al., 2021).

A pesca muitas vezes torna-se um problema para a viabilidade de populações e assembleias de tubarões costeiros, pois estas podem causar três principais problemas, a sobrepesca, o *bycatch* e o truncamento de populações por idade e comprimento (Planque et al., 2010; Dulvy et al., 2021; Nuez et al., 2021). A sobrepesca, como já diz o nome, causa um impacto acima do potencial de resiliência de uma população, levando a um declínio, colapso e inviabilidade populacional ao passar do tempo, podendo levá-la a extinção (Le Pape et al., 2017). O *bycatch* é um enorme problema, pois este se trata da pesca de espécies não-alvo, que muitas vezes é a maior parte pescada em pescarias industriais e até artesanais, sendo muitas vezes super-exploradas apenas como *bycatch* (Kennelly e Broadhurst, 2021). No Brasil isso tem se tornado um problema bem maior devido a comercialização indevida de várias espécies de tubarão e arraias ameaçadas de extinção como “Caçã”, aumentando assim a exploração e pesca indevida de espécies protegidas para essa comercialização não-supervisionada (Bernardo et al., 2020).

O truncamento da estrutura de comprimento e idade da população torna-se um problema quando (principalmente no caso dos predadores de topo) isso começa a influenciar no fitness ecológico da espécie, repercutindo efeitos por toda estrutura trófica, podendo causar extinções funcionais por todos níveis tróficos intermediários devido ao desbalanceamento dos predadores (Jorgensen et al., 2019; Papastamatiou et al., 2022). Tal impacto pode acumular toda uma pressão trófica para uma espécie/nicho não adaptado a tamanha pressão, a persistência dessa pressão, pode ocasionar um colapso trófico-populacional e posteriormente de toda comunidade ao passar do tempo (Jorgensen et al., 2019; Ricklefs e Relyea, 2019).

Vários métodos são utilizados para a detecção do uso e exploração de hábitat por espécies, podendo estes abranger análises de conteúdo estomacal, detectando o uso pela composição alimentar dos organismos (Carassou et al., 2017), isótopos estáveis que utilizam de impressões de carbono e nitrogênio para determinar uso do hábitat e posição trófica (Echevarría et al., 2022), telemetria acústica, utilizando de detecções de movimentos dos organismos nos hábitats (Lippi et al., 2022) e metais traços acumulados nos otólitos ou tecidos dos organismos, traçando a história de vida dos organismos a partir de composição e concentração química nos otólitos (Feitosa et al., 2020). Apesar de confiáveis mesmo sem

o uso de tomada de decisões, estes métodos impõem limitações metodológicas e financeira em muitos casos. Além desses, outros parâmetros também podem ser levados em conta, tais como a variação espaço-temporal da probabilidade de presença dos organismos em função de flutuações ambientais e oceanográficas nos habitats (Bangley et al., 2018), o que pode determinar de forma mais acessível (pelo baixo custo) e simples (pela metodologia mais replicável), porém exigindo um bom arcabouço de modelagem estatística para tornar as conclusões eficientes e confiáveis (Bangley et al., 2018; Cox et al., 2018).

O estudo de uso de habitat é amplamente utilizado ao redor do mundo, seja no ambiente terrestre ou aquático, como visto por exemplo em Cruz et al. (2018) e Lippi et al. (2022), respectivamente. Pesquisas com uso de habitat por tubarões costeiros são de extrema relevância, pois a identificação de padrões comportamentais de predadores de topo no nicho espacial e temporal são passos primordiais para a conservação e manejo de comunidades biológicas (Feitosa et al., 2020). A exploração de habitats pelos Selachimorpha com hábitos costeiros são bem reportados e conhecidos por todo oceano Atlântico Norte (Speed et al., 2010; Mullins et al., 2021), Pacífico (Jacoby et al., 2022; Echevarría et al., 2022) e Indo-pacífico (Lipscombe et al., 2020; Lee et al., 2021), no Atlântico Sul (principalmente na costa oeste), porém, há um menor volume de estudos (Feitosa et al., 2020) que em sua maioria são focados na costa Sudeste do Brasil (Bornatowski et al., 2014a,b,c), com alguns poucos (e recentes) nas costas Norte (Feitosa et al., 2020) e Nordeste (Afonso e Hazin, 2015; Niella et al., 2017). Os estudos na região Nordeste são focados na migração de nicho ontogenética das espécies *Charcharhinus leuca* (Niella et al., 2017) e *Galeocerdo curvier* (Afonso e Hazin, 2015), nenhum destes reportando padrões de variação de abundância e importância das variáveis oceanográficas na determinação do uso do habitat por parte dos tubarões costeiros.

Dada a importância ecológica, trófica e funcional dos tubarões costeiros na regulação dos ecossistemas marinhos, o entendimento dos padrões do uso de habitat desses animais torna-se imprescindível para a implementação de estratégias de conservação e planos de manejo dos ambientes costeiros. O fato de diferentes impactos antrópicos (pesca predatória, alteração física de habitats, mudanças climáticas e truncamento da estrutura etária dos estoques) estarem afetando a viabilidade populacional, fitness ecológico e

exploração do hábitat pelos tubarões, entender as consequências desses impactos sobre as comunidades marinhas e quais parâmetros influenciam na distribuição desses peixes visando tomada de decisões, é fundamental para evitar um colapso ecológico e aumentar a viabilidade, saúde e permanência dos ecossistemas marinhos costeiros. O presente estudo testou a hipótese da influência que as variáveis oceanográficas, especialmente a profundidade e as variações em relação a geomorfologia dos substratos, transparência e temperatura da água, assim como a distância da costa nas preferências e na ocupação dos habitats essenciais, para os tubarões *R. Porosus* (tubarão-rabo-seco) e *C. cronotus* (tubarão-flamengo) na Plataforma Continental de Pernambuco.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este estudo se propôs a realizar um levantamento do estado do conhecimento dos usos dos habitats dos tubarões costeiros no espaço e tempo, assim como avaliar a variação espaço-temporal da abundância e estrutura populacional das espécies de tubarões *Carcharhinus acronotus* e *Rhizoprionodon porosus*, que ocorrem na Plataforma Continental de Pernambuco, investigando ainda aspectos da distribuição e as influências das variáveis oceanográficas. Essas análises poderão contribuir com importantes informações, que visam a implementação de medidas de conservação e manejo para esses recursos.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar um levantamento bibliométrico do estado de conhecimento sobre o uso de hábitat dos tubarões costeiros no espaço e tempo;
- Estudar a relação da abundância dos tubarões costeiros em função do tempo e espaço;
- Identificar os fatores oceanográficos que interagem com a abundância dos tubarões costeiros na plataforma continental de Pernambuco;
- Descrever a estrutura populacional das espécies estudadas.

- Gerar informações das áreas essenciais para proteção dos tubarões na costa de Pernambuco.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Bibliometria

Uma pesquisa bibliométrica foi realizada na base Web of Science (WOS) para melhor compreender o status de estudo, interesse e produção científica sobre o uso de hábitat dos tubarões costeiros no espaço e tempo, os parâmetros utilizados para uma busca avançada foram:

(TI = ("Shark" AND "use*" AND "habitat*" AND "coast*") AND
 AB = ("Habitat*" AND "use*" AND "shark*" AND "coast*")) OR
 (KP = ("Habitat*" AND "use*") AND
 AB = ("Habitat*" AND "use*" AND "shark*" AND "coast*"))*

Onde TI = Título, KP = Palavras-chave, AB = Resumo. Esta pesquisa foi analisada na linguagem de programação estatística R (R Core Team, 2022) utilizando o pacote bibliometrix para performar análises bibliométricas (Aria e Cuccurullo, 2017).

3.2 Dados

Os dados do presente estudo foram gerados no âmbito de um projeto de Pós-doutorado, financiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE e CNPq (Bolsa DCR 0047-5), desenvolvido no Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas (DIMAR) do Departamento de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Pescarias experimentais foram realizadas com embarcações da frota artesanal que operam com rede de emalhar de fundo, nas localidades de Ponta de Pedras, Pau Amarelo, Candeias, Porto de Galinhas, Barra de Serinhaém e Tamandaré. As pescarias foram realizadas em perfis perpendiculares à costa, com distâncias regulares entre os perfis de aproximadamente 20 milhas, em aproximadamente 80 milhas de extensão da plataforma continental do estado de Pernambuco. Esse conjunto de pescarias foi realizado entre agosto de 2010 e outubro de 2011.

