



Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro de Ciências Biológicas  
Departamento de Ecologia e Zoologia  
Laboratório de Biologia de Teleósteos e Elasmobrânquios

BIANCA BENNEMANN

**ANINHAMENTO vs MODULARIDADE: QUAL O PADRÃO DE  
DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES DE ELASMOBRÂNQUIOS DAS ILHAS  
OCEÂNICAS BRASILEIRAS?**

Florianópolis

2021

BIANCA BENNEMANN

**ANINHAMENTO vs MODULARIDADE: QUAL O PADRÃO DE  
DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES DE ELASMOBRÂNQUIOS DAS ILHAS  
OCEÂNICAS BRASILEIRAS?**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Renato Hajenius Aché de Freitas

Coorientadora: Ms. Maiara Albuquerque Hayata

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Bennemann, Bianca

ANINHAMENTO vs MODULARIDADE: QUAL O PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES DE ELASMOBRÂNQUIOS DAS ILHAS OCEÂNICAS BRASILEIRAS? / Bianca Bennemann ; orientador, Renato Hajenius Aché de Freitas , coorientador, Maiara Albuquerque Hayata, 2021.

50 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Ecologia. 3. Elasmobrânquios. 4. Ilhas oceânicas. I. Hajenius Aché de Freitas , Renato. II. Albuquerque Hayata, Maiara. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

Bianca Bennemann

**ANINHAMENTO vs MODULARIDADE: QUAL O PADRÃO DE  
DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES DE ELASMOBRÂNQUIOS DAS ILHAS  
OCEÂNICAS BRASILEIRAS?**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Licenciada em Ciências Biológicas” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas.

Florianópolis, 10 de maio de 2021.

---

Prof. Dr. Carlos Roberto Zanetti  
Coordenador do Curso de Ciências Biológicas

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Renato Hajenius Aché de Freitas  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Ms. Guilherme Burg Mayer  
Membro titular  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Ms. Kelly Yumi Inagaki  
Membro titular  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Dr. Thiago Cesar Lima Silveira  
Membro suplente  
Universidade Federal de Santa Catarina



## AGRADECIMENTOS

Meu mais sincero agradecimento à Universidade Federal de Santa Catarina por todas as experiências que me proporcionou, em especial a todos os professores do curso de Ciências Biológicas que puderam contribuir para minha formação como bióloga. Ao meu orientador, Renato, por ter me recebido de braços abertos no laboratório, sempre apoiando minhas escolhas, se colocando a disposição em qualquer momento, contribuindo com meu trabalho e me deixando ainda mais fascinada pelos elasmobrânquios. Querida Mai, não tenho palavras para agradecer todos os conselhos, ideias e paciência durante esse processo, obrigada de coração pela co-orientação e por ser um exemplo de cientista. À todo pessoal do LABITEL pelas conversas e dias de coleta e lab compartilhados.

À minha família, por todo apoio e encorajamento quando decidi estudar na UFSC, em especial a minha mãe, que através de suas conquistas pode me mostrar a importância do conhecimento e dedicação com aquilo que se ama. Ao meu pai, irmão, minha tia Nigue, serei eternamente grata por tudo que fizeram por mim e tudo que representam na minha vida.

Às minhas amigas de longa data, Mari, Carol e Betina, por estarem comigo mesmo longe e continuarem sendo tão especiais em minha vida. Aos amigos e colegas que cruzaram meu caminho quando cheguei em Florianópolis, em especial Camila, Bruna e Uriel, obrigada por todas as experiências incríveis que compartilhamos, pela parceria dentro e fora da sala de aula. Agradeço também às amigadas que surgiram em minha vida recentemente. Paula, minha companhia diária, obrigada pelos incontáveis dias alegres ao seu lado, pelos conselhos e paciência em diversos momentos; Isadora, pela sintonia, conversas e sorrisos. Vocês fazem minha vida valer a pena!

E, finalmente, à banca avaliadora: Gui, Kelly e Thiago. Muito obrigada por terem aceitado avaliar este trabalho, contribuindo com essa etapa tão importante da minha formação. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Pesquisa (CNPQ) pela bolsa concedida.



## RESUMO

A distribuição das espécies nos diferentes habitats pode ser influenciada por diversos fatores, entre eles características abióticas do local e atributos que cada espécie apresenta. A combinação destes fatores pode resultar, entre outros, em dois diferentes padrões de distribuição, chamados de aninhado e modular. Dentre os diversos habitats em que as espécies se distribuem, as ilhas oceânicas são ambientes complexos e peculiares do ambiente marinho. O Brasil apresenta cinco ilhas oceânicas – o Arquipélago Fernando de Noronha, Arquipélago São Pedro e São Paulo, Ilha da Trindade, Arquipélago Martim Vaz e o Atol das Rocas. Estas abrigam uma enorme diversidade de espécies e grupos extremamente ameaçados, dentre os quais podemos ressaltar os elasmobrânquios, subclasse formada pelos tubarões e raias. No presente trabalho realizamos o levantamento das espécies de elasmobrânquios ocorrentes nas ilhas oceânicas brasileiras através de revisão bibliográfica nas plataformas Scielo e Google Acadêmico, com uso de palavras chave previamente determinadas. Posteriormente, verificamos seu padrão de distribuição testando o aninhamento e modularidade através de modelos nulos. Os resultados mostram a presença de 29 espécies de tubarões e raias distribuídas entre as áreas de estudo, apresentando um padrão majoritariamente aninhado. O tempo de formação da ilha, tamanho e heterogeneidade do local se mostram possivelmente associados com a riqueza de espécies, enquanto o isolamento geográfico não aparenta influenciar este parâmetro. Averiguar a distribuição das espécies e compreender os mecanismos responsáveis pela forma como os organismos se distribuem nos determinados habitats pode ter implicações importantes na sua conservação, nos revelando locais estratégicos para preservação.

**Palavras-chave:** Tubarão; Raia; Distribuição; Aninhamento; Unidade de Conservação.





## **ABSTRACT**

The distribution of species in different habitats can be influenced by several factors, including abiotic characteristics of the environment and species' attributes. The combination of these factors can result, among others, in two different distribution patterns, called nested and modular. Among the diverse habitats in which the species are distributed, oceanic islands are complex and peculiar marine environments. Brazil has five oceanic islands - the Fernando de Noronha Archipelago, São Pedro and São Paulo Archipelago, Trindade Island, Martim Vaz Archipelago and the Rocas Atoll. These are home to an enormous diversity of species and highly threatened groups, among which we can highlight the elasmobranchs, a subclass including sharks and rays. In the present work, we surveyed of elasmobranchs species occurring in the Brazilian oceanic islands through bibliographic review using Scielo and Google Academic databases, searching for previously determined keywords. Subsequently, we checked its distribution pattern by testing nestedness and modularity metrics through null models. The results show 29 sharks and rays' species distributed among the study areas, presenting a primarily nested pattern. The period of island formation, size and habitat heterogeneity is possibly associated with species' richness, while geographic isolation does not appear to influence it. Investigating species' distribution and understanding the mechanisms responsible for structuring it can have important implications for their conservation, revealing strategic locations for species' preservation.

**Key-words:** Shark; Ray; Distribution; Nestedness; Marine Protected Area.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Localização das ilhas e arquipélagos oceânicos brasileiros .....	20
<b>Figura 2.</b> Ilhas oceânicas brasileiras avaliadas e sua riqueza de elasmobrânquios .....	28
<b>Figura 3.</b> A) Modularidade ( $Q_B$ ) da rede bipartida de espécie-ilha. B) Aninhamento (NODF) da rede bipartida de dados de presença-ausência de espécies de elasmobrânquios nas ilhas oceânicas. Em ambos os gráficos o intervalo da reta representa a distribuição teórica gerada pelo modelo nulo e o ponto representa o valor empírico de cada métrica. ....	29
<b>Figura 4.</b> Matriz de presença e ausência das espécies nas ilhas oceânicas. As linhas representam as espécies, enquanto as colunas representam as ilhas oceânicas e as células pretas indicam a presença de determinada espécie no local.....	30
<b>Figura 5.</b> Matriz de presença e ausência das espécies nas ilhas oceânicas. As linhas representam as espécies, enquanto as colunas representam as ilhas oceânicas e as células pretas indicam a presença de determinada espécie no local.....	31

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Características abióticas das ilhas oceânicas brasileiras.....	25
<b>Tabela 2.</b> Lista de espécies ocorrentes nas ilhas oceânicas brasileiras. AFN = Arquipélago Fernando de Noronha; ASPSP = Arquipélago São Pedro e São Paulo; TMV = Ilha da Trindade e Arquipélago Martim Vaz; AR = Atol das Rocas. Números sobrescritos representam a referência dos artigos analisados (Apêndice 1).....	26
<b>Tabela 3.</b> Valores das métricas de modularidade e aninhamento entre as ilhas oceânicas .....	31

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	16
2. OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVO GERAL .....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
3.1 Área de estudo .....	20
3.2 Revisão e amostragem de dados .....	20
3.3 Análise de dados .....	21
4. RESULTADOS .....	23
4.1 Características abióticas das ilhas oceânicas brasileiras.....	23
4.2 Espécies de elasmobrânquios nas ilhas oceânicas brasileiras .....	25
4. DISCUSSÃO.....	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37
Apêndice 1 .....	45



## 1. INTRODUÇÃO

A distribuição e a abundância das espécies podem ser resultado da ação de diversos fatores abióticos, como temperatura, salinidade e tipo de substrato; assim como de fatores bióticos (e.g disponibilidade de presas, risco de predação, competição e modo reprodutivo) e/ou atributos biológicos de cada espécie (PERONI; HERNÁNDEZ, 2011). O conjunto de condições e recursos oferecidos pelo habitat, somado às características e à história evolutiva da espécie, são responsáveis pela presença de determinados organismos em diferentes locais do planeta (PERONI; HERNÁNDEZ, 2011). Tais condições atuam como filtros ambientais, selecionando as espécies com traços funcionais adaptados e características que as permitem sobreviver sob o conjunto particular de condições de determinados ambientes (DINIZ, 2017; SOBRAL; CIANCIARUSO, 2012).

Dentre os diversos habitats que conhecemos, os oceanos são ambientes naturalmente heterogêneos (PALACIOS et al, 2006). Os organismos exploram um ambiente tridimensional, que pode variar de poucos metros até locais extremamente profundos, com temperaturas muito distintas (SILVA JR; GERLING, 2016). Adicionalmente, os oceanos sofrem influência da salinidade da água, regime de marés, correntes marinhas, grau de penetração da luz solar na coluna da água, entre outros fatores (SILVA JR; GERLING, 2016). Toda essa complexidade cria uma variedade de ambientes habitados por uma diversidade de espécies muito bem adaptada (PALACIOS et al, 2006).

