



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE SISTEMÁTICA E ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ZOOLOGIA

DANILO DE PAULA RADA

**INTERAÇÕES SOCIAIS, USO DO HABITAT E
ESTRUTURA POPULACIONAL DO TUBARÃO-LIMÃO,
NEGAPRION BREVIROSTRIS (POEY, 1868), NO
ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA (PE)**

João Pessoa

2010

R124i Rada, Danilo de Paula.

Interações sociais, uso do habitat e estrutura populacional do tubarão-limão , negaprion brevirostris (Poey, 1868), no arquipélago de Fernando de Noronha (PE).—Danilo de Paula Rada.-- João Pessoa, 2010.

98f.

Orientador: Ricardo De Souza Rosa

Dissertação (Mestrado) – UFPB/CCEN



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE SISTEMÁTICA E ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ZOOLOGIA

DANILO DE PAULA RADA

**INTERAÇÕES SOCIAIS, USO DO HABITAT E ESTRUTURA
POPULACIONAL DO TUBARÃO-LIMÃO, *NEGAPRION BREVIROSTRIS*
(POEY, 1868), NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA (PE)**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para obtenção de créditos para o grau de Mestre em Zoologia.

Orientador: Dr. Ricardo De Souza Rosa

João Pessoa

2010

INTERAÇÕES SOCIAIS, USO DO HABITAT E ESTRUTURA POPULACIONAL
DO TUBARÃO-LIMÃO, *NEGAPRION BREVIROSTRIS* (POEY, 1868), NO
ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA (PE)

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciências
Biológicas, como parte dos requisitos necessários para obtenção de créditos para o grau
de Mestre em Zoologia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo de Souza Rosa
Universidade Federal da Paraíba, PB

Prof. Dr. Ricardo Clapis Garla
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN

Prof. Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira
Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE

Prof. Dr. Alexandre Ramlo Torre Palma
Universidade Federal da Paraíba, PB

Prof. Dr. Alfredo Ricardo Langguth Bonino
Universidade Federal da Paraíba, PB

"Não sou nada.
Nunca serei nada.
Não posso querer ser nada.
À parte isso, tenho em mim todos os sonhos do mundo."

[Fernando Pessoa]

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha família, por me darem liberdade de escolha sobre qual caminho trilhar no campo profissional. Isso foi fundamental para que eu pudesse estar plenamente satisfeito, tendo não somente o contato com a natureza, mas tentando compreendê-la diariamente.

Sou muito grato a vocês, pai e mãe, por me apoiarem sempre, principalmente na época da graduação e no mestrado, período em que nos distanciamos fisicamente mas, de certa forma, fortalecemos nossos laços afetivos! Devo muito a vocês por chegar onde estou hoje!

Agradeço aos meus irmãos, Natinho, Trigo e Éric por terem me apoiado e me fazerem crescer pessoalmente e profissionalmente, cada qual da sua maneira.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Zoologia, da Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade de desenvolver meu projeto de pesquisa de mestrado.

Agradeço ao meu orientador, Ricardo Rosa, pelos ensinamentos, pela confiança em mim depositada e pela oportunidade da realização de um sonho pessoal e profissional (pesquisar tubarões).

Reconheço o esforço dos meus professores (da graduação e pós-graduação) ao me ensinarem a refletir e instigarem em mim a busca pelo conhecimento.

Agradeço à Thais pela força e apoio moral em diversas situações nestes 2 anos.

Agradeço a todos amigos da pós-graduação pela amizade e carinho com que sempre me trataram. Especialmente ao Gui e Gabi por me acolherem em sua casa no início dessa jornada! Aos “figuras” Hugo, Pilatti, Luana, Baiano, Marcinha e agregados que moraram comigo durante minha estada em João Pessoa e riram e choraram comigo em diversos momentos! Aos meus “irmãos” em Jampa, Hugo, Newton, Rudy, Gui e Jana pela amizade, bebedeiras e ensinamentos teórico-práticos! À Manu pelo carinho, exemplo e “encheções de saco”. À Ana Rita pela força no momento final da dissertação e à Ludmilla e Pâmela pelos esclarecimentos estatísticos e amizade!

Ao ICM-Bio pela concessão da licença de pesquisa e aos seus funcionários pelo apoio nas questões burocráticas e logísticas, especialmente ao Tadeu.

À Administração do Distrito Estadual de Fernando de Noronha pelas resoluções das questões burocráticas.

A todos que me auxiliaram nos trabalhos de campo e tornaram possível a realização deste trabalho: Luciana, Hugo, Paulo, Juliana, Marcinha e Sanjay, além das ajudas eventuais (e imprescindíveis) da Jéssica, Maurício, Tom e Chuck. Ao Léo pela amizade, valiosas contribuições, mergulhos e disponibilização das fotos.

A todos amigos de Noronha que tornaram a estadia na ilha suportável e mais agradável, especialmente às meninas do Golfinho Rotador e galera do Tamar. Às empresas de mergulho Águas Claras, Atlantis e Noronha Divers pelos mergulhos autônomos.

À Creuza e professor Gilson, do Laboratório de Hidrologia pelas análises das amostras de água e aos professores Daniel Mesquita e Luiz Lopez pelo tratamento estatístico dos dados. Ao professor Antônio Souto pelas sugestões no tratamento dos dados sobre os comportamentos sociais. Ao professor Tarcísio pelo empréstimo de material e auxílio nos cálculos da correnteza.

Aos membros da banca, pelas valiosas contribuições, críticas e sugestões para melhorar a qualidade deste trabalho.

A todos meu muitíssimo obrigado, de coração!

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
CAPÍTULO 1 – ESTRUTURA POPULACIONAL E USO DO HABITAT DE <i>NEGAPRION BREVIROSTRIS</i> NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA (PE)	6
RESUMO	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO	9
JUSTIFICATIVA	13
OBJETIVOS	13
OBJETIVO GERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
METODOLOGIA	14
ÁREA DE ESTUDO	14
COLETA DE DADOS	22
ANÁLISES ESTATÍSTICAS	26
RESULTADOS	27
ESTRUTURA POPULACIONAL	28
USO DO HABITAT	30
DISCUSSÃO	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

CAPÍTULO 2 – INTERAÇÕES SOCIAIS DE NEGAPRION BREVIROSTRIS NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA (PE)	55
RESUMO	56
ABSTRACT	57
INTRODUÇÃO	58
JUSTIFICATIVA	60
OBJETIVOS	60
OBJETIVO GERAL	60
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	60
METODOLOGIA	61
RESULTADOS	63
DADOS QUALITATIVOS	64
DADOS QUANTITATIVOS	68
DISCUSSÃO	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
CONCLUSÕES	81
APÊNDICES	82

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - Exemplar de tubarão-limão, <i>Negaprion brevirostris</i> , observado no Buraco da Raquel, Fernando de Noronha.	3
FIGURA 1.1 - Representação das áreas amostradas em Fernando de Noronha.	16
FIGURA 1.2 - Fotos dos locais de busca ativa para neonatos.	18
FIGURA 1.3 - Fotos dos locais de amostragem.	21
FIGURA 1.4 - Amostragens de <i>N. brevirostris</i> na Enseada dos Tubarões através de observação terrestre em ponto fixo.	24
FIGURA 1.5 - Esquema da divisão dos quadrantes da Enseada dos Tubarões (foto).	24
FIGURA 1.6 - Esforço amostral (horas) para locais das transecções.	28
FIGURA 1.7 - Formação gregária de neonatos de <i>N. brevirostris</i> , na região portuária de Fernando de Noronha.	31
FIGURA 1.8 - Grupo de <i>N. brevirostris</i> repousando sobre o substrato na subárea RA. <i>Fonte:</i> Leonardo B. Veras.	34
FIGURA 1.9 - Número de avistagens de <i>N. brevirostris</i> de acordo com a temperatura (° C).	38
FIGURA 1.10 - Média \pm desvio padrão da temperatura (°C) por subáreas das transecções.	38
FIGURA 1.11 - Número de avistagens de <i>N. brevirostris</i> de acordo com a profundidade (m).	39
FIGURA 1.12 - Média \pm desvio padrão da profundidade (m) para cada local de amostragem.	39
FIGURA 1.13 - Distribuição da quantidade de <i>N. brevirostris</i> avistados por local de amostragem.	40
FIGURA 1.14 - Pesca de neonatos de <i>N. brevirostris</i> ocorrida em janeiro de 2003, em Fernando de Noronha. <i>Fonte:</i> Rodrigo Coluchi.	48
FIGURA 2.1 - Esquema da divisão dos quadrantes da Enseada dos Tubarões (foto).	62
FIGURA 2.2 - Esquemas dos comportamentos observados na Enseada dos Tubarões.	65
FIGURA 2.3 - Representação das sequências dos comportamentos observados na Enseada dos Tubarões.	67

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1.1 - Comprimento Total (CT) de 106 tubarões-limão, <i>N. brevirostris</i> , obtidos via transecções realizadas entre maio de 2009 e abril de 2010 no Arquipélago de Fernando de Noronha (dados organizados em intervalos de classe).	29
TABELA 1.2 - Razão sexual dos indivíduos de <i>N. brevirostris</i> observados via transecções, ao longo de cinco períodos amostrais no Arquipélago de Fernando de Noronha.	29
TABELA 1.3 - Estatística descritiva das variáveis abióticas contínuas de acordo com as localidades. Os valores amostrados estão apresentados como a média \pm desvio padrão e máximo – mínimo.	33
TABELA 1.4 - Avistagem relativa (avistagem / h / m ²) de <i>N. brevirostris</i> para diferentes áreas amostradas no Arquipélago de Fernando de Noronha.	35
TABELA 1.5 - Resultado do teste da ANCOVA para o local Enseada dos Tubarões (ET).	36
TABELA 1.6 - Resultado do teste da ANCOVA para as seis subáreas em que foram executadas as transecções.	37
TABELA 2.1 - Número de avistagens de <i>N. brevirostris</i> (separados em classes etárias) na Enseada dos Tubarões durante quatro períodos amostrais.	69
TABELA 2.2 - Tempo (em min) de observação aérea dos comportamentos de interações sociais na Enseada dos Tubarões durante quatro períodos amostrais.	70
TABELA 2.3 - Frequência (<i>F</i>) e Frequência relativa (<i>Fr</i>) dos três tipos de comportamentos sociais observados na Enseada dos Tubarões	70

ÍNDICE DE APÊNDICES

APÊNDICE I

NEONATOS COM MARCAS NATURAIS	82
NEONATOS COM MARCA ARTIFICIAL (ANZOL)	85

APÊNDICE II

COMPORTAMENTO GREGÁRIO EM RA	86
------------------------------------	----

Introdução Geral

Os peixes cartilagosos (Chondrichthyes) habitam nossos oceanos há milhões de anos. O registro fóssil mais antigo que se tem conhecimento data do período Ordoviciano, há aproximadamente 455 milhões de anos (Nelson, 2006). A evolução atuou fortemente ao longo destes anos, extinguindo várias espécies ou até mesmo ordens inteiras (e.g. Cladoselachiformes, Orodontiformes, Xenacanthiformes, entre outras) destes animais. Atualmente a classe Chondrichthyes é dividida em duas subclasses: Holocephalii (quimeras) e Elasmobranchii (tubarões e raias). Os Elasmobranchii, por sua vez, são divididos em três infraclasses, Cladoselachimorpha, Xenacanthimorpha e Euselachii, das quais apenas a última contém representantes viventes (Nelson, 2006). Apesar da filogenia deste último grupo ainda permanecer um pouco confusa, Nelson (2006) opta por utilizar, dentro dos Euselachii, o termo “divisão” Neoselachii, compreendendo duas subdivisões: Selachii (tubarões) e Batoidea (raias). Há aproximadamente 403 espécies de tubarões descritas, as quais estão distribuídas em 106 gêneros, 34 famílias e nove ordens (Nelson, 2006).

A espécie-alvo deste trabalho, o tubarão- limão, *Negaprion brevirostris*, pertence à família Carcharhinidae, ordem Carcharhiniformes (Figura 1) e é caracterizada como uma espécie ativa, demersal, que pode se aventurar ao mar aberto com finalidades migratórias, tendo sido encontrada em profundidades de até 92 metros (Compagno, 1984; Nelson, 2006).

A distribuição conhecida de *N. brevirostris* abrange as regiões tropicais e subtropicais dos oceanos Atlântico Ocidental e Oriental e do Pacífico Oriental. No oceano Atlântico Ocidental, distribui-se originalmente de Nova Jersey, Estados Unidos, até o sudeste do Brasil (Compagno, 1984). As plataformas insulares do Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas constituem os principais centros de abundância da espécie, ao lado da região do Caribe e das Bahamas (Figueiredo, 1977; Compagno, 2001).

Seu modo de reprodução é vivíparo e deste modo se comporta como uma espécie K-estrategista, apresentando um ciclo de vida longo, lenta taxa de crescimento, maturidade sexual tardia (média de 12 anos), ciclo de reprodução bianual e, por fim, baixa fecundidade, dando à luz 4 a 18 filhotes por progênie, estes com tamanho médio

de aproximadamente 60cm. O adulto não raramente ultrapassa os 3m. de comprimento total, sendo as fêmeas ligeiramente maiores que os machos (Compagno, 1984; Brown & Gruber, 1988; Cortés, 2000; Feldheim *et al.*, 2002). Outro fenômeno interessante é a ocorrência de poliandria durante a época de acasalamento. A fêmea é capaz de estocar esperma de diferentes machos, produzindo, assim, filhotes com múltipla paternidade. Tal evento traz benefícios à progenitora e à prole (Feldheim *et al.*, 2002; Feldheim *et al.*, 2004), visto que esta, por possuir maior diversidade genética provavelmente apresenta organismos que responderão de forma diferenciada às dinâmicas ambientais, com alguns indivíduos apresentando maior fitness que outros.

Assim como os demais Carcharhinidae, o tubarão-limão é carnívoro oportunista, ocupando os níveis tróficos mais altos da cadeia alimentar e possuindo poucos predadores naturais, sendo mais vulnerável nos estágios iniciais de desenvolvimento (Gruber, 1982). Estudos de Schmidt (1986) e Cortés & Gruber (1990) realizados na costa do Estado da Flórida (EUA) descrevem os peixes teleósteos como sendo os itens alimentares dominantes, podendo ser responsáveis por até 88% da dieta de *N. brevirostris*. Sob condições naturais, o tubarão-limão é canibal e, segundo Cortés & Gruber (1990) os elasmobrânquios compõem aproximadamente 7% da dieta dos adultos de *N. brevirostris*. Em concordância com tais dados, um estudo recente desenvolvido na Reserva Biológica do Atol das Rocas (RN, Brasil) pelo Dr. Ricardo Rosa demonstrou que teleósteos respondem por grande parte da dieta de jovens de *N. brevirostris*, seguidos por invertebrados, principalmente crustáceos (dados não publicados).

Justamente por serem enquadrados como predadores de topo de cadeia, os tubarões desempenham um importante papel na manutenção do equilíbrio ecológico marinho. Eles regulam diretamente a densidade populacional de suas principais presas, e indiretamente de outros organismos posicionados em níveis tróficos subseqüentes, ou seja, de espécies que são potencialmente fontes alimentares de suas presas. A distribuição de várias espécies também é influenciada pela simples presença de tubarões no local (Griffin *et al.*, 2008). Muitas espécies alteram seu uso do habitat e áreas de atividade se o risco de serem predadas é alto. Estas modificações refletem-se sucessivamente em um “efeito-cascata” ao longo do ecossistema, e pode-se afirmar que os tubarões, ao menos os de grande porte, exercem certa influência na estruturação da comunidade (Griffin *et al.*, 2008). Assim, a pesca predatória de tubarões não só representa uma ameaça à sobrevivência destes elasmobrânquios como também é

responsável por um desequilíbrio de proporções desastrosas no ecossistema marinho como um todo. (Griffin *et al.*, 2008).

O gerenciamento pesqueiro e a criação e implementação de Unidades de Conservação, são medidas efetivas e fundamentais para a reposição dos estoques populacionais de elasmobrânquios (Chapman *et al.*, 2009). A espécie-alvo deste estudo, o *Negaprion brevirostris* (tubarão-limão), é considerada vulnerável na América do Sul (IUCN, 2006) e há uma carência de dados sobre sua biologia geral e comportamental no Arquipélago de Fernando de Noronha, importante área de berçário da espécie no Atlântico Sul (Garla *et al.*, 2008). Desta forma, os objetivos deste trabalho abordam a estruturação populacional, uso do habitat e comportamentos sociais de *N. brevirostris* em Fernando de Noronha, visando levantar dados que possam auxiliar na elaboração de planos de manejo mais eficazes, potencializando as ações conservacionistas na região.

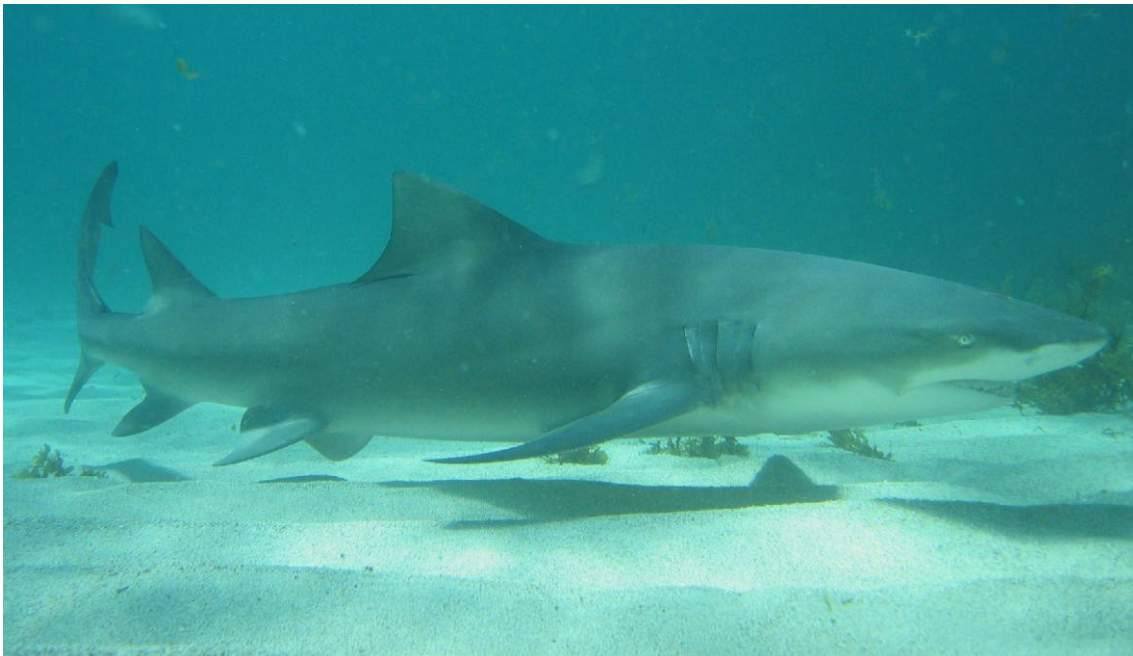


Figura 1. Exemplar de tubarão-limão, *Negaprion brevirostris*, observado no Buraco da Raquel, Fernando de Noronha.

Referências bibliográficas

Brown, C. & Gruber, S.H. 1988. Age assessment of the lemon shark, *Negaprion brevirostris*, using tetracycline validated vertebral centra. *Copeia*. 1988: 747-753.

Chapman, D.D.; Babcock, E.A.; Gruber, S.H.; DiBattista, J.D.; Franks, B.R.; Kessel, S.A.; Guttridge, T.N.; Pikitch, E.K. & Feldheim, K.A. 2009. Long-term natal site-fidelity by immature lemon sharks (*Negaprion brevirostris*) at a subtropical island. *Mol. Ecol.* 18: 3500-3507.

Compagno, L.J.V. 1984. Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date, Vol. 4, Part 2, Carcharhiniformes. *FAO Fisheries Synopsis* 125: 251-655.

Compagno, L.J.V. 2001. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Volume 2. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes). *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes*. Rome, FAO. 2(1): 269p.

Cortés, E. & Gruber, S. H. 1990. Diet, feeding habits and daily ration of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey). *Copeia* 1: 204-218.

Cortés, E. 2000. Life history patterns and correlations in sharks. *Rev. Fish. Sci.* 8(4): 299-344.

Feldheim, K.A.; Gruber, S.H. & Ashley M.V. 2002. The breeding biology of lemon sharks at a tropical nursery lagoon. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 269: 1655-1661.

Feldheim, K.A.; Gruber, S.H. Ashley M.V. 2004. Reconstruction of parental microsatellite genotypes reveals female polyandry and philopatry in the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. *Evolution*. 58(10): 2332-2342.

Figueiredo, J.L. 1977. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. I. Introdução Cações, raias e quimeras. *MZUSP*. São Paulo. 104p.

Garla, R.C.; Garcia Jr., J.; Veras, L.B. & Lopes, N.P. 2008. Fernando de Noronha as an insular nursery área for lemon sharks, *Negaprion brevirostris*, and nurse sharks,

Ginglymostoma cirratum, in the equatorial western Atlantic Ocean. *JMBA2 – Biod. Rec.*
Published on-line. 4p.

Griffin, E.; Miller, K.L., Freitas, B. & Hirshfield, M. 2008. Predators as prey: why healthy oceans need sharks. *Oceana*, published online. 15p.

Gruber, S.H. 1982. Role of the lemon shark, *Negaprion brevirostris* (Poey) as a predator in the tropical marine environment: a multidisciplinary study. *Flor. Scient.* 45(1): 46-75.

IUCN, 2006. IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org. Acessado em agosto de 2008.

Nelson, J. S. 2006. Fishes of the world. 4th. Ed. New Jersey. *John Wiley & Sons, Inc.* 577p.

Schmidt, T. W. 1986. Food of young juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey), near Sand Key, Western Florida Bay. *Flor. Scient.* 49: 7-10.

CAPÍTULO 1

Estrutura populacional e uso do habitat de *Negaprion brevirostris*
no Arquipélago de Fernando de Noronha (PE)

ESTRUTURA POPULACIONAL E USO DO HABITAT DE TUBARÕES-LIMÃO,
NEGAPRION BREVIROSTRIS, NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE
NORONHA.

RESUMO

A estrutura populacional e o uso do habitat de *Negaprion brevirostris* foram verificados ao longo de cinco expedições para o arquipélago de Fernando de Noronha, utilizando-se três metodologias diferentes: busca ativa, transecções e observações terrestres a partir de um ponto elevado. A estruturação etária configurou-se pela predominância de jovens, seguidos de subadultos, neonatos e adultos. A razão sexual foi fortemente enviesada a favor das fêmeas, sugerindo segregação sexual. Os neonatos geralmente foram observados agregados, em profundidades atingindo no máximo 1,5 m. A análise de covariância (ANCOVA) indicou que o número de avistagens de tubarões se relacionou com o local, a temperatura e a profundidade. De modo geral, os tubarões jovens e subadultos preferiram águas quentes e rasas, com um temperatura ótima de 27° C e uma profundidade menor que 6 m. O local com maior número de avistamentos foi o Buraco da Raquel. Não foi encontrada uma preferência por substrato rochoso ou arenoso e a região do porto foi evitada, provavelmente pela antropização da área. A presença dos tubarões em águas rasas indica fidelidade ao local e, talvez uma forma de se evitar os predadores. A maior quantidade de tubarões observados nas áreas sem interferências humanas revela a importância e necessidade da criação e implementação de áreas marinhas protegidas.

Palavras-chave: tubarão, estrutura etária, razão sexual, preferência de habitat, Brasil.

POPULATION STRUCTURE AND HABITAT USE OF LEMON SHARKS,
NEGAPRION BREVIROSTRIS, AT FERNANDO DE NORONHA ARCHIPELAGO.

ABSTRACT

The population structure and habitat use of *Negaprion brevirostris* were verified through five expeditions to Fernando de Noronha archipelago. To achieve this we used three different methodologies: active search, strip transects and terrestrial observations from an elevated point. The age structure configuration revealed that young sharks are predominant, followed by subadults, adults and neonates. The sex ratio was strongly female skewed, what suggest sexual segregation. Neonates were frequently observed in groups and always at 1.5 m maximum depth. An analysis of covariance (ANCOVA) was performed and we verified that shark's sightings were correlated to site, temperature and depth. In general, young and subadults sharks preferred shallow and warmer waters, with an optimum temperature around 27 ° C and depths of less than 6 m. The greatest number of shark's sightings took place at Buraco da Raquel. Lemon sharks did not choose between rocky or sandy substrates but they avoided the harbor region, probably because the anthropogenic development. The presence of sharks in nearshore environments indicates their site attachment and, perhaps, predator avoidance. Sharks were mostly observed at non-human interference areas, what reveals the magnitude need for creation and implementation of marine protected areas.