As redes de emalhe de fundo epregadas pela frota artesanal no Nordeste são confeccionadas com nylon de monofilamento, sendo fixadas no fundo do mar (Figura 1). As redes foram lançadas ao mar no final da tarde e recolhidas a noite, com tempo de submersão que variou dependendo da profundidade em que foram lançadas. As pescarias utilizaram embarcações, redes de emalhar e procedimentos de pesca das comunidades mais próximas aos perfis desenhados, visando diminuir custos com longos deslocamentos até as áreas de pesca.

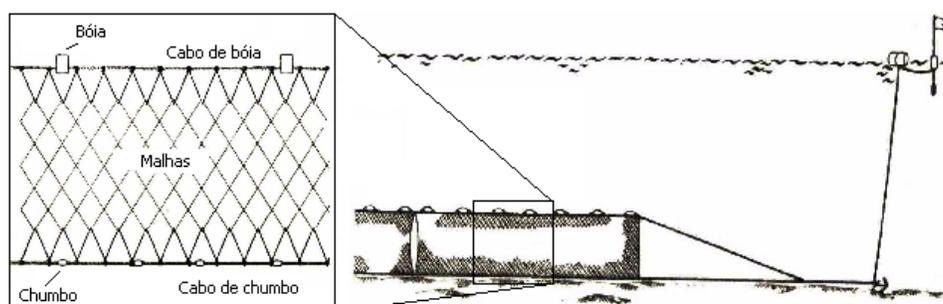


Figura 1: Esquema de uma rede de emalhar de fundo usada na região nordeste do Brasil (Fonte: Sudepe).

O esforço de pesca empregado pela embarcação em cada pescaria foi o produto do comprimento da rede vezes a altura, multiplicado pelo tempo de imersão da rede na água ($\text{km}^2 \cdot \text{hora}$). As pescarias foram realizadas utilizando um GPS (Etrex 10) e um ecobatímetro (CUDA 168), onde as seguintes informações foram registradas: latitude e longitude, comprimento e altura da rede, tamanho da malha, tempo de imersão da rede na água, profundidade, distância da costa, estação do ano, tipo de substrato, temperatura da superfície da água. A transparência da água foi medida com auxílio de um disco de Sechi.

3.3 Análises de dados e modelagem da probabilidade de presença

Após a organização dos dados das pescarias em planilhas do Microsoft® Office Excel 2003, essas informações foram transferidas para o Software estatístico SPSS 25, com o qual as análises iniciais foram desenvolvidas. Todos os exemplares capturados foram identificados, medidos (comprimento zoológico) e pesados individualmente (peso total). Uma planilha foi construída com os lances de rede em que as espécies de tubarões *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) (Figura 2a) e *Carcharhinus acronotus* (Poey, 1860)

(Figura 2b) foram capturados, assim como as variáveis latitude e longitude, comprimento e altura da rede, tamanho da malha, tempo de imersão da rede na água, profundidade, distância da costa, estação do ano, tipo de substrato, temperatura da superfície da água.

Modelos Lineares Generalizados ou GLMs foram formalmente introduzidos por Nelder & Wedderburn (1972). Posteriormente foram expandidos por McCullagh & Nelder (1989) e incorporados em avaliações de recursos pesqueiros (Helsler et al. 2004; Maunder & Punt, 2004, Venables & Dichmont 2004). Um GLM foi estabelecido com os dados do presente estudo, considerando como variável a probabilidade de presença das espécies *R. porosus* e *C. acronotus* em cada lance de rede (ponderado pelo esforço empregado em cada lance). Essa variável dicotômica considerou 0 para ausência de captura e 1 para presença de captura das espécies conjuntamente. O modelo de distribuição de probabilidade utilizado foi o Binomial e a função de ligação logística. O modelo proposto apresentou a seguinte estrutura em seus fatores e covariáveis:

Presença $\sim \beta_0 +$ estação do ano + tipo de substrato + β_1 *profundidade + β_2 *latitude + β_3 *distância da costa + β_4 *temperatura da água+ β_5 *transparência da água.

Onde: β é o termo intercepto.

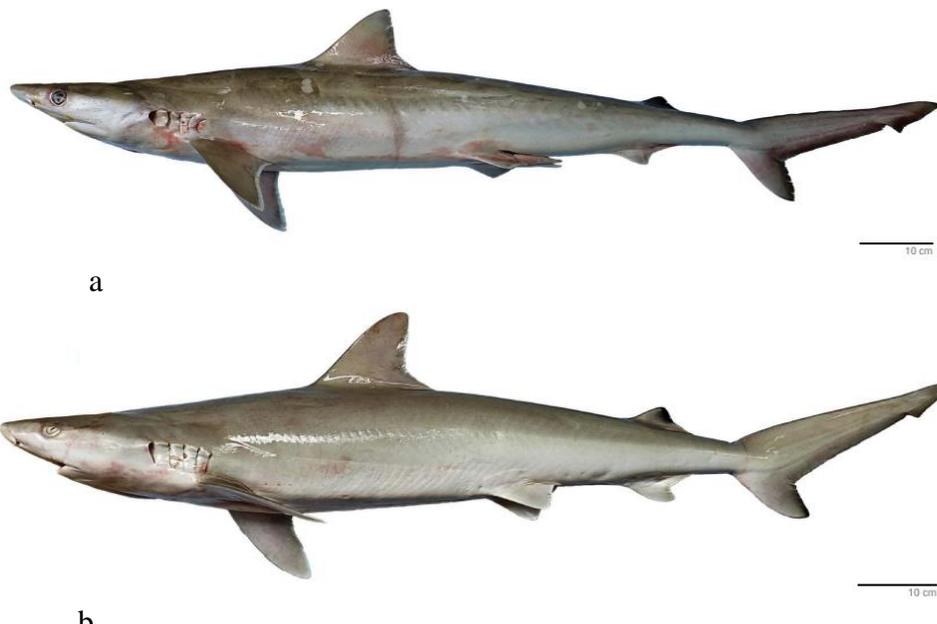


Figura 2. Exemplos de *R. Porosus* (tubarão-rabo-seco) (a) e *C. acronotus* (tubarão-flamengo) (Fotos: José Garcia Junior)

Os níveis dos fatores para as variáveis categóricas e coeficientes para as covariáveis foram examinados quanto a significância estatística, para explicar a variabilidade da variável resposta. O nível de significância de 0,05 (valores de P) foi utilizado na análise dos fatores e coeficientes, sendo incluídos no modelo somente as variáveis estatisticamente significativas. A técnica de *QQplot* foi usada para verificar o ajuste dos valores observados dos resíduos aos esperados para distribuição normal. Os resíduos do modelo foram ainda testados pelo método Kolmogorov Smirnov (KS), para verificação da normalidade ($\alpha=0,05$).

Foram utilizadas técnicas de estatística espacial com o processo de interpolação para estimar a probabilidade de presença de tubarões estimada no modelo GLM, bem como para os tipos de substratos identificados nas áreas onde os lances foram realizados na Plataforma Continental de Pernambuco. Foi utilizado o método de Kriging usando semivariogramas com modelos exponenciais. Assim, cartografias com os modelos estimados foram projetados espacialmente na área de estudo (Journel e Huijbregts, 2004). Software utilizado foi o ESRI® Arc Map. 10.0 Programa (Copyright © 1999-2010 ESRI Inc.).

3.4 Estrutura populacional

Foram estimadas as variações dos comprimentos e pesos individuais, bem como regressões potenciais foram estabelecidas com as relações do peso e comprimento para os *R. Porosus* e *C. Acronotus*. As equações foram descritas e as medidas de ajuste dos modelos aos dados verificadas.