Um dos complexos e peculiares habitats que fazem parte do ambiente marinho são as ilhas oceânicas (MOHR et al, 2009). Estas, apesar de representarem apenas 5% de cobertura terrestre do planeta, abrigam um elevado número de espécies endêmicas, extremamente vulneráveis devido à sua área geográfica restrita e à especificidade de suas interações (FONSECA et al, 2006; MARTÍN et al, 2010). Apesar de existir uma homogeneidade considerável na composição de sua fauna, estudos realizados em ilhas oceânicas demonstraram que características como temperatura, distância da costa, profundidade e substrato/tipo de recife podem influenciar tanto na diversidade e abundância de animais, quanto no grau de endemismo dessas espécies (FLOETER; GASPARINI, 2000; GIDDENS et al, 2019; MOURA et al, 1999).



O Brasil apresenta cinco ilhas oceânicas de beleza cênica única e rica biodiversidade – o Arquipélago Fernando de Noronha, Arquipélago São Pedro e São Paulo, Ilha da Trindade, Arquipélago Martim Vaz e o Atol das Rocas (MOHR et al, 2009). Os ecossistemas insulares brasileiros apresentam uma fauna diversa, abrigando desde invertebrados, atuando especialmente como base da cadeia alimentar, como crustáceos, moluscos e cnidários; animais herbívoros, como peixes recifais e algumas tartarugas marinhas; grandes filtradores e até predadores de topo, como mamíferos aquáticos e elasmobrânquios (MOHR et al, 2009).

A subclasse Elasmobranchii compreende os peixes de esqueleto cartilaginoso e está dividida em duas superordens: Batoidea, que inclui as raias, e Selachii, formada pelos tubarões (NELSON, 2006). No Brasil são conhecidas pelo menos 79 espécies de raias e 84 espécies de tubarões, amplamente distribuídos pelos ambientes marinhos e estuarinos (ICMBio, 2014). Elasmobrânquios são animais pouco abundantes, visto que apresentam uma baixa taxa de crescimento, maturação sexual tardia, baixa fecundidade e número reduzido de filhotes, fazendo com que seu índice de aumento populacional seja baixo, tornando o grupo extremamente vulnerável à extinção (ELLIS et al, 2005; STEVENS et al, 2000). No mundo, dados indicam que cerca de 30% das espécies de tubarões e raias se encontram ameaçadas de extinção (IUCN, 2020).

Como predadores de topo, elasmobrânquios desempenham um importante papel na manutenção do ecossistema marinho, atuando no controle da abundância de animais de níveis tróficos inferiores (FERRETTI et al, 2010; HEITHAUS et al, 2008). Além disso, muitos elasmobrânquios são classificados como mesopredadores, garantindo a ligação entre predadores de topo e animais de níveis tróficos inferiores (VAUDO; HEITHAUS, 2011). De fato, localidades que sofreram com perda acentuada de predadores de topo revelaram um desequilíbrio em seu funcionamento ecológico, além de uma série de efeitos indiretos na qualidade do ambiente marinho, como a redução da limpidez da água, diminuição de algas e perda de recifes (e.g. ESTES et al, 2010; FERRETTI et al, 2005; SHEPHERD; MYERS, 2005; STEVENS et al, 2000).

Entender a distribuição e abundância das espécies, somado aos fatores responsáveis por influenciar tais variáveis está entre os principais temas dentro da ecologia e é imprescindível para o desenvolvimento de estratégias eficazes de gestão e conservação (PETERSON; GRUBBS, 2020). Existem dois padrões principais, ou a combinação deles, que podem descrever a distribuição das espécies (BASELGA, 2010). O padrão aninhado, observado

quando as espécies encontradas em locais com menor riqueza são um subconjunto de espécies que habitam locais mais ricos (PATTERSON; ATMAR, 1986); e o padrão modular, observado quando a composição de espécies encontradas em cada área diverge entre si, ou seja, quando cada comunidade apresenta um conjunto diferente de espécies (BASELGA, 2010).

De acordo com a Teoria da Biogeografia de Ilhas, diversos fatores podem influenciar a distribuição e riqueza das espécies nos habitats (MACARTHUR; WILSON, 1967). Um dos princípios básicos dessa teoria é a relação espécies-área, em que o número de espécies encontradas em determinado local aumenta progressivamente com o tamanho da ilha (MORIN, 2005). Além disso, outro fator que pode influenciar a dispersão dos organismos é o isolamento da ilha, em que maiores graus de isolamento estarão relacionados a uma menor taxa de colonização de indivíduos e, conseqüentemente, reduzindo a riqueza da comunidade da ilha (SRIVARISTA, 2004).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é realizar um levantamento das espécies de elasmobrânquios ocorrentes em ilhas oceânicas brasileiras, verificando a existência de um padrão de distribuição e a influência de filtros ambientais sobre esta. A hipótese desse estudo é que ocorra um padrão de distribuição aninhado entre as comunidades das ilhas, tendo em vista que os ambientes analisados no presente trabalho apresentam características abióticas semelhantes, exercendo uma pressão seletiva correspondente no *pool* de espécies destes locais. Além disso, espera-se que as espécies sejam semelhantes entre as ilhas, uma vez que estas são relativamente próximas entre si, e considerando a alta mobilidade e capacidade dispersão que muitos elasmobrânquios apresentam.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Realizar o levantamento de espécies de elasmobrânquios ocorrentes nas ilhas oceânicas brasileiras, de maneira a avaliar a distribuição destas espécies e discutir possíveis variáveis que influenciam essa composição.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar a riqueza de elasmobrânquios presente em ilhas oceânicas brasileiras;
- Averiguar se a composição das espécies encontradas segue um padrão aninhado ou modular entre as ilhas;
- Verificar as características abióticas (distância da costa, temperatura, heterogeneidade de habitat, profundidade e salinidade) presentes em cada área de estudo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

O presente trabalho tem como área de estudo as cinco ilhas oceânicas brasileiras: Arquipélago Fernando de Noronha, Arquipélago São Pedro e São Paulo, Ilha da Trindade, Arquipélago Martim Vaz e o Atol das Rocas (Figura 1). Neste trabalho a Ilha da Trindade e o Arquipélago Martim Vaz foram tratados juntos, por serem próximos entre si e apresentarem grande similaridade, apesar de não fazerem parte da mesma cadeia insular (ALVES, 1998).



**Figura 1** - Localização das ilhas e arquipélagos oceânicos brasileiros

#### 3.2 Revisão e levantamento de dados

A revisão de informações acerca da composição de tubarões e raias de ilhas oceânicas foi realizada a partir de publicações com dados de ocorrência e distribuição destas espécies, utilizando as plataformas Scielo e Google Acadêmico. Para isso, a combinação das seguintes palavras-chave foram utilizadas: elasmobrânquios; tubarões; raias; e ilhas oceânicas

brasileiras – pesquisa realizada em português e inglês. Além disso, utilizou-se dados presentes em livros, cartilhas e encartes publicados por órgãos oficiais, como ICMBio, IBAMA e Marinha do Brasil. Foram considerados somente artigos publicados a partir do ano de 1990. A pergunta norteadora utilizada nesta parte do trabalho de revisão bibliográfica foi: “Quais espécies de elasmobrânquios ocorrem nas ilhas oceânicas do Brasil?”.

Adicionalmente, utilizando o método de referência cruzada, verificou-se a presença de artigos relevantes para a pesquisa a partir dos resultados iniciais das buscas. A classificação utilizada para tubarões está de acordo com Ebert et al (2013) e para raias segue Seret et al (2016).

Posteriormente, foi realizado o levantamento de dados relacionados a fatores abióticos encontrados em cada área de estudo, como a distância da costa, temperatura, tipo de substrato, profundidade, salinidade e correntes marítimas que influenciam cada local. Para isto, foi feita uma busca nas mesmas plataformas utilizadas anteriormente, fazendo a combinação das palavras-chave: fatores abióticos; ilhas oceânicas; e fatores ambientais. Também foram utilizadas informações publicadas por órgãos oficiais. A pergunta que norteou a amostragem foi: “Quais fatores abióticos influenciam cada ilha oceânica do Brasil?”. Quando as informações encontradas não foram suficientes, foi realizada uma nova busca utilizando cada fator ambiental para cada ilha oceânica (e.g. Temperatura – Atol das Rocas).

Registros pontuais e com dados insuficientes, ou seja, registros de espécies observadas somente em uma fonte, e que podem ter sido erros de identificação não foram considerados, e.g. *Carcharhinus signatus* em Fernando de Noronha (EVANGELISTA et al 1998); *Gymnura altavela* em Fernando de Noronha (HETZEL et al, 1995); *Mobula hipostoma* no Arquipélago São Pedro e São Paulo (HAZIN, 1999).

### **3.3 Análise de dados**

Para avaliar o padrão de distribuição das espécies nas ilhas oceânicas, foi criada uma rede bipartida de espécie-local, que considera dois conjuntos de elementos distintos que interagem entre si. Um destes elementos é representado pelas espécies (linhas da matriz de dados), enquanto o outro é representado pelas ilhas oceânicas (colunas da matriz). Assim, elementos de conjuntos diferentes podem estar conectados por arestas, representando a presença ou

ausência da espécie  $x$  na ilha  $y$ . A análise dos dados relacionados aos fatores abióticos de cada local foi feita de forma exploratória, para comparação entre um ponto e outro.

A fim de quantificar a modularidade entre a composição de espécies de elasmobrânquios das ilhas, foi utilizado o índice  $Q_B$  proposto por Barber (2007), utilizando o algoritmo *simulated annealing* (GUIMERÀ; AMARAL, 2005), de forma a maximizar o valor de  $Q$ . A modularidade pode ser positiva ou negativa, sendo que valores positivos e preferencialmente altos indicam a possível presença de estrutura modular (NEWMAN, 2006). O cálculo de  $Q_B$  é dado através da fórmula:

$$Q_B = \sum_{i=1}^{N_M} \left[ \frac{E_i}{E} - \left( \frac{K_i^C * K_i^R}{E^2} \right) \right], \text{ onde:}$$

$N_M$  é o número de módulos;

$E_i$  é o número de arestas no módulo  $i$ ;

$E$  é o número total de arestas na rede;

$K_i^C$  é o número total de arestas das espécies dentro do módulo  $i$  que pertencem à classe C (espécies);

$K_i^R$  é o número total de ligações das espécies dentro do módulo  $i$  que pertencem à classe R (ilhas).

Para quantificar aninhamento entre as comunidades, utilizamos a métrica NODF, a qual utiliza somente dados de presença e ausência (ALMEIDA-NETO et al., 2008). Este índice varia de 0 (nenhum aninhamento) a 100 (totalmente aninhado).