Introdução

Presentes nos quatro oceanos de nosso planeta, os tubarões são considerados cosmopolitas, sendo encontrados tanto em mar-aberto (espécies pelágicas) quanto em plataformas continentais e insulares (espécies costeiras). O tubarão-limão, *Negaprion brevirostris*, tem hábitos costeiros e pode ser encontrado nos Oceanos Atlântico e Pacífico Oriental (Compagno, 1984; Nelson, 2006).

Segundo Castro (1993), muitas espécies de elasmobrânquios utilizam baías e estuários rasos como locais de reprodução. Tais localidades muitas vezes funcionam também como áreas de berçário, oferecendo, através de recifes de corais e mangues, refúgio e proteção contra predadores, além de proverem alimento, garantindo assim a sobrevivência e o desenvolvimento dos jovens de diversas populações de elasmobrânquios.

A utilização de berçários e a fidelidade dos jovens ao local de nascimento é comum em *Negaprion brevirostris* e as áreas mais estudadas, no oeste do Oceano Atlântico, são Bimini, nas Bahamas e o Atol das Rocas, situado na região nordeste da costa brasileira (Morrissey & Gruber, 1993b; Edrén & Gruber, 2005; Freitas *et al.*, 2006; Wetherbee *et al.*, 2007).

Áreas de berçário, por garantirem o nascimento de jovens e proverem condições para sua sobrevivência e crescimento, assomando-se a isso a fidelidade dos indivíduos de *N. brevirostris* ao local, são consideradas críticas para a reposição dos estoques e sobrevivência da espécie como um todo. Dessa forma, é imprescindível que tais habitats sejam identificados e preservados (Camhi *et al.*, 1998).

Estudos recentes de Garla *et al.* (2008) confirmam o Arquipélago de Fernando de Noronha como área de berçário para o tubarão-limão. A continuação de pesquisas no local é necessária e o presente trabalho vem investigar alguns parâmetros populacionais, aspectos comportamentais e uso do habitat pela espécie em questão.

A expressão “uso do habitat” por parte de uma espécie deve ser empregada quando não se conhece uma seleção ativa do habitat, confirmada por padrões de

movimentação dos indivíduos (Kramer *et al.*, 1997). Diversos estudos têm aplicado técnicas de telemetria para monitorar tubarões e identificar padrões de movimentação, áreas de vida (“home-range”) e áreas centrais (“core-areas”) dentro desta última. (Rechisky & Wetherbee, 2003; Heupel *et al.*, 2004; Édren & Gruber, 2005; Johnson *et al.*, 2009). Fazendo-se um mapeamento da área de estudo com relação a diferentes variáveis (tipo de substrato, vegetação dominante, distância da costa, profundidade, temperatura, salinidade, etc) e plotando neste mapa os pontos referentes à localização dos tubarões, é possível evidenciar os habitats preferenciais da espécie em questão, para aquele momento, naquela região (Morrissey & Gruber, 1993b; Campana & Joyce, 2004; Johnson *et al.*, 2009). A investigação do uso do habitat por tubarões-limão através da telemetria é recorrente na região de Bimini, nas Bahamas (Gruber *et al.*, 1988; Correia *et al.*, 1995), mas é raramente utilizada em trabalhos no Atlântico Sul, que se munem de metodologias alternativas para atingir tal objetivo (Oliveira, 2001, Garcia, 2010).

A escolha de determinado habitat por indivíduos de uma espécie geralmente é resultado da alta disponibilidade de recursos naquele local (alimento, abrigo, parceiro sexual, ausência de predadores, entre outros) o que confere maior valor adaptativo aos que fazem uso de tal local (Pough, 2003; Ricklefs, 2003). Como dito acima, a seleção de habitat pode ser percebida por padrões de movimentação e de utilização do espaço por parte da espécie estudada, o que, conseqüentemente, nos ajuda a entender um pouco mais sobre sua ecologia comportamental (Itzkowitz, 1991 *apud* Morrissey & Gruber 1993b).

Gruber *et al.* (1988) e Morrissey & Gruber (1993b) analisaram algumas variáveis suspeitas de influenciarem na seleção do habitat e nos padrões de atividade pelo tubarão-limão em Bimini, Bahamas. Os resultados obtidos indicam que a temperatura, profundidade e tipo de substrato estão relacionados com a escolha do habitat pelo tubarão-limão, especialmente dos neonatos e jovens. Wetherbee *et al.* (2007) constataram que o regime de marés, associado à profundidade, influi nos padrões de movimentação e comportamento de jovens de *N. brevirostris* no Atol das Rocas (RN).

No intuito de elucidar o uso do habitat por integrantes de *N. brevirostris* no Arquipélago de Fernando de Noronha, foram analisados alguns dados físico-químicos e biológicos dos locais de amostragens, esclarecidos no tópico ‘Metodologia’.

A necessidade de preservar os tubarões vai além da noção de resguardar determinada espécie da extinção. Segundo Griffin *et al.* (2008) os tubarões exercem influência na estruturação de comunidades marinhas e o equilíbrio ecológico dos oceanos depende enormemente deles.

Nelson (2006) aponta a importância dos peixes como fonte alimentar para o ser humano e cita que algumas atividades antrópicas têm causado efeitos negativos ao meio ambiente, provocando ameaças à biodiversidade marinha.

A exploração humana dos recursos pesqueiros cresceu enormemente no fim do século passado e algumas implicações dessas ações desenfreadas sobre os peixes, especialmente sobre os elasmobrânquios, são demonstradas por Baum *et al.* (2003). Tal estudo reúne dados sobre a pesca exploratória no noroeste do Oceano Atlântico, e os resultados alcançados pelos pesquisadores indicam um declínio nas populações de várias espécies de tubarões em um período relativamente curto de tempo.

Por serem predadores de topo de cadeia, a remoção dos tubarões do ecossistema tem conseqüências consideráveis, como aumento imprevisível das populações de suas principais presas (teleósteos e invertebrados) e de espécies que não são suas presas diretas (Wetherbee *et al.*, 1990; Musick, 2004).

No Brasil, não há dados oficiais sobre atividades pesqueiras envolvendo *Negaprion brevirostris*, entretanto, há indícios de amplas capturas da espécie pela pesca intensiva no Oceano Atlântico Ocidental, o que causa uma depleção nos estoques e é uma das razões pela qual a espécie encontra-se na lista da IUCN, sob o status de quase ameaçada (NT) no Oceano Atlântico Ocidental como um todo, e vulnerável na América do Sul (IUCN, 2006). No Brasil, seu status de ameaça foi indicado por Rosa (1997) e oficialmente reconhecido pela Instrução Normativa MMA n.05/2004.

Segundo Musick (2004), a pesca direta é uma das causas do declínio de muitas espécies de elasmobrânquios abaixo do nível de resiliência, mas a mortalidade advinda da pesca inespecífica (“bycatch”), ou seja, a captura de diversas espécies que não estavam sendo visadas, é muita alta e pode responder por parcelas significativas no declínio de algumas espécies, o que parece ser o caso do tubarão limão, ao menos em território nacional. Conseqüentemente, a pesca sem manejo pode causar, em poucos anos, uma baixa no estoque (população) que, devido às características reprodutivas

intrínsecas da espécie, pode levar décadas para se recompor acima do nível no qual seja viável a pesca sustentável (Baum *et al.*, 2003; Musick, 2004).

O desenvolvimento urbano em áreas costeiras também afeta negativamente o ecossistema marinho, alterando as taxas de sedimentação e liberando poluentes no mar (Jennings *et al.*, 2008; Knip *et al.*, 2010). Jennings *et al.* (2008) constataram um declínio nas taxas de crescimento e de sobrevivência de neonatos de *N. brevirostris* durante a construção de um *resort* em Bimini, Bahamas.

O fechamento de empresas de pesca locais e a implementação de áreas marinhas protegidas, especialmente em áreas de berçário, são algumas medidas que podem mitigar os efeitos deletérios da pesca por aumentar a chance de sobrevivência dos filhotes e proteger tubarões maiores, que se concentram em regiões costeiras, próximos a suas áreas natais (Garla, 2003; Chapman *et al.*, 2009). O investimento em programas de educação ambiental que alerte as pessoas sobre a frágil natureza das populações de elasmobrânquios também são medidas válidas para incrementar a eficiência da conservação dos tubarões.

Justificativa do estudo

Segundo Abdulla (2004), a identificação e mapeamento de habitats utilizados por uma espécie, além de estudos sobre sua biologia geral, ecologia e dinâmica populacional são indispensáveis para se elaborar um plano de manejo e definir medidas de conservação eficientes para a espécie em questão. Além disto, a atual classificação do tubarão-limão na lista vermelha da IUCN e a reconhecida importância mundial do Arquipélago de Fernando de Noronha na manutenção da biodiversidade marinha, bem como a carência de dados envolvendo *N. brevirostris* em tal área, justifica a escolha do local de estudo e os objetivos a serem elucidados no decorrer da pesquisa, visando recolher uma gama de dados necessários para o planejamento e criação futuros de um plano de recuperação para a espécie estudada.

Objetivo Geral

Reunir dados ecológicos do tubarão-limão, *Negaprion brevirostris*, em Fernando de Noronha — importante área de berçário para a espécie no Atlântico Sul — visando complementar as informações bio-ecológicas já existentes, auxiliando assim na elaboração de um futuro Plano de Recuperação.

Objetivos Específicos

1. Verificar a estrutura da população de *N. brevirostris* em Fernando de Noronha;
2. Analisar o uso do habitat de indivíduos *N. brevirostris* de diferentes classes etárias em áreas específicas de Fernando de Noronha.

Metodologia

Área de estudo

O Arquipélago de Fernando de Noronha originou-se por ações vulcânicas, que resultaram na formação de 21 ilhas, ilhotas e rochedos, sendo Fernando de Noronha a maior ilha, com uma área de 18,4 km², largura máxima de 3,5 km e perímetro de 60 km. Esta corresponde ao topo de um dos cones vulcânicos da Cordilheira Mesoceânica, cuja base de 74 km de largura está situada a 4000 m de profundidade (Teixeira *et al.*, 2003). Tal arquipélago está localizado nas coordenadas 03° 54' S e 32° 25' O e dista aproximadamente 360 km de Natal (RN) e 545 km de Recife (PE).

A área do arquipélago está sob ação da Corrente Sul Equatorial, responsável pelas águas quentes (26-27°C) e salinidade em torno de 36. A Corrente Equatorial Atlântica também exerce uma pequena influência na hidrodinâmica do arquipélago. (Eston *et al.*, 1986).

O clima na região é tropical com duas estações bem definidas: uma chuvosa de março a julho e uma seca de agosto a fevereiro. A pluviosidade média anual é de 1300 mm, podendo atingir valores inferiores a 500 mm e superiores a 2000 mm anuais. A temperatura atmosférica média anual é de 27°C (Teixeira *et al.*, 2003).

Os ventos alísios predominam durante a maior parte do ano, soprando na direção E, SE e, portanto, atingindo a face barlavento (ou “Mar de Fora”, voltado para o continente africano), resultando em águas revoltas nesta região durante a maior parte do ano. Porém, entre novembro e março ocorre uma mudança no regime de ventos, que passam a soprar na direção W, SW e WSW e, durante esta época, são frequentes os períodos de fortes ondulações na face sotavento do arquipélago (“Mar de Dentro”, voltado para o continente americano) e de calmaria no Mar de Fora (Eston *et al.*, 1986; Teixeira *et al.*, 2003).

Segundo Soto (2001), o arquipélago abriga 167 espécies de peixes, sendo 25 de elasmobrânquios e 142 de teleósteos. O autor cita ainda quatro espécies endêmicas: *Stegastes rocasensis*, *Xyrichtys incandescens*, *Starksia* sp. e *Lythrypnus* sp.

A partir de 1986, o Governo Federal declarou o território de Fernando de Noronha Área de Proteção Ambiental (APA) e, dois anos mais tarde, foi criado o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (PARNAMAR), cuja área de 112,7 km², abrange aproximadamente 70% da ilha principal, as demais ilhas e a área marinha até 50m de profundidade em quase todo o entorno do arquipélago (Mitraud, 2001; IBAMA, 2008).

Para a execução do presente estudo, os pontos de amostragens (Figura 1.1) foram selecionados em quatro locais na face barlavento (“Mar de Fora”) da ilha principal, os quais são denominados Enseada dos Tubarões, Buraco da Raquel (interna e externamente à barreira de recifes), Caieira e Atalaia. Uma quinta localidade, a Praia de Santo Antônio (por se tratar de uma região portuária, será referida apenas como Porto), a qual está situada na face sotavento (“Mar de Dentro”) da ilha também foi amostrada.

Os pontos de coleta de dados foram assim escolhidos pela viabilidade de acesso, características de substrato semelhantes (entre as subáreas) e por apresentarem diferentes níveis de proteção relativos a ações humanas, compreendendo desde o acesso liberado de turistas e embarcações (região portuária), passando por locais com acesso controlado (Piscina do Atalaia) e culminando com regiões de acesso restrito, permitido apenas para pesquisa científica (Buraco da Raquel, Caieira e Enseada dos Tubarões). A caracterização qualitativa das áreas foi feita através de mergulhos livres (apnéia) e envolveu a descrição do substrato, cobertura bêntica e potenciais presas do *N. brevirostris* (teleósteos, crustáceos e moluscos).

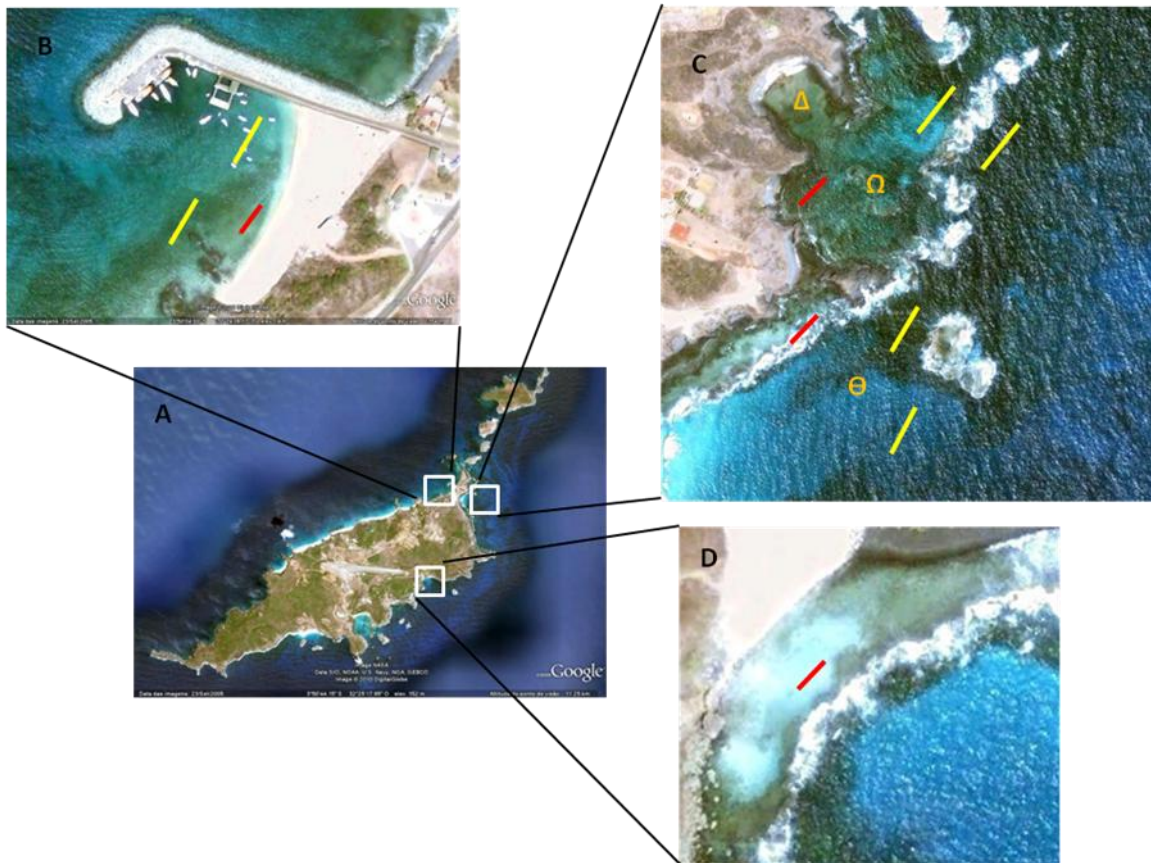


Figura 1.1 Representação das áreas amostradas em Fernando de Noronha. **A** – visão panorâmica do Arquipélago; **B** – Porto; **C** – áreas amostradas: Δ = Enxada dos Tubarões, Ω = Buraco da Raquel, Θ = Caieira; **D** – Piscina do Atalaia. Traço amarelo = transecto de 120m; Traço vermelho = local de busca ativa dos neonatos. Modificado de Google Earth.

Em todas as áreas, exceto a Enseada dos Tubarões, foi realizada a busca ativa por neonatos em locais rasos, adjacentes à praia (Figura 1.2). A caracterização destas áreas é descrita a seguir. Os locais de busca ativa acompanham a letra “N” ao final das siglas, por referirem-se exclusivamente aos pontos de avistagens dos neonatos.

Atalaia (AN)

Substrato inconsolidado, com algumas pequenas colônias de corais. Há um cabeço de recife aproximadamente na metade da piscina, o qual é recoberto por corais, esponjas e algas. Uma barreira de recife isola o local do mar durante a baixa-mar e abriga grande quantidade de vida marinha. De forma geral, a fauna no local é rica, com presença de anêmonas, ascídias, poliquetas, ofiuróides, ouriços-brancos, polvos e lagostas, além dos corais e esponjas já citados. Teleósteos são comumente avistados, inclusive no estágio juvenil.

Buraco da Raquel (BRN)

Substrato consolidado, rochas nuas ou recobertas por macroalgas, mas raramente com colônias de corais fixadas. Muitas macroalgas arribadas, comprometendo a visibilidade. Local fica totalmente exposto durante a baixa-mar. Poucos teleósteos presentes, geralmente *Abudefduf saxatilis*.

Caieira (CN)

Substrato predominantemente arenoso. Poucas rochas nuas ou recobertas por algas. Geralmente com sedimento em suspensão devido à ação das ondas. Poucos teleósteos presentes, geralmente *Abudefduf saxatilis*.

Porto (PN)

Substrato predominantemente rochoso. Rochas nuas, recobertas por algas ou colônias de corais. Outros organismos incrustantes ausentes. Teleósteos presentes. Por vezes observou-se pequenos cardumes de sardinha, *Harengula* sp.

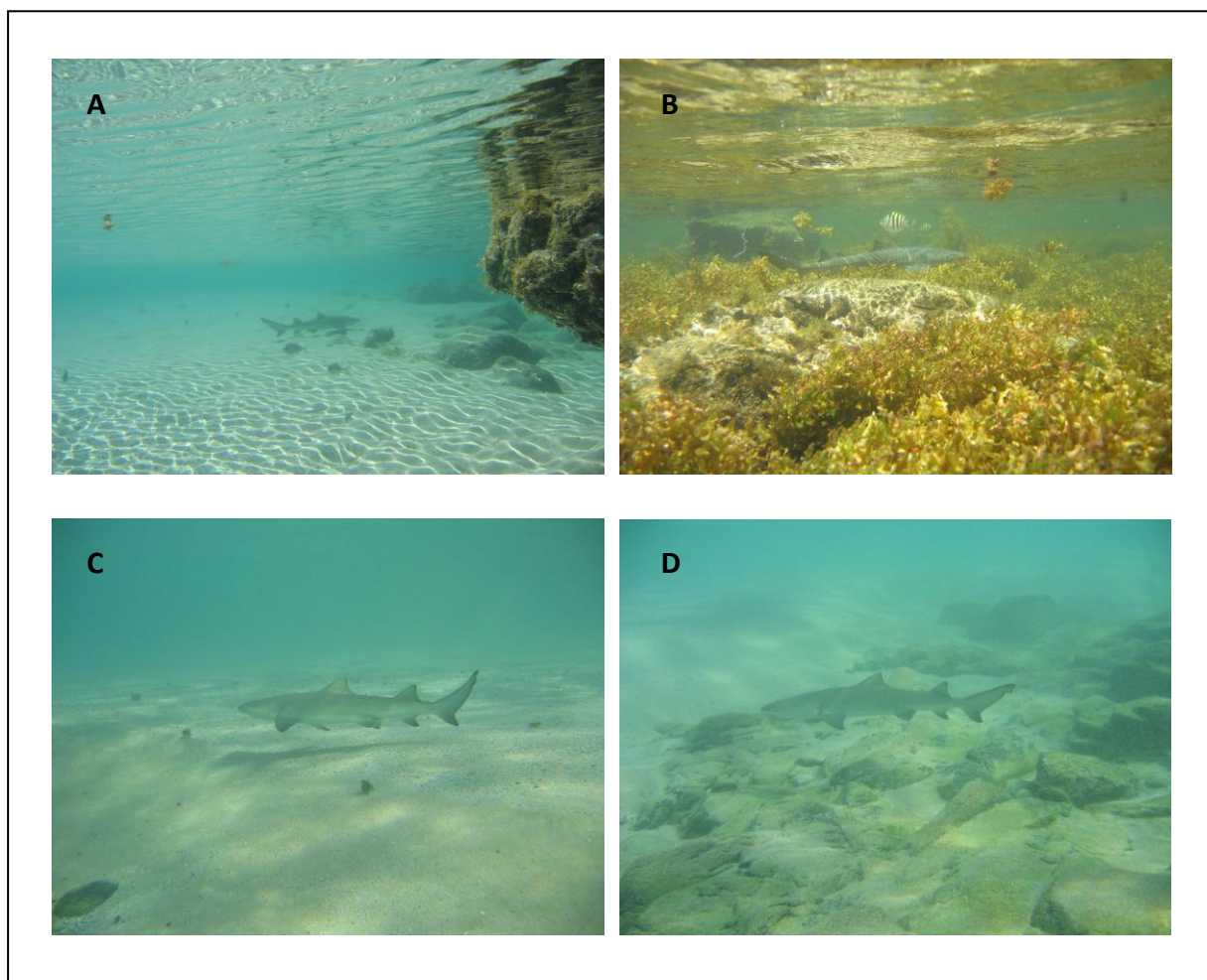


Figura 1.2. Fotos dos locais de busca ativa para neonatos. **A** – AN; **B** – BRN; **C** – CN; **D** – PN.

As áreas Buraco da Raquel, Caieira e Porto foram divididas em duas subáreas, de acordo com o tipo de substrato predominante, onde foram realizados transectos (120 x 6m; exceção para a subárea Porto de substrato arenoso, com transeções de 60 x 6m) para verificar a utilização destes ambientes pelos tubarões-limão. A caracterização das subáreas é descrita a seguir. Tais subáreas acompanham as letras “A” ou “R” em suas siglas, referindo-se aos substratos Arenoso e Rochoso, respectivamente (Figura 1.3).

Buraco da Raquel “Arenoso” (RA)

Substrato inconsolidado, predominantemente arenoso, com um banco de macroalgas em uma das extremidades. Uma grande barreira de recife, que ultrapassa os limites do transecto, protege o local da ação mecânica das ondas e o separa do outro ponto de amostragem, o Buraco da Raquel “Rochoso”. Invertebrados incrustantes presentes apenas na barreira de recife. Teleósteos comumente avistados ao longo da transecção.

Buraco da Raquel “Rochoso” (RR)

Substrato consolidado, recoberto em sua maior parte por macroalgas. Poucas rochas nuas ou cobertas por algas, além de algas calcárias presentes. Apresenta formações (protuberâncias) rochosas de extensões e alturas variadas que abrigam grande diversidade de invertebrados marinhos, como corais, esponjas, ascídias, anêmonas, poliquetas e ouriços-brancos. Teleósteos comumente avistados.

Caieira “Arenoso” (CA)

Substrato inconsolidado, totalmente arenoso, contendo poucos tufo de macroalgas. Organismos incrustantes inexistentes. Teleósteos raramente encontrados, geralmente apenas de passagem no local.