4. RESULTADOS

4.1 Bibliometria

Na pesquisa bibliométrica foram encontrados um total de 43 artigos sobre o uso de habitats de tubarões costeiros no mundo, em um intervalo de tempo de 2006 a 2022, possuindo uma taxa de crescimento anual em produção científica de 12,18%, o número máximo de artigos publicados em um ano foram 6 em 2021, sendo o menor valor, 1 artigo publicado em 2006. Os três países mais produtivos são Austrália com 15 artigos, Estados Unidos, com 13 e Reino Unido com 8 (Figura 3a), as palavras-chave mais importantes

(Habitat use, Sharks e coastal omitidos) foram Behaviour, com 12 aparições, Movement patterns com 12 e conservação com 7 (Figura 3b). Percebe-se que os países se separaram em clusters de acordo com a contribuição entre eles (autores de países diferentes), existindo 5 clusters (Figura 3a), os que interagem principalmente com os EUA (azul), Austrália (vermelho), Portugal (Roxo), Espanha (Verde) e os que não interagem com outros países (amarelo) (Figura 3a). As palavras-chave dividiram-se em 3 clusters (Figura 3b), onde o cluster vermelho representa a parte ecológica do uso de hábitat pelos tubarões, o azul representa a relação do uso de hábitats com dinâmica populacional e ciclo de vida e o verde representa a influência dos padrões de movimentação e a fidelidade dos tubarões costeiros no uso dos hábitats (Figura 3b).

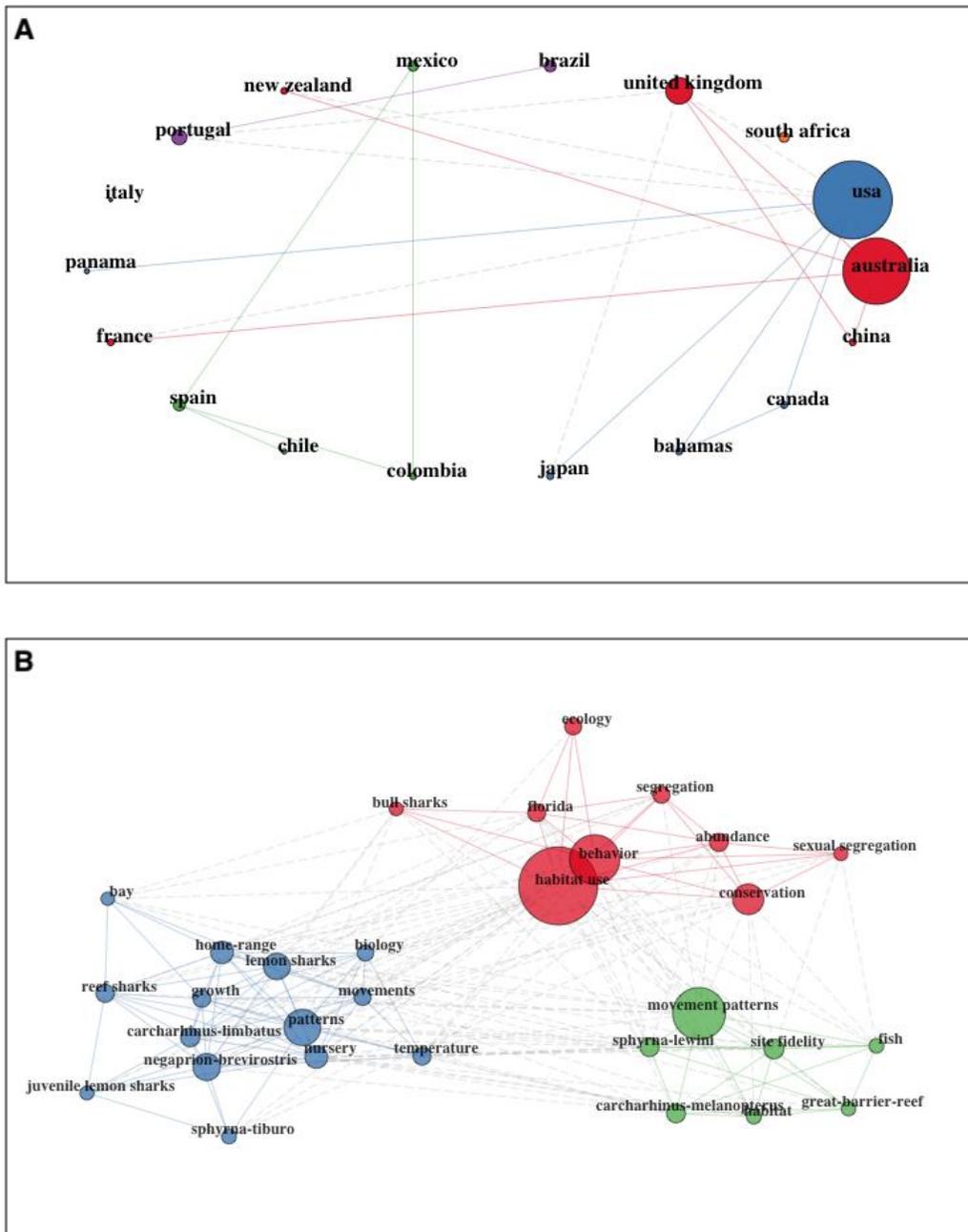


Figura 3. Separação de clusters de acordo com a interação entre países, o tamanho dos círculos representa a produção de documentos por determinado país (a); Co-ocorrência das palavras-chave e clusterização de acordo com o número de vezes que co-ocorrem em um documento, o tamanho dos círculos representa a produção de documentos com determinada palavra-chave. Linhas denotam interação, quanto mais escuras, maior a interação ou co-ocorrência (b).

4.2 Análises dos dados e estrutura populacional

Foram realizados 51 lances de rede na plataforma continental de Pernambuco (Figura 4). A espécie *R. porosus* foi capturada em 21 lances (42%), sendo capturados 105 exemplares (169,2 kg). As profundidades de captura da espécie variaram de 15 a 45 metros (média=28,5 m \pm 7,5m). A espécie *C. acronotus* foi registrada em 7 lances (13,7%), sendo capturados 21 exemplares (42,2 kg), entre as profundidades de 21,9 metros e 34,5 metros (média=27,5 m \pm 4,6 m). Os comprimentos de *R. porosus* variaram de 28 a 82,5 (média=54,2 cm \pm 13,5 cm), com pesos individuais de 170 a 6200 g (média=1600 g \pm 1452). Para *C. acronotus*, os comprimentos zoológicos variaram de 45 a 75 cm (média=57,3 cm \pm 9,6 cm) e pesos de 860 a 4200 g (média=2009 g \pm 980 g). As relações peso comprimento para *R. porosus* (Figura 5a) e *C. Acronotus* (Figura 5b) foram estatisticamente significativas (Tabela 1 e 2).