Para testar a significância dos valores de  $Q$  e NODF utilizamos um modelo nulo probabilístico que permuta a presença das espécies de elasmobrânquios entre as ilhas oceânicas nas redes bipartidas, utilizando a soma das linhas (presença de espécies) e das colunas (riqueza das ilhas oceânicas) (modelo nulo 2; BASCOMPTE et al., 2003). O número de replicações utilizadas para cada métrica foi de 1000, criando uma distribuição teórica de valores de  $Q$  e NODF. Os valores empíricos encontrados foram considerados significativos caso estejam fora do intervalo de confiança de 95% das distribuições teóricas geradas pelo modelo nulo. O cálculo e teste de significância de  $Q$  foram realizados no programa MODULAR (MARQUITTI et al., 2014), e o cálculo e teste de significância do índice NODF foi realizado no programa R (R CORE TEAM, 2017), com auxílio dos pacotes vegan (OKSANEN et al., 2015) e igraph (CSARDI; NEPUSZ, 2006).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Características abióticas das ilhas oceânicas brasileiras

#### *Arquipélago Fernando de Noronha*

O Arquipélago Fernando de Noronha (AFN) está localizado à 545 km da costa brasileira e sua porção emersa compreende um total de 21 ilhas, ilhotas e rochedos de natureza vulcânica, totalizando um perímetro de aproximadamente 17 km<sup>2</sup> (CASTRO, 2009; Fernando de Noronha site oficial, 2016). Este é caracterizado por apresentar rochas vulcânicas, depósitos eólicos, recifes de corais e algálicos, além de praias, depósitos lacustres e fluviais (CASTRO, 2009).

O Arquipélago é influenciado pela Corrente Sul Equatorial. O clima é tropical, com temperatura média anual de 28°C em ambiente terrestre e 26°C no mar (Fernando de Noronha site oficial, 2016). A profundidade média da plataforma marinha que rodeia o arquipélago é de 100 metros (ICMBio, 2017). Já a enseada da Caieira e a costa norte da ilha principal apresentam fundo arenoso com uma profundidade de até 35 metros, propiciando a formação de diversas praias (ICMBio, 2017). A salinidade fica em torno de 35‰ (LINSKER, 2003).

#### *Arquipélago São Pedro e São Paulo*

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) está situado a 1.010 km da costa brasileira e é considerado o menor arquipélago tropical do planeta (ICMBio, 2018b). Formado por um conjunto de ilhas rochosas, é o único arquipélago do Brasil localizado no hemisfério norte e também é o ponto brasileiro mais próximo à África (CAMPOS et al, 2009b). A parte emersa compreende uma área total de 0,07 km<sup>2</sup> e está localizada em uma região tectonicamente ativa, o que possibilita a ocorrência de abalos sísmicos (CAMPOS et al, 2009b; MIGUENS, 1996). O substrato marinho é principalmente rochoso, porém ocorrem algumas pequenas áreas arenosas (CAMPOS et al, 2005). A região da enseada, localizada entre 4 ilhas do arquipélago, apresenta o fundo composto de sedimentos advindos da atividade biológica e da desagregação das rochas (CAMPOS et al, 2005).

Influenciado pela Corrente Sul Equatorial, o ASPSP apresenta clima quente e úmido, com temperatura média anual de 27°C na superfície e 26°C na água (MENEZES, 2007; SOARES et al, 2009). Em relação a profundidade, a enseada apresenta de 8 a 15 metros de profundidade, enquanto a área que envolve o ASPSP pode chegar aos 5.000 metros

(CAMPOS et al, 2009a). Por apresentar alto índice pluviométrico, a salinidade superficial do arquipélago é baixa, variando entre 33 e 34‰ (CAMPOS et al, 2005; MACEDO et al, 2009).

#### *Trindade e Martim Vaz*

A Ilha da Trindade e o Arquipélago Martim Vaz (TMV) se situam a 1.140 km da costa de Vitória (ES), sendo o grupo insular mais afastado da costa brasileira (CASTRO, 2009). O conjunto de ilhas possui 13 km<sup>2</sup> de área e é caracterizado por apresentar rochas vulcânicas, recifes de algas, depósitos eólicos, praias estreitas e pequenos depósitos fluviais (ALMEIDA, 2000, CASTRO, 2009). Este sofre influência da Corrente do Brasil, caracterizada pela sua alta temperatura e salinidade (GASPARINI, 2004).

Ambos apresentam clima tropical, com temperatura média anual de 25°C na porção terrestre e 27°C na água (GASPARINI, 2004). TMV possui cerca de 30 montes submarinos, alguns deles apresentam entre 30 e 150 metros de profundidade, servindo como verdadeiros refúgios para a biodiversidade marinha (ICMBio, 2018a). A salinidade da superfície varia entre 34 e 38‰ (BATISTELA, 2019).

#### *Atol das Rocas*

Localizado a 270 km da linha de costa e a 150 km a oeste de Fernando de Noronha, o Atol das Rocas (AR) é o único atol localizado no Atlântico Sul, sendo um dos menores do mundo (KIKUCHI, 2002). De formato elíptico, o recife apresenta em sua formação predominantemente algas calcárias e moluscos coloniais, associados a corais verdadeiros e foraminíferos (GRASSMAN et al, 2009). O atol contém dois canais conectando a laguna interna ao oceano e, no interior de seu anel, apresenta duas ilhas, que juntas ocupam uma área de 7,2 km<sup>2</sup> (GRASSMAN et al, 2009).

Nas porções de terra, a temperatura média anual é de 29°C e na água a temperatura para a parte externa do atol é de 27°C, enquanto na região interna do recife esta pode chegar à 39°C, sofrendo influência da Corrente Sul Equatorial (KIKUCHI, 2002; MMA, 2007). A profundidade da laguna varia de 4 a 6 metros, enquanto a porção externa ao Atol atinge profundezas de 7 a 112 metros (SILVA, 2019). A crista algálica, região que envolve o Atol, apresenta 0,5 metros de profundidade (KIKUCHI; LEÃO, 1997). A salinidade da superfície do mar é em média de 37‰ (KIKUCHI, 2002).



A Tabela 1 apresenta o conjunto de características abióticas presentes em cada ilha oceânica. A distância da costa, área, profundidade e tipo de habitat são as características que mais diferem entre os locais, enquanto a temperatura e salinidade se apresentam semelhantes nos pontos de estudo.

**Tabela 1.** Características abióticas das ilhas oceânicas brasileiras.

	<b>AFN</b>	<b>ASPSP</b>	<b>TMV</b>	<b>AR</b>
<b>Distância da costa (km)</b>	545	1.010	1.140	270
<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	17	0,07	13	7,2
<b>Temperatura (°C)</b>	26	26	27	27 - 39
<b>Profundidade (m)</b>	35-100	8-15; 5.000	30-150	4-6; 7-12
<b>Salinidade (‰)</b>	35	33-34	34-38	37
<b>Habitat</b>	rochas vulcânicas, recifes de corais e algálicos e praias	substrato rochoso, algumas praias	rochas vulcânicas, recifes de algas e praias	laguna, recife formado por algas calcárias e moluscos

#### 4.2 Espécies de elasmobrânquios nas ilhas oceânicas brasileiras

Foi registrada a ocorrência de 29 elasmobrânquios (22 tubarões e 7 raias) nas ilhas oceânicas do Brasil (Tabela 1). Foram analisadas 114 publicações, sendo que 49 destas foram descartadas por não apresentarem dados relevantes para a pesquisa, resultando em 65 artigos selecionados e analisados (Apêndice 1). Número de artigos analisados por ilha: AFN: 22; ASPSP: 22; TMV: 11; AR: 18.

Dentre as ilhas oceânicas analisadas no presente estudo, o arquipélago Fernando de Noronha detém a maior riqueza de elasmobrânquios, apresentando 20 espécies de tubarões e 5 espécies de raias. O Arquipélago São Pedro e São Paulo também possui um alto número de espécies, com a presença de 15 tubarões e 5 raias. A Ilha da Trindade e o Arquipélago Martim Vaz apresentaram 12 espécies de tubarões e somente 1 espécie de raia. Por fim, foi relatada a presença de 9 elasmobrânquios no Atol das Rocas, dentre eles 6 espécies de tubarões e 3 espécies de raias (Figura 2).

**Tabela 2.** Lista de espécies ocorrentes nas ilhas oceânicas brasileiras. AFN = Arquipélago Fernando de Noronha; ASPSP = Arquipélago São Pedro e São Paulo; TMV = Ilha da Trindade e Arquipélago Martim Vaz; AR = Atol das Rocas. Números sobrescritos representam a referência dos artigos analisados (Apêndice 1).

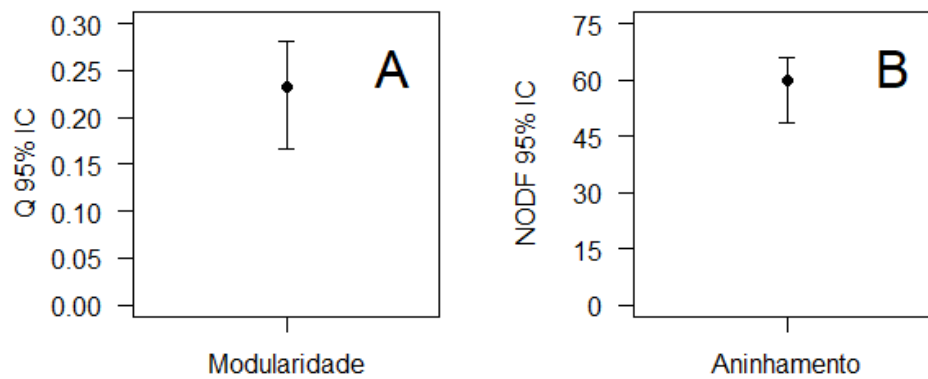
Espécie	Nome popular	AFN	ASPSP	TMV	AR
<i>Hexanchus griseus</i>	tubarão-albafar	X <sup>[2, 6, 8]</sup>	X <sup>[39]</sup>		
<i>Rhincodon typus</i>	tubarão-baleia	X <sup>[6]</sup>	X <sup>[6, 24, 25, 26, 29, 31, 36, 39]</sup>	X <sup>[44]</sup>	X <sup>[6, 54]</sup>
<i>Ginglymostoma cirratum</i>	tubarão-lixia	X <sup>[3, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 16, 17, 18]</sup>		X <sup>[6, 8, 41, 42, 45, 46, 47, 48]</sup>	X <sup>[6, 8, 50, 51, 53, 55, 57, 58, 60, 61, 62, 64, 65]</sup>
<i>Isurus oxyrinchus</i>	tubarão-mako	X <sup>[1]</sup>	X <sup>[23, 26, 31, 32, 35, 37, 39]</sup>	X <sup>[48]</sup>	
<i>Alopias superciliosus</i>	tubarão-raposa	X <sup>[1, 6]</sup>	X <sup>[27, 31, 32]</sup>		
<i>Odontaspis ferox</i>	tubarão-areia	X <sup>[13]</sup>			
<i>Carcharhinus falciformis</i>	tubarão-lombo-preto	X <sup>[3, 6]</sup>	X <sup>[6, 24, 25, 26, 28, 30, 31, 35, 37, 39, 41]</sup>	X <sup>[48]</sup>	
<i>Carcharhinus galapagensis</i>	tubarão-de-Galápagos	X <sup>[3, 6, 8]</sup>	X <sup>[6, 8, 31, 37, 39, 41]</sup>	X <sup>[48]</sup>	
<i>Carcharhinus leucas</i>	tubarão-cabeça-chata			X <sup>[48]</sup>	
<i>Carcharhinus limbatus</i>	tubarão-galha-preta	X <sup>[3, 6]</sup>	X <sup>[6, 23, 31]</sup>		
<i>Carcharhinus longimanus</i>	tubarão- galha-branca-oceânico	X <sup>[1]</sup>	X <sup>[27, 31]</sup>	X <sup>[48]</sup>	