Caieira “Rochoso” (CR)

Substrato consolidado, recoberto por corais e algas, inclusive algas calcárias. Apresenta quatro principais “cabeços” de recife totalmente submersos, com varias reentrâncias onde se fixam abundantes colônias de esponjas, corais e ascídias. Ambiente parcialmente protegido da ação mecânica das ondas por uma grande formação rochosa exposta (“Pedra da Lancha”). Teleósteos comumente avistados.

Porto “Arenoso” (PA)

Substrato inconsolidado, predominantemente arenoso, contendo esparsos “tufos” de macroalgas, poucas e pequenas rochas nuas ou recobertas por algas. Raramente algas calcárias presentes e pequenas colônias de corais. Teleósteos comumente avistados.

Porto “Rochoso” (PR)

Substrato consolidado, com rochas nuas ou cobertas por macroalgas. Apresenta muitas reentrâncias, nas quais nota-se a fixação de vários invertebrados, como colônias de esponjas, corais, anêmonas e ascídias. Alguns ouriços-brancos, algas calcárias e corais pétreos também foram notados. Polvos e teleósteos comumente avistados.

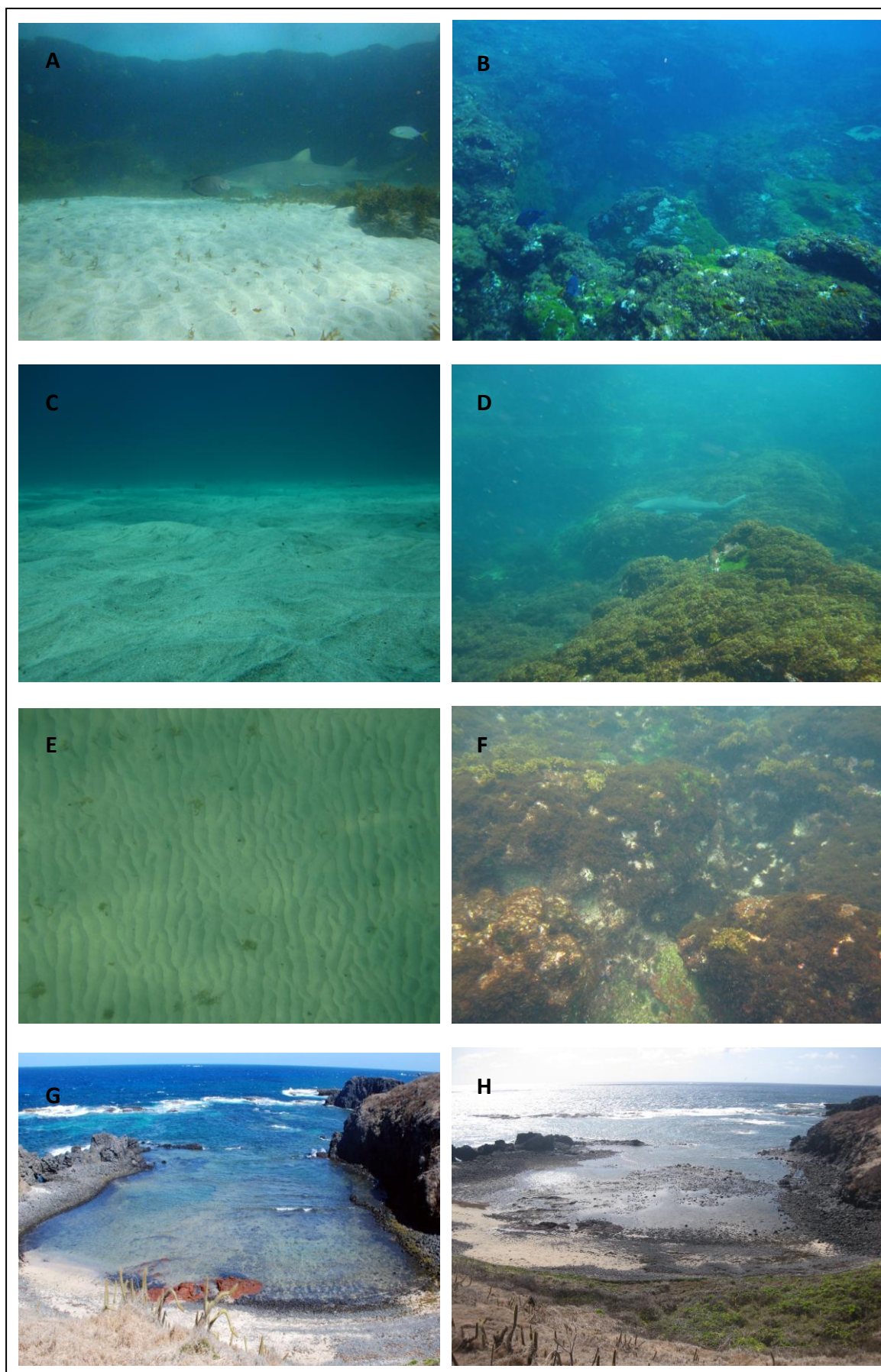


Figura 1.3. Fotos dos locais de amostragem. **A** – RA (detalhe para a barreira de recife ao fundo); **B** – RR; **C** – CA; **D** – CR; **E** – PA; **F** – PR; **G-H** – ET (na preamar e baixamar, respectivamente).

Para o local Enseada dos Tubarões (Figura 1.3), devido às características geográficas da área, optou-se por utilizar uma metodologia diferente, na qual os tubarões eram observados de fora da água. A caracterização desta área é descrita a seguir.

Enseada dos Tubarões (ET)

Apresenta uma área de aproximadamente 5200m². Local de águas rasas (profundidade máxima de 1,5m), é enormemente influenciado pelo regime de marés, permanecendo boa parte de sua área totalmente exposta durante os picos da maré baixa. Há apenas um ponto de conexão com o mar e o acesso à enseada é possível somente durante a preamar. No substrato predominam rochas recobertas por algas ou por grandes colônias de corais e esponjas. Nota-se a presença de muitas reentrâncias ao longo de todo o substrato consolidado, as quais servem de abrigos a diversos teleósteos e invertebrados. Algas calcárias, ascídias e anêmonas também são encontradas. Poucos tufos de macroalgas e rochas nuas. Teleósteos comumente avistados.

Coleta de dados

Para se tomar conhecimento da estrutura populacional de *N. brevirostris*, além de provável seleção de habitats por seus indivíduos, foram realizados três tipos de amostragens: busca ativa, transecções e observação terrestre em ponto fixo (esta última apenas na Enseada dos Tubarões).

As amostragens de busca ativa visaram exclusivamente os indivíduos neonatos e foram realizadas através de mergulhos livres (apnéia) em quatro áreas, sempre adjacentes a praia, com larguras e comprimentos máximos de cinco e quarenta metros, respectivamente. Notou-se a presença de marcas naturais nos neonatos e, portanto, foi realizado o registro fotográfico do maior número de indivíduos possível.

As localidades Buraco da Raquel, Caieira e Porto foram divididas em duas subáreas, de acordo com o tipo de substrato (ver “Área de estudo”). Em cada uma destas regiões foram realizadas, em apnéias, transecções de 120m por 6m, resultando em uma

área de 720m^2 por transecção. Deve-se ressaltar que a área do Porto com substrato arenoso (PA) não se estendia o suficiente para comportar uma transecção de 120m e, portanto, para esta localidade foram realizadas transecções de 60m de comprimento, totalizando uma área de 360m^2 .

Para a delimitação inicial das transecções foi utilizado um GPS portátil. À medida que o pesquisador se familiarizava com os locais de coleta de dados, foram definidos pontos de referências em terra ou subaquáticos para guiar o mesmo, assegurando que as transecções fossem realizadas sempre no mesmo local e o tamanho das áreas mantido constante. Cada transecção foi aplicada paralelamente à praia, através de natação constante por parte do pesquisador.

O local “Enseada dos Tubarões” apresenta regiões muito rasas e a utilização de transecções neste local é inviável. Entretanto, por se tratar de uma área relativamente pequena e de águas claras, é possível observar os tubarões a partir do ambiente terrestre. Assim, optou-se por realizar uma amostragem terrestre de ponto fixo, a partir de uma elevação natural (Figura 1.4).

Com a finalidade de melhor orientar o pesquisador em termos espaciais, foi realizada uma divisão da Enseada dos Tubarões em quatro quadrantes, conforme esquematizado na figura 1.5.

Durante o emprego destas metodologias, foi feita a contagem e estimativa do comprimento total dos tubarões-limão avistados. A sexagem dos tubarões (verificada pela presença dos cláspes nos machos) é dificultada nos neonatos sem a captura dos mesmos e impossível de ser verificada através da observação terrestre. Assim, a determinação do sexo só foi executada para os animais observados durante as transecções.



Figura 1.4. Amostragens de *N. brevirostris* na Enseada dos Tubarões através de observação terrestre em ponto fixo.

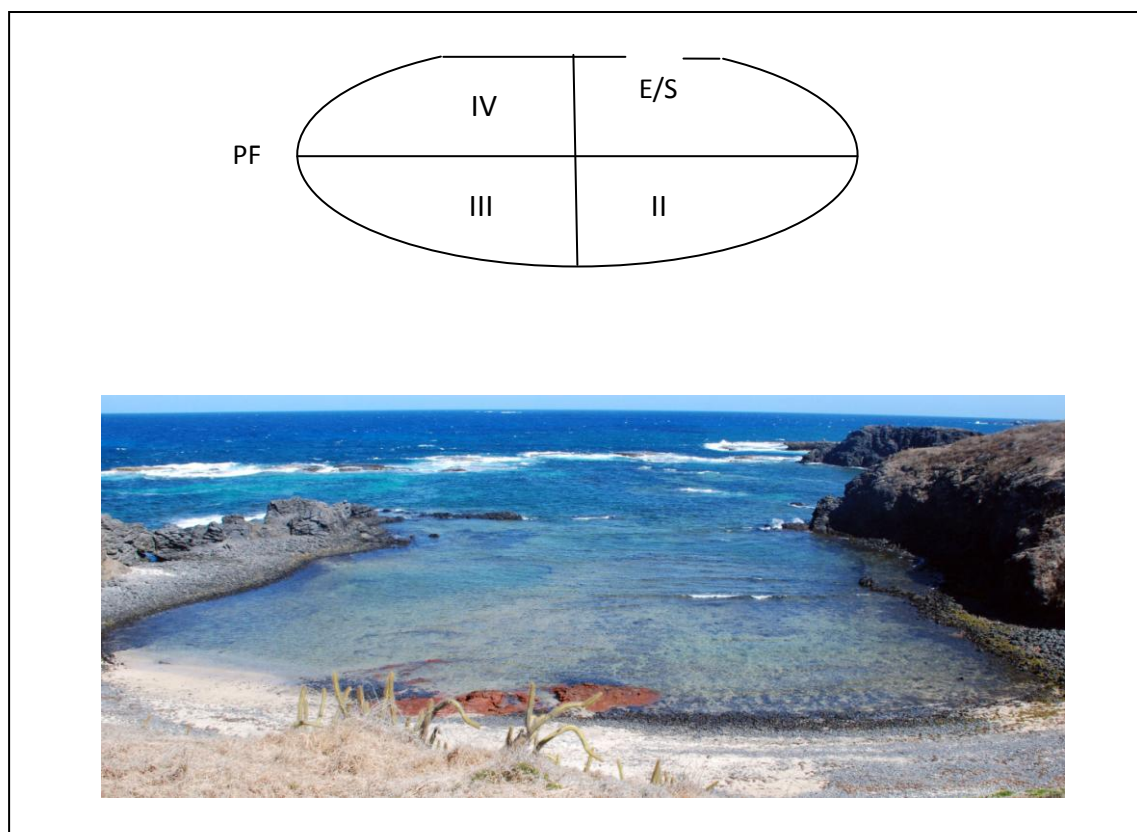


Figura 1.5. Esquema da divisão dos quadrantes da Enseada dos Tubarões (foto). *PF* = *Ponto Fixo de observação*; *E/S* = *Entrada / Saída da enseada*.

O comprimento total (CT) é tomado no sentido ântero-posterior do animal, compreendendo desde a extremidade anterior do focinho até a extremidade do lobo superior da nadadeira caudal. O CT dos animais foi estimado visualmente, já que o método proposto não prevê a captura de exemplares. Tais estimativas não são exatas, porém se adequam à metodologia vigente, tendo em vista que os indivíduos estão separados em quatro classes etárias, de acordo com seu tamanho: neonatos (abaixo de 65 cm) jovens (entre 65 e 150 cm), sub-adultos (entre 150 e 220 cm) e adultos (acima de 220 cm). Tal definição teve embasamento na literatura (Sundström & Gruber, 1998; Wetherbee *et al.*, 2007; Garla *et al.*, 2008; Lucifora *et al.*, 2009).

Para se verificar o uso do habitat no presente estudo, foi necessário primeiramente caracterizar física, química e biologicamente os locais de amostragem. Dessa forma, em todas as áreas amostrais foram estimadas a profundidade e transparência horizontal da água (THA) e medidas a velocidade da corrente (obtida com o auxílio de um fluxômetro) e temperatura superficial da água, além das concentrações de fosfato, nitrato, nitrito e amônia (analisados em laboratório, após coletas de amostras de água). Tais dados foram coletados para cada visita aos locais de amostragem, de forma aleatória ao longo dos transectos e de maneira padronizada na ET, sempre no quadrante III, previamente identificado como de maior concentração e permanência dos tubarões dentro da enseada.

Finalmente, foi registrada a disponibilidade de recursos alimentares (moluscos, crustáceos e teleósteos) para a espécie-alvo e citadas a fauna e flora sésseis locais (ver “Área de Estudo”). Os dados ambientais foram cruzados com os dados referentes ao *N. brevirostris* para verificar se as variáveis medidas influenciam na utilização mais intensa de determinados habitats em relação a outros.

Todos os dados, exceto os obtidos pela observação terrestre de ponto fixo e os advindos das análises das amostras de água, foram anotados submersamente, em uma prancheta de pvc e posteriormente compilados em um micro-computador portátil. Uma câmera fotográfica digital subaquática foi utilizada para registro dos animais e de seus eventuais comportamentos. Um banco de imagens para foto-identificação de filhotes foi iniciado (Apêndice I) e poderá nortear pesquisadores em investigações futuras que envolvam este objetivo. Durante o estudo, todas as operações práticas foram auxiliadas por pesquisadores e mergulhadores experientes.

Análises estatísticas

A população foi estruturada de acordo com a razão sexual e as diferentes classes de tamanho (estruturação etária) dos tubarões avistados. A aquisição simultânea destes dados só foi possível durante a utilização das transecções e, portanto, durante as análises estatísticas, apenas os dados advindos dessa metodologia foram considerados para atingir o objetivo 1. O teste do Qui-Quadrado (X^2) de aderência foi utilizado em duas ocasiões, na primeira para verificar se havia diferenças entre o número de machos e fêmeas observados, e na segunda para verificar se havia diferenças entre o número de indivíduos distribuídos nas quatro classes etárias estipuladas. Para ambas análises estabeleceu-se um nível de significância de 5% ($p = 0.05$).

Para analisar o uso do habitat foram utilizados dados das três metodologias empregadas. Entretanto, os dados advindos da busca ativa foram analisados apenas descritivamente, enquanto os dados relativos às transecções e observações terrestres (inclusive os dados ambientais) foram tratados estatisticamente através de uma Análise de Co-variância (ANCOVA), assumindo-se um nível de significância de 5% ($p = 0.05$). Deve-se ressaltar que devido às diferenças metodológicas e do tamanho das áreas amostradas, as análises estatísticas foram realizadas independentemente em cada metodologia.

Os locais amostrados nas transecções e a ET apresentaram áreas e esforço amostral distintos. Para permitir as comparações do número de tubarões avistados entre as áreas de transecto e a ET, foi necessário padronizar o número de avistagens de acordo com o tamanho das áreas amostradas (“Avistagem relativa”-Avr.). A padronização seguiu a seguinte fórmula:

$$\text{Avr.} = \text{média de avistagem} / \text{área (m}^2\text{)},$$

onde a média de avistagem é calculada pelo:

$$\text{número absoluto de avistagens} / \text{esforço amostral (h)}$$

Resultados

As atividades foram desenvolvidas em maio, agosto e outubro de 2009 e janeiro e março de 2010, perfazendo 60 dias de amostragem, com tempo total de observações igual a 169,4 horas. Deste total, 23,4 horas referem-se à busca ativa, 37,3 horas à amostragem terrestre em ponto fixo e 108,7 horas às transecções.

Todas as classes de tamanho de tubarões-limão foram evidenciadas, configurando a predominância dos jovens, seguidos por subadultos, neonatos e adultos. Os neonatos, porém, foram observados apenas durante os meses de janeiro e março de 2010.

Por questões de padronização, ao analisar (estatisticamente) a estrutura da população foram considerados apenas os dados provenientes da amostragem das transecções, pois esta foi a única metodologia que permitiu a coleta de dados etários e sexuais simultaneamente.

Estrutura populacional

O esforço amostral para as transecções foi padronizado com relação ao tempo despendido em cada subárea, obtendo-se valores médios de 18,1 ($\pm 1,08$) horas por localidade (Figura 1.6).

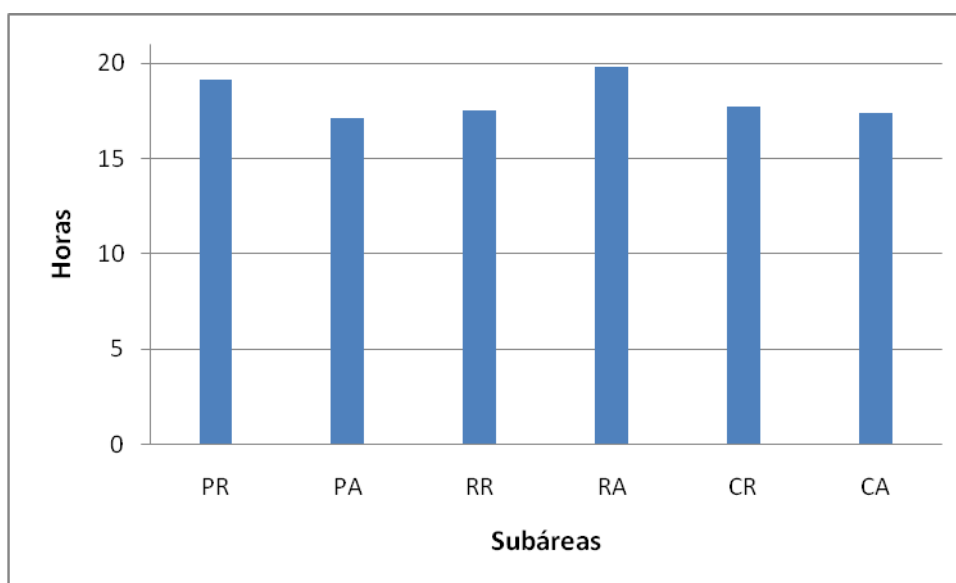


Figura 1.6. Esforço amostral (horas) para locais das transecções.

Durante as transecções foram contabilizadas 106 avistagens, não sendo encontrado nenhum indivíduo neonato e apenas dois adultos, ambos para a subárea RA. A ausência de neonatos e o baixo número de adultos não permitiram que estas classes etárias fossem incluídas na execução do teste de Qui-Quadrado (X^2), que apontou diferença significativa entre o número de indivíduos jovens e subadultos ($X^2 = 15,385$; $p < 0,0001$). Os jovens foram maioria e responderam por aproximadamente 68% da população observada ao longo das transecções. (Tabela 1.1)

Tabela 1.1. Comprimento Total (CT) de 106 tubarões-limão, *N. brevirostris*, obtidos via transecções realizadas entre maio de 2009 e abril de 2010 no Arquipélago de Fernando de Noronha (dados organizados em intervalos de classe). *F* = Frequência, *Fr* = Frequência relativa.

CT (cm)	<i>F</i>	<i>Fr</i>
50 – 65	-	-
66 – 150	72	0,6792
151 – 220	32	0,3019
221 – 350	2	0,0189
Σ	106	1,00

A determinação do sexo foi possível em 73% dos tubarões observados, conforme destaca a tabela 1.2. Dentre os 29 indivíduos que não tiveram seu sexo determinado, 23 eram jovens e, dentre estes, 21 tinham CT menor ou igual a 120 cm.

Tabela 1.2. Razão sexual dos indivíduos de *N. brevirostris* observados via transecções, ao longo de cinco períodos amostrais no Arquipélago de Fernando de Noronha. *F* = Frequência, *Fr* = Frequência relativa.

Sexo	<i>F</i>	<i>Fr</i>
Machos	5	0,0472
Fêmeas	72	0,6792
Não-identificados	29	0,2736
Σ	106	1,00

Considerando apenas os animais sexados, verificou-se através do teste de Qui-Quadrado que há uma diferença significativa entre o número de machos e fêmeas ($X^2 = 58.299$; $p < 0.0001$). Os machos raramente foram observados e isso resultou em uma razão sexual desproporcional de aproximadamente 14:1 em favor das fêmeas.

Os dois tubarões adultos observados eram fêmeas. Ambas apresentavam o mesmo tamanho corpóreo (aproximadamente 230 cm CT) e uma delas, observada em janeiro de 2010, continha marcas de mordidas pelo corpo, enquanto a outra, observada em outubro de 2009, apresentava a região abdominal dilatada, o que indica estado gestante.

Uso do habitat

A busca ativa revelou-se a melhor alternativa para encontrar os neonatos, os quais foram avistados em todas as áreas em que a metodologia foi aplicada, porém apenas durante os meses de janeiro e março de 2010.

A constatação de neonatos solitários ocorreu em apenas 26,3% das vezes em que foram observados. A agregação de indivíduos ocorreu em todos os locais, excetuando-se a Caieira, e pôde-se perceber grupos de até catorze animais para o Porto, seis para o Atalaia e três para o Buraco da Raquel, em profundidades que variaram entre 0,3 a 1,5m (Figura 1.7). Por vezes foi constatada a execução de interações sociais, como Natação em Círculos (NC) e “Follow the Leader” (FL), mas devido à restrita visibilidade horizontal subaquática e rápida locomoção dos tubarões, não foi possível cronometrar tais comportamentos. As descrições detalhadas destes comportamentos podem ser conferidas no tópico “Resultados” do capítulo 2.

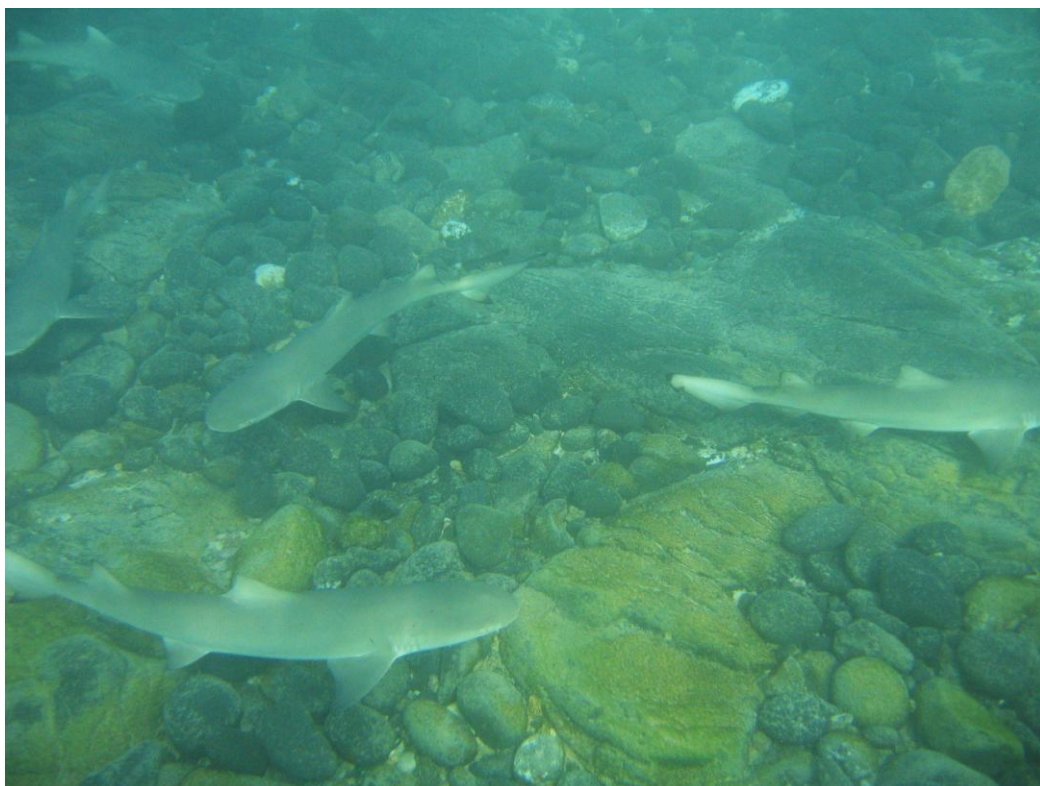


Figura 1.7. Formação gregária de neonatos de *N. brevirostris*, na região portuária de Fernando de Noronha.