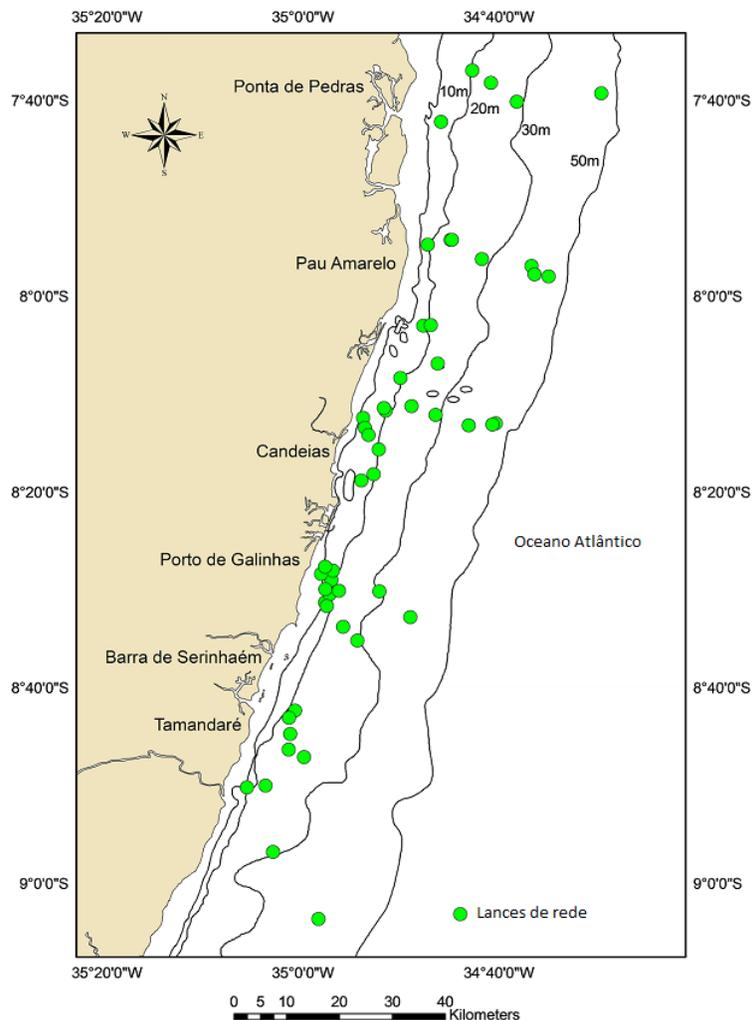


Figura 4. Lances de rede de emalhar de fundo realizados na plataforma Continental de Pernambuco

Tabela 1. Sumário da regressão potencial entre a relação do peso e comprimento da espécie *R. porosus*, capturado na Plataforma Continental de Pernambuco.

Equação	R^2	Z	GI1	GI2	P	b_0	b_1
Potencial	0,957	2319,197	1	103	1,897E-72	0,005	3,134

Tabela 2. Sumário da regressão potencial entre a relação do peso e comprimento da espécie *C. acronotus*, capturado na Plataforma Continental de Pernambuco.

Equação	R^2	Z	GI1	GI2	P	b_0	b_1
Potencial	0,991	2046,682	1	19	8,198E-21	0,009	3,029

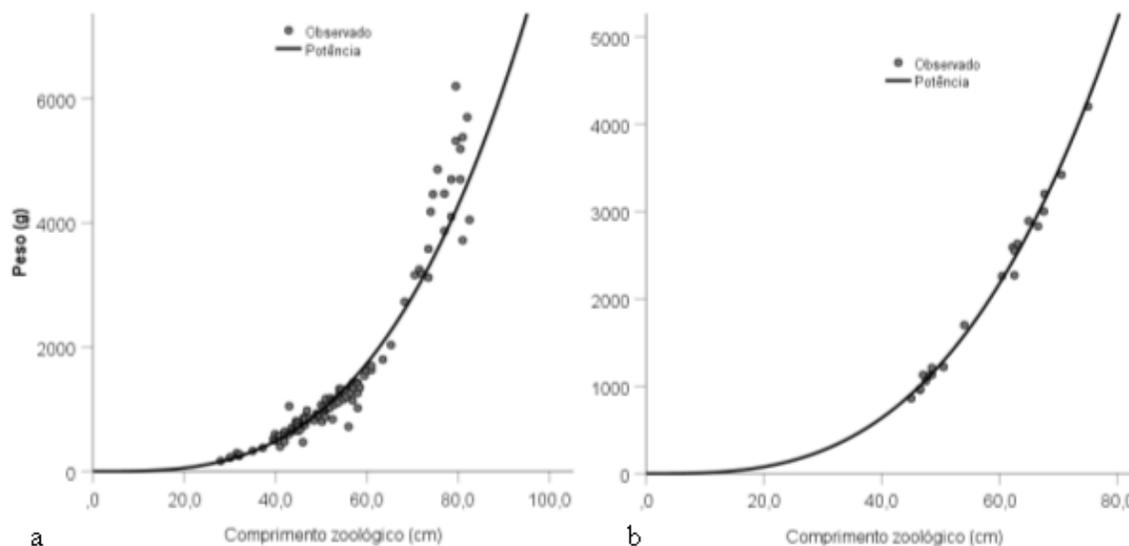


Figura 5. Relações peso comprimento de *R. porosus* (a) e *C. acronotus* (b), capturados na plataforma continental de Pernambuco.

4.3 Modelagem da probabilidade de presença

O modelo GLM estimado para probabilidade de presença dos tubarões estudados resultou em diferenças estatisticamente significativas para as variáveis estações do ano, tipo de substrato, profundidade, latitude, distância da costa, transparência e temperatura da água, indicando que esses fatores e covariáveis influenciam na distribuição das espécies *R. porosus* e *C. acronotus* na Plataforma Continental de Pernambuco (Tabela 3). O modelo apresentou um bom ajuste (Figura 6a), com os resíduos do modelo apresentando distribuição normal (Figura 6b) ($KS=0,104$; $P=0,200$).

Tabela 3. Sumário do modelo GLM para probabilidade de presença dos tubarões *C. porosus* e *C. acronotus* na plataforma Continental de Pernambuco.

Parâmetro	B	Erro Padrão	IC 95% Inferior	IC 95% Superior	gl	P
Intercepto	-9,171	0,2737	-9,707	-8,635	1	P<0,001
Estação=Inverno	2,586	0,0275	2,532	2,640	1	P<0,001
Estação=Outono	2,701	0,0250	2,652	2,750	1	P<0,001
Estação=Primavera	1,299	0,0212	1,257	1,340	1	P<0,001
Estação=Verão	0 ^a					P<0,001
Substrato=Areia	-1,789	0,0158	-1,820	-1,758	1	P<0,001
Substrato=Cascalho	-0,810	0,0104	-0,830	-0,790	1	P<0,001
Substrato=Lama	-0,522	0,0124	-0,546	-0,498	1	P<0,001
Substrato=Pedra	0 ^a					P<0,001
Profundidade	0,270	0,0017	0,266	0,273	1	P<0,001
Latitude	1,167	0,0152	1,138	1,197	1	P<0,001
Distância da costa	-0,342	0,0021	-0,347	-0,338	1	P<0,001
Transparência da água	0,204	0,0022	0,200	0,209	1	P<0,001
Temperatura da água	0,461	0,0082	0,445	0,477	1	P<0,001

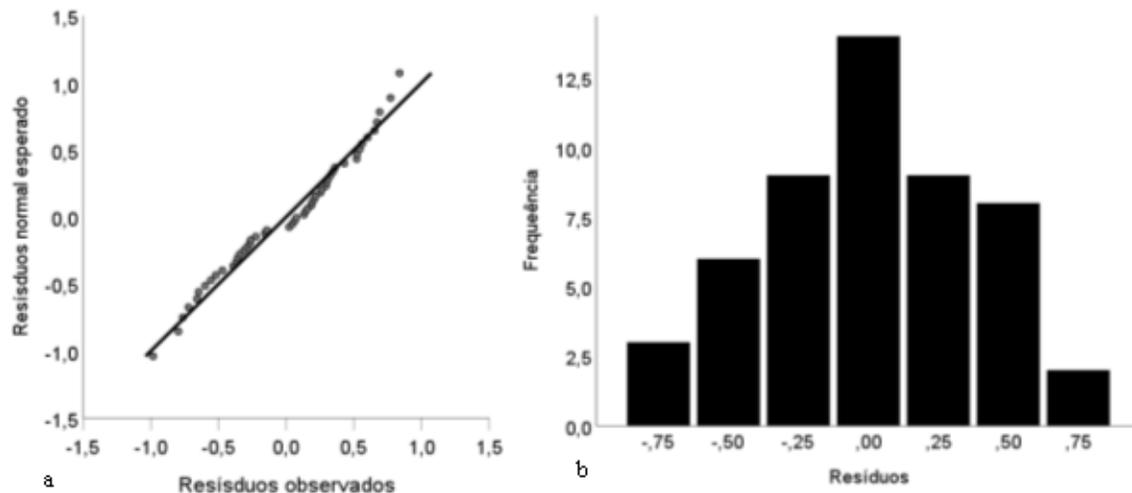


Figura 6. *QQplot* dos resíduos observados em relação aos resíduos esperados para distribuição normal do modelo GLM para probabilidade de presença (a) e distribuição de frequência dos resíduos do modelo (b).