Espécie	Nome popular	AFN	ASPSP	TMV	AR
<i>Carcharhinus obscurus</i>	tubarão-marracho		X <sup>[37, 39]</sup>		
<i>Carcharhinus perezii</i>	tubarão-dos-recifes	X <sup>[3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12]</sup>		X <sup>[6, 8, 41, 42, 45, 46, 47, 49]</sup>	X <sup>[6, 8, 50, 51, 53]</sup>
<i>Carcharhinus plumbeus</i>	tubarão-corre-costa	X <sup>[7]</sup>		X <sup>[48]</sup>	
<i>Pseudocarcharias kamoharui</i>	tubarão-crocodilo	X <sup>[6]</sup>	X <sup>[27, 31]</sup>		X <sup>[6]</sup>
<i>Galeocerdo cuvier</i>	tubarão tigre	X <sup>[1, 3, 6, 15, 17, 19, 21, 22]</sup>	X <sup>[39]</sup>	X <sup>[41, 44, 48]</sup>	X <sup>[53]</sup>
<i>Negaprion brevirostris</i>	tubarão-limão	X <sup>[3, 4, 6, 8, 10, 15, 16, 20]</sup>			X <sup>[6, 8, 50, 51, 52, 57, 58, 59, 62]</sup>
<i>Prionace glauca</i>	tubarão-azul	X <sup>[1, 6]</sup>	X <sup>[23, 26, 30, 31, 35]</sup>	X <sup>[43, 45, 46]</sup>	
<i>Sphyrna lewini</i>	tubarão- martelo-recortado	X <sup>[6, 7]</sup>	X <sup>[24, 25, 26, 30, 31, 32, 35, 37, 39, 40]</sup>	X <sup>[41, 48]</sup>	
<i>Sphyrna mokarran</i>	tubarão-martelo-panã	X <sup>[3, 6]</sup>			
<i>Sphyrna zygaena</i>	tubarão-martelo-liso	X <sup>[6]</sup>	X <sup>[37, 38, 39]</sup>		
<i>Isistius brasiliensis</i>	tubarão-charuto	X <sup>[3, 6]</sup>	X <sup>[39]</sup>		
<i>Hypanus americanus</i>	raia-manteiga	X <sup>[3, 5, 14]</sup>			X <sup>[51, 53, 56, 57, 58, 63]</sup>
<i>Aetobatus narinari</i>	raia-pintada	X <sup>[3]</sup>		X <sup>[44, 45]</sup>	X <sup>[50, 51, 53]</sup>
<i>Mobula birostris</i>	jamanta	X <sup>[3]</sup>	X <sup>[34, 39]</sup>		X <sup>[51, 53]</sup>
<i>Mobula japonica</i>	raia-manta	X <sup>[7]</sup>	X <sup>[27, 31]</sup>		
<i>Mobula tarapacana</i>	raia-manta	X <sup>[7, 9]</sup>	X <sup>[9, 26, 27, 31, 33, 34, 39]</sup>		
<i>Mobula thurstoni</i>	raia-manta-mirim		X <sup>[27, 31, 34, 37, 39]</sup>		
<i>Pteroplatytrygon violacea</i>	raia-roxa		X <sup>[27, 31, 32]</sup>		

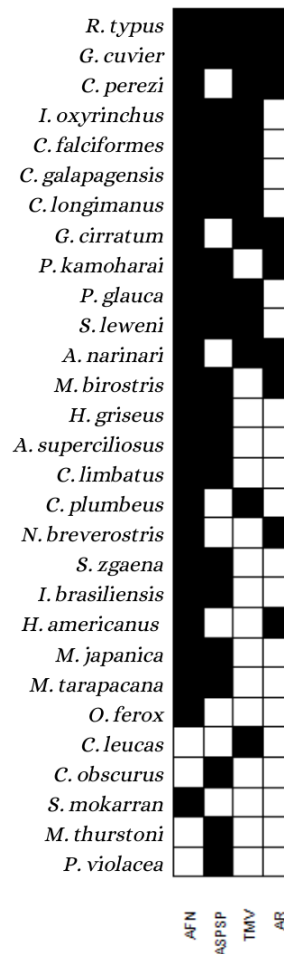


**Figura 2.** Ilhas oceânicas brasileiras avaliadas e sua riqueza de elasmobrânquios

A modularidade da rede bipartida apresentou um valor baixo e dentro do esperado ao acaso ( $Q_B = 0,231$ ;  $IC_{nulo} = 0,166 - 0,280$ ) (Figura 3A). Já o aninhamento das colunas da rede bipartida apresentou um valor alto, mesmo que dentro do esperado ao acaso ( $NODF = 59,975$ ;  $IC_{nulo} = 48,583 - 65,763$ ) (Figura 3B e Figura 4).



**Figura 3.** A) Modularidade ( $Q_B$ ) da rede bipartida de espécie-ilha. B) Aninhamento (NODF) da rede bipartida de dados de presença-ausência de espécies de elasmobrânquios nas ilhas oceânicas. Em ambos os gráficos o intervalo da reta representa a distribuição teórica gerada pelo modelo nulo e o ponto representa o valor empírico de cada métrica.

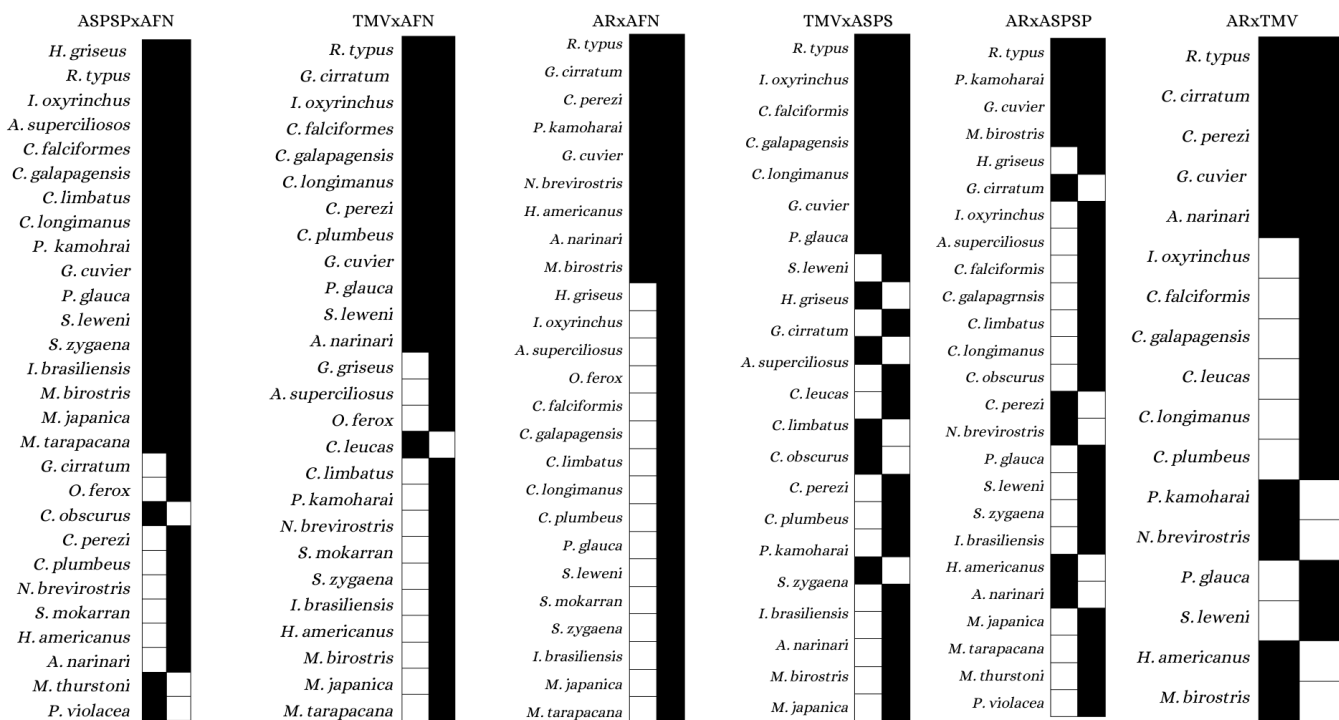


**Figura 4.** Matriz de presença e ausência das espécies nas ilhas oceânicas. As linhas representam as espécies, enquanto as colunas representam as ilhas oceânicas e as células pretas indicam a presença de determinada espécie no local.

As mesmas métricas de aninhamento e modularidade foram calculadas para todas as ilhas, par a par, a fim de avaliar a relação da distribuição das espécies de elasmobrânquios entre estas (Figura 5). A modularidade da rede bipartida entre as ilhas apresentou valores baixos (Tabela 2), enquanto o aninhamento das colunas da rede bipartida apresentou valores altos, com exceção da comparação ASPSPxAR e TMVxAR, que apresentaram um valor baixo. O aninhamento de AFNxAR apresentou  $NODF = 100$ , uma vez que a composição de espécies do Atol das Rocas é um subconjunto perfeito da composição de espécies do Arquipélago Fernando de Noronha (Tabela 2; Figura 5).

**Tabela 3.** Valores das métricas de modularidade e aninhamento entre as ilhas oceânicas

Locais	Modularidade ( $Q_B$ )	Aninhamento (NODF)
AFN $\times$ ASPSP	0,158	85
AFN $\times$ TMV	0,234	92.30
AFN $\times$ AR	0,249	100
ASPSP $\times$ TMV	0,286	61.53
ASPSP $\times$ AR	0,342	44.44
TMV $\times$ AR	0,297	14.87

**Figura 5.** Matriz de presença e ausência das espécies nas ilhas oceânicas. As linhas representam as espécies, enquanto as colunas representam as ilhas oceânicas e as células pretas indicam a presença de determinada espécie no local.

#### 4 DISCUSSÃO

No presente estudo, encontramos a presença de 29 espécies de elasmobrânquios distribuídas nas ilhas oceânicas brasileiras. Verificamos um padrão majoritariamente aninhado das espécies entre as ilhas, mesmo que não significativo, apontando que os fatores colocados anteriormente (similaridade das ilhas e capacidade de dispersão dos elasmobrânquios) podem estar influenciando este padrão. Alguns aspectos que podem explicar o surgimento do padrão aninhado são as características abióticas do local, como tamanho, isolamento e heterogeneidade do habitat, ou as peculiaridades da espécie, como requisitos de área, abundância e tolerância a esses fatores ambientais (ALMEIDA-NETO et al, 2008; ATMAR, PATTERSON, 1993). Características abióticas como a salinidade e temperatura se mostraram semelhantes entre os locais, não aparentando ter influência sobre a distribuição de elasmobrânquios nesses locais.