A observação mais detalhada dos neonatos permitiu o reconhecimento de algumas marcas naturais, como deformação do ápice do lobo superior da nadadeira caudal, má formação em uma das fendas branquiais e, principalmente, manchas escuras, de variados tamanhos, espalhadas pelo corpo dos animais. Apenas uma marca artificial foi notada, proveniente de um anzol enganchado à boca do animal (Apêndice 1). Os animais que apresentavam estas marcas foram fotografados e a memorização destes padrões permitiu o reconhecimento destes animais em campo. Através disso, foi possível a constatação de dois fatos interessantes: 1) os grupos foram observados sempre nos mesmos locais; 2) os grupos eram formados essencialmente pelos mesmos tubarões.

O fluxo de indivíduos ocorreu, visto que o tamanho dos grupos variou em diversos eventos amostrais, porém a presença repetitiva dos mesmos tubarões nos mesmos grupos e a não-observação do mesmo indivíduo em grupos diferentes nos sugere que há, pelo menos, três grupos de diferentes tamanhos e que não se comunicam entre si.

Foram observados 34 neonatos, dos quais 12 puderam ser identificados visualmente. Os indivíduos identificados não foram recontados em observações posteriores, para diminuir o erro de superestimação em animais desta classe etária. Por terem sido observados em uma menor quantidade de eventos amostrais que as demais classes etárias, não foram realizadas estatísticas para analisar o uso do habitat dos neonatos. Entretanto, os valores médios \pm desvio padrão das variáveis contínuas, bem como o número de eventos amostrais podem ser constatados na tabela 1.3.

Durante as observações terrestres para a ET foram visualizados sete neonatos, sempre solitários e percebidos apenas na ausência de tubarões maiores. O tipo de metodologia empregada não permite uma observação detalhada dos animais, o que torna especulativas as inferências de que estes animais seriam os mesmos que estavam no local BRN em outras ocasiões, dada a proximidade das duas áreas.

O comportamento gregário foi detectado em indivíduos das outras três faixas etárias, porém apenas para os locais ET e RA. Nesta primeira localidade a formação de grupos e de interações sociais entre os tubarões foi corriqueira, inclusive entre indivíduos de classes etárias diferentes (ver “Resultados”, Capítulo 2). Já para a subárea RA, as agregações ocorreram em menor quantidade, quando os indivíduos geralmente se encontravam em repouso. O tamanho dos grupos também foi menor, sendo constatado um máximo de três indivíduos juntos. Entretanto, Leonardo B. Veras (com. pessoal) registrou, em março de 2010, um grupo com até oito indivíduos descansando no local (Figura 1.8). É necessário evidenciar que, dentre todas as localidades amostradas, apenas RA apresentou tubarões-limão (jovens e subadultos) repousando sobre o substrato. Os registros fotográficos do comportamento gregário podem ser consultados no Apêndice II.

Tabela 1.3. Estatística descritiva das variáveis abióticas contínuas de acordo com as localidades. Os valores amostrados estão apresentados como a média \pm desvio padrão e mínimo – máximo. n = número de eventos amostrais; *Temp* = Temperatura; *Prof* = Profundidade; *THA* = Transparência Horizontal da Água; *Corr* = Correnteza.

Localidade	Temp (°C)	Prof (m)	THA (m)	Corr (cm/s)
PR ($n = 38$)	27,0 \pm 1,8 (22 – 30)	2,4 \pm 0,8 (1,5 – 4,5)	2,8 \pm 1,1 (1,5 – 6,5)	1,1 \pm 1,2 (0,1 – 5,6)
PA ($n = 34$)	27,4 \pm 1,3 (25 – 29)	2,3 \pm 0,5 (1,5 – 3,5)	2,9 \pm 0,9 (1,5 – 4)	0,4 \pm 0,2 (0,1 – 0,9)
RR ($n = 35$)	28,4 \pm 1,1 (26 – 30)	5,3 \pm 1,1 (3,5 - 7,5)	4,8 \pm 2,1 (2 - 8)	2,7 \pm 1,8 (0,7 - 6,6)
RA ($n = 39$)	27,3 \pm 1,2 (26 – 31)	2,5 \pm 0,6 (1,5 – 5)	5,6 \pm 1,6 (2,5 – 8)	1,4 \pm 1,1 (0,3 - 3,8)
CR ($n = 35$)	28,0 \pm 1,3 (26 – 30)	3,6 \pm 0,7 (2 – 5)	4,8 \pm 1,8 (2 – 10)	2,1 \pm 0,9 (0,4 - 7,2)
CA ($n = 35$)	28,7 \pm 1,3 (26 – 31)	10,1 \pm 1,3 (8 – 12)	7,0 \pm 3,1 (2,5 – 13)	3,1 \pm 1,3 (1,0 - 5,2)
ET ($n = 36$)	29,2 \pm 1,8 (26 – 33)	0,6 \pm 0,1 (0,4 - 0,9)	-	1,1 \pm 0,8 (0,2 – 4,0)
AN ($n = 7$)	30,6 \pm 1,9 (28,5 - 33)	0,4 \pm 0,1 (0,2 – 0,5)	9,4 \pm 3,4 (5 – 13)	0,2 \pm 0,1 (0,1 – 2,0)
PN ($n = 8$)	27,7 \pm 1,7 (25 – 31)	1,2 \pm 0,2 (1 – 1,5)	2,4 \pm 0,7 (2 – 4)	1,1 \pm 1,4 (0,1 – 5,6)
BRN ($n = 5$)	30,0 \pm 1,0 (29 – 31)	0,4 \pm 0,1 (0,3 – 0,5)	3,7 \pm 2,2 (1,5 – 7)	2,8 \pm 2,1 (0,5 – 5,6)
CN ($n = 2$)	30,0 \pm 0,0 (30 – 30)	0,4 \pm 0,2 (0,2 – 0,6)	1,0 \pm 0,0 (1 – 1)	5,2 \pm 0,8 (4,7 – 6,1)



Figura 1.8. Grupo de *N. brevirostris* repousando sobre o substrato na subárea RA. *Fonte:* Leonardo B. Veras.

A Enseada dos Tubarões revelou-se um sítio amplamente utilizado por *N. brevirostris*, o que pôde ser comprovado pela visualização de 184 espécimes no local. Entretanto, estes dados devem ser analisados com cautela, pois este local possui uma área maior e foi despendido um maior esforço amostral (5200 m²; 37,3 horas) do que para as áreas de transecto (720 m²; 18,1 horas).

Visando uma padronização entre o esforço amostral e o tamanho das áreas (para permitir a comparação do número de avistagens de tubarões em diferentes locais) foi calculada a “Avistagem relativa” (Avr) (Tabela 1.4).

Tabela 1.4. Avistagem relativa (avistagem / h.m²) de *N. brevirostris* para diferentes áreas amostradas no Arquipélago de Fernando de Noronha.

Local	No. absoluto de avistagens	Esforço amostral (horas)	No. de avistagens / hora	Área amostrada (m ²)	Avistagem relativa (Avr)
PR	7	19.1	0.4	720	0.0005
PA	0	17.1	0.0	360	0.0000
RR	13	17.5	0.8	720	0.0011
RA	67	19.8	3.4	720	0.0047
CR	19	17.7	1.1	720	0.0015
CA	0	17.4	0.0	720	0.0000
ET	184	37,3	4.9	5200	0.0009

Os dados provenientes da Avr nos revelam que a área RA foi a mais utilizada (54% da Avr), apresentando até três vezes mais tubarões que a segunda área mais utilizada, a CR (17,2% da Avr). Quando considerados o esforço amostral e a área de amostragem, a região da ET fica em quarto lugar, à frente apenas de PR e das áreas em que não foram observados nenhum tubarão ao longo de todo o estudo (PA e CA). O número de tubarões observados na ET variou entre um e catorze dentre os diferentes eventos amostrais.

Por terem sido aplicadas duas metodologias diferentes, optou-se por aplicar testes estatísticos independentes para cada tipo de amostragem (transecções e observação terrestre).

As variáveis ambientais analisadas foram as mesmas para as duas metodologias, com exceção da variável contínua “THA” e das categóricas “tipo de substrato” e “local”, que não puderam ser aplicadas para ET. A primeira não foi mensurada porque não foram realizados mergulhos no local; a segunda porque a enseada não apresenta características físicas que permitam a divisão da área de acordo com o tipo de substrato e a terceira porque não há outras áreas similares para permitir comparações. Assim, a

ANCOVA realizada para a ET visa somente à comparação entre o número de avistagens de tubarões e as variáveis ambientais mensuradas dentro do mesmo local, entre dias diferentes (eventos amostrais distintos).

Os resultados da ANCOVA para a ET indicaram que as variáveis ambientais analisadas não influenciaram a quantidade de avistagens de tubarões entre diferentes eventos amostrais (Tabela 1.5).

Tabela 1.5. Resultado do teste da ANCOVA para o local Enseada dos Tubarões (ET).

Variáveis ambientais	Valor de F	Valor de <i>p</i>
Temperatura	0.2131	0.6488
Profundidade	0.1622	0.6909
Correnteza	0.0002	0.9873
Estação do ano	0.2671	0.6104

As análises laboratoriais das amostras de água revelaram que as variáveis químicas (amônia, fosfato, nitrato e nitrito) estavam em concentrações tão baixas que os aparelhos não conseguiram detectá-las. Assim, elas foram descartadas e apenas as seguintes variáveis ambientais foram analisadas nas áreas das transecções: temperatura, profundidade, correnteza e THA, além das variáveis categóricas “local” (Buraco da Raquel, Caieira, Porto) e tipo de substrato (arenoso e rochoso). Visando investigar os efeitos dessas variáveis na variável dependente (número de avistagens), foi executada novamente uma Análise de Co-variância (ANCOVA), desta vez para as áreas onde foram realizadas as transecções.

Os resultados da ANCOVA demonstram que as variáveis temperatura, profundidade e local influenciaram significativamente na avistagem de tubarões (Tabela 1.6). Apesar de não ter sido verificado tubarões em duas subáreas com substrato arenoso (CA e PA), o teste apontou que o tipo de substrato não exerce influência no número de tubarões observados.

Tabela 1.6. Resultado do teste da ANCOVA para as seis subáreas em que foram executadas as transecções.

Variáveis ambientais	Valor de F	Valor de <i>p</i>
Temperatura	4.5562	0.0348
Profundidade	8.4380	0.0043
THA	0.9869	0.3225
Correnteza	0.5551	0.4577
Local	9.4243	0.0001
Substrato	0.4752	0.4919

O raciocínio que a temperatura e a profundidade podem estar relacionadas é coerente, porém não pode ser aplicado para o presente estudo, pois a temperatura foi mensurada sempre na superfície da água. Desta forma, é possível analisar estas variáveis de forma independente.

A maioria dos tubarões foi observada em uma faixa de temperatura ótima, próxima aos 27° C. Os valores extremos apresentaram baixa ou nenhuma avistagem, correspondendo aos locais PA, PR e CA. (Figuras 1.9 e 1.10).

De modo geral, os tubarões se concentraram em águas rasas, com 80% dos indivíduos avistados em profundidades de até 3,5m, e 100% dos animais observados em profundidades menores que 6m (Figuras 1.11 e 1.12), embora as profundidades máximas constatadas para as áreas RR e CA tenham sido 7,5 e 12m, respectivamente.

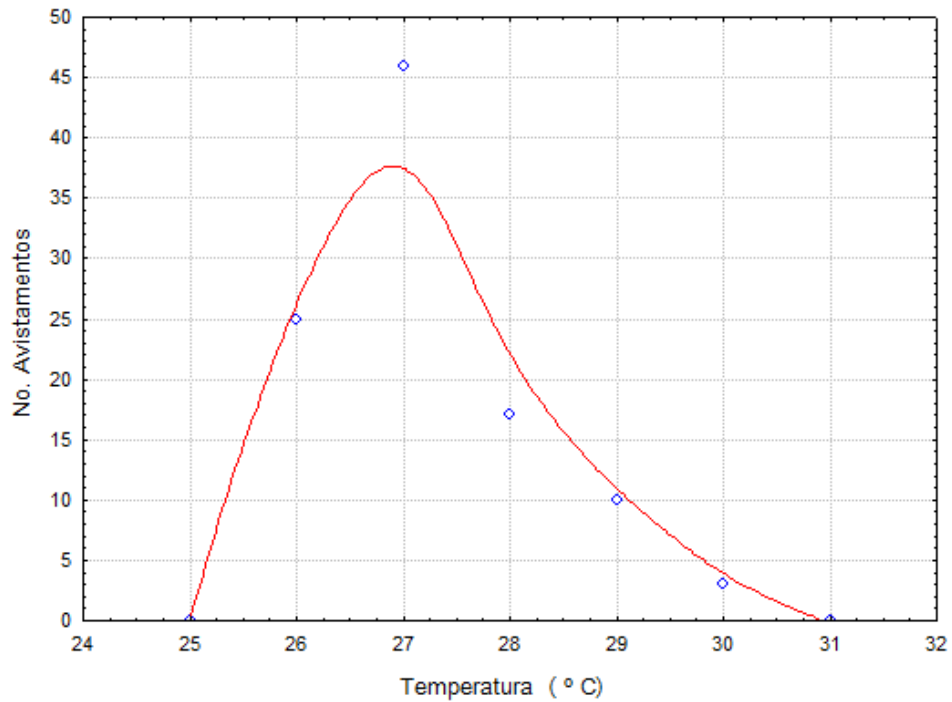


Figura 1.9. Número de avistagens de *N. brevirostris* de acordo com a temperatura (°C).

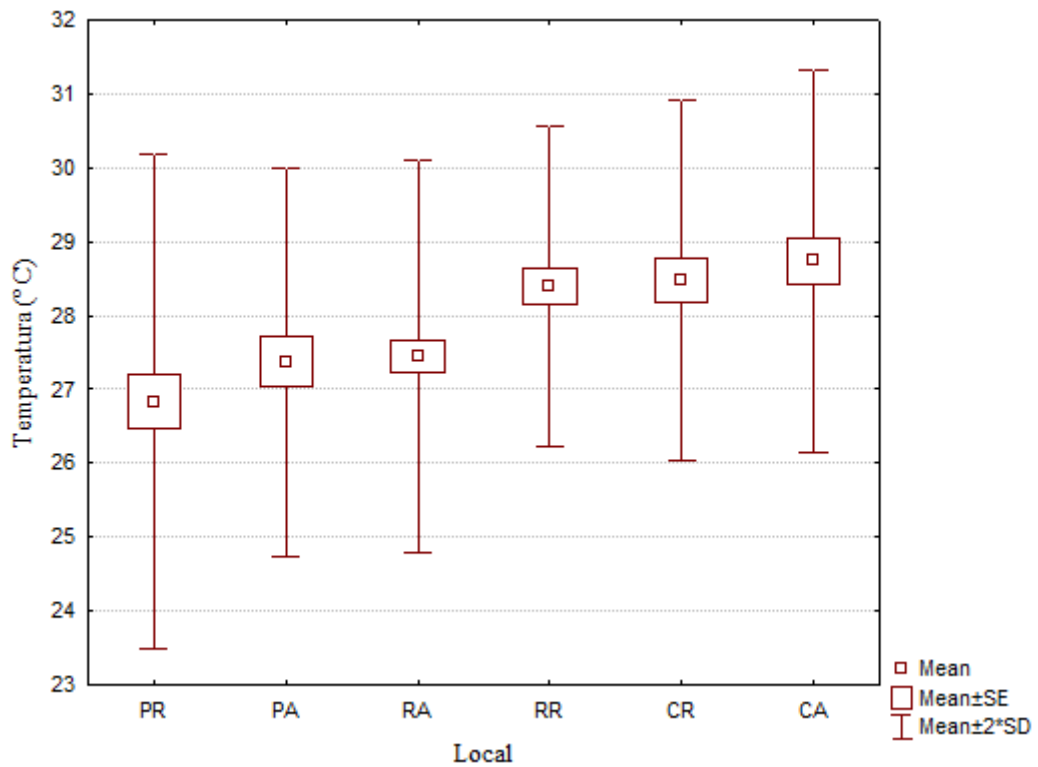


Figura 1.10. Média \pm desvio padrão da temperatura (°C) por subáreas das transecções.

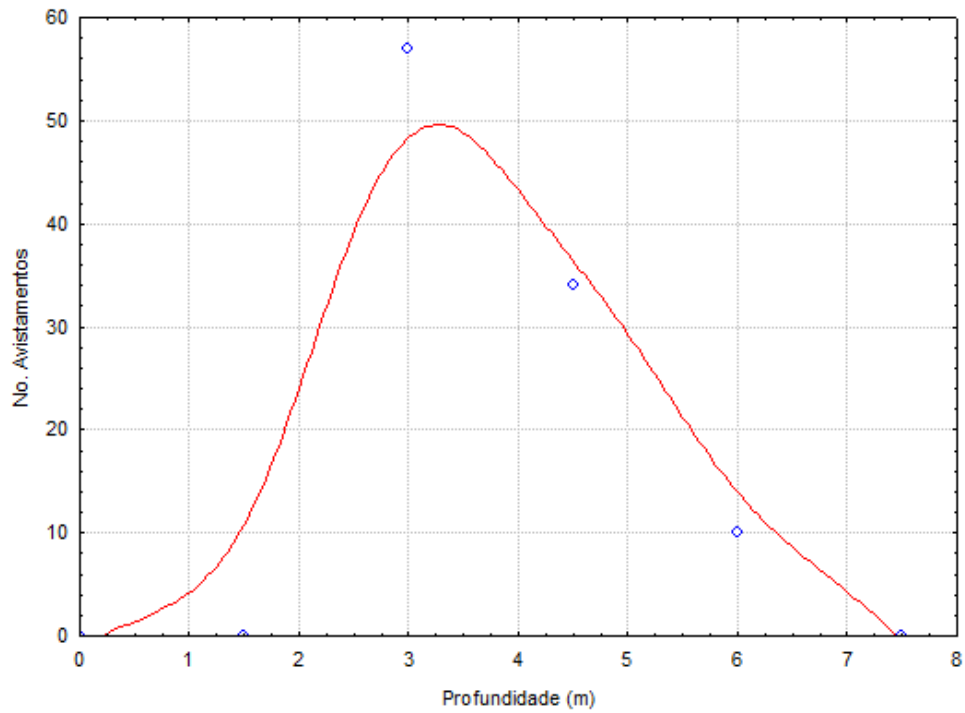


Figura 1.11. Número de avistagens de *N. brevirostris* de acordo com a profundidade (m).

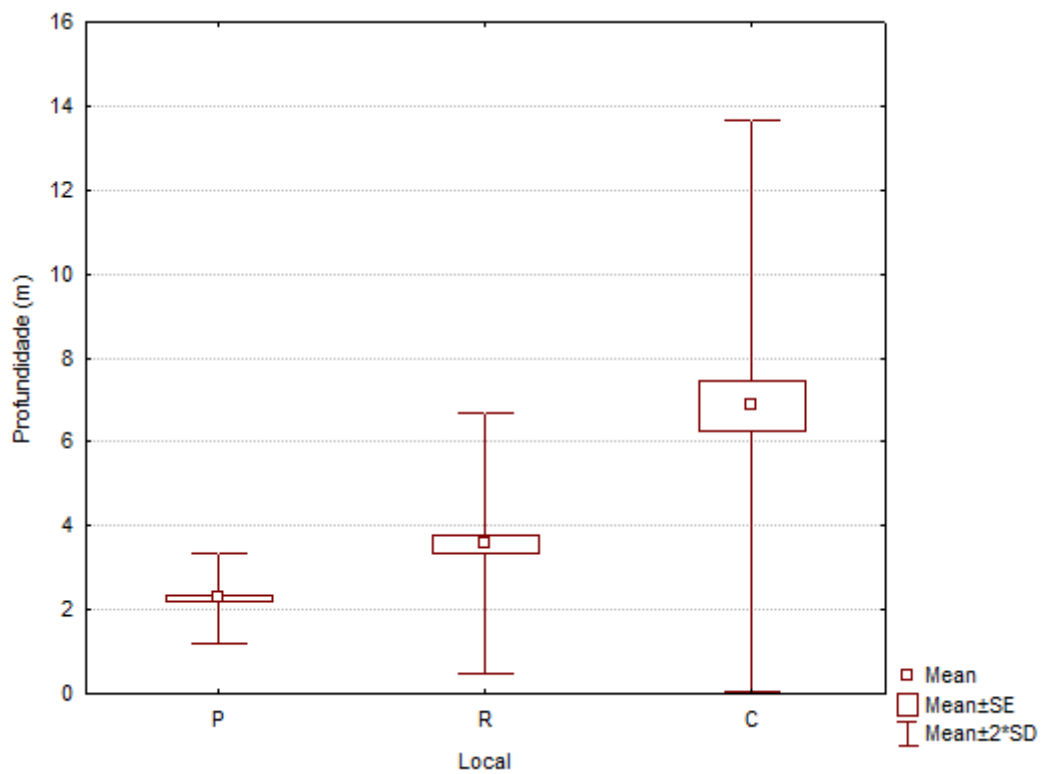


Figura 1.12. Média \pm desvio padrão da profundidade (m) para cada local de amostragem.

Notou-se que o tipo de substrato não influencia a quantidade de tubarões avistados. Porém, quando se analisa os locais (Buraco da Raquel, Caieira e Porto), os resultados demonstram que 75% dos indivíduos foram avistados no BR, 18% na Caieira e 7% na região portuária (Figura 1.13).

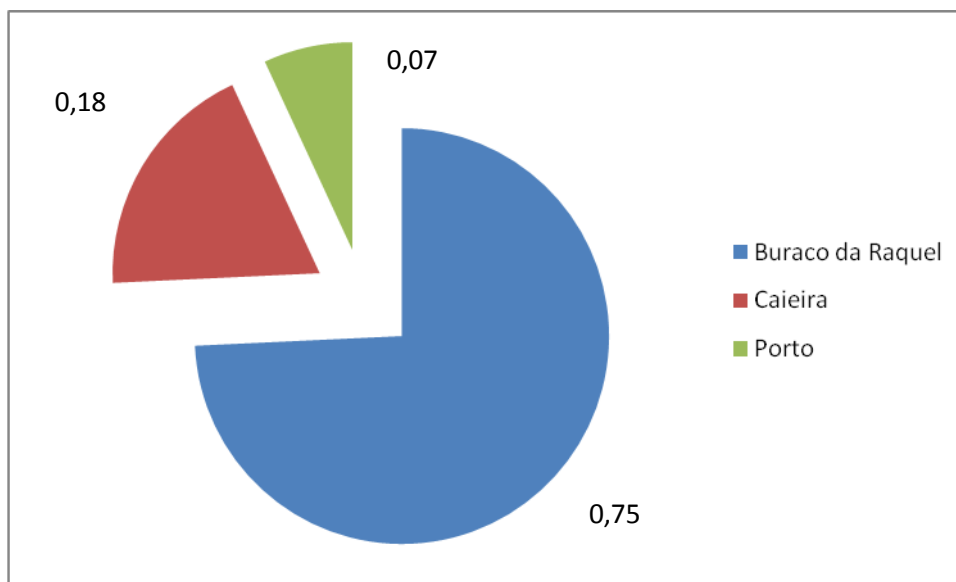


Figura 1.13. Distribuição da quantidade de *N. brevirostris* avistados por local de amostragem.

A subárea RA apresentou profundidade e temperatura médias de 2,5 m e 27,3° C, respectivamente (Tabela 1.5), sendo o local com maior número de avistagens de *N. brevirostris* ($n = 67$). A região portuária, por sua vez, mesmo sendo constatados valores médios similares para estas variáveis, respondeu pelo menor sucesso de avistamentos ($n = 7$).