As probabilidades de presença estimadas no modelo GLM em relação as estações do ano demonstram os maiores valores no outono e inverno (Figura 7a). Em relação aos substratos, os fundos consolidados de cascalho e pedra apresentaram as maiores probabilidades (Figura 7b). Já para profundidade, foram estimadas tendência de aumento em áreas mais profundas (Figura 7c). No extremo sul da área de estudo e nas proximidades de 7,8°S foram estimadas as maiores presenças (Figura 7d). Semelhante a profundidade, tendências mais altas da presença dos tubarões foram observadas em as áreas mais distantes da costa (Figura 7e). As espécies habitam águas entre 25°C e 28°C, sendo menos frequentes em águas mais quentes (Figura 7e), com probabilidades mais altas de presença em águas mais claras (Figura 8).

A cartografia com a interpolação do modelo GLM estimado para probabilidade de presença dos tubarões *R. Porosus* e *C. acronotus* na Plataforma Continental de Pernambuco, apresenta três áreas principais com as maiores probabilidades, sendo as maiores no extremo sul da área de estudo e entre Candeias e Pau Amarelo, principalmente a partir da profundidade de 30 metros (Figura 9a). A terceira área de menor extensão, se

localiza entre Porto de Galinhas e Barra de Serinhaém, entre as profundidades de 20 e 30 metros. A cartografia reflete as tendências de forma conjunta para as variáveis incluídas no modelo GLM, demonstrando as tendências relacionadas ao aumento da probabilidade de presença em maiores profundidades e distância da costa, principalmente a partir de 30 metros de profundidade. A cartografia da interpolação dos tipos de substratos apresenta no espaço a geomorfologia do fundo marinho na Plataforma Continental de Pernambuco (Figura 9b), demonstrando que as áreas com maior probabilidade de presença dos tubarões coincidem, de uma forma geral, com área de substratos de cascalho e pedra, conforme as tendências resultantes do modelo GLM.

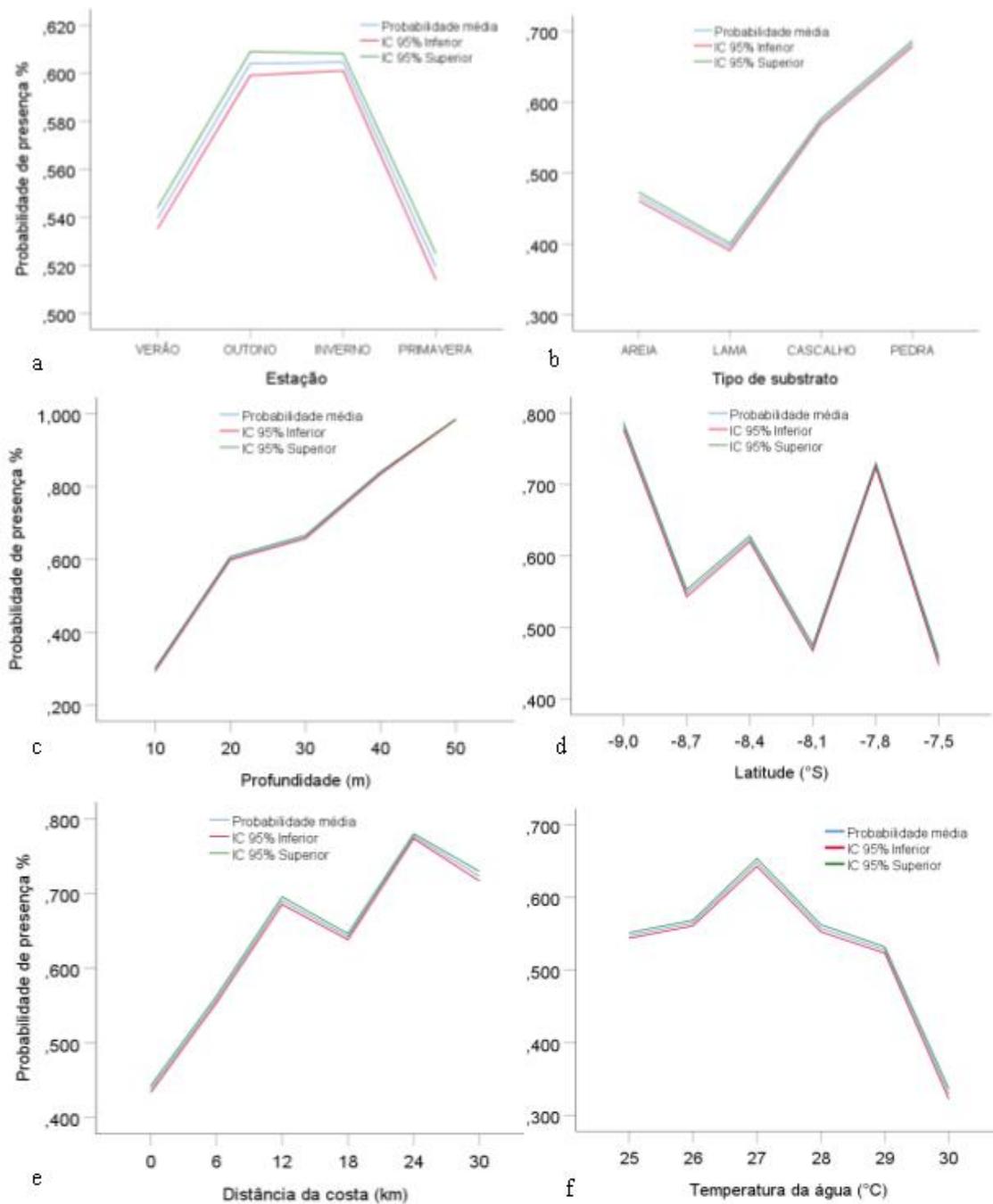


Figura 7. Probabilidade de presença média e intervalo de confiança (95%) estimados pelo modelo GLM em relação as estações do ano (a), tipo de substrato (b), profundidade (c), latitude (d), distância da costa (e) e temperatura da água (f), para os tubarões *R. porosus* e *C. acronotus* na Plataforma Continental de Pernambuco.

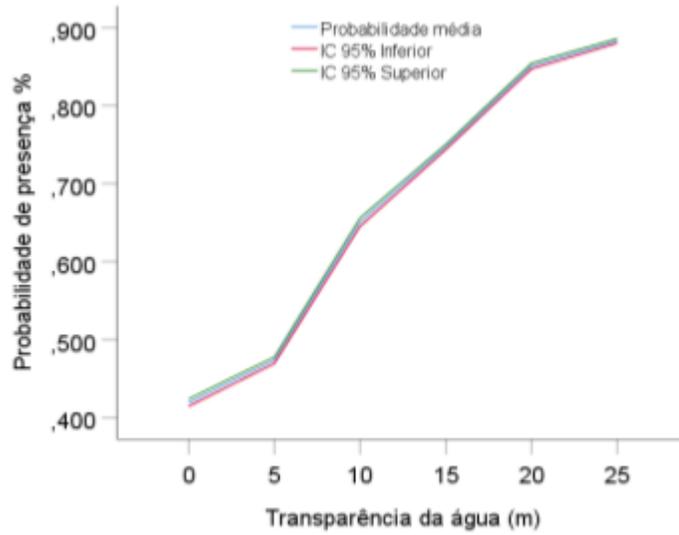


Figura 8. Probabilidade de presença média e intervalo de confiança (95%) estimados pelo modelo GLM em relação a transparência da água, para os tubarões *R. porosus* e *A. acronotus* na Plataforma Continental de Pernambuco.