O processo de formação das ilhas está intimamente relacionado com a diversidade de organismos que habitam o local, visto que ilhas mais antigas apresentam um período mais longo para espécies se estabelecerem e se diversificarem, ou seja, tendem a apresentar uma maior riqueza de espécies (BADANO et al, 2005). As ilhas apresentam idades distintas, apesar de terem origem idêntica - relacionada com a evolução da cadeia Dorsal Meso-Atlântica (cordilheira submarina que se estende sob o oceano Atlântico e oceano Ártico), e constituírem a parte emersa de duas cadeias vulcânicas que surgiram em zonas de fratura durante o Eoceno Médio (ALMEIDA, 2006).

A formação do AFN se deu há aproximadamente 12 milhões de anos (FLOETER et al, 2008). Devido à maior distância da Dorsal Meso-Atlântica, espera-se que a formação do Atol das Rocas seja um pouco mais velha do que a do AFN (PEREIRA et al, 2013). O ASPSP apresenta 9,3 milhões de anos, enquanto o TMV apresenta uma formação mais recente, com cerca de 0,5 a 3,6 milhões de anos (FLOETER et al, 2008; PINHEIRO et al, 2017). De acordo com os resultados encontrados no presente trabalho, entre as 3 ilhas que se tem a idade definida (AFN, ASPSP e TMV), verificamos que a ilha mais antiga apresenta a maior riqueza de espécies, enquanto a ilha que teve sua formação mais recente apresenta a menor riqueza de elasmobrânquios. Isto indica que o tempo de formação da ilha pode estar influenciando no padrão de distribuição das espécies de elasmobrânquios.



Além disso, os ambientes presentes em cada uma das ilhas divergem. A heterogeneidade do habitat pode estar relacionada com o padrão aninhado, em que ambientes mais complexos e heterogêneos abrigam uma riqueza maior de espécies do que locais mais simples (PINHA et al, 2017). Ou seja, locais homogêneos abrigam um subconjunto das espécies presentes em um local heterogêneo, já que este poderia prover ambientes diversos para espécies com diferentes requisitos de habitat. Dentre as ilhas oceânicas estudadas no presente trabalho, o local com ambientes mais heterogêneos – AFN de fato é o arquipélago com maior riqueza de espécies, sendo constituído de praias, recifes, ambientes de fundo arenoso ou rochoso, com profundidades distintas (CASTRO, 2009). No entanto, o ASPSP, local com menor área e com ambiente consideravelmente homogêneo (substrato rochoso) (CAMPOS et al, 2005), apresenta um elevado número de espécies – 20 espécies de elasmobrânquios.

O ASPSP está localizado em um ponto estratégico, visto que está inserido entre os continentes Americano e Africano e entre dois hemisférios (HAZIN et al, 2008). Por esse motivo, representa um importante sítio de forrageio e refúgio para espécies migratórias, como é o caso de um grande número de elasmobrânquios (MORATO et al, 2010). Além disso, o ASPSP apresenta uma abundância zooplânctônica relativamente alta para uma região oceânica tropical (DÍAZ, 2007; MACEDO-SOARES, 2008) e, de acordo com Campelo et al (2019), é o local com maior biomassa de zooplâncton quando comparado ao AFN e AR. Tal característica pode explicar a maior incidência de espécies de alimentação planctônica nesse local, como o tubarão-baleia e as raias do gênero *Mobulidae*. Adicionalmente, a densidade de peixes recifais se apresenta mais alta em locais próximos à linha do Equador, o que também pode ter influência sobre a alta diversidade de elasmobrânquios no ASPSP, visto que peixes teleósteos servem de presa para diversas espécies de tubarões e raias (AGUIAR; VALENTIN, 2010; QUIMBAYO et al, 2018).

Outro aspecto a ser considerado é a área da ilha. Segundo a Teoria da Biogeografia de Ilhas, quanto maior for a ilha, mais espécies podem se estabelecer naquele local (SILVA; GERLING, 2016). Espécies com grandes requisitos de área serão encontradas somente em ilhas grandes, enquanto espécies que requerem menores áreas e podem sobreviver em ilhas menores, provavelmente serão encontradas em todos os locais (WRIGHT et al, 1998). O aninhamento pode ser resultado de diferentes exigências de área por diferentes espécies (WRIGHT et al, 1998). Por exemplo, podemos citar a espécie *Sphyrna mokarran*, presente somente no ambiente com maior área – AFN, ou a espécie *Carcharhinus perezii*, que não é

registrada apenas no local com menor área – ASPSP. Diversos estudos observaram que espécies encontradas em locais menores compõem um subconjunto da riqueza encontrada em ilhas maiores (e.g. PATTERSON; ATMAR, 1986; PINHA et al, 2017; SI et al, 2015). De fato, AFN é a ilha que ocupa a maior área e concentra maior riqueza de elasmobrânquios. Entretanto, apesar de ser considerada a menor ilha, o ASPSP é o segundo local mais rico, detendo mais espécies que duas ilhas maiores – TMV e AR – indicando que outros fatores podem estar influenciando no padrão de distribuição das espécies de elasmobrânquios nestas ilhas.

Um desses fatores é o isolamento da ilha, que também pode se relacionar ao aninhamento, de modo que locais mais isolados tenderiam a apresentar uma riqueza menor, visto que sua colonização se daria por um número reduzido de espécies, considerando as limitações de dispersão destas (PATTERSON, 1987). No presente trabalho, o isolamento da ilha não aparenta relacionar-se com o aninhamento, já que a ilha mais próxima (AR) do continente e do AFN é a que apresenta a comunidade de elasmobrânquios menos rica. Estudos prévios (e.g. SI et al, 2015; WANG et al, 2010) encontraram resultados semelhantes, demonstrando que o isolamento da ilha nem sempre está relacionado com a riqueza de espécies (GOTELLI; GRAVES, 1996).

Toda riqueza de espécies encontrada no AR é um subconjunto do AFN, porém nem toda riqueza de espécies encontrada no ASPSP e TMV está presente no AFN. Considerando que o AR está localizado a 150 km do AFN (KIKUCHI, 2002), enquanto o ASPSP e TMV estão a 610 km e 1.884 km distantes do AFN, respectivamente (GOOGLE MAPS, 2021; MACEDO et al, 2009). Este resultado pode se dar pela distância entre os locais de estudo, visto que arquipélagos distantes entre si comumente exibem uma estrutura menos aninhada do que grupos de ilhas mais próximos (COOK; QUINN, 1995).

O fato de AR apresentar a menor riqueza de espécies de elasmobrânquios dentre as áreas estudadas pode ser explicado devido às restrições do local. O AR está enquadrado na categoria de Reserva Biológica - Unidade de Conservação mais restritiva do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), sendo que a única atividade permitida no local é a pesquisa científica (ICMBio, 2017). No entanto, grande parte da pesquisa científica desenvolvida no AR é realizada dentro das duas ilhas e anel do atol, conseqüentemente, o esforço de amostragem nas áreas fora do anel é baixo (e.g. AGRA, 2009; FREITAS et al, 2009). A ausência de tubarões do gênero *Carcharhinus* no AR pode estar associada a isso,

visto que esses animais são conhecidos por habitarem águas abertas (LESSA et al, 1999). Nesse sentido, é importante destacar que o esforço amostral pode se dar de maneira diferenciada em cada ponto de estudo.

Adicionalmente, diferenças taxonômicas e a história de vida de cada espécie também precisam ser levadas em consideração (WANG, 2010), já que características biológicas da espécie podem ser importantes determinantes no padrão de ocorrência dos organismos (e.g *Pteroplatytrygon violacea*, espécie pelágica, registrada somente no ASPSP) (COOK; QUINN, 1995; FORCELEDO et al, 2008; SCHOUTEN et al, 2007). Além disso, a capacidade de dispersão também aparenta influenciar o aninhamento, em que maiores níveis de mobilidade das espécies estão associados a graus mais elevados de aninhamento (COOK; QUINN, 1995). Nesse sentido, os mecanismos responsáveis pelo surgimento de uma estrutura aninhada podem variar de acordo com o grupo taxonômico em estudo (WANG et al, 2010). Estudos prévios demonstraram que características bióticas e abióticas podem moldar as populações de tubarões e raias em diversos locais do planeta (SCHLAFF et al, 2014). Entretanto, trabalhos abordando o padrão de distribuição de elasmobrânquios são escassos na literatura. Dessa forma, reitera-se a importância de mais estudos analisando como tubarões e raias se distribuem nos diferentes habitats e os mecanismos que influenciam esses padrões.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisar a distribuição das espécies e compreender os mecanismos responsáveis pela forma como os organismos se distribuem nos determinados habitats pode ter implicações importantes na sua conservação. Esses dados nos permitem verificar locais estratégicos a se preservar e maneiras eficazes de gestão, além de esclarecer como a riqueza de espécies de determinado local se moldou ao longo do tempo.

O presente trabalho demonstrou que o tempo de formação da ilha, tamanho e heterogeneidade do ambiente podem estar associados com a riqueza de espécies de elasmobrânquios nas ilhas oceânicas brasileiras, enquanto o isolamento geográfico não aparenta influenciar este parâmetro. Além disso, outras características, como localização e biomassa planctônica, mostraram possível influência na ocorrência de um maior número de espécies no ambiente, como observado para o Arquipélago São Pedro e São Paulo. Porém não podemos descartar que o potencial esforço amostral em cada uma das áreas é diferente devido às particularidades de cada área e aos diferentes tipos de atividades humanas nestas ilhas.