Discussão

Ao longo de todo o período amostral, foram encontrados tubarões de todas as classes de tamanho, sendo os jovens mais abundantes, seguidos por subadultos, neonatos e adultos. Estes resultados estão de acordo com Garla (2003), que verificou que os indivíduos jovens compuseram aproximadamente 80% das capturas.

As baixas proporções de neonatos aqui encontradas são esperadas, pois os mesmos estão restritos ao período de parto para a espécie, o qual se estende de novembro a abril para o arquipélago de Fernando de Noronha (Garla *et al.*, 2008). Igualmente, o baixo número de adultos observados é compreensível, visto que os tubarões deste porte apresentam um padrão de movimentação mais nômade, realizando excursões a águas mais profundas e, por vezes, migração (Gruber *et al.*, 1988; Feldheim *et al.*, 2001). Já o sucesso de observação dos jovens de *N. brevirostris* se deve ao fato destes animais apresentarem uma área de vida (“home-range”) mais restrita, com fidelidade ao local de nascimento (Wetherbee *et al.*, 2007).

Inesperadamente, as observações subaquáticas através de transecções revelaram uma grande quantidade de fêmeas em relação aos machos. Embora não nos seja permitido constatar se os animais observados eram indivíduos diferentes, o fato de se encontrar tubarões fêmeas em praticamente todas as amostragens sugere que pode haver uma segregação sexual na população de Fernando de Noronha. O enviesamento da razão sexual a favor das fêmeas é comum em outras espécies de tubarões, inclusive dentre os Carcharhinidae (Klimley, 1987; Rodriguez-Cabello *et al.*, 2007; Bansemmer & Bennett, 2009).

A segregação sexual nos tubarões pode ocorrer por diversos motivos. Knip *et al.* (2010) sugerem que fêmeas maduras podem se utilizar de águas mais rasas como forma de se refugiar de machos mais agressivos durante a época de acasalamento. Klimley (1987) evidencia que fêmeas imaturas de *Sphyrna lewini* se deslocam para ambientes pelágicos e aumentam seu sucesso alimentar, adquirindo um crescimento mais rápido e atingindo a maturidade sexual na mesma idade que os machos, porém com maior tamanho corpóreo. Feldheim *et al.* (2002) apontam que os machos de *N. brevirostris* podem apresentar maior dispersão que as fêmeas a partir de uma certa idade, e a

diminuição da quantidade de machos dentro das classes de tamanho maiores poderia refletir em desvios da razão sexual.

A maioria dos trabalhos envolvendo *N. brevirostris*, no entanto, aponta uma razão sexual de 1:1 e não cita diferenças na taxa de crescimento entre os sexos (Springer, 1940; Oliveira, 2001; Garla, 2003). Assim, embora improvável, não se pode descartar a possibilidade que a diferença na proporção sexual observada neste estudo seja resultante de erros de amostragem, nos quais os indivíduos machos teriam sido classificados como fêmeas devido ao fato destes serem jovens e apresentarem os cláspes ainda pouco desenvolvidos.

A determinação do sexo dos indivíduos é crucial para nos informar sobre como a população está estruturada, ou seja, a razão sexual apresenta-se como um dado importante no monitoramento de uma população ao longo do tempo, pois conhecendo-se a biologia reprodutiva da espécie (maturação sexual tardia e baixa progênie por fêmea) e a situação atual de ameaça devido à pesca intensiva, torna-se essencial determinar se a proporção sexual está sofrendo desequilíbrios ao longo do tempo, o que acabaria prejudicando o encontro de parceiros sexuais e, conseqüentemente, a capacidade intrínseca da população de repor seu estoque e manter-se em quantidade relativamente constante. (Feldheim *et al.*, 2002)

A amostragem terrestre de ponto fixo, aplicada na ET, apesar de impossibilitar a verificação do sexo nos indivíduos, permitiu a observação dos tubarões por um maior período de tempo, com a vantagem de não interferir no comportamento dos mesmos (Nelson, 1977). Entretanto, justamente por esta região apresentar uma área maior que as áreas de transecções e por haver ali um esforço amostral desigual, fez-se necessário uma correção do número de avistagem de indivíduos, o qual foi obtido a partir do cálculo da Avistagem Relativa (Avr).

Apesar de verificada uma baixa Avr na ET (à frente apenas da região portuária e CA), o uso quase diário e a agregação de indivíduos de todas classes etárias no local sobrepujam sua importância. Aparentemente ET não é utilizado como uma área de alimentação pelos tubarões-limão, pois foram observados apenas três eventos predatórios e Rosa e Gruber, em 1998 (com. pessoal), não obtiveram sucesso na atração destes tubarões com uso de iscas ali. Apesar disto, os poucos neonatos avistados no local se limitaram às porções mais rasas da ET e, sabendo-se que o canibalismo está

presente na espécie (Morrissey & Gruber, 1993b), este comportamento foi considerado como uma tática anti-predatória.

Os neonatos também foram observados em outros locais do arquipélago, porém sempre em águas rasas, com menos de 1,5 m de profundidade. Este padrão provavelmente reflete uma menor predação dos neonatos e é amplamente citado para *N. brevirostris* (Garla, 2003; Pikitch *et al.*, 2005; Wetherbee *et al.*, 2007), sendo também conhecido em outras espécies de tubarões (Rechisky & Wetherbee, 2003; Heupel *et al.*, 2004; Conrath & Musick 2008).

Diversos trabalhos apontam ainda que em Bimini, uma área de berçário para a espécie nas Bahamas, os neonatos se associam a raízes de mangues como forma de aumentar sua proteção a predadores (Gruber, 1982; Gruber *et al.*, 1988; Morrissey & Gruber, 1993b). Em Fernando de Noronha, no entanto, a única área de mangue presente é pequena e apresenta uma comunicação intermitente com o mar, estabelecida apenas durante os meses chuvosos. Esta área, portanto, não garante a proteção dos neonatos e é provável que o regime de marés, assim como ocorre para o Atol das Rocas, exerça grande influência na distribuição dos tubarões desta classe etária (Wetherbee *et al.*, 2007).

Outra maneira de maximizar a proteção contra predadores é através da formação de grupos (Garcia, 2010). Segundo Heithaus (2004) ao agregarem-se, os indivíduos aumentam as chances de detectar predadores e diminuem o risco individual de serem predados, devido ao efeito da diluição. Garla (2003) observou grupos de até onze neonatos nas piscinas da Caieira e neste estudo, em mais de 70% das vezes em que foram avistados, os neonatos encontravam-se agregados.

O reconhecimento de alguns neonatos através de marcas naturais e a observação constante destes indivíduos sempre nos mesmos grupos nos indica que há um certo grau de reconhecimento individual e que isto pode ser resultado de constantes interações sociais entre estes tubarões (Guttridge *et al.*, 2009; Guttridge *et al.*, 2010).

A observação dos mesmos grupos, sempre nos mesmos locais, sugere que há, ao menos, três grupos diferentes, sendo os maiores aqueles formados no Porto e na Atalaia. Embora Sundström *et al.* (2001) reporte que os neonatos possam se movimentar entre os grupos, diversos trabalhos apontam que animais deste porte apresentam uma

reduzida área de vida, utilizando pequenas porções dentro da área de berçário (Morrissey & Gruber, 1993b; Heupel *et al.* 2004; Wetherbee *et al.*, 2007). É possível que os neonatos observados nas águas rasas do Buraco da Raquel se desloquem para dentro da Enseada dos Tubarões, devido à proximidade das áreas. Entretanto, é pouco provável que estes animais utilizem a região praieira da Caieira, pois há uma barreira física (costão rochoso) entre as duas localidades e a única forma de contorná-la é passando por uma barreta próximo ao local RA, onde foram avistados o maior número de tubarões jovens e subadultos, potenciais predadores dos neonatos. O grupo do Porto, porém, provavelmente se desloca para regiões próximas, como a praia da Biboca, pois os seus componentes não foram avistados diariamente no local.

Gruber *et al.* (1988) e Wetherbee *et al.* (2007) evidenciaram que *N. brevirostris* amplia sua movimentação conforme cresce, mas continua concentrando suas atividades na área de berçário ou em áreas próximas a ela. Alguns estudos reportam que os tubarões-limão se utilizam da área de berçário por longo período de tempo, provavelmente até atingirem a maturidade sexual (Gruber, 1982; Correia *et al.*, 1995). De fato, Chapman *et al.* (2009) encontraram que a maioria dos tubarões com até 180 cm (CT) capturados em Bimini nasceram no local. Apesar da ausência de estudos que comprovem este padrão para Fernando de Noronha, é provável que os tubarões (jovens e subadultos) aqui observados tenham este local como sua área natal e ainda restrinjam suas atividades às águas rasas, visto que 100% dos tubarões foram encontrados em profundidades menores que 6 m.

Ao atingirem a idade adulta, os tubarões-limão assumem hábitos mais nômades, se deslocando águas mais profundas e realizando migrações (Gruber *et al.*, 1988; Feldheim *et al.*, 2001). Este padrão de movimentação se relaciona com mudanças no hábito alimentar, envolvendo a busca por presas mais valorosas energeticamente, geralmente peixes pelágicos (Cortés & Gruber, 1990; Wetherbee *et al.*, 1990). O tubarão-limão é considerado filopátrico, ou seja, as fêmeas migram longas distâncias para darem à luz em águas rasas, no local onde nasceram (Feldheim *et al.*, 2004; Knip *et al.*, 2010). A constatação de uma fêmea gestante em RA indica o potencial deste local como área de parturição. Da mesma forma, a observação de uma fêmea com cicatrizes recentes de acasalamento sugere que a cópula destes animais pode ocorrer no entorno do arquipélago.

Os resultados deste trabalho sugerem, portanto, que a população de *N. brevirostris* em Fernando de Noronha está distribuída em classes etárias segregadas espacialmente. Os neonatos são observados bem próximos à margem ou em piscinas naturais, em profundidades inferiores a 1,5 m, enquanto os jovens e subadultos se distribuem em locais cuja profundidade não ultrapassa os 6m. Os adultos, por terem sido raramente observados, provavelmente habitam regiões mais abertas e mais distantes da costa, retornando às águas rasas para eventos de parturição. Este padrão é encontrado em outras populações (Morrissey & Gruber, 1993b; Wetherbee *et al.*, 2007) e em outras espécies de tubarões (Garla, 2003; Rechisky & Wetherbee, 2003; Heupel *et al.*, 2004) e provavelmente está relacionado à diminuição da competição intra-específica por recursos e à menor pressão de predação sobre os animais menores (Gruber *et al.*, 1988; Bethea *et al.*, 2004).

Outra variável ambiental constantemente relatada como influente na determinação do uso do habitat por tubarões é a temperatura da água (Sundström *et al.*, 2001; Simpfendorfer & Heupel, 2004; *Knip et al.*, 2010). Segundo Campana & Joyce (2004), alguns Lamnidae conseguem manter, por algum tempo, sua temperatura corpórea um pouco acima da temperatura ambiente e isso lhes permite explorar águas mais frias, onde a competição inter-específica por alimento é menos acirrada e Carey *et al.* (1982) sugerem que o tubarão-branco, *Carcharodon carcharias*, pode utilizar termoclinas para se orientar durante deslocamentos.

Alguns trabalhos envolvendo *N. brevirostris* relatam que os indivíduos jovens preferem águas mais quentes, com temperaturas em torno de 30° C (Morrissey & Gruber, 1993b; Garla *et al.*, 2008). No presente estudo, estes valores foram alcançados apenas nas regiões onde se encontravam os neonatos e, embora exista a possibilidade de que estes animais estariam adquirindo vantagens fisiológicas, otimizando sua performance metabólica através da termorregulação passiva (Morrissey & Gruber, 1993b; Sundström & Gruber, 1998), é impossível determinar se a utilização destes locais ocorreu devido às temperaturas mais altas ou às menores profundidades.

Neste estudo, a maioria das avistagens dos indivíduos jovens e subadultos ocorreu quando a temperatura superficial da água estava em torno de 27 a 28° C e contrastam com os resultados obtidos por Reyier *et al.* (2008), que encontraram a maior abundância de indivíduos em águas mais frias, entre 18 e 22° C. Isto demonstra

claramente que há uma tolerância da espécie a esta variável e que há uma plasticidade de comportamentos entre diferentes populações, cujas causas podem envolver outras variáveis ambientais, bióticas ou abióticas (Barker *et al.*, 2005; Knip *et al.*, 2010).

Ao realizar investigações *in situ* é necessário ter a percepção que um ecossistema é algo extremamente complexo, com muitas variáveis relacionadas entre si (Ricklefs, 2003). Neste trabalho, algumas variáveis foram analisadas quantitativamente, outras qualitativamente e outras foram apenas citadas. A discussão que se segue aborda o uso do habitat pelo *N. brevirostris* englobando uma gama de variáveis conjuntamente.

O teste da ANCOVA apontou que não há preferência do tipo de substrato (arenoso ou rochoso) pelo *N. brevirostris*, o que está de acordo com Morrissey & Gruber (1993b). Este resultado, entretanto, provavelmente é reflexo de uma grande abundância de tubarões na localidade RA, visto que nas demais regiões com substrato arenoso (PA e CA) não foram observados tubarões. Garcia (2010) também não avistou *N. brevirostris* na única região de substrato arenoso em que o mesmo realizou amostragens.

A caracterização das áreas demonstra que em CA os peixes teleósteos, potenciais presas de *N. brevirostris*, são escassos e encontrados em menor quantidade que em RA. Além disso, a região CA é totalmente aberta e mais profunda, expondo consideravelmente os tubarões jovens a predadores. A observação de um tubarão-tigre, *Galeocerdo cuvier* (aprox. 200 cm CT), no local confirma a presença de predadores em áreas próximas. Alguns autores atribuem que a utilização de determinadas áreas é relacionada à disponibilidade de alimento e ao risco inerente de predação (Heithaus, 2004; Simpfendorfer & Heupel, 2004; Garcia, 2010) e, como em CA a oferta de alimento é baixa e a exposição a predadores é alta, espera-se que este local seja pouco explorado pelos tubarões.

Assim como observado por Garla (2003), o local RA apresentou-se como o mais utilizado pelos tubarões, com 67 avistagens de *N. brevirostris*, e as razões para isso provavelmente emergem do fato desta região possuir águas rasas e calmas. Uma grande barreira de recifes protege a área da ação mecânica das ondas, promovendo as condições necessárias para que os tubarões permaneçam estáticos, junto ao substrato. A frequência em que foram notados tubarões inativos no local, inclusive em grupos, nos permite

supor que esta é uma importante área de descanso para *N. brevirostris* em Fernando de Noronha.

A região portuária, como um todo, obteve um baixo índice de avistagens e provavelmente isto é decorrente do grau de antropização da área, uma vez que, por fazer parte de uma área de proteção ambiental (APA), o turismo e o fluxo de embarcações são liberados no local. Garla (2003) relata que além do tubarão-limão, outras duas espécies de tubarões, *Carcharhinus perezi* e *Ginglymostoma cirratum*, raramente utilizaram o local e relaciona isto com a pesca de crustáceos e moluscos na região. De maneira similar, Carrier & Pratt (1998) apontam que áreas antigamente utilizadas por *G. cirratum* em Florida Keys não são mais freqüentadas por estes animais e que este fato coincidiu com o aumento da urbanização costeira e uso de embarcações no local.

A observação do maior grupo de neonatos exatamente nesta região, bem próximo à costa e em meio a turistas pode parecer paradoxal com o discutido acima. Entretanto, é provável que a presença constante de presas, juntamente com a ausência de tubarões maiores na região estimulem o uso destas áreas pelos neonatos. De fato, Garcia (2010) encontrou que estas variáveis são críticas na distribuição de jovens de *N. brevirostris* em Fernando de Noronha.

Os resultados demonstram claramente que houve uma diferença no número de tubarões observados entre as áreas pertencentes à APA (Porto) e aquelas pertencentes ao Parque Nacional (Buraco da Raquel e Caieira). A maior quantidade de tubarões observados nas áreas do Parque, cuja ação antrópica é restrita apenas a pesquisas científicas, ressalta a importância e a necessidade da criação de Áreas Marinhas Protegidas (AMPs).

Knip *et al.* (2010) argumentam que é necessário aumentar nosso conhecimento sobre como espécies marinhas utilizam ambientes costeiros para que a implementação de medidas de conservação sejam mais efetivas.

O uso do habitat por parte de uma espécie é algo complexo e que varia entre populações de diferentes regiões. Embora este estudo tenha abordado o tema, a restrição da amostragem a poucos locais em Fernando de Noronha e o curto espaço de tempo em que foram realizadas as investigações nos permite abordar a questão apenas de forma introdutória. Pesquisas futuras com monitoramento via telemetria devem esclarecer

padrões de movimentação e definição de áreas de vida para a espécie dentro do arquipélago de Fernando de Noronha. A captura destes animais permitirá a determinação do sexo de forma mais acurada, a fim de confirmar se a população está segregada sexualmente.

Apesar da implementação de áreas de conservação e proibição da pesca de tubarões em Fernando de Noronha, é possível perceber que ao menos a pesca acidental (“bycatch”) destes elasmobrânquios ainda persiste, como pôde ser evidenciado pela presença de um neonato com um anzol à boca e documentação de capturas por outros pesquisadores (J. Garcia Jr., com. pessoal) (Figura 1.14). Uma maior quantidade de pesquisas científicas no arquipélago e o investimento em ações de educação ambiental, como palestras, mini-cursos e oficinas, visando tanto os ilhéus quanto os turistas são ações fundamentais para aumentar a eficiência de outras medidas conservacionistas.



Figura 1.14. Pesca de neonatos de *N. brevirostris* ocorrida em janeiro de 2003, em Fernando de Noronha. *Fonte:* Rodrigo Coluchi.

Referências Bibliográficas

- Abdulla, A. 2004. Status and Conservation of Sharks in the Mediterranean Sea. *IUCN Tech. Paper*. 7p.
- Bansemer, B.S. & Bennett, M.B. 2009. Reproductive periodicity, localised movements and behavioural segregation of pregnant *Carcharias taurus* at Wolf Rock, southeast Queensland, Australia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 374: 215-227.
- Barker, M.J.; Gruber, S.H.; Newman, S.P. & Schluessel, V. 2005. Spatial and ontogenetic variation in growth of nursery-bound juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*: a comparison of two age-assigning techniques. *Env. Biol. Fish.* 72: 343-355.
- Baum, J.K.; Myers, R.A.; Kehler, D.G.; Worm, B.; Harley, S.J. & Doherty, P.A. 2003. Collapse and Conservation of Shark Populations in the Northwest Atlantic. *Science*. 299: 389-392.
- Bethea, D.M.; Buckel, J.A. & Carlson, J.K. 2004. Foraging ecology of the early life stages of four sympatric shark species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 268: 245-264.
- Camhi, M.; Fowler, S.; Musick, J.; Brautigam, A. & Fordham, S. 1998. Sharks and their Relatives Ecology and Conservation. *Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission*. No. 20
- Campana, S.E. & Joyce, W. N. 2004. Temperature and depth associations of porbeagle shark (*Lamna nasus*) in the northwest Atlantic. *Fish. Oceanog.* 13(1): 52-64.
- Carey, F.G.; Kanwisher, J.W.; Brazier, O.; Gabrielson, G.; Casey, J.G. & Pratt, H.L. 1982. Temperature and activities of a white shark, *Carcharodon carcharias*. *Copeia*. 1982(2): 254-260.
- Carrier, J.C. & Pratt, H.L. 1998. Habitat management and closure of a nurse shark breeding and nursery ground. *Fish. Res.* 39: 209-213.
- Castro, J.I. 1993. The shark nursery of Bulls Bay, South California, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. *Env. Biol. Fish.* 38: 37-48.

- Chapman, D.D.; Babcock, E.A.; Gruber, S.H.; DiBattista, J.D.; Franks, B.R.; Kessel, S.A.; Guttridge, T.N.; Pikitch, E.K. & Feldheim, K.A. 2009. Long-term natal site-fidelity by immature lemon sharks (*Negaprion brevirostris*) at a subtropical island. *Mol. Ecol.* 18: 3500-3507.
- Compagno, L.J.V. 1984. Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date, Vol. 4, Part 2, Carcharhiniformes. *FAO Fish. Syn.* 125: 251-655.
- Conrath, C.L. & Musick, J.A. 2008. Investigations into depth and temperature habitat utilization and overwintering grounds of juvenile sandbar sharks, *Carcharhinus plumbeus*: the importance of near shore North Carolina waters. *Env. Biol. Fish.* 82: 123-131.
- Correia, J, de Marignac, J & Gruber, S.H. 1995. Young lemon shark behaviour in Bimini Lagoon. *Bahamas J. Sci.* 3(1): 1-7.
- Cortés, E. & Gruber, S. H. 1990. Diet, feeding habits and daily ration of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey). *Copeia* 1: 204-218.
- Edrén, S.M.C. & Gruber, S.H., 2005. Homing ability of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. *Env. Biol. Fish.* 72: 267-281
- Eston, V.R.; Migotto, A.E., Oliveira Filho, E.C., Rodrigues A.S. & Freitas, J.C. 1986. Vertical Distribution of Benthic Marine Organisms on Rocky Coasts of Fernando de Noronha Archipelago (Brazil). *Bol. Inst. Oceanogr.* 34: 37-53.
- Feldheim, K. A.; Gruber, S. H & Ashley M. V. 2001. Population genetic structure of the lemon shark (*Negaprion brevirostris*) in the western Atlantic: DNA microsatellite variation. *Mol. Ecol.* 10: 295-303.
- Feldheim, K. A.; Gruber, S. H & Ashley M. V. 2002. The breeding biology of lemon sharks at a tropical nursery lagoon. *Proc. R. Soc. Lond. B* 269: 1655-1661.
- Feldheim, K.A.; Gruber, S.H. Ashley M.V. 2004. Reconstruction of parental microsatellite genotypes reveals female polyandry and philopatry in the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. *Evolution.* 58(10): 2332-2342.
- Freitas, R.H.A.; Rosa, R.S.; Gruber, S.H. & Wheterbee, B.M. 2006. Early growth and

juvenile population structure of lemon sharks, *Negaprion brevirostris*, in the Atol das Rocas Biological Reserve, off north-east Brazil. *J. Fish Biol.* 68: 1319-1332

Garcia Jr, J. 2010. Ecologia comportamental de juvenis de tubarão limão, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868), no Arquipélago de Fernando de Noronha. Tese de doutorado, UFRN. 112p.

Garla, R. C. 2003. Ecologia e conservação dos tubarões do Arquipélago de Fernando de Noronha, com ênfase no tubarão cabeça-de-cesto *Carcharhinus perezi* (Poey, 1876) (Carcharhiniformes, Carcharhinidae). Tese de doutorado, UNESP. 170p.

Garla, R.C.; Garcia Jr., J.; Veras, L.B. & Lopes, N.P. 2008. Fernando de Noronha as an insular nursery área for lemon sharks, *Negaprion brevirostris*, and nurse sharks, *Ginglymostoma cirratum*, in the equatorial western Atlantic Ocean. *JMBA2 – Biodiv. Rec.* Published on-line. 4p.

Griffin, E, Miller, K.L., Freitas, B. & Hirshfield, M. 2008. Predators as prey: why healthy oceans need sharks. *Oceana*, published online. 15p.

Gruber, S.H. 1982. Role of the lemon shark, *Negaprion brevirostris* (Poey) as a predator in the tropical marine environment: a multidisciplinary study. *Flor. Scient.* 45(1): 46-75.

Gruber, S.H.; Nelson, D.R. & Morrissey, J.F. 1988. Patterns of activity and space utilization of lemon sharks, *Negaprion brevirostris*, in a shallow bahamian lagoon. *Bull. Mar. Sci.* 43(1): 61-76.

Guttridge, T.L.; Gruber, S.H.; Gledhill, K.S.; Croft, D.P.; Sims, D.W. & Krause, J. 2009. Social preferences of juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. *Anim. Behav.* 78: 543-548.

Guttridge, T.L., Gruber, S.H., Krause, J. & Sims. 2010. Novel acoustic technology for studying free-ranging shark social behavior by recording individuals' interactions. *Plos One.* 5(2): 1-8.

Heithaus, M.R. 2004. Predator-prey interactions. In: Carrier, J.C.; Musick, J. & Heithaus, M.R. (Eds.) Biology of sharks and their relatives. *CRC Press*, Boca Raton. Cap. 17. 487-522.