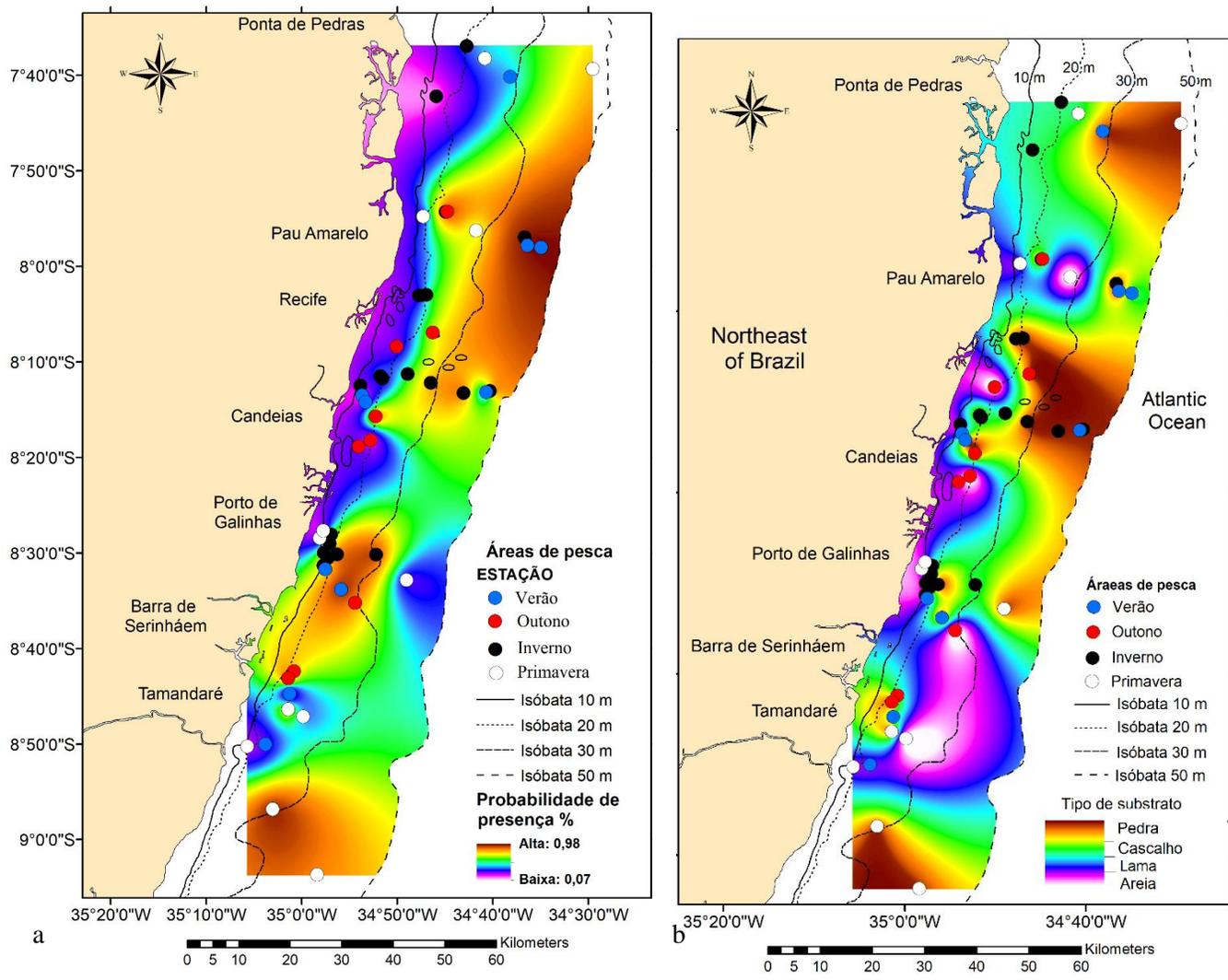


Figura 9. Cartografia de interpolação do modelo GLM de probabilidade de presença dos tubarões (a) e tipos de substratos (b).

5. DISCUSSÃO

5.1. Contribuições entre países e co-ocorrências de palavras-chave

Por ser uma área relativamente recente - que iniciou-se de fato no início dos anos 2000, a produção científica do uso de hábitat por espécies de tubarões costeiros é considerável, porém existe uma disparidade de produção científica dos países na abordagem do tópico, mostrando um retrato do interesse científico acerca desta área. Países que possuem uma alta riqueza de espécies de elasmobrânquios costeiros, como Brasil, México, Itália, Espanha, Chile e Japão publicam em pequena escala, acerca de um recurso ecológico tão importante (Speed et al., 2010)

De um modo geral, em um modelo de contribuições de países, quanto menor o número de clusters, mais determinada informação está sendo globalizada no mundo, portanto a pouca interação e a separação de 18 países em 5 clusters mostram que não há uma contribuição de conhecimentos entre diferentes pesquisadores, formando-se grupos isolados de países, que contribuem apenas entre si para a produção científica do tópico. Trazendo, desta forma, um isolamento sobre as conclusões tomadas e dados utilizados em um artigo de acordo com cada cluster ao qual o país pertence, diminuindo a troca de informações entre diferentes clusters de países.

A separação dos três clusters de co-ocorrências de palavras-chave confirma o padrão obtido para os países, para estudos de uso de habitats por tubarões costeiros, existem três agregações de pesquisa, uma focada na ecologia, uma com dinâmica populacional e a outra com a fidelidade dos tubarões aos ambientes costeiros. Este ocorrido de separações das áreas de pesquisas com pouca ou nenhuma interações entre elas pode estar atrelado a segregação de clusters de países, pois cada país em seu agrupamento mostrou que raramente publica algum documento fora de uma linha de estudo tradicional, gerando uma reflexão de agrupamentos também das áreas estudadas que pouco interagem entre si. Percebe-se então, que não há uma troca das informações entre as agregações de tópicos de pesquisa, diminuindo a qualidade e restringindo a abrangência dos estudos feitos dentro dos clusters, por uma falta de interação de diferentes tópicos para uma tomada de decisão e também mostrando que mais pesquisas entrelaçando os clusters de tópicos são necessárias, para um melhor entendimento real dos tubarões costeiros.

5.2 Análises dos dados e estrutura populacional

Vários fatores influenciam de forma expressiva na relação peso-comprimento dos tubarões, tais como movimentações em largas escalas espaciais com diferentes habitats e variação climática ao longo do ciclo de vida, migração de nicho ontogenético, maturidade, flutuações significativas de temperatura e salinidade por determinado tempo e a profundidade que o tubarão habita (Kohler et al., 1996; Najmudeen et al., 2019). A interação peso-comprimento mostrou-se muito explicativa e com pouca variação para ambos *Rhizoprionodon porosus* e *Carcharhinus acronotus*, pois os valores observados se ajustaram de forma razoável ao modelo clássico de regressão potencial para as variáveis peso e comprimento. Mostrando que, de tal forma, os tubarões mantêm-se sempre em habitats com características similares e também que exploram o ambiente de forma parecida ao longo de seu ciclo de vida, existindo uma alta fidelidade de nicho e habitat.

Estudos de *R. porosus* e *C. Acronotus* demonstram, que essas espécies possuem uma alta fidelidade e residência dos habitats. Essas confirmações para *R. porosus* foram exploradas em algumas regiões do Atlântico norte por Clementi et al. (2021), utilizando análises de vídeos e a variação de abundância e diversidade de assembleia de tubarões com presença de *R. porosus* e por Davis et al. (2019) com marcadores genéticos. Para *C. acronotus*, uma alta fidelidade de habitat também foi confirmada no Atlântico norte por Portnoy et al. (2014) com análises de genéticas e Henderson et al. (2021) com análises espaço-temporais de marca e recaptura de indivíduos, tais resultados seguem um padrão de fidelidade de habitat do gênero *Carcharhinus* observado por Oliveira (2017), para espécies deste gênero incidentes da ilha de São Pedro São Paulo a partir da telemetria acústica.

5.3 Modelagem da probabilidade de presença

A modelagem da probabilidade de presença confirma os padrões que foram inicialmente percebidos na relação peso-comprimento, com o GLM evidenciando a especificidade do habitat pelas variações significativas de probabilidade de presença das espécies, pois todas as variáveis preditivas incluídas no modelo mostrou um padrão de maior agregação. *R. porosus* e *C. acronotus* mostraram uma preferência por habitats de

substratos mais consolidados de cascalho e pedra, com tendências de maiores abundâncias em áreas mais profundas, onde esses substratos são mais encontrados, que apresentam uma maior transparência da água (provavelmente para uma melhor acuidade visual durante sua predação). No outono e inverno foram estimadas as maiores presenças. Com relação a temperatura, entre águas de 25°C e 28°C observou-se as maiores probabilidades de presença. As evidências dos modelos junto aos resultados da latitude confirmam que essas espécies possuem uma especificidade de habitats determinados por suas propriedades ambientais e geológicas, realizando pequenas movimentações na costa ao longo das estações do ano, visando sempre encontrar o habitat com características similares às descritas acima.