Diversos estudos abordam padrões de distribuição em invertebrados marinhos e peixes recifais, sugerindo possíveis características que influenciam sua distribuição nos ambientes. Entretanto, muitos desses fatores acabam não se relacionando significativamente com elasmobrânquios, visto que estes apresentam características e hábitos muito peculiares. A baixa disponibilidade de literatura sobre o padrão de distribuição de tubarões e raias dificulta a comparação e entendimento dos fatores que os influenciam, ressaltando a necessidade de mais estudos envolvendo a distribuição destes grupos em ambientes insulares.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRA, G. Organização social de elasmobrânquios na Reserva Biológica do Atol das Rocas, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 64 p., 2009.
- AGUIAR, A. A.; VALENTIN, J. L. Biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios (Chondrichthyes: Elasmobranchii): uma revisão dos métodos e do estado da arte no Brasil. *Oecologia Australis*, v.14, n. 2, p. 464-489, 2010.
- ALMEIDA F. F. M. A ilha da Trindade. Em: Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. CPRM, Brasília, 2000.
- ALMEIDA, F. F. M. Ilhas oceânicas brasileiras e suas relações com a tectônica atlântica. *Terra e Didática*, v. 2, n. 1, p. 3–18. 2006.
- ALMEIDA-NETO, M. et al. A consistente metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos*, Copenhagen, v. 117, p. 1227-1239, 2008.
- ALVES, R. J. V. Ilha da Trindade & Arquipélago Martin Vaz: Um Ensaio Geobotânico. Serviço de Documentação da Marinha, Rio de Janeiro, 144p., 1998.
- ATMAR, W.; PATTERSON, B. The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitat. *Oecologia*, v. 96, p. 373-382, 1993.
- BADANO, E. I. et al. Species richness and structures of ant communities in a dynamic archipelago: effects of island area and age. *Journal of Biogeography*, v. 32, p. 221-227, 2005.
- BARBER, M. J. Modularity and community detection in bipartite networks. *Physical Review E*, v. 76, n. 6, 2007.
- BASCOMPTE, J. et al. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 100, p. 9383-9387, 2003
- BASELGA, A. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, v. 19, p. 134-143, 2010.
- BATISTELA, I. F. Distribuição da comunidade zooplanctônica no entorno da Ilha da Trindade com ênfase em larvas de Brachyura (Crustacea: Decapoda). Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Oceanografia, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2019.
- CAMPELO, R. P. S. et al. Zooplankton biomass around marine protected islands in the tropical Atlantic Ocean. *Journal of Sea Research*, v. 154, 2019.

- CAMPOS, T. F. C. et al. Arquipélago São Pedro e São Paulo - Soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico. In: Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil / WINGE, M. et al (Ed.). Brasília, v. 2, p. 253-265, 2005.
- CAMPOS, T. F. C. et al. Posição ímpar do Arquipélago São Pedro e São Paulo na diversidade geológica da Terra. In: O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica/ Orgs. VIANA, D. L. et al. Brasília, DF: SECIRM, 348 p., 2009a.
- CAMPOS, T. F. C. et al. Estado da Arte da Geologia do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Atlântico Norte Equatorial Brasileiro). In: Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo. Vol. II, MMA – Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, p. 55-80, 2009b.
- CASTRO, J. W. A. Geologia Ambiental das Ilhas Oceânicas de Trindade e Fernando de Noronha, Brasil. In: Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo. Vol. II, MMA – Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, p. 33-54, 2009.
- COOK, R. R.; QUINN, J. F. The influence of colonization in nested species subsets. *Oecologia* v. 102, p. 413-424, 1995.
- CSARDI, G.; NEPUSZ, T. The igraph software package for complex network research. *InterJournal*, v. Complex Systems, p. 1695, 2006.
- DÍAZ, X. F. G. Zooplâncton do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (RN, Brasil). Dissertação (mestrado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife (PE), 84f, 2007.
- DINIZ, E. S. Competição, filtros ambientais e diversidade filogenética em Florestas Atlânticas. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2017.
- EBERT, D. A. et al. Sharks of the world: A fully illustrated guide. Plymouth, NH: *Wild Nature Press*, 2013.
- ELLIS, J. et al. Shark, skate and ray research at the MBA and Cefas. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 85, p. 1021-1023, 2005.
- ESTES, J. A. et al. Some effects of apex predators in Higher-Latitude Coastal Oceans. In: *Trophic Cascades: Predators, Prey, and The Changing Dynamics of Nature*, p. 37-53, 2010.
- EVANGELISTA, J. E. V. et al. Evolução da pesca de atuns no nordeste do Brasil. *Boletim Técnico-Científico do CEPENE*, v. 6, n. 1, p. 77-108, 1998.
- FEITOZA, B. M. et al. Reef fishes of St. Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography. *Journal of Ichthyology and Aquatic Biology*, v. 7, n. 2, p. 61-82, 2003.

Fernando de Noronha site oficial. Informações turísticas. 2016. Disponível em <http://www.noronha.pe.gov.br/turInfo.php>. Acesso em 22 abr 2020.

FERRETTI, F. et al. Long Term Dynamics of the Chondrichthyan Fish Community in the Upper Tyrrhenian Sea. In: International Council for the Exploitation of the Sea. Theme Session on Elasmobranch Fisheries Science, n. 25, 2005.

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

FLOETER, S. R.; GASPARINI, J. L. The southwestern Atlantic reef fish fauna: composition and zoogeographic patterns. *Journal of Fish Biology*, v. 56, n. 5, p. 1099-1114, 2000.

FLOETER, S. R. et al. Atlantic reef fish biogeography and evolution. *Journal of Biogeography*, v. 35, p. 22-47, 2008.

FONSECA, G. A. B. et al. Conservation of island biodiversity – importance, challenges and opportunities. *Center for Applied Biodiversity Sciences, Conservation International*, Washington, DC, 16 p., 2006.

FORCELLEDO, R. et al. Distribution and population structure of the pelagic stingray, *Pteroplatytrygon violacea* (Dasyatidae), in the south-western Atlantic. *Aquatic Living Resources*, v. 21, n. 4, p. 357–363, 2008.

FREITAS, R. H. A. et al. Population size and survivorship for juvenile lemon sharks (*Negaprion brevirostris*) on their nursery grounds at a marine protected area in Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v. 7, n.2, p. 205-212, 2009.

GASPARINI, J. L. Ilha da Trindade e Arquipélago Martin Vaz: pedaços de Vitória no azul atlântico. *GSA*, 100 p., 2004.

GIDDENS, J. et al. Patterns in Bathyal Demersal Biodiversity and Community Composition Around Archipelagos in the Tropical Eastern Pacific. *Frontiers in Marine Science*, v. 6, 2019.

GOOGLE MAPS. Disponível em <http://mapas.google.com/>. Acesso em 10 fev 2020.

GOTELLI, N. J.; GRAVES, G. R. Null models in ecology. *Smithsonian Institution Press*, Washington, 1996.

GRASSMANN, A. et al. Conservação e Pesquisa das Tartarugas Marinhas nas Ilhas Oceânicas de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e Trindade, Brasil. In: Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo. Vol. II, MMA – Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, p. 199-222, 2009.

GUIMERÀ, R.; AMARAL, L. A. N. Cartography of complex networks: modules and universal roles. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, v. 2005, 2005.

HAZIN, F. H. V. et al. Levantamento da fauna de elasmobrânquios da reserva biológica do Atol das Rocas. *I Workshop NEOCEANO*, Recife, PE. p. 76, 1997.

HAZIN, F. H. V. et al. Relatório técnico-científico – Projeto Ecotuba. Laboratório de Oceanografia Pesqueira, Departamento de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 1999.

HAZIN, F. et al. Occurrences of whale shark (*Rhincodon typus* Smith, 1828) in the Saint Peter and Saint Paul archipelago, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 68, n.2, 385–389, 2008.

HEITHAUS, M. R. et al. Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 23, n. 4, p. 202-210, 2008.

HETZEL, B.; NEGREIROS, S. Fernando de Noronha. São Paulo, *Prêmio*, 128p., 1995.

ICMBio. Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Tubarões e Raias Marinhos Ameaçados de Extinção. Ministério do Meio Ambiente – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2014. Disponível em <<https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-pan/pan-tubaroes/1-ciclo/pan-tubaroes-sumario.pdf>>. Acesso em 03 mai 2020.

ICMBio. Análise Regional da Unidade de Conservação. Encarte 2 – Plano de Manejo APA Fernando de Noronha, Rocas e São Pedro e São Paulo, 2017.

ICMBio. Plano de Manejo para a Reserva Biológica do Atol das Rocas, 2017. Disponível em <[https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/rebio\\_atol-das-rocas.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/rebio_atol-das-rocas.pdf)>. Acesso em 13 fev 2021.

ICMBio. Notícia – Brasil cria quatro novas unidades marinhas. 2018a. Disponível em <<https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/9509-brasil-cria-quatro-novas-unidades-marinhas>>. Acesso em 18 abr 2020.

ICMBio. Diagnóstico Biológico e Sócio-Econômico para a proposta de criação de uma Área de Proteção Ambiental (APA) e um Monumento Natural Marinho (MONA) no Arquipélago São Pedro e São Paulo. 2018b.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1. Disponível em <<https://www.iucnredlist.org>>. Acesso em 18 abr 2020.

KIKUCHI, R. K. P. Atol das Rocas, Litoral do Nordeste do Brasil - Único atol do Atlântico Sul Equatorial Ocidental. In: Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral / CPRM - Serviço Geológico do Brasil / SIGEP - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos, Brasília, v. 1, p. 379-390, 2002.

KIKUCHI, R. K. P.; LEÃO, Z. M. A. N. Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic, Brazil): an atoll built primarily by coralline algae. In: H. Lessios and I. Macintyre (eds), *Proceedings Of*



*The International Coral Reef Symposium*, p. 731-736, Smithsonian Tropical Research Institute, Panama, 1997.

LESSA, R. P. et al. Biodiversidade de elasmobrânquios do Brasil: relatório para o programa nacional de diversidade biológica (PRONABIO) - Necton- Elasmobrânquios. Recife: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA), 1999.

LINSKER, R. Arquipélago de Fernando de Noronha: o paraíso do vulcão. *São Paulo: Terra Virgem Editora*, 167 p., 2003.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton: University Press, 203p., 1967.

MACEDO, S. J. et al. Hidrologia. In: Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica/ Orgs. VIANA, D. L. et al. Brasília, DF: SECIRM, 348 p., 2009.

MACEDO-SOARES, L.C.P. Ecologia do ictioplâncton no Arquipélago São Pedro e São Paulo (Trabalho de Conclusão de Curso) Graduação em Engenharia de Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Florianópolis, SC, 54 f, 2008.

MARQUITTI, F. M. D. et al. MODULAR: software for the autonomous computation of modularity in large network sets. *Ecography*, v. 37, p. 221 – 224, 2014.

MARTÍN, J. L. et al. Using taxonomically unbiased criteria to prioritize resource allocation for oceanic island species conservation. *Biodiversity and Conservation*, v. 16, n. 6, p. 1659-1682, 2010.

MENEZES, B. S. Variação espaço-temporal e nictemeral de Euphausiacea (Crustacea) (“Krill”) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: inverno e primavera de 2003. Relatório de Estágio Supervisionado II (Graduação em Engenharia de Aqüicultura), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

MIGUENS, A. P. Navegação Costeira, Estimada e em Águas Restritas. Volume I. Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha. Rio de Janeiro, 1996.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Relatório Parametrizado – Unidade de Conservação: Reserva Biológica Atol das Rocas, 2007. Disponível em <http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=203>>. Acesso em 26 mai 2020.

MOHR, L. V. et al. Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo. Vol. II, MMA – Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, 502 p., 2009.

MORATO, T. et al. Seamounts are hotspots of pelagic biodiversity in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 107, n. 21, p. 9707-9711, 2010.

MORIN, P. Community Ecology. USA: Blackwell Publishing, 424p, 2005.