- Heupel, M.R.; Simpfendorfer, C.A. & Hueter, R.E. 2004. Estimation of shark home ranges using passive monitoring techniques. *Env. Biol. Fish.* 71: 135-142.
- IBAMA, 2008. Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha. www.ibama.gov.br. Acessado em agosto de 2008.
- IUCN, 2006. IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org. Acessado em agosto de 2008.
- Jennings, D.E.; Gruber, S.H.; Franks, B.R.; Kessel, S.T. & Robertson, A.L. 2008. Effects of large-scale anthropogenic development on juvenile lemon shark (*Negaprion brevirostris*) populations of Bimini, Bahamas. *Env. Biol. Fish.* 83: 369-377.
- Johnson, R.; Bester, M.N.; Dudley, S.F.J.; Oosthuizen, M.M.; Hancke, L. & Gennari, E. 2009. Coastal swimming patterns of white sharks (*Carcharodon carcharias*) at Mossel Bay, South Africa. *Env. Biol. Fish.* 85: 189-200.
- Klimley, A.P. 1987. The determinants of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*. *Env. Biol. Fish.* 18(1): 27-40.
- Knip, D.M.; Heupel, M.R. & Simpfendorfer, C.A. 2010. Sharks in nearshore environments: models, importance and consequences. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 402: 1-11
- Kramer, D.L.; Rangeley, R.W.; Chapman, L.J. 1997. Habitat selection: patterns of spatial distribution from behavioral decisions. In Godin, J.G.J. (Ed). Behavioral Ecology of Teleost Fishes. *Oxford University Press*. Oxford. 37-80.
- Lucifora, L.O.; García, V.B.; Menni, R.C.; Escalante, A.H. & Hozbor, N.M. 2009. Effects of body size, age and maturity stage on diet in a large shark: ecological and applied implications. *Ecol. Res.* 24: 109-118.
- Mitraud, S.F. 2001. Uso Recreativo do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha: um exemplo de planejamento e implementação. *WWF Brasil*, Brasília. 8: 100p.
- Morrissey J.F. & Gruber, S.H. 1993a. Home range of juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. *Copeia*. 1993: 425-434.

Morrissey J.F. & Gruber, S.H. 1993b. Habitat selection by juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. *Env. Biol. Fish.* 38: 311-319

Musick, J.A. 2004, Management of Sharks and Their Relatives (Elasmobranchii). *In*: J. Musick and R. Bonfil (Eds.) Elasmobranch Fisheries Management Techniques. *Asia Pacific Economic Cooperation*. Singapore. Cap. 1. 1-8.

Nelson, 1977. On the field study of shark behavior. *Amer. Zoolst.* 17(2): 501-507.

Nelson, J. S. 2006. Fishes of the world. 4th. Ed. *John Wiley & Sons, Inc.* New Jersey. 577p.

Oliveira, P.V.G. 2001. Levantamento da fauna de elasmobrânquios e estudo da biologia comportamental do tubarão-limão, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868), tubarão-lixia, *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre, 1788) na Reserva Biológica do Atol das Rocas, RN-Brasil. *Dissertação de mestrado, UFPE*. 114p.

Pikitch, E.K.; Chapman, D.D.; Babcock, E.A. & Shivji, M.S. 2005. Habitat use and demographic population structure of elasmobranchs at a Caribbean atoll (Glover's Reef, Belize). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 302: 187-197.

Pough, H.J.; Janis, C.M.; Heiser, J.B. 2003. A vida dos vertebrados. 3a. ed. *Atheneu*. São Paulo. 684 p.

Rechisky, E.L. & Wetherbee, B.M. 2003. Short-term movements of juvenile sandbar sharks, *Carcharhinus plumbeus*, on their nursery grounds in Delaware Bay. *Env. Biol. Fish.* 68: 113-128.

Reyier, E.A.; Adams, D.H. & Lowers, R.H. 2008. First evidence of a high density nursery ground for the lemon shark, *Negaprion brevirostris*, near Cape Canaveral, Florida. *Flor. Scient.* 71: 134-148.

Ricklefs, R.E. 2003. *A Economia da Natureza*. 5a. ed. *Editora Guanabara Koogan*, Rio de Janeiro. 503p .

Rodriguez-Cabello, C.; Sánchez, F. & Olaso, I. 2007. Distribution patterns and sexual segregation of *Scyliorhinus canicula* (L.) in the Cantabrian Sea. *J. Fish. Biol.* 70: 1568-1586.

- Rosa, R.S. 1997. Espécies de Elasmobrânquios ameaçadas no Brasil. *7º Congresso Nordestino de Ecologia, I Reunião da Sociedade Brasileira para estudo dos Elasmobrânquios*. Ilhéus, BA, Universidade Estadual de Santa Cruz. 111-114.
- Simpfendorfer, C.A. & Heupel, M.R. 2004. Assessing habitat use and movement. *In: Carrier, J.C.; Musick, J. & Heithaus, M.R. (Eds.) Biology of sharks and their relatives. CRC Press, Boca Raton. Cap. 19. 553-572.*
- Soto, J.M.R. 2001. Peixes do Arquipélago Fernando de Noronha. *Mare Magnum*. 1(2): 147-169.
- Springer, S. 1940. The sex ratio and seasonal distribution of some Florida sharks. *Copeia*. 1940(3): 188-194.
- Sundström, L. F. & Gruber, S. H. 1998. Using speed-sensing transmitters to construct a bioenergetics model for subadult lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey), in the field. *Hydrobiol.* 371/372: 241-247.
- Sundström, L.F. *et al.*, 2001. Review of elasmobranch behavioral studies using ultrasonic telemetry with special reference to the lemon shark, *Negaprion brevirostris*, around Bimini Islands, Bahamas. *Env. Biol. Fish.* 60: 225-250.
- Teixeira, W.; Cordani, U.G. & Menor, E.A. 2003. Caminhos do Tempo Geológico. *In: Arquipélago de Fernando de Noronha – O Paraíso do Vulcão*, (Linsker, R., ed). *Terra Virgem Editora*, São Paulo. 26-63.
- Wetherbee, B.M.; Gruber, S.H. & Cortés, E. 1990. Diet, Feeding Habits, Digestion and Consumption in Sharks, with Special Reference to the Lemon Shark, *Negaprion brevirostris*. *In: H.L. Pratt, S.H. Gruber, T. Taniuchi (Eds). Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the biology, Ecology, Systematics and the status of the Fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS90. 29-47.*
- Wetherbee, B.M.; Gruber, S.H. & Rosa, R.S. 2007. Movements patterns of juvenile lemons sharks, *Negaprion brevirostris*, within Atol das Rocas, Brazil: a nursery characterized by tidal extremes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 343: 283-293.

CAPÍTULO 2

Interações sociais de *Negaprion brevirostris* no Arquipélago de Fernando de Noronha (PE)

INTERAÇÕES SOCIAIS DO TUBARÃO-LIMÃO, *NEGAPRION BREVIROSTRIS* (POEY, 1868), EM UMA ILHA TROPICAL DO SUL DO OCEANO ATLÂNTICO.

RESUMO

O comportamento de agregação, fenômeno comum em muitos animais, também está presente em algumas espécies de tubarões e estudos demonstram que há uma organização social bastante complexa. Apesar disso, pouca informação sobre o assunto está disponível na literatura. O presente estudo investigou, entre 2009 e 2010, as interações sociais de tubarões limão, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868) (CT 60 – 220 cm), na Enseada dos Tubarões, uma pequena baía de águas rasas localizada no Arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco, Brasil. Através de 37,3 horas de observações terrestres em um ponto fixo elevado, foram contabilizadas 184 avistagens de tubarões, sendo a maioria referente a indivíduos jovens. Foram identificados e cronometrados três tipos de comportamento social: Natação Paralela (NP), Natação em Círculos (NC) e “Follow the Leader” (FL). Outro tipo de comportamento, Natação Errante (NE), também foi verificado e cronometrado, mas foi considerado simplesmente uma agregação e não uma interação social, visto que os indivíduos apenas se juntavam na baía, mas não se organizavam de uma maneira coordenada para exibir um comportamento social. Os resultados demonstraram que os animais se agregaram durante 44,8% do tempo de observação. Ao longo do tempo em que permaneceram juntos, o comportamento NE foi o mais comum (67%), porém dentre os comportamentos sociais, FL apresentou-se como o mais freqüente e com maior duração (23,8%), seguido por NP (5,6%) e finalmente NC (3,6%). O número máximo de indivíduos que executaram os comportamentos foi quatro, seis e oito, para NP, FL e NC, respectivamente. Uma abordagem qualitativa, com descrições detalhadas de cada comportamento também foi realizada. As possíveis causas que justificariam o comportamento gregário na região ainda não estão claras, mas provavelmente envolvem comunicação social.

Palavras-chave: elasmobrânquio, comportamento social, agregação, Fernando de Noronha.

SOCIAL INTERACTIONS OF THE LEMON SHARK, *NEGAPRION BREVIROSTRIS* (POEY, 1868), IN A TROPICAL ISLAND OF THE SOUTH ATLANTIC OCEAN.

ABSTRACT

The aggregation behavior, a widespread phenomenon in animals, is present in some shark species, in which studies have demonstrated a complex social organization. Nevertheless, little information on this subject is available in the literature. The present study investigated, between 2009-2010, the social interactions of lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868) (80–220 cm TL), at Enseada dos Tubarões, a small bay with shallow waters located at Fernando de Noronha Archipelago, Pernambuco, Brazil. After 37.3 hours of terrestrial observations from an elevated fixed point, 184 shark's sightings, mostly of juvenile individuals, were reported and three different social behaviors could be identified and timed, as follow: Parallel Swimming (PS), Circle Swimming (CS) and Follow the Leader (FL). Another behavior, named Loose Aggregation (LA) was verified and timed, but was considered a kind of aggregation, and not a social interaction, since individuals just gathered at the bay, but did not organize themselves in a coordinate manner to exhibit a social behavior. Our results demonstrated that lemon sharks were aggregated during 44.8% of the total observation time. When sharks were together, LA was the most common behavior (67%), but when only social behaviors were considered, FL was the most frequent and the one with the highest duration (23.8%), followed by PS (5.6%) and by CS (3.6%). The maximum number of individuals per behavior was four, six and eight for PS, FL and CS, respectively. A qualitative approach with detailed descriptions for each behavior was also performed. The possible causes that would justify the aggregation behavior at this bay are not totally clear, but hypotetically, social communication may be involved.

Introdução

A convivência em grupos é um fenômeno comum dentre os tubarões (Myrberg & Gruber, 1974; McKibben & Nelson, 1986; Sundström *et al.*, 2001; Bansemmer & Bennett, 2009). Apesar dessa convivência trazer algumas desvantagens para o grupo, como maior exposição a parasitas e aumento da competição intra-específica (Souto, 2005; Garcia, 2010); os benefícios adquiridos são compensatórios. Dentre as vantagens pode-se citar o maior sucesso predatório e reprodutivo (pela facilidade de localização de presas e de encontro de parceiros sexuais), comunicação social, orientação de navegação e diminuição do risco individual de ser predado (Gruber *et al.*, 1988; Sundström *et al.*, 2001; Guttridge *et al.*, 2009).

Poucos estudos abordando estas vertentes são executados, sobretudo pela dificuldade de observação dos animais *in situ*, devido à grande mobilidade dos tubarões, vasta área oceânica e, muitas vezes, limitada visibilidade subaquática. (Heithaus *et al.*, 2001; Sundström *et al.*, 2001; Heupel & Simpfendorfer, 2005). A observação destes comportamentos em cativeiro também é prejudicada devido aos empecilhos logísticos e financeiros para criação e manutenção de tanques grandes o suficiente para abrigar vários tubarões (Gruber & Myrberg, 1977; Nelson, 1977), além do possível estresse e modificação de comportamento dos animais em ambientes *ex situ* (Souto, 2005).

O desenvolvimento de novas tecnologias com aplicação prática no campo biológico foi fundamental para a realização de estudos comportamentais em tubarões. Exemplos envolvem a utilização de câmeras fixadas em animais (“crittercam”) e monitoramento de tubarões marcados com transmissores (Nelson, 1977; McKibben & Nelson, 1986; Correa *et al.*, 1995; Heithaus *et al.*, 2001). Na telemetria passiva os satélites ou receptores acústicos fixados em pontos-chave no mar (próximos à linha costeira) recebem e gravam os sinais emitidos pelos transmissores, enquanto que na telemetria ativa geralmente utiliza-se uma embarcação (com um hidrofone portátil) que ronda determinada área à procura de um animal marcado e passa a segui-lo (Voegeli *et al.*, 2001). Atualmente, diversos estudos fazem uso da telemetria para investigar comportamentos de caráter social em elasmobrânquios. (Gruber, 1982; McKibben & Nelson, 1986, Economakis & Lobel, 1998). Entretanto, este método é falho em determinar com acurácia o posicionamento dos tubarões e proporciona apenas uma

“visão” indireta das interações (Heithaus *et al.*, 2001; Guttridge *et al.*, 2010). Informações mais refinadas como hierarquia social, eventos copulatórios e interações inter-específicas somente são obtidas quando métodos de observação direta também são aplicados. (Gruber & Myrberg, 1977; Nelson, 1977; Heithaus *et al.*, 2001; Guttridge *et al.*, 2010).

Uma adaptação nas técnicas de telemetria para suprir a imprecisão relativa ao posicionamento dos tubarões (indispensável ao examinar comportamentos sociais) prevê a fixação, em tubarões, de dispositivos que transmitam e recebam sinais concomitantemente, conforme testado por Guttridge *et al.* (2010) em *N. brevirostris* (80-90 cm CT) de Bimini, Bahamas. Sabendo que os tubarões jovens apresentam alta fidelidade de sítio e que ocupam áreas relativamente pequenas (Gruber *et al.*, 1988; Correa *et al.*, 1995; Edrén & Gruber, 2005), os autores instalaram ainda, em locais estratégicos, receptores fixos ao substrato, com a finalidade de comprovar com maior precisão onde as interações sociais ocorreram.

O uso da telemetria, associada a outras técnicas, permitiu explorar e conhecer um pouco mais sobre a história de vida de alguns tubarões. É amplamente aceito, por exemplo, que algumas espécies de tubarões apresentam segregações ontogenéticas e sexuais quanto ao uso do habitat e, conseqüentemente, mostram variação nas composições de suas dietas (Economakis & Lobel, 1998; Sundström *et al.*, 2001). Estes fatores, por sua vez, podem influenciar a formação de grupos, que têm como parâmetro o tamanho ou sexo dos indivíduos.

Interações inter-específicas também são passíveis de ocorrência entre espécies que dividem o mesmo habitat. Estudos apontam que o tubarão-limão, *Negaprion brevirostris* pode interagir com outros elasmobrânquios, como raia-manteiga, *Dasyatis americana*, e o tubarão-lixia, *Ginglymostoma cirratum*, em diversas ocasiões, porém a extensão dessas interações permanece desconhecida (Gruber *et al.*, 1988; Guttridge *et al.*, 2009).

Apesar da recente intensificação das pesquisas envolvendo tubarões, ainda há muitas lacunas no conhecimento envolvendo comportamentos gregários e interações sociais, principalmente no que diz respeito à estruturação dos grupos e dos mecanismos que determinam a agregação. (Nelson, 1977; Heupel & Simpfendorfer 2005; Guttridge *et al.*, 2009; Guttridge *et al.*, 2010). Ainda, a maioria dos estudos envolvendo interações

sociais entre tubarões abordam a questão apenas de um ponto de vista qualitativo (McKibben & Nelson, 1986; Oliveira, 2001; Garcia, 2010). O presente trabalho, no entanto, descreve qualitativa e quantitativamente os diferentes tipos de interações sociais desenvolvidos pelos tubarões-limão na Enseada dos Tubarões, Fernando de Noronha (PE).

Justificativa do estudo

Os tubarões apresentam-se como um grupo relativamente desconhecido em termos de sua biologia comportamental. Estudos demonstram que algumas espécies são capazes de interagir socialmente, de forma complexa, porém pouco investigada (Sundström *et al.*, 2001; Chidlow *et al.*, 2005). O estudo aqui desenvolvido visa reunir dados quantitativos e qualitativos dos diferentes tipos de interações sociais entre integrantes da população de *N. brevirostris* de Fernando de Noronha, ampliando o conhecimento sobre a espécie.

Objetivo Geral

Descrever de forma qualitativa e quantitativa os diferentes comportamentos de interação social dos tubarões-limão, a partir de observações terrestres em um ponto fixo e superior ao nível do mar, na localidade Enseada dos Tubarões, em Fernando de Noronha (PE).

Objetivos Específicos

1. Descrever qualitativamente os comportamentos de agregação e interação social dos indivíduos de *N. brevirostris*;
2. Quantificar a frequência de ocorrência e a duração dos comportamentos de agregação e interação social dos indivíduos de *N. brevirostris* .

Metodologia

A coleta dos dados de agregação e das interações sociais foi realizada em uma baía denominada Enseada dos Tubarões (03° 50' 00" S; 32° 23' 51" O), no arquipélago de Fernando de Noronha (PE). Por ser um local de águas rasas e transparentes, apresentando uma área relativamente pequena (ver “Área de Estudo”, capítulo 1) e apenas um ponto de ligação com o mar, foi possível a utilização de observações terrestres, a partir de um ponto fixo e superior ao nível do mar.

Inicialmente utilizou-se a técnica de amostragem *ad libitum* (Altmann, 1974; Souto, 2005), possibilitando identificar e definir os principais tipos de comportamentos realizados pelos tubarões.

Posteriormente, utilizou-se a amostragem de todas as ocorrências (Altmann, 1974; Souto, 2005) para aquisição dos dados quantitativos (frequência e tempo de duração dos comportamentos, número e tamanho dos animais envolvidos) e qualitativos dos comportamentos. A não identificação dos indivíduos não é empecilho para realizar este tipo de amostragem, uma vez que a técnica foca na exibição do comportamento e não no indivíduo. Outra vantagem do método é que ele permite que se registrem comportamentos que ocorram simultaneamente (Altmann, 1974).

Ao executar este tipo de amostragem, foi anotado o tempo que os pesquisadores despendiam em cada visita à enseada (Tempo de Observação) e o tempo em que os tubarões permaneciam na enseada (Tempo de Avistagem). Segundo Altmann (1974), não é necessário padronizar um tempo de amostragem ao utilizar a técnica de todas as ocorrências. Assim, o Tempo de Observação variou e a amostragem foi abortada quando as condições naturais não eram propícias (maré baixa, nebulosidade, chuva e formação de ondas). O Tempo de Avistagem foi delimitado pela presença de dois ou mais tubarões-limão na área, já que o objetivo é analisar as interações sociais desta espécie.

Para minimizar os erros de amostragem por superestimação, quando um comportamento de interesse do pesquisador (definido na amostragem *ad libitum*) se iniciava, ele só era contabilizado se tivesse uma duração igual ou maior que dez

segundos. Este valor é arbitrário e foi escolhido como forma de minimizar as chances de que tal comportamento estivesse ocorrendo ao acaso.

A sequência de ocorrência dos comportamentos foi anotada. Posteriormente, foi realizada uma análise de agrupamento (“cluster”), utilizando-se a distância euclidiana, para ilustrar quais comportamentos estariam mais próximos e, assim, tentar identificar possíveis padrões comportamentais.

Com a finalidade de melhor orientar o pesquisador em termos espaciais, foi realizada uma divisão da Enseada dos Tubarões em quatro quadrantes, conforme esquematizado na figura 2.1.

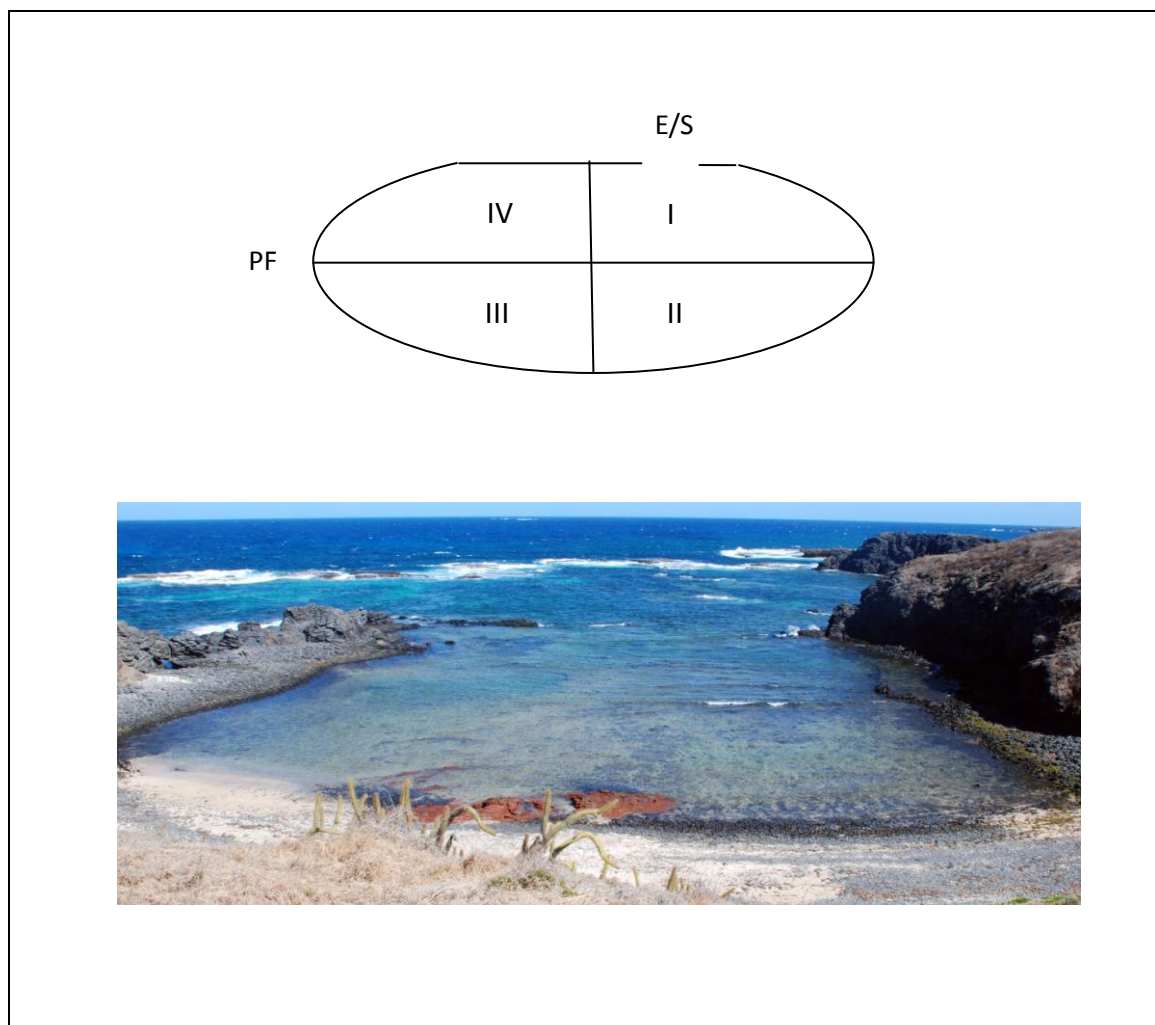


Figura 2.1. Esquema da divisão dos quadrantes da Enseada dos Tubarões (foto). *PF* = *Ponto Fixo de observação*; *E/S* = *Entrada / Saída da enseada*.

Um binóculo e óculos escuros com lentes polarizadas foram utilizados para auxiliar na avistagem dos tubarões. O comprimento total (CT) dos animais foi estimado visualmente e os indivíduos foram separados em quatro classes etárias, de acordo com seu tamanho: neonatos (abaixo de 65 cm) jovens (entre 65 e 150 cm), sub-adultos (entre 150 e 220 cm) e adultos (acima de 220 cm). Tal definição teve embasamento na literatura (Sundström & Gruber, 1998; Wetherbee *et al.*, 2007; Garla *et al.*, 2008; Lucifora *et al.*, 2009).

Uma filmadora digital SONY (SR-45) foi utilizada, na última expedição, para registro das atividades dos animais. Ao longo de toda a amostragem um segundo pesquisador anotou os dados em um caderno de campo, enquanto o primeiro fazia as observações e cronometragem dos comportamentos dos tubarões.

Resultados

As atividades foram desenvolvidas em maio, agosto e outubro de 2009 e janeiro, março e novembro de 2010, perfazendo 41 dias de amostragem, com tempo total de observação da enseada igual a 37,3 horas.

Os tubarões foram vistos na enseada somente no intervalo entre o pico da maré cheia e até três horas depois, quando a mesma atingia seus valores intermediários.