As interpolações das probabilidades de presença e de substrato ao longo da costa de Pernambuco deixam explícita a relação da zonação de preferências dos habitats (sendo as maiores probabilidades de presença dos tubarões em substratos consolidados e as menores em habitats lamosos), demonstrando uma possível movimentação na costa ao longo das estações do ano para encontrar os habitats. No verão, dada as altas temperaturas, os tubarões provavelmente se afastam da costa, indo para regiões mais profundas e de águas mais frias. Um possível retorno para regiões mais próximas da costa é percebido nas estações subsequentes, nas quais os tubarões retornam para áreas de profundidades intermediárias e substratos de cascalho de uma forma geral. As maiores abundâncias e agregações nas áreas entre 30 e 50 metros de profundidade, em fundos de cascalho e pedra podem estar relacionados ao período reprodutivo. Na região nordeste do Brasil, as espécies se reproduzem entre o fim do período chuvoso (inverno) e o início do período seco (primavera) (Hazin et al., 2002; Carvalho et al., 2021).

Os padrões obtidos para a probabilidade de presença e especificidade explicada por flutuações nas variáveis ambientais foi visto para *C. acronotus* no Atlântico Norte por Heithaus et al. (2007) utilizando dados de pescarias para determinar a probabilidade de pesca de tubarões na costa da Flórida e Bangley e Rulifson (2017) na costa da Carolina do Norte, onde os padrões obtidos corroboram expressivamente com os resultados modelados deste presente estudo, com esta espécie preferindo habitats relativamente profundos e transparentes, com temperaturas intermediárias e substratos mais consolidado. Para *R.*

porosus, padrões que corroboram o obtido foram vistos no Atlântico sul por Menni et al., 2009) na linha de costa entre o Rio de Janeiro e Argentina e no Atlântico norte por Pimiento et al. (2013), na região costeira do Panamá.

Como em outras regiões do mundo, os tubarões costeiros têm um intenso uso dos habitats na Plataforma Continental de Pernambuco, com alta afinidade e fidelidade às características ambientais costeiras, passando seu ciclo de vida, reproduzindo e se alimentando no habitat onde reside e desempenha suas funções ecológicas ao longo do ano, realizando pequenas movimentações na costa, dependendo da época do ano para encontrar as propriedades ambientais ideais para conseguir se alimentar e reproduzir devidamente.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo apresenta padrões de uso de habitat semelhantes aos observados em outras regiões do mundo e, contibui com informações importantes da ocupação dos habitats pelas espécies de tubarões costeiros *Rhizoprionodon porosus* e *Carcharhinus acronotus*. Na região estudada, *R. porosus* e *C. acronotus* possuem um uso intenso da região costeira do estado de Pernambuco, onde residem e realizam movimentações, devido à variação sazonal das estações do ano e mudança natural de parâmetros de afinidade dos tubarões, tais como temperatura e transparência da água, e geomorfologia dos substratos. O ciclo de vida desses tubarões são monótonos devido a alta fidelidade e afinidade pelo ambiente, isto pode ser visto já na relação peso-comprimento, onde não há variações e grandes dispersões, evidenciando que estes passam toda sua vida em um habitat que proporciona um crescimento e aumento de peso sempre similar e contínuo para todos os indivíduos de ambas as espécies. As maiores agregações no outono e inverno, em áreas entre 30 e 50 metros de profundidade, de substratos de cascalho e pedra sugerem que essas áreas são utilizadas para as atividades reprodutivas. Por fim, a preferência por águas mais claras parecem estar relacionados a fatores visuais que facilitam a identificação das presas para sua alimentação

REFERÊNCIAS

Afonso, A.S. and Hazin, F.H., 2015. Vertical movement patterns and ontogenetic niche expansion in the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*. *PloS one*, 10(1), p.e0116720.

Aria, M. and Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of informetrics*, 11(4), pp.959-975.

Bangley, C.W. and Rulifson, R.A., 2017. Habitat partitioning and diurnal-nocturnal transition in the elasmobranch community of a North Carolina estuary. *Bulletin of Marine Science*, 93(2), pp.319-338.

Bangley, C.W., Paramore, L., Shiffman, D.S. and Rulifson, R.A., 2018. Increased abundance and nursery habitat use of the bull shark (*Carcharhinus leucas*) in response to a changing environment in a warm-temperate estuary. *Scientific reports*, 8(1), pp.1-10.

Bernardo, C., de Lima Adachi, A.M.C., da Cruz, V.P., Foresti, F., Loose, R.H. and Bornatowski, H., 2020. The label “Caçõo” is a shark or a ray and can be a threatened species! Elasmobranch trade in Southern Brazil unveiled by DNA barcoding. *Marine Policy*, 116, p.103920.

Birkmanis, C.A., Freer, J.J., Simmons, L.W., Partridge, J.C. and Sequeira, A.M., 2020. Future distribution of suitable habitat for pelagic sharks in Australia under climate change models. *Frontiers in Marine Science*, 7, p.570.

Bornatowski, H., Navia, A.F., Braga, R.R., Abilhoa, V. and Corrêa, M.F.M., 2014a. Ecological importance of sharks and rays in a structural foodweb analysis in southern Brazil. *ICES Journal of Marine Science*, 71(7), pp.1586-1592.

Bornatowski, H., Braga, R.R., Abilhoa, V. and Corrêa, M.F.M., 2014b. Feeding ecology and trophic comparisons of six shark species in a coastal ecosystem off southern Brazil. *Journal of fish biology*, 85(2), pp.246-263.

Bornatowski, H., Wosnick, N., do Carmo, W.P.D., Corrêa, M.F.M. and Abilhoa, V., 2014c. Feeding comparisons of four batoids (Elasmobranchii) in coastal waters of southern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94(7), pp.1491-1499.

Boström, C., Pittman, S.J., Simenstad, C. and Kneib, R.T., 2011. Seascape ecology of coastal biogenic habitats: advances, gaps, and challenges. *Marine ecology progress series*, 427, pp.191-217.

Carassou, L., Whitfield, A.K., Moyo, S. and Richoux, N.B., 2017. Dietary tracers and stomach contents reveal pronounced alimentary flexibility in the freshwater mullet (*Myxus capensis*, Mugilidae) concomitant with ontogenetic shifts in habitat use and seasonal food availability. *Hydrobiologia*, 799(1), pp.327-348.

Carvalho, M.M., de Oliveira, M.R., de Lima, L.T.B., Nóbrega, M.F., Wanderley, B.M.S. and Oliveira, J.E.L., 2021. Reproductive aspects of Caribbean Sharpnose shark *Rhizoprionodon porosus* from Northeastern coast of Brazil. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, 11(3), pp.5-8.

Clementi, G.M., Babcock, E.A., Valentin-Albanese, J., Bond, M.E., Flowers, K.I., Heithaus, M.R., Whitman, E.R., Bergmann, M.P.V.Z., Guttridge, T.L., Shea, O.R. and Shipley, O.N., 2021. Anthropogenic pressures on reef-associated sharks in jurisdictions with and without directed shark fishing. *Marine Ecology Progress Series*, 661, pp.175-186.

Cox, S., Embling, C.B., Hosegood, P.J., Votier, S.C. and Ingram, S.N., 2018. Oceanographic drivers of marine mammal and seabird habitat-use across shelf-seas: a guide to key features and recommendations for future research and conservation management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 212, pp.294-310.

Crear, D.P., Latour, R.J., Friedrichs, M.A., St-Laurent, P. and Weng, K.C., 2020. Sensitivity of a shark nursery habitat to a changing climate. *Marine Ecology Progress Series*, 652, pp.123-136.