- MOURA, R. L. et al. New records and range extensions of reef fishes in the western south Atlantic, with comments on reef fish distribution along the Brazilian coast. *Revista brasileira de Zoologiav.* 16, n. 2, p. 513-530, 1999.
- NELSON, J. S. Fishes of the world. 4.ed. Canadá. J. Wiley e Sons Inc. 2006.
- OKSANEN, J. et al. Vegan: *Community Ecology Package*. R package version 2.3-0, 2015.
- NEWMAN, M. E. J. Modularity and community structure in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 103, n. 23, p. 8577-8582, 2006.
- PALACIOS, D. M. et al. Oceanographic characteristics of biological hot spots in the North Pacific: A remote sensing perspective. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, v. 53, p. 250-269, 2006.
- PATTERSON, B. D.; ATMAR, W. Nested subsets and the structure of insular mammalian faunas and archipelagos. In: L. R. Heaney and B. D. Patterson(eds), *Island biogeography of mammals*. *Academic Press*, London, UK, p. 65-82, 1986.
- PATTERSON, B. D. The principle of nested subsets and its implications for biological conservation. *Conservation Biology*, v., n. 4, p. 1523-1739, 1987.
- PEREIRA, N. S. et al. Detrital carbonate sedimentation of the Rocas Atoll, South Atlantic. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 85, n. 1, p. 57-72, 2013.
- PERONI, N.; HERNÁNDEZ, M. I. M. *Ecologia de populações e comunidades*. Florianópolis - CCB/EAD/UFSC, 123p., 2011.
- PETERSON, C. T.; GRUBBS, R. D. Distribution and abundance of elasmobranchs and large teleost fishes in a subtropical seagrass ecosystem: community structure along environmental and spatial gradients. *Environmental Biology Fish*, n. 103, p. 319-338, 2020.
- PINHA, G. D. et al. Differences in environmental heterogeneity promote the nestedness of Chironomidae metacommunity in Neotropical floodplain lakes. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 29, n. 118, 2017.
- PINHEIRO, H. Island biogeography of marine organisms. *Nature*, v. 549, p. 82-85, 2017.
- QUIMBAYO, J. P. et al. Determinants of reef fish assemblages in tropical Oceanic islands. *Ecography*, v. 41, 2018.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. 2017. Disponível em < <https://www.Rproject.org/>>.
- SERET, B. et al. Rays of the World. *CSRIO publishing*, 2016.

SCHLAFF, A. M. et al. Influence of environmental factors on shark and ray movement, behaviour and habitat use: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 24, n. 4, p. 1089-1103, 2014.

SCHOUTEN, M. A. et al. Nested assemblages of Orthoptera species in the Netherlands: the importance of habitat features and life-history traits. *Journal of Biogeography*, v. 34, n. 11, p. 1938-1946, 2007.

SHEPHERD, T. D.; MYERS, R. A. Direct and indirect fishery effects on small coastal elasmobranchs in the northern Gulf of Mexico. *Ecology Letters*, v. 8, n. 10, p. 1095-1104, 2005.

SI, X. et al. Revealing Beta-Diversity Patterns of Breeding Bird and Lizard Communities on Inundated Land-Bridge Islands by Separating the Turnover and Nestedness Components.. *PLoS ONE*, v. 10, n. 5, 2015.

SILVA, D. N. Mapeamento batimétrico da plataforma do Atol das Rocas-RN. Relatório (Bacharelado em Geofísica) - Departamento de Geofísica, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2019.

SILVA JR, J. M.; GERLING, C. Manual de Ecossistemas Marinhos e Costeiros para Educadores. Orgs. GERLING, C. et al. Santos, SP: Editora Comunicar, 35 p., 2016.

SOARES, J. et al. O ar. In: O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica/ Orgs. VIANA, D. L. et al. Brasília, DF: SECIRM, 348 p., 2009.

SOBRAL F. L.; CIANCIARUSO M. V. Estrutura filogenética e funcional de assembléias: (re)montando a ecologia de comunidades em diferentes escalas espaciais. *Bioscience Journal*, v. 28, p. 617-631, 2012.

SOTO, J. M. R. Peixes do Arquipélago Fernando de Noronha. *Mare Magnum*, v. 1, ed. 2, p. 147-169, 2001.

SRIVASTAVA, D. S. et al. Are natural microcosms useful model systems for ecology? *Trends in ecology and evolution*, Cambridge, v. 19, p. 379-384, 2004.

STEVENS, J. D. et al. The effects of fishing on sharks, rays and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *Journal of Marine Science*, v. 57, p. 476-494, 2000.

VASKE JR, T. et al. A pesca comercial de peixes pelágicos no arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. *Tropical Oceanography*, v. 36, n. 1-2, p. 47-54, 2008.

VAUDO, J. J.; HEITHAUS M. R. Dietary niche overlap in a nearshore elasmobranch mesopredator community. *Marine Ecology Progress Series*, v. 425, p. 247-260, 2011.

WANG, Y. et al. Nestedness for different reasons: the distributions of birds, lizards and small mammals on islands of an inundated lake. *Diversity and Distributions*, v. 16, n. 5, p. 862-873, 2010.

WRIGHT, D. H. et al. A comparative analysis of nested subset patterns of species composition. *Oecologia*, v. 113, n. 1, p. 1-20, 1998.

## Apêndice 1

Referências utilizadas para a análise da composição de tubarões e raias ocorrentes nas ilhas oceânicas brasileiras.

<sup>1</sup> HAZIN, F.H.V. et al. Distribution and abundance of pelagic sharks in the south western equatorial Atlantic. *Journal Of The Tokyo University Of Fisheries*, v. 77, n. 1, p. 51-64, 1990.

<sup>2</sup> MOREIRA JR., W. Presença de *Hexanchus griseus* (Bonnaterre, 1788) (Chondrichthys: Hexanchidae) no nordeste do Brasil. *X Encontro Brasileiro de Ictiologia*. São Paulo, SP. p. 211, 1993.

<sup>3</sup> SOTO, J. M. R. Tubarões e raias (Chondrichthyes) encontrados no Arquipélago de Fernando de Noronha durante as expedições Arfenor I e II. Alcance. Itajaí- ano IV – n. 2. p. 71-80, 1997.

<sup>4</sup> HAZIN, F. H. V. et al. Relatório técnico-científico – Projeto Ecotuba. Laboratório de Oceanografia Pesqueira, Departamento de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 1999.

<sup>5</sup> SAZIMA, I.; MOURA, R. L. Shark (*Carcharhinus perezii*), Cleaned by the Goby (*Elacatinus randalli*), at Fernando de Noronha Archipelago, Western South Atlantic. *Copeia*, v. 1, p. 297–299, 2000.

<sup>6</sup> SOTO, J. M. R. Annotated systematic checklist and bibliography of the coastal and oceanic fauna of Brazil. I. Sharks. *Mare Magnum*, v. 1, n. 1, p. 51-119, 2001a.

<sup>7</sup> SOTO, J. M. R. Peixes do Arquipélago Fernando de Noronha. *Mare Magnum*, v. 1, ed. 2, p. 147-169, 2001b.

<sup>8</sup> GADIG, O. B. F. Tubarões da costa brasileira. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Unesp, Instituto de Biociências, 343 p., 2001.

<sup>9</sup> GADIG, O. B. Ocorrência de *Mobula japonica* no atlântico ocidental e *Mobula tarapacana* em águas brasileiras, com comentários sobre a diversidade de raias-manta (chondrichthyes: mobulidae) no Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 35, p. 33-37, 2002.

<sup>10</sup> GARLA, R. C. Ecologia e conservação dos tubarões do arquipélago de Fernando de Noronha, com ênfase no tubarão-cabeça-de-cesto *Carcharhinus perezii* (Poey, 1876) (Carcharhiniformes, Carcharhinidae). Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2004.

<sup>11</sup> GARLA, R. C. et al. Movement patterns of young Caribbean reef sharks, *Carcharhinus perezii*, at Fernando de Noronha Archipelago, Brazil: the potential of marine protected areas for conservation of a nursery ground. *Marine Biology*, v. 149, p. 189-199, 2006a.

<sup>12</sup> GARLA, R. C. et al. Habitat of juvenile Caribbean reef sharks, *Carcharhinus perezii*, at two oceanic insular marine protected areas in the southwestern Atlantic Ocean: Fernando de

Noronha Archipelago and Atol das Rocas, Brazil. *Fisheries Research*, v. 81, p. 236-241, 2006b.

<sup>13</sup> GARLA, R.; GARCIA JR, J. Occurrence of the ragged-tooth shark, *Odontaspis ferox*, at Fernando de Noronha Archipelago, western equatorial Atlantic. *Marine Biodiversity Records*, 2008.

<sup>14</sup> AGUIAR, A. et al. Uso de habitat por *Dasyatis americana* em uma ilha oceânica do Atlântico sudoeste. *Jornal da Associação Biológica Marinha do Reino Unido*, v. 89, n. 6, p. 1147-1152, 2009.

<sup>15</sup> RADA, D. P. Interações sociais, uso do habitat e estrutura populacional do tubarão-limão *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868), no arquipélago de Fernando de Noronha (PE). Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 86p.,2010.

<sup>16</sup> GARCIA JR, J. Distribuição espacial, formação de grupos, uso do hábitat e ecologia comportamental de jovens de tubarão limão, *Negaprion brevirostris* (Poey 1868), no arquipélago de Fernando de Noronha. Tese de Doutorado em Estudos de Comportamento; Psicologia Fisiológica - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 119p.,2010.

<sup>17</sup> RADA, D. P. et al. Necrophagy of a nurse shark (*Ginglymostoma cirratum*) by tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*). *Universitas Scientiarum*, v. 20, n. 3, p. 313-320, 2015.

<sup>18</sup> AFONSO, A. S. et al. Evasive mating behaviour by female nurse sharks, *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre, 1788), in an equatorial insular breeding ground. *Neotropical Ichthyology*, v. 14, n. 4, 2016.

<sup>19</sup> WOSNICK, N. et al. Hormonal influence on migration patterns in tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*). IX Reunião da SBEEL – Penedo, Alagoas, 2016.

<sup>20</sup> GARLA, R. C. et al. Hunting tactics of the lemon shark, *Negaprion brevirostris*, in shallow Waters of na oceanic insular area in the western equatorial Atlantic. *Neotropical Ichthyology*, v. 15, n. 1, 2017.

<sup>21</sup> ANDRADE, F. R. S. Análise da estrutura e diversidade genética do tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*, Péron&Lesueur, 1822) na Costa de Pernambuco e no Arquipélago de Fernando de Noronha. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Biologia Animal, 76p.,2017.

<sup>22</sup> WOSNICK, N. Talking to the dead: using Post-mortem data in the assessment of stress in tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) (Péronand Lesueur, 1822). *Fish Physiology Biochemistry*, v. 43, p. 165-178, 2017.

<sup>23</sup> OLIVEIRA, G. M. et al. Biologia e pesca no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. CEPENEIBAMA, Manuscrito, 25 p., 1996.