Os poucos neonatos observados na ET ($n = 7$) se encontravam solitários e foram notados apenas na ausência de tubarões maiores, geralmente quando o nível da água já estava muito baixo e o acesso à enseada pelos tubarões maiores ficava comprometido. Em contrapartida, os tubarões jovens e subadultos agregaram e interagiram entre si. A presença de tubarões adultos ($n = 2$, CT = 220 cm) na enseada foi observada em apenas uma ocasião e notou-se que eles interagiam normalmente com os tubarões das demais classes de tamanho, porém geralmente liderando os comportamentos, ou seja, definindo o tipo e a duração da interação social a ser desenvolvida.

Para uma análise mais elaborada a respeito das interações sociais entre os indivíduos da espécie em questão, os dados provenientes das observações terrestres em ponto fixo foram separados em duas categorias: qualitativos e quantitativos.

Dados qualitativos:

Ao longo das amostragens *ad libitum*, foram verificados vários tipos de comportamentos, que são descritos a seguir.

Em três ocasiões observou-se que alguns tubarões, solitários ou em grupos com até três indivíduos, apresentaram uma explosão natatória de curta duração (aproximadamente dois segundos), possivelmente associada a eventos predatórios.

O comportamento de concessão de passagem foi detectado apenas três vezes. Esta conduta envolve dois animais em rota de colisão frontal e, quando a distância entre eles é pequena, ocorre uma mudança abrupta de direção de um dos integrantes (denominado subordinado) enquanto o outro (denominado dominante) segue normalmente sua rota inicial.

Apenas uma agressão foi verificada e sucedeu-se quando dois tubarões (aproximadamente com 150 e 180 cm de CT) se encontravam em rota de colisão frontal. O menor indivíduo aparentemente desferiu uma mordida rápida no tubarão ligeiramente maior, que mudou rapidamente de direção, acelerando seu deslocamento por aproximadamente cinco segundos e deixou a enseada. Este embate provavelmente resultou da discordância entre os dois animais sobre a concessão de passagem.

Um fato curioso observado em apenas cinco ocasiões envolveu o que denominamos de “Exposição Ventral”. Ao apresentar este comportamento, o tubarão executava uma semi-rotação em torno de seu próprio eixo, expondo parcial ou totalmente o seu ventre enquanto seu flanco direito aparentemente roçava o substrato. Esta performance não ultrapassou um segundo de duração e as causas para execução deste comportamento permanecem desconhecidas.

Várias vezes notou-se a agregação de indivíduos em grupos de tamanho variável, nos quais os mesmos não interagiam (Natação Errante), mas permaneciam próximos uns dos outros (“loose agregation”), ou interagiam entre si de diferentes formas, ora nadando lado a lado (Natação Paralela – NP), ora em fila indiana (“Follow the Leader” – FL), ora formando círculos, de diferentes proporções (Natação em Círculos – NC) (Figura 2.2). Por terem sido os mais freqüentes, estes quatro comportamentos foram selecionados para análises quantitativas, através da metodologia de amostragem de todas as ocorrências.

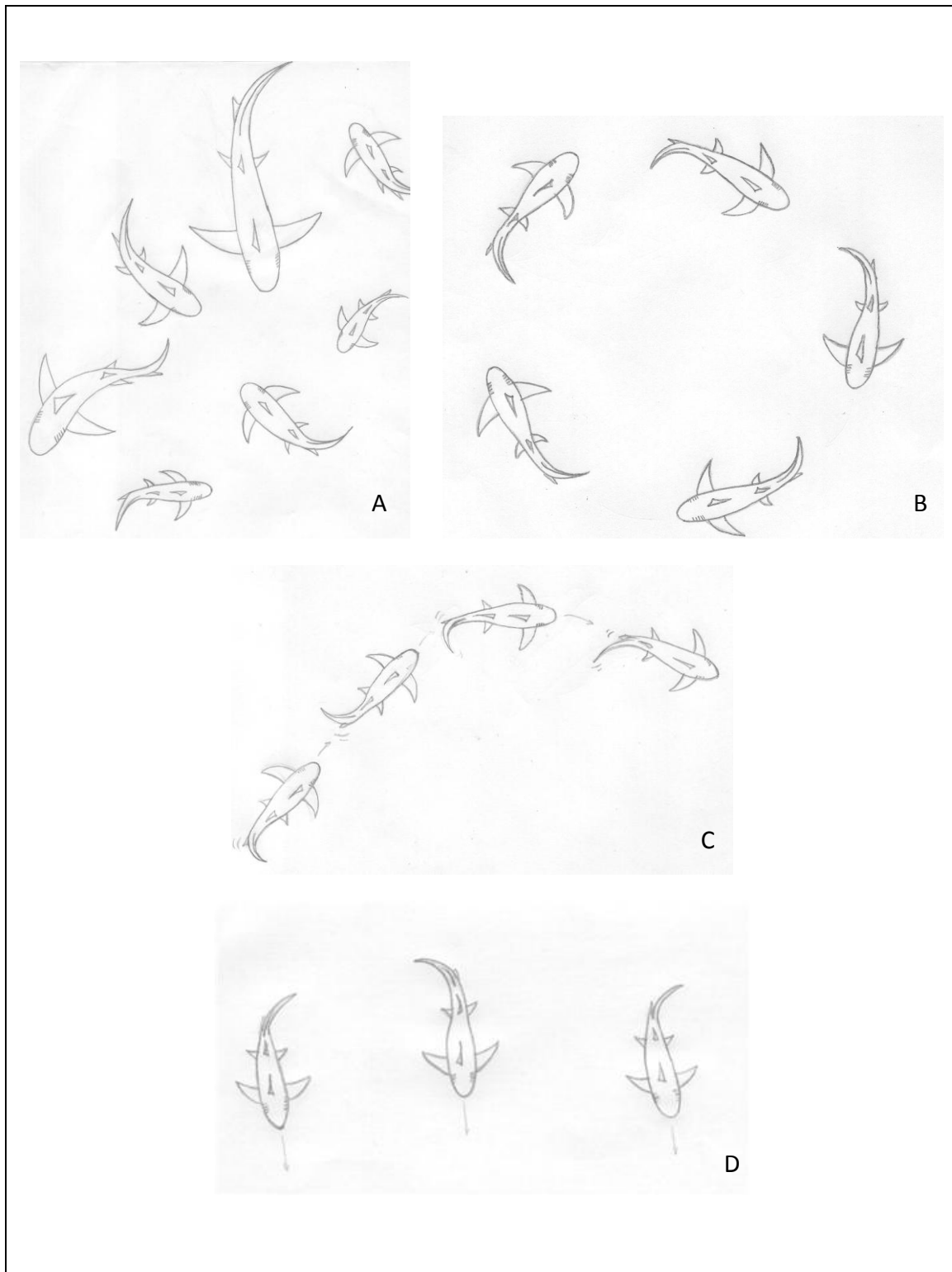


Figura 2.2. Esquemas dos comportamentos observados na Enseada dos Tubarões. A – Natação Errante (NE); B – Natação em Círculos (NC); C – Follow the Leader (FL); D – Natação Paralela (NP).

A maioria dos tubarões que utilizaram a enseada era composta por jovens (65 – 150 cm CT) ou subadultos (150 – 220 cm CT), mas não se notou uma tendência de formação de grupos por classe de tamanho; ao contrário, em várias situações os indivíduos destas duas classes etárias interagiram, com os maiores geralmente iniciando e indo à frente do resto do grupo nas interações em FL e NC.

Em muitas ocasiões, devido a condições ambientais desfavoráveis, não foi possível determinar e contabilizar a sequência dos comportamentos. Entretanto, em ocasiões oportunas, notou-se que alguns comportamentos sociais geralmente eram sucedidos por outros comportamentos específicos.

Notou-se, por exemplo, que a formação dos comportamentos era geralmente iniciada por indivíduos em NE, que se aproximavam e assumiam a posição de FL e, em menor escala, de NP. Em apenas uma ocasião, a formação de NC foi diretamente executada por animais que estavam em NE, sendo mais comum a formação em NC ser precedida por animais em FL.

Ao finalizarem o comportamento de NC, os tubarões normalmente iniciavam o comportamento de FL, seguido de NP até chegarem ao nível de NE. Poucas vezes notou-se a transferência da formação em círculo (NC) para NP diretamente, e em apenas um evento os indivíduos finalizaram a NC e saíram em NE.

Já a formação FL frequentemente se desfazia em NP ou diretamente em NE. Na figura 2.3 (A) é possível notar a sequência e frequência em que ocorreram os comportamentos acima descritos. Foi realizada uma análise de Cluster (Figura 2.3 B) para melhor compreensão das sequências de comportamento acima descritas.

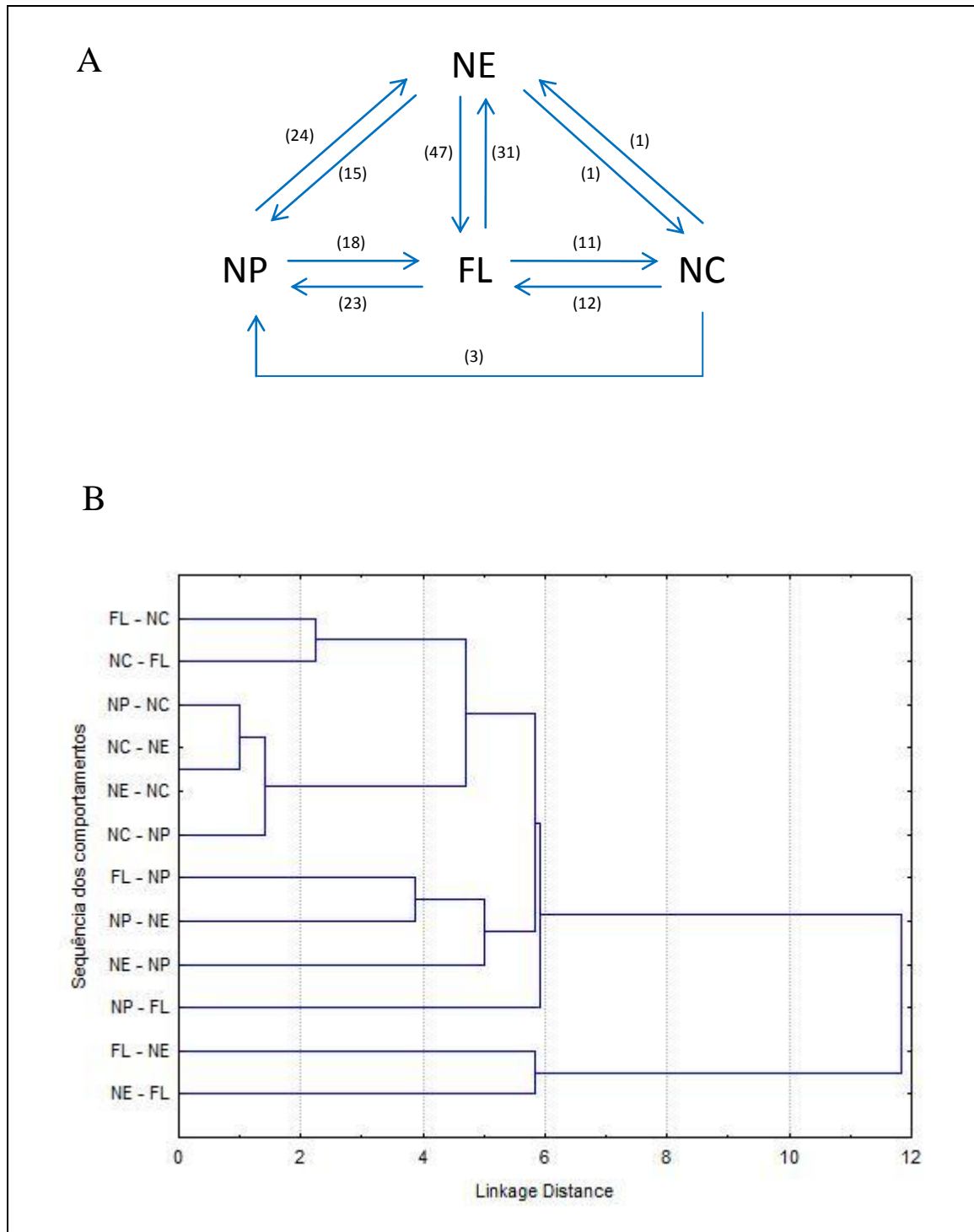


Figura 2.3. Representação das sequências dos comportamentos observados na Enseada dos Tubarões. A – Esquema das interações. As setas ilustram a sequência dos comportamentos e os números entre parênteses referem-se à quantidade de vezes em que foram notadas transições entre os comportamentos. B – Gráfico de distâncias resultante da análise de cluster.

Quando o número de tubarões na enseada era relativamente alto, ou os indivíduos se concentravam em áreas pequenas, era comum que a ação de algum animal em NE interferisse em algum tipo de interação social. Assim, por vezes notou-se um grupo que estava em FL desvencilhar-se em NP devido a outro tubarão (solitário) ter atravessado perpendicularmente tal formação. Nesse caso, deve-se ressaltar que a mudança de comportamento não ocorreu de forma natural, como descrito acima, mas devido a intervenções de outros animais e, justamente por isso, não foram contabilizados durante a realização da análise de Cluster.

Outro acontecimento bastante comum envolveu a entrada de outros indivíduos, de tamanho variado, nos três tipos de interações, porém sendo bem menos freqüente sua inserção quando executavam NP. A adição de outros tubarões ao grupo pré-formado geralmente seguia um padrão para FL, com os indivíduos “extras” se inserindo no final da fila, mas o mesmo não ocorria durante as formações em círculo, onde não havia uma ordem de entrada respeitada pelos mesmos.

Um fato curioso, observado apenas duas vezes, envolveu a mudança de posições dos tubarões dentro da formação FL, ambas ocorridas da mesma maneira. Para citar um dos casos, o terceiro tubarão da fila, se juntava ao segundo em NP e assim que o primeiro tubarão virava para uma direção propícia, o animal que estava por dentro (havia saído da terceira posição) conseguia reocupar um lugar na fila, agora na segunda posição.

Por fim, em algumas ocasiões ($n = 8$), observou-se que o segundo indivíduo em FL se desvencilhava do primeiro e seguia seu caminho próprio, sendo seguido pelos demais ocupantes da fila. Dessa forma o animal que estava na segunda posição assumia a liderança e o antigo “líder” passava a executar a NE.

Dados quantitativos:

Ao longo de 37,3 horas de amostragem, foram constatadas 184 avistagens de tubarões-limão, sendo a maioria composta por indivíduos jovens (Tabela 2.1). Também foi registrado o tempo de observação da área, bem como o tempo de avistagem de indivíduos e dos principais tipos de comportamento, envolvendo interações sociais (FL, NC, NP) ou não (NE). Tais dados se encontram disponíveis na tabela 2.2.

Como o objetivo aqui estipulado é analisar o comportamento gregário e os tipos de interações sociais (intra-específica), fica evidente que a cronometragem de cada tipo de comportamento somente ocorreu na presença de, no mínimo, dois exemplares de *N. brevirostris* observados simultaneamente. O maior número de indivíduos por evento amostral ocorreu em outubro, quando foram registrados catorze tubarões-limão e três tubarões-lixia (*Ginglymostoma cirratum*) no local. Não foi verificada a presença do tubarão cabeça-de-cesto (*Carcharhinus perezi*), na enseada, apesar de o mesmo ser bastante abundante no entorno do Arquipélago (Garla, 2003). Todos os comportamentos, bem como sua duração, foram registrados sempre pelo mesmo pesquisador.

Tabela 2.1. Número de avistagens de *N. brevirostris* (separados em classes etárias) na Enseada dos Tubarões durante quatro períodos amostrais.

Data	Neonatos	Jovens	Subadultos	Adultos	TOTAL
Out/2009	-	45	3	-	48
Jan/2010	4	43	11	2	60
Mar/2010	3	43	9	-	55
Nov/2010	-	19	2	-	21
Σ	7	150	25	2	184

Os tubarões estiveram presentes (e agregados) em 44,8% (T. Avi/ T. Obs) do tempo total de duração do censo terrestre. Excluindo-se o tempo destinado à natação errante (T. Avi – NE), chegamos à conclusão que os indivíduos interagiram entre si durante 33% do tempo de avistagem (T. Avi) dos animais.

Tabela 2.2. Tempo (em min) de observação aérea dos comportamentos de interações sociais na Enseada dos Tubarões durante quatro períodos amostrais. *FL* = *Follow the Leader*; *NC* = *Natação em Círculos*; *NE* = *Natação Errante*; *NP* = *Natação Paralela*; *T Avi* = *Tempo de Avistagem*; *T Obs* = *Tempo de Observação*.

Data	T. Obs	T. Avi	NE	FL	NP	NC
Out/2009	610	290	175,6	56,5	35,2	22,7
Jan/2010	820	287	180,2	89,5	10,1	7,2
Mar/2010	590	299	215,7	72,3	5,9	5,1
Nov/2010	215	125	98,7	19,8	5,2	1,3
Σ	2235	1001	670,2	238,1	56,4	36,3

Os dados indicam que na maior parte do tempo os indivíduos permaneceram agregados, mas não interagiram (NE). Ao apresentarem comportamento de interação social, o mais comum foi FL, seguido de NP e NC (Tabela 2.3).

Tabela. 2.3. Frequência (*F*) e Frequência relativa (*Fr*) dos três tipos de comportamentos sociais observados na Enseada dos Tubarões.

Comportamento social	<i>F</i>	<i>Fr</i>
FL	335	0.6169
NP	150	0.2763
NC	58	0.1068

Durante a execução dos comportamentos de interação social, verificou-se que os tubarões apresentaram entre 80 e 220 cm CT e que foram formados grupos com até oito indivíduos para NC, seis para FL e quatro para NP. Os poucos exemplares de neonatos observados na Enseada dos Tubarões estavam presentes no local apenas na ausência dos indivíduos maiores. Entretanto, por se encontrarem solitários não foram incluídos nos dados de interação social.

Discussão

A amostragem terrestre em ponto fixo mostrou-se bastante eficiente para a observação dos indivíduos na Enseada dos Tubarões, uma baía com águas rasas, habitada principalmente por *N. brevirostris*, mas também com relatos da presença do tubarão-lixo (*Ginglymostoma cirratum*) e do tubarão cabeça-de-cesto (*Carcharhinus perezi*), principais espécies de tubarões residentes no Arquipélago (Garla, 2003). Os resultados revelaram um total de 184 observações de *N. brevirostris*, porém um número bem menor de *G. cirratum* (apenas três indivíduos), e nenhuma observação de *C. perezi*.

Em um trabalho recente, Garla *et al.* (2008) descrevem agregações de até 12 indivíduos jovens de tubarão-limão em outra localidade do arquipélago, mas não discutem tal observação. No presente estudo foi constatada uma agregação de até catorze tubarões-limão nesta enseada, durante um período de aproximadamente uma hora. Este montante de dados, somado à agregação quase diária dos tubarões no local, indica que a Enseada dos Tubarões é uma área importante e provavelmente fundamental em algum momento na história de vida do *N. brevirostris* em Fernando de Noronha.

A utilização da enseada pelos tubarões é altamente dependente do regime de marés. Durante a baixa-mar grande parte da enseada fica completamente exposta, há formação de pequenas piscinas naturais e o único canal de ligação com o mar fica inacessível. Dessa forma, as amostragens se concentraram sempre em horários próximos à preamar e em nenhum momento foi verificada a presença de tubarões na área após a comunicação da enseada com o mar ser interrompida. Heupel *et al.* (2003) sugerem que os tubarões são sensíveis à mudanças na pressão hidrostática e este pode ser o principal mecanismo que alerta os tubarões a deixarem a enseada antes de ficarem presos nela.

A divisão da Enseada dos Tubarões em quatro quadrantes teve por finalidade distinguir os locais em que os indivíduos passariam a maior parte do tempo. Os dados revelaram que os tubarões utilizavam principalmente os quadrantes II e III, com várias excursões ao ponto central da enseada, justamente nos arredores da intersecção dos quatro quadrantes. Entretanto, a visualização de indivíduos no quadrante I (onde está localizado o único ponto de acesso à enseada) revelou-se extremamente complicada na prática. Parte disso se deve ao fato de este ser o quadrante com maior profundidade (em

média, 1,4m) e de estar localizado à maior distância do ponto escolhido para observação. A visualização dos animais no quadrante IV, embora um pouco melhor do que no quadrante I, também foi comprometida, principalmente por apresentar um substrato rochoso, sobre o qual a detecção de um tubarão é dificultada devido à ausência de contraste entre ambos, pois os tubarões apresentam uma coloração dorsal acinzentada.

Apesar dos problemas acima citados, foi possível notar claramente os indivíduos nos quadrantes II e III. Tal visualização permitiu enumerar e estimar o tamanho de cada animal separadamente, além de registrar os tipos, frequência, duração e sequência dos diferentes comportamentos exibidos.

Muitos estudos que citam a formação de grupos em tubarões utilizam simplesmente observações subaquáticas ou telemetria (Gruber *et al.*, 1988; Economakis & Lobel, 1998; Chidlow *et al.*, 2005). Entretanto, Guttridge *et al.*, 2009 discutem que através deste tipo de metodologia não há como diferenciar se o que ocorre é simplesmente uma agregação ou algo mais complexo, como a formação de grupos sociais.

Heupel & Simpfendorfer (2005) definem comportamento gregário quando os animais são atraídos a um local específico devido a um recurso comum (e.g. disponibilidade de presas, abrigos, etc) e geralmente agem de maneira independente, enquanto que as interações sociais são definidas quando os animais são atraídos em relação a seus co-específicos, com algum nível organizacional presente.

Guttridge *et al.*, 2009 estudaram jovens de *N. brevirostris* em cativeiro e concluíram que esta espécie de tubarão é altamente sociável. No presente estudo, é possível identificar formações gregárias (NE) para a Enseada dos Tubarões, além de interações de caráter social (NP, NC e FL), onde os tubarões estão claramente atraídos entre si e executam, conjuntamente, comportamentos que apresentam um padrão em sua formação.

A agregação é um fenômeno comum para algumas espécies de tubarões e alguns comportamentos de interação social já foram citados para *N. brevirostris* (Gruber, 1982; Gruber *et al.*, 1988; Correa *et al.*, 1995; Oliveira, 2001; Garla *et al.*, 2008; Guttridge *et al.*, 2009; Garcia, 2010), além de outros Carcharhinidae e representantes da família

Lamnidae (Myrberg & Gruber, 1974; McKibben & Nelson, 1986; Economakis & Lobel, 1998; Sundström *et al.*, 2001; Heupel & Simpfendorfer, 2005). Todavia, tais interações sociais geralmente são descritas apenas de forma qualitativa (Myrberg & Gruber, 1974; Oliveira, 2001; Garcia, 2010).

Neste trabalho, porém, uma abordagem quantitativa também foi realizada, de forma a complementar os dados qualitativos aqui gerados. Com base na revisão da literatura, este é o primeiro estudo abordando a duração das interações sociais para *N. brevirostris* em ambiente natural.

Nossos resultados demonstram que em 33% do tempo em que estiveram juntos, os tubarões desenvolveram algum comportamento de cunho social. Este dado reforça os trabalhos de Guttridge *et al.* (2009) e de Garcia (2010) e sugere que há uma complexidade por trás da execução destes comportamentos, provavelmente ligada à comunicação social.

Dentre as interações sociais (NC, NP e FL), o comportamento FL foi o mais comum, respondendo por 61,7% das ocorrências e 72% do tempo de execução. Segundo Veras (comunicação pessoal), tal comportamento também ocorre em outras localidades no Arquipélago e apresenta-se como um modo comum de deslocamento quando há formação de grupos de *N. brevirostris*. Da mesma forma, McKibben & Nelson (1986) mencionam que o deslocamento em fila indiana traz vantagens hidrodinâmicas aos tubarões por diminuir o atrito com a água.

Em um trabalho recente, Garcia (2010) destaca três tipos de interações intra-específicas envolvendo jovens de tubarões-limão: Conceder passagem, Circular (aqui denominado Natação em Círculos - NC) e Seguir (aqui denominado “Follow the Leader” - FL).; além de um quarto comportamento, Patrulhar (aqui denominado Natação Errante - NE). Segundo o autor, o comportamento de NE foi o mais freqüente ($n = 788$) enquanto que o comportamento de conceder passagem foi raramente observado ($n = 3$). Tais dados estão de acordo com nosso estudo, porém, houve uma grande diferença no número de registros dos demais comportamentos (NC e FL).

Em 500 horas de incursões subaquáticas, Garcia (2010) contabilizou oitenta ocorrências para o comportamento FL, envolvendo até cinco indivíduos. Da mesma forma, o comportamento NC é citado em apenas cinco ocasiões, sendo executado por

dois ou três tubarões. Nossos dados demonstram claramente que estes comportamentos são mais frequentes e que a metodologia aplicada pelo autor não é a mais indicada para este tipo de estudo. Entretanto, as causas que motivam estes comportamentos ainda são especulativas e é possível que o ambiente exerça alguma influência. Assim, não se pode desconsiderar a hipótese que a diferença no número de ocorrências destes comportamentos seja, ao menos em parte, devido às diferentes localidades investigadas (Praia da Biboca, em Garcia, 2010; Enseada dos Tubarões, presente estudo).

Gruber *et al.* (1988) observaram os comportamentos de NE, FL e NC em subadultos e adultos de *N. brevirostris*, com formações contendo acima de 9 indivíduos. A impressão que os autores tiveram foi que tal comportamento refletia algum tipo de orientação entre os animais. Esta explicação, todavia, parece não se encaixar para os comportamentos executados na Enseada dos Tubarões, uma vez que o local é pequeno, raso e fechado, apresentando apenas um canal de comunicação com o mar.

Alguns estudos sugerem que interações sociais podem estar relacionadas com maior eficiência predatória (Heupel & Simpfendorfer, 2005) ou apresentar conotações sexuais (Myrberg & Gruber; 1974; McKibben & Nelson, 1986). Estas reflexões, apesar de coerentes, não se aplicam para a Enseada dos Tubarões. A observação de apenas três eventos predatórios em 37,3 horas de observação, juntamente com o insucesso de Rosa & Gruber, em 1998 (dados não publicados), ao colocarem iscas no local para captura dos tubarões, indicam que esta enseada não é utilizada, ao menos primariamente, como local de alimentação dos indivíduos de *N. brevirostris*.

Sundström *et al.* (2001) citam a formação em círculos de tubarões próxima a passagens entre blocos de recifes, argumentando que o fluxo de água no local poderia trazer possíveis presas. Tal explicação não é plausível para os dados coletados na Enseada dos Tubarões, lugar de águas relativamente tranquilas e com ocorrência de NC principalmente no quadrante III, longe do canal de acesso à enseada.

A observação de animais maiores à frente dos grupos e algumas disputas pelo segundo lugar poderiam estar relacionadas a possíveis tentativas de cópula, entretanto, a ocorrência dos comportamentos de interação social ao longo de todo o ano, envolvendo principalmente indivíduos imaturos sexualmente, minimiza as chances de que tais interações, dentro da Enseada, ocorram com finalidades reprodutivas.

Uma quarta hipótese consideraria que a enseada, por apresentar áreas mais rasas, teria águas mais quentes, possibilitando aos tubarões elevarem seu metabolismo naturalmente e realocarem a energia economizada para seu crescimento plástico e estrutural. Economakis & Lobel (1998) e Morrissey & Gruber (1993a) indicam que os tubarões poderiam adquirir vantagens adaptativas através da termorregulação passiva. Esta especulação, porém, apenas explicaria a utilização da enseada pelos tubarões, mas não esclareceria o porquê da execução dos comportamentos de interações sociais.

A explicação mais coerente para a execução destes comportamentos sociais vem do campo da psicobiologia. Guttridge *et al.* (2010) conduziram estudos com telemetria em jovens de *N. brevirostris* (80 – 90 cm CT) e observaram que um indivíduo interagiu mais frequentemente com dois tubarões dentro de um grupo com nove animais. Do mesmo modo, Rada *et al.* (em preparação) identificaram alguns neonatos de tubarão-limão através de marcas naturais e constataram a presença de três grupos distintos, cujos integrantes eram essencialmente os mesmos. A partir destes dados, pode-se inferir que há um certo grau de reconhecimento individual para o *N. brevirostris*, mesmo dentre os animais mais jovens.

Garcia (2010) sugere que as interações sociais permitiriam aos seus executantes obter informações uns sobre os outros, o que, por sua vez, poderia resultar no estabelecimento de alguma organização social dos componentes. Segundo o autor, ao executarem a NC os tubarões poderiam identificar uns aos outros e comparar seus tamanhos. A organização social seria refletida durante através do comportamento FL, com os indivíduos maiores exibindo a liderança.

Estas hipóteses se aplicam às observações realizadas neste trabalho. Ainda mais, a NP geralmente precedendo a execução de FL, também poderia ser uma maneira dos animais compararem seus tamanhos corpóreos e definirem suas posições ao longo de uma formação em fila.

A alta frequência de ocorrência do FL neste estudo pode ser vista como uma forma de reforçar uma organização social previamente definida. Contudo, estas inferências devem ser tratadas com cautela, pois em muitas amostragens foi observada a execução de FL sem a prévia execução de NC ou NP e não é conhecido se os tubarões que habitam a Enseada dos Tubarões são sempre os mesmos. Da mesma forma, não foi constatado um padrão, e sim uma tendência dos animais maiores liderarem os

comportamentos, pois houve casos em que tubarões menores encabeçaram a formação em fila.

Finalmente, Guttridge *et al.* (2009) reportam que, nos estágios iniciais da vida dos tubarões-limão, a fidelidade ao local de nascimento, pequenas áreas de vida geralmente sobrepostas e a tendência dos mesmos de se agregarem podem promover associações que persistam por um tempo. Assumindo que estes animais apresentam certo grau de reconhecimento individual, é possível que os tubarões observados na ET sejam parte de um ou alguns grupos específicos. Pesquisas futuras no local, utilizando telemetria acústica passiva podem esclarecer este aspecto, além de permitir estruturar melhor os grupos e verificar a existência de hierarquias sociais. Outros estudos certamente aumentarão a compreensão sobre as causas determinantes das interações sociais para *N. brevirostris* em Fernando de Noronha.

Referências Bibliográficas

- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*. 49: 227-267.
- Bansemer, B.S. & Bennett, M.B. 2009. Reproductive periodicity, localised movements and behavioural segregation of pregnant *Carcharias taurus* at Wolf Rock, southeast Queensland, Australia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 374: 215-227.
- Correia, J, de Marignac, J & Gruber, S.H. 1995. Young lemon shark behaviour in Bimini Lagoon. *Bahamas J. Sci.* 3(1): 1-7.
- Chidlow, J.; Gaughan, D. & McAuley, R. 2005. Identification of Western Australian Grey Nurse Shark aggregation sites. *Final Report to the Aust. Gov., Dep. Env. Her.* 36p.
- Edrén, S.M.C. & Gruber, S.H., 2005. Homing ability of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. *Env. Biol. Fish.* 72: 267-281.
- Economakis A.E. & Lobel, P.S. 1998. Aggregation behavior of the grey reef shark, *Carcharhinus amblyrhynchos*, at Johnston Atoll, Central Pacific Ocean. *Env. Biol. Fish.* 51: 129-139.
- Eston, V.R.; Migotto, A.E., Oliveira Filho, E.C., Rodrigues A.S. & Freitas, J.C. 1986. Vertical Distribution of Benthic Marine Organisms on Rocky Coasts of Fernando de Noronha Archipelago (Brazil). *Bol. Inst. Oceanogr.* 34: 37-53.
- Garcia Jr, J. 2010. Ecologia comportamental de juvenis de tubarão limão, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868), no Arquipélago de Fernando de Noronha. Tese de doutorado, UFRN. 112p.
- Garla, R.C. 2003. Ecologia e conservação dos tubarões do Arquipélago de Fernando de Noronha, com ênfase no tubarão cabeça-de-cesto *Carcharhinus perezi* (Poey, 1876) (Carcharhiniformes, Carcharhinidae). Tese de doutorado, UNESP. 170p.
- Garla, R.C.; Garcia Jr., J.; Veras, L.B. & Lopes, N.P. 2008. Fernando de Noronha as an insular nursery área for lemon sharks, *Negaprion brevirostris*, and nurse sharks,

Ginglymostoma cirratum, in the equatorial western Atlantic Ocean. *JMBA2 – Biodiv. Rec.* Published on-line. 4p.

Gruber, S.H. & Myrberg Jr, A.A. 1977. Approaches to the study of the behavior of sharks. *Amer. Zoolst.* 17(2): 471-486.

Gruber, S.H. 1982. Role of the lemon shark, *Negaprion brevirostris* (Poey) as a predator in the tropical marine environment: a multidisciplinary study. *Flor. Scient.* 45(1): 46-75.

Gruber, S.H.; Nelson, D.R. & Morrissey, J.F. 1988. Patterns of activity and space utilisation of lemon sharks, *Negaprion brevirostris*, in a shallow bahamian lagoon. *Bull. Mar. Sci.* 43(1): 61-76.

Guttridge, T.L.; Gruber, S.H.; Gledhill, K.S.; Croft, D.P.; Sims, D.W. & Krause, J. 2009. Social preferences of juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. *Anim. Behav.* 78: 543-548.

Guttridge, T.L., Gruber, S.H., Krause, J. & Sims. 2010. Novel acoustic technology for studying free-ranging shark social behavior by recording individuals' interactions. *Plos One.* 5(2): 1-8.

Heithaus, M.R., Marshall, G.J., Buhleier, B.M. & Dill, L.M. 2001. Employing crittercam to study habitat use and behavior of large sharks. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 209: 307-310.

Heupel, M.R., Simpfendorfer, C.A & Hueter, R.E. 2003. Running before the storm: blacktip sharks respond to falling barometric pressure associated with Tropical Storm Gabrielle. *J. Fish Biol.* 63: 1357-1363.

Heupel, M.R. & Simpfendorfer, C.A. 2005. Quantitative analysis of aggregation behavior in juvenile blacktip sharks. *Mar. Biol.* 147: 1239-1249.

Lucifora, L.O.; García, V.B.; Menni, R.C.; Escalante, A.H. & Hozbor, N.M. 2009. Effects of body size, age and maturity stage on diet in a large shark: ecological and applied implications. *Ecol. Res.* 24: 109-118.

- McKibben, J.N. & Nelson, D.R. 1986. Patterns of movement and grouping of gray reef sharks, *Carcharhinus amblyrhynchos* at Enewetak, Marshall Islands. *Bull. Mar. Sci.* 38(1): 89-110.
- Mitraud, S.F. 2001. Uso Recreativo do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha: um exemplo de planejamento e implementação. *WWF Brasil*, Brasília. 8: 100p.
- Morrissey J.F. & Gruber, S.H. 1993a. Home range of juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. *Copeia*. 1993: 425-434.
- Morrissey J.F. & Gruber, S.H. 1993b. Habitat selection by lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. *Env. Biol. Fish.* 38: 311-319.
- Myrberg, A.A. & Gruber, S.H. 1974. The behavior of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*. *Copeia*. (2): 358-374.
- Nelson, 1977. On the field study of shark behavior. *Amer. Zoolst.* 17(2): 501-507.
- Oliveira, P.V.G. 2001. Levantamento da fauna de elasmobrânquios e estudo da biologia comportamental do tubarão-limão, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868), tubarão-lixia, *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre, 1788) na Reserva Biológica do Atol das Rocas, RN-Brasil. *Dissertação de mestrado, UFPE*. 114p.
- Souto, A. 2005. Etologia: princípios e reflexões. 3ª ed. *Ed. Universitária da UFPE*. Recife. 346p.
- Sundström, L. F. & Gruber, S. H. 1998. Using speed-sensing transmitters to construct a bioenergetics model for subadult lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey), in the field. *Hydrobiologia* 371/372: 241-247.
- Sundström, L.F.; Gruber, S.H.; Clermont, S.M.; Correia, J.P.S. & de Marniac, J.R.C. 2001. Review of elasmobranch behavioral studies using ultrasonic telemetry with special reference to the lemon shark, *Negaprion brevirostris*, around Bimini Islands, Bahamas. *Env. Biol. Fish.* 60: 225-250.
- Teixeira, W.; Cordani, U.G. & Menor, E.A. 2003. Caminhos do Tempo Geológico. In: Arquipélago de Fernando de Noronha – O Paraíso do Vulcão, (Linsker, R., ed). *Terra Virgem Editora*. São Paulo. 26-63.

Voegeli, F.A., Smale, M.J., Webber, D.M., Andrade, Y. & O'Dor, R.K. 2001. Ultrasonic telemetry, tracking and automated monitoring technology for sharks. *Env. Biol.Fish.* 60: 267-281.

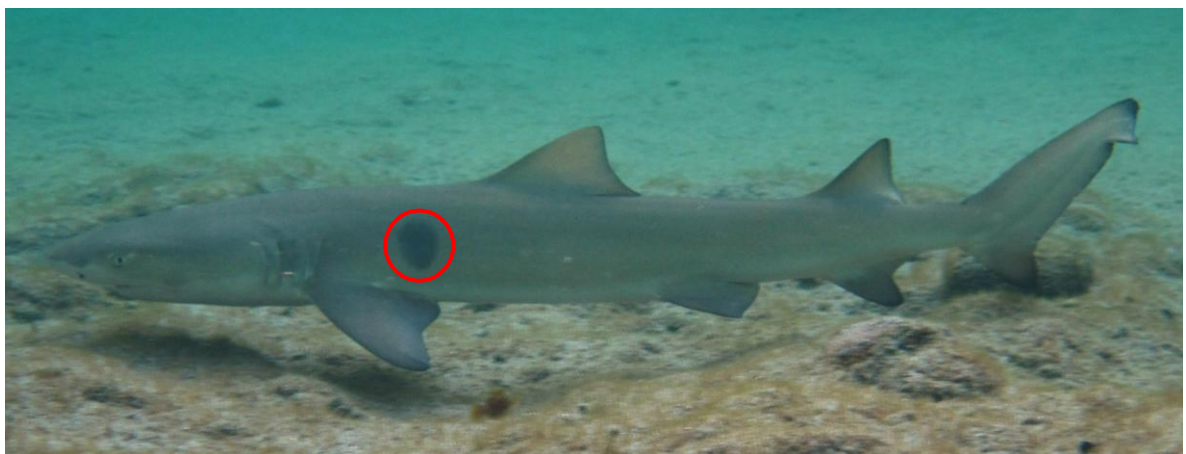
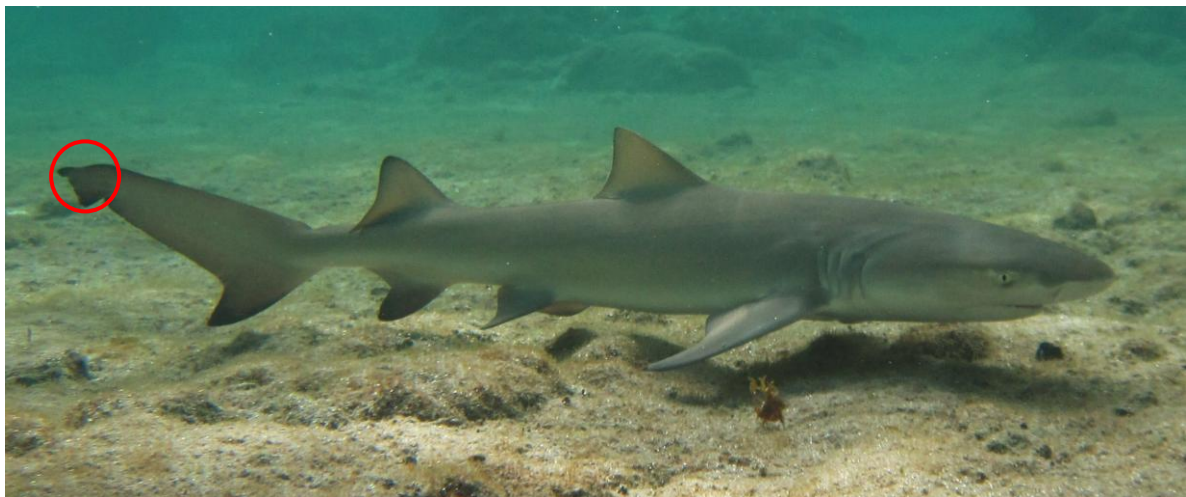
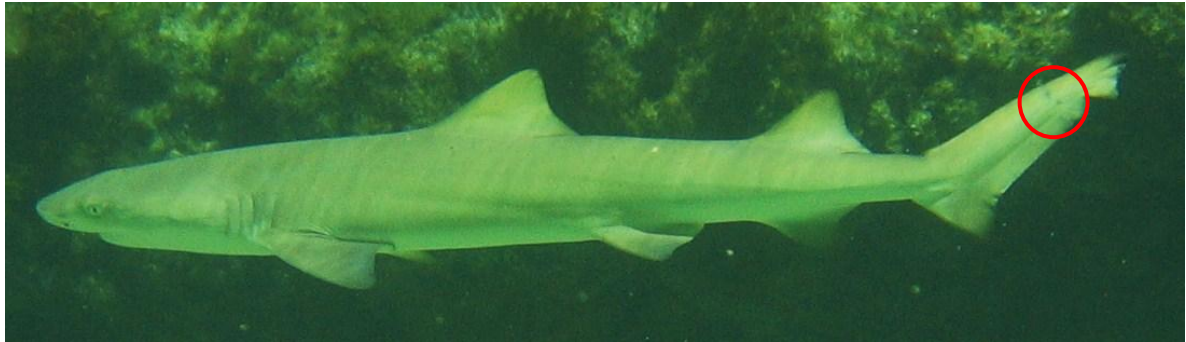
Wetherbee, B.M.; Gruber, S.H. & Rosa, R.S. 2007. Movements patterns of juvenile lemons sharks, *Negaprion brevirostris*, within Atol das Rocas, Brazil: a nursery characterized by tidal extremes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 343: 283-293.

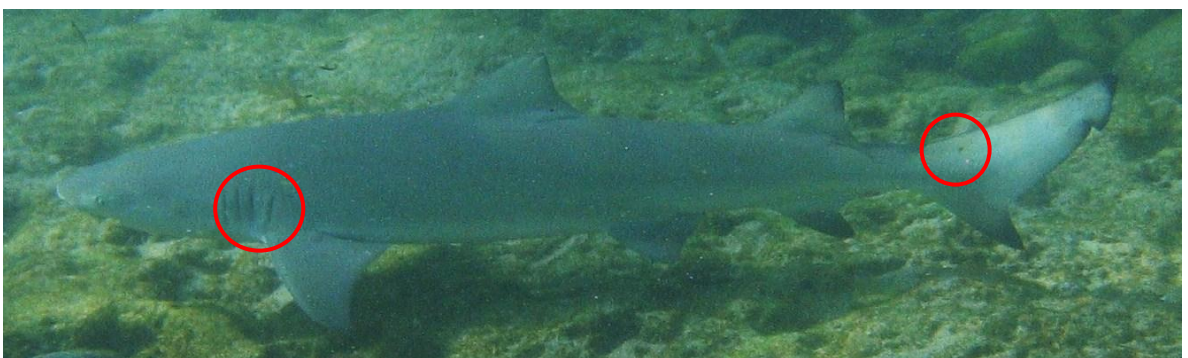
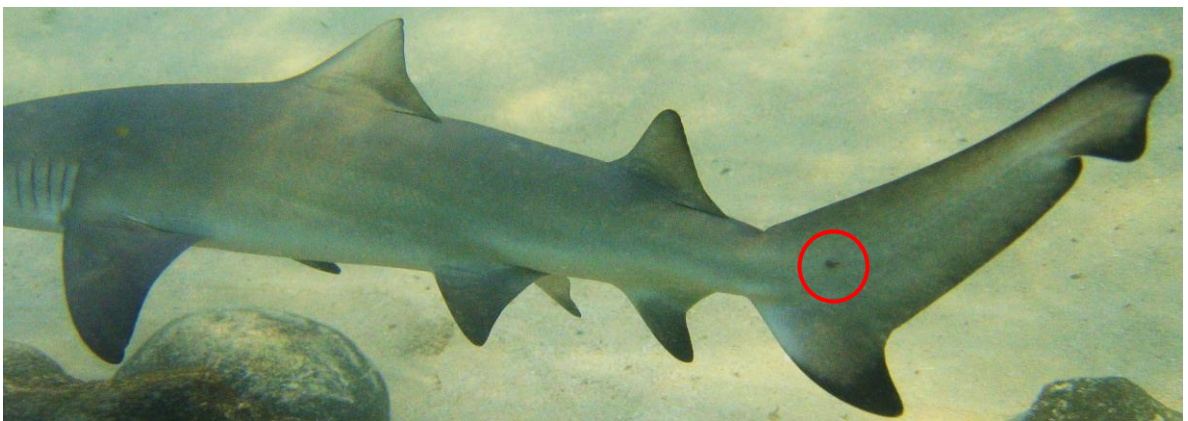
Conclusões

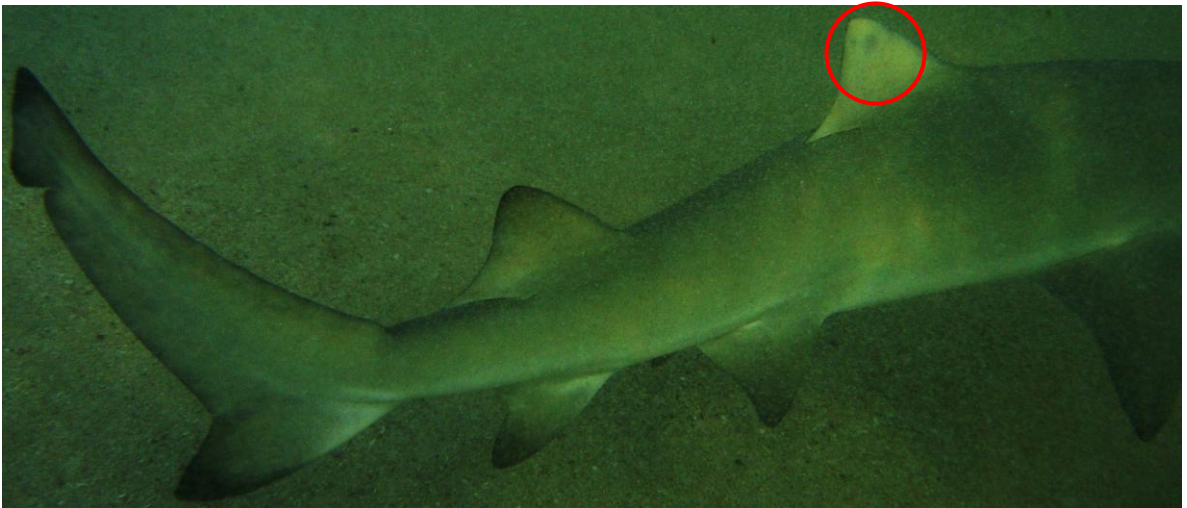
- A estruturação etária de *Negaprion brevirostris* configurou-se pela predominância de jovens, seguidos de subadultos, neonatos e adultos.
- A razão sexual foi enviesada a favor das fêmeas, o que indica uma segregação sexual compreendendo os indivíduos jovens e subadultos.
- Há uma segregação espacial de acordo com o desenvolvimento ontogenético. Os neonatos foram observados em águas mais quentes e rasas, com profundidade máxima de 1,5m. Os jovens e subadultos foram avistados em locais cuja profundidade não excedeu 6m. Tais comportamentos provavelmente representam estratégias anti-predatórias.
- A observação de uma fêmea em estágio avançado de gestação e a constatação de neonatos poucos meses depois confirma o arquipélago de Fernando de Noronha como área de parturição e de berçário para *N. brevirostris*.
- O local Buraco da Raquel, especificamente a subárea RA, foi responsável pelo maior número de avistagens de *N. brevirostris*. A presença de vários tubarões inativos suporta a hipótese de que esta seja uma área de descanso para a espécie.
- O baixo número de *N. brevirostris* observados na região portuária sugere que estes tubarões evitam o local, provavelmente pelo grau de antropização da área, com fluxo constante de embarcações.
- O reconhecimento de alguns neonatos através de marcas naturais permitiu inferir a presença de três grupos distintos, compostos essencialmente pelos mesmos indivíduos, o que demonstra haver um grau de reconhecimento individual entre os tubarões.
- *N. brevirostris* é uma espécie sociável, o que pode ser constatado por agregações de até catorze indivíduos na Enseada dos Tubarões e exibição de comportamentos sociais, como Natação em Círculos, Natação em Paralelo e “Follow the Leader