Davis, M.M., Suárez-Moo, P.D.J. and Daly-Engel, T.S., 2019. Genetic structure and congeneric range overlap among sharpnose sharks (genus *Rhizoprionodon*) in the Northwest Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 76(7), pp.1203-1211.

Dulvy, N.K., Pacoureau, N., Rigby, C.L., Pollom, R.A., Jabado, R.W., Ebert, D.A., Finucci, B., Pollock, C.M., Cheek, J., Derrick, D.H. and Herman, K.B., 2021. Overfishing drives over one-third of all sharks and rays toward a global extinction crisis. *Current Biology*, 31(21), pp.4773-4787.

Echevarría, L.M.P., Tamburin, E., Elorriaga-Verplancken, F.R., Marmolejo-Rodríguez, A.J., Galván-Magaña, F., Tripp-Valdez, A., Lara, A., Jonathan, M.P., Sujitha, S.B., Delgado-Huertas, A. and Arreola-Mendoza, L., 2022. How to stay together? Habitat use by three sympatric sharks in the western coast of Baja California Sur, Mexico. *Environmental Science and Pollution Research*, pp.1-13.

Fischer, J., Erikstein, K., D'Offay, B., Guggisberg, S. and Barone, M., 2012. Review of the Implementation of the International Plan of Action for the Conservation and Management of Sharks. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*, (C1076), p.I.

Freire, K.M., Christensen, V. and Pauly, D., 2008. Description of the East Brazil Large Marine Ecosystem using a trophic model. *Scientia Marina*, 72(3), pp.477-491.

Hazin, F.H., Oliveira, P.G. and Broadhurst, M.K., 2002. Reproduction of blacknose shark (*Carcharhinus acronotus*) in coastal waters off northeastern Brazil.

Heithaus, M.R., Burkholder, D., Hueter, R.E., Heithaus, L.I., Pratt, Jr, H.L. and Carrier, J.C., 2007. Spatial and temporal variation in shark communities of the lower Florida Keys and evidence for historical population declines. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64(10), pp.1302-1313.

HELSETER, TE, AE PUNT, & RD METHOT.2004. A generalized linear mixed model analysis of a multi-vessel fishery resource survey. *Fisheries Research*, 70 : 251-264.

Henderson, A.C., Smith, C., Bell, K., Gomez, T., Jourdan, A. and Lenain, E., 2021. Demographic characteristics of sharks in the sublittoral environment of the Turks and Caicos Islands. *Environmental Biology of Fishes*, 104(9), pp.1121-1137.

Jorgensen, S.J., Anderson, S., Ferretti, F., Tietz, J.R., Chapple, T., Kanive, P., Bradley, R.W., Moxley, J.H. and Block, B.A., 2019. Killer whales redistribute white shark foraging pressure on seals. *Scientific Reports*, 9(1), pp.1-9.

JOURNEL, AG & JCH HUIJBREGTS.2004. *Mining Geostatistics*. The Blackburn Press. New Jersey. 600p

Kennelly, S.J. and Broadhurst, M.K., 2021. A review of bycatch reduction in demersal fish trawls. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 31(2), pp.289-318.

Kohler, N.E., Casey, J.G. and Turner, P.A., 1996. Length-length and length-weight relationships for 13 shark species from the Western North Atlantic.

Lee, K.A., Butcher, P.A., Harcourt, R.G., Patterson, T.A., Peddemors, V.M., Roughan, M., Harasti, D., Smoothey, A.F. and Bradford, R.W., 2021. Oceanographic conditions associated with white shark (*Carcharodon carcharias*) habitat use along eastern Australia. *Marine Ecology Progress Series*, 659, pp.143-159.

Le Pape, O., Bonhommeau, S., Nieblas, A.E. and Fromentin, J.M., 2017. Overfishing causes frequent fish population collapses but rare extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(31), pp.E6274-E6274.

Lippi, D.L., Coxey, M.S., Rooker, J.R., Rezende, S.M., Dance, M.A., Gaspar, A.L.B., Maida, M. and Ferreira, B.P., 2022. Use of acoustic telemetry to evaluate fish movement, habitat use, and protection effectiveness of a coral reef no-take zone (NTZ) in Brazil. *Marine Ecology Progress Series*, 688, pp.113-131.

Lipscombe, R.S., Spaet, J.L., Scott, A., Lam, C.H., Brand, C.P. and Butcher, P.A., 2020. Habitat use and movement patterns of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) in eastern Australian waters. *ICES Journal of Marine Science*, 77(7-8), pp.3127-3137.

Mccullagh, P., J.A., Nelder. *Generalized Linear Models*, 2nd. ed. Chapman and Hall, London.

Marino, M.T.R.D. and Freire, G.S.S., 2013. Análise da evolução da linha de costa entre as Praias do Futuro e Porto das Dunas, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 13(1), pp.113-129.

Maunder, M.N., A.E., Punt.2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches *Fish. Res.* 70, 141-149.

Meurant, G., 2012. *Ecology of tropical oceans* (No. 389). Elsevier.

Mullins, L.L., Drymon, J.M., Moore, M., Skarke, A., Moore, A. and Rodgers, J.C., 2021. Defining distribution and habitat use of west-central Florida's coastal sharks through a research and education program. *Ecology and Evolution*, 11(22), pp.16055-16069.

Najmudeen, T.M., Zacharia, P.U., Seetha, P.K., Sunil, K.T.S., Radhakrishnan, M., Akhildev, S. and Sipson, A., 2019. Length–weight relationships of three species of pelagic sharks from southeastern Arabian Sea. *Regional Studies in Marine Science*, 29, p.100647.

- Nelder, J.A, RWM Wedderburn.1972. Generalized linear models. *J. Roy. Stat. Soc. Ser. A.* 135, 370-384.
- Niella, Y.V., Afonso, A.S. and Hazin, F.H., 2017. Bioecology and movements of bull sharks, *Carcharhinus leucas*, caught in a long-term longline survey off northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 15.
- Nuez, I., Gazo, M. and Cardona, L., 2021. A closer look at the bycatch of medium-sized and large sharks in the northern Catalan coast (north-western Mediterranean Sea): Evidence of an ongoing decline?. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(9), pp.2369-2380.
- Papastamatiou, Y.P., Mourier, J., Pouca, C.V., Guttridge, T.L. and Jacoby, D.M., 2022. Shark and Ray Social Lives: Form, Function, and Ecological Significance of Associations and Grouping. *Biology of Sharks and Their Relatives*, pp.545-566.
- Planque, B., Fromentin, J.M., Cury, P., Drinkwater, K.F., Jennings, S., Perry, R.I. and Kifani, S., 2010. How does fishing alter marine populations and ecosystems sensitivity to climate?. *Journal of Marine Systems*, 79(3-4), pp.403-417.
- Portnoy, D.S., Hollenbeck, C.M., Belcher, C.N., Driggers Iii, W.B., Frazier, B.S., Gelsleichter, J., Grubbs, R.D. and Gold, J.R., 2014. Contemporary population structure and post-glacial genetic demography in a migratory marine species, the blacknose shark, *Carcharhinus acronotus*. *Molecular ecology*, 23(22), pp.5480-5495.
- Queiroz, A.P.N., Góes Araújo, M.L., Hussey, N.E. and Lessa, R.P., 2022. Trophic ecology of three stingrays (Myliobatoidei: Dasyatidae) off the Brazilian Northeastern coast: habitat use and resource partitioning. *Journal of Fish Biology*.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ricklefs, R.E. and Relyea, R., 2019. *Écologie: l'économie de la nature*. De Boeck Supérieur.
- Speed, C.W., Field, I.C., Meekan, M.G. and Bradshaw, C.J., 2010. Complexities of coastal shark movements and their implications for management. *Marine ecology progress series*, 408, pp.275-293.

Yates, P.M., Heupel, M.R., Tobin, A.J. and Simpfendorfer, C.A., 2015. Ecological drivers of shark distributions along a tropical coastline. PLoS One, 10(4), p.e0121346.

VENABLES, WN, & CM DICHMONT.2004. A generalized linear model for catch allocation: an example of Australia's Northern Prawn Fishery. Fish. Res. 70, 405-422.