- <sup>24</sup> HAZIN, F. H. V. et al. Relatório técnico-científico – Projeto Ecotuba. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Pesca. Laboratório de Oceanografia Pesqueira, 1999.
- <sup>25</sup> OLIVEIRA, P. G. V.; HAZIN, F. H. V. Ecologia de elasmobrânquios no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Resumos do I Workshop Científico/Ambiental, Programa Arquipélago, Natal, RN, 2001.
- <sup>26</sup> FEITOZA, B. M. et al. Reef fishes of St. Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography. *Journal of Ichthyology and Aquatic Biology*, v. 7, n. 2, p. 61-82, 2003.
- <sup>27</sup> VASKE JR, T. et al. A check list of fishes from Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, v. 21, p. 75-79, 2005.
- <sup>28</sup> HAZIN, F. et al. Aspects of the reproductive biology of the Silky shark, *Carcharhinus falciformis* (Nardo, 1827), in the vicinity of Archipelago of Saint Peter and Saint Paul, in the Equatorial Atlantic Ocean. *Collective Volume of Scientific Papers*, v. 60, n. 2, p. 648-651, 2007.
- <sup>29</sup> HAZIN, F. et al. Occurrences of whale shark (*Rhincodon typus* Smith, 1828) in the Saint Peter and Saint Paul archipelago, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 68, n.2, 385–389, 2008.
- <sup>30</sup> VASKE JR, T. et al. A pesca comercial de peixes pelágicos no arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. *Tropical Oceanography*, v. 36, n. 1-2, p. 47-54, 2008.
- <sup>31</sup> MOURA NETO, J. S. O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica/ Orgs. VIANA, D. L. et al. Brasília, DF: SECIRM, 348 p., 2009.
- <sup>32</sup> LESSA, R. et al. Peixes Marinhos do Nordeste do Brasil. Programa REVIZEE SCORE/NE, 208p., 2009. Acesso em 17 abr 2020. Disponível em [https://www.researchgate.net/profile/Rosangela\\_Lessa/publication/326753222\\_Peixes\\_Marinhos\\_do\\_Nordeste\\_do\\_Brasil\\_Programa\\_REVIZEE\\_SCORENE/links/5b621cceaca272a2d67b0414/Peixes-Marinhos-do-Nordeste-do-Brasil-Programa-REVIZEE-SCORE-NE.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rosangela_Lessa/publication/326753222_Peixes_Marinhos_do_Nordeste_do_Brasil_Programa_REVIZEE_SCORENE/links/5b621cceaca272a2d67b0414/Peixes-Marinhos-do-Nordeste-do-Brasil-Programa-REVIZEE-SCORE-NE.pdf).
- <sup>33</sup> MENDONÇA S. A. Abundância relativa, sazonalidade e comportamento de *Mobula tarapacana* (PHILIPPI, 1892) (Condrichthyes: Mobulidae) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.
- <sup>34</sup> MENDONÇA S. A. et al. Record of a pregnant *Mobula thurstoni* and occurrence of *Manta birostris* (Myliobatiformes: Mobulidae) in the vicinity of Saint Peter and Saint Paul Archipelago (Equatorial Atlantic). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 7, n.1, p. 21-26, 2012.
- <sup>35</sup> VIANA, D. de L. Pesca e dinâmica populacional do peixe-prego, *Ruvettus pretiosus* (Cocco, 1829) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Recife, 2117 p. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Oceanografia, 2012.

- <sup>36</sup> MACENA, B. C. L.; HAZIN, F. H. V. Whale Shark (*Rhincodon typus*) Seasonal Occurrence, Abundance and Demographic Structure in the Mid-Equatorial Atlantic Ocean. *PLOS ONE*, v. 11, n. 10, 2016.
- <sup>37</sup> OLIVEIRA, L. P. P. Abundância relativa e uso do habitat por tubarões do gênero *Carcharhinus* (*C. falciformis*, *C. galapagensis* e *C. obscurus*) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo – Brasil. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 105p. , 2017.
- <sup>38</sup> BEZERRA, N. et al. First record of the smooth hammerhead shark (*Sphyrna zygaena*) in Saint Peter and Saint Paul Archipelago: range extension for the equatorial region. *Latin American Journal of Aquatic Research*, v.45, n.2, p.481-484, 2017.
- <sup>39</sup> HAZIN, F. H. V. et al. Elasmobrânquios do Arquipélago São Pedro e São Paulo. In: Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 20 anos de pesquisa / Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Org: Oliveira, J. E. et al. Recife: Via Design Publicações, 263p., 2018.
- <sup>40</sup> BEZERRA, N. P. A. et al. Evidence of site fidelity and deep diving behaviour of scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) around the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, in the equatorial Mid-Atlanticridge. *Marine and Freshwater Research*, 2019.
- <sup>41</sup> PIMENTEL, C. R. et al. BRUVS reveal locally extinct shark and the way for shark monitoring in Brazilian oceanic islands. *Journal of Fish Biology*, p. 1-4, 2019.
- <sup>42</sup> GASPARINI, J.; FLOETER, S. The shore fishes of Trindade Island, western South Atlantic. *Journal of Natural History*, v. 35, p. 1639-1656, 2001.
- <sup>43</sup> QUAGGIO, A. L. C. et al. As capturas do tubarão-azul, *Prionace glauca* Linnaeus (Elasmobranchii, Carcharhinidae), na pescaria de espinhel-de-superfície (monofilamento), sediada em Itajaí (SC), Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 3, n. 1, p. 61-74, 2008.
- <sup>44</sup> PINHEIRO H. T. et al. New records of fishes for Trindade-Martin Vaz oceanic insular complex. *Brazil Zootaxa*, v. 2298, p. 45-54, 2009.
- <sup>45</sup> PINHEIRO, H. T.; GASPARINI, J. L. Peixes Recifais do Complexo Insular Oceânico Trindade-Martin Vaz: Novas Ocorrências, Atividades de Pesca, Mortandade Natural e Conservação. In: Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo. Vol. II, MMA – Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, p. 55-80, 2009.
- <sup>46</sup> PINHEIRO, H. T. et al. Impact of commercial fishing on Trindade Island and Martin Vaz Archipelago, Brazil: characteristics, conservation status of the species involved and prospects for preservation. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 53, n. 6, p. 1417-1423, 2010.



- <sup>47</sup> PEREIRA-FILHO, G. et al. Reef fish and benthic assemblages of the Trindade and Martin Vaz island. group, southwestern Atlantic. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 59, n. 3, p. 201-212, 2011.
- <sup>48</sup> PINHEIRO, H. T. et al. Fish Biodiversity of the Vitória-Trindade Seamount Chain, Southwestern Atlantic: An Updated Database. *PLOS ONE*, v. 10, n. 3, 2015.
- <sup>49</sup> GUABIROBA, H. C. et al. Trends in recreational fisheries and reef fish community structure indicate decline in target species population in an isolated tropical oceanic island. *Ocean and Coastal Management*, v. 191, 2020.
- <sup>50</sup> HAZIN, F. H. V. et al. Levantamento da fauna de elasmobrânquios da Reserva Biológica do Atol das Rocas. Relatório técnico-científico – Projeto Ecotuba. Departamento de Pesca. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 1996.
- <sup>51</sup> OLIVEIRA, P. G. V. Levantamento da fauna de elasmobrânquios e estudo da biologia comportamental do tubarão limão, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868), tubarão lixa, *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre, 1788) na Reserva Biológica do Atol das Rocas, RN-Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 114p., 2001
- <sup>52</sup> FELDHEIM, K. A. et al. Population genetic structure of the lemon shark (*Negaprion brevirostris*) in the western Atlantic: DNA microsatellite variation. *Molecular Ecology*, v. 10, n. 2, p. 295-303, 2001.
- <sup>53</sup> ROSA, R. S.; GRUBER, S. H.; WETHERBEE, B. M. História natural do tubarão-limão, *Negaprion brevirostris* no Atol das Rocas e Fernando de Noronha, Brasil. Relatório final do projeto. Universidade Federal da Paraíba, Depto. de Sistemática e Ecologia. João Pessoa, 40p., 2002.
- <sup>54</sup> CAMPOS, C. E. C. et al. First record of whale shark, *Rhincodon typus* (Condriichthyes: Rhincodontidae) in Atol das Rocas, Brazil. Resumos do XVI Encontro Brasileiro de Ictiologia, João Pessoa – PB, p. 203, 2005.
- <sup>55</sup> CASTRO, A. L. F.; ROSA, R. S. Use of natural marks on population estimates of the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*, at Atol das Rocas Biological Reserve, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, v. 72, p. 213-221, 2005.
- <sup>56</sup> OLIVEIRA, P. G. V. Biologia reprodutiva dos tubarões *Carcharhinus falciformis*, *C. plumbeus*, *Pseudocarcharias kamoharai* e ocorrências do *Rhincodon typus*, no Atlântico Tropical e ecologia da raia *Dasyatis americana*, na Rebio Rocas – Brasil. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 110p., 2008.
- <sup>57</sup> PINHEIRO, I. E. G. Caracterização ecológica dos peixes recifais do Atol das Rocas. Dissertação de Mestrado em Bioecologia Aquática - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 88p., 2006.

- <sup>58</sup> AGRA, G. Organização social de elasmobrânquios na Reserva Biológica do Atol das Rocas, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 64 p., 2009.
- <sup>59</sup> FREITAS, R. H. A. et al. Population size and survivorship for juvenile lemon sharks (*Negaprion brevirostris*) on their nursery grounds at a marine protected area in Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v. 7, n.2, p. 205-212, 2009.
- <sup>60</sup> KARL, S. A. et al. Population genetics of the nurse shark (*Ginglymostoma cirratum*) in the western Atlantic. *Marine Biology*, v. 159, n. 3, p. 489-498, 2011.
- <sup>61</sup> OLIVEIRA, P. G. V. et al. Population Structure and Growth of Young Lemon Shark, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868), at the Atol das Rocas Biological Reserve, Brazil. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 11, n. 4, p. 389-395, 2011.
- <sup>62</sup> LONGO, G. O. et al. Between-Habitat Variation of Benthic Cover, Reef Fish Assemblage and Feeding Pressure on the Benthos at the Only Atoll in South Atlantic: Rocas Atoll, NE Brazil. *PLOS ONE*, v. 10, n. 6, 2015.
- <sup>63</sup> BRANCO-NUNES, I. et al. Vertical movements of the Southern stingray, *Dasyatis americana* (Hildebrand & Schroeder, 1928) in the Biological Reserve of the Rocas Atoll, Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, v. 44, n. 2, p. 202-215, 2016.
- <sup>64</sup> QUIMBAYO, J. P. et al. Cleaning interactions at the only atoll in the South Atlantic. *Environmental Biology of Fisheries*, v. 100, p. 865-875, 2017.
- <sup>65</sup> BRITO, V. B. Avaliação da estrutura populacional do tubarão-lixia, *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre, 1788), na Reserva Biológica do Atol das Rocas, Brasil, através da técnica de foto-identificação e uso de software automatizado. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 54p., 2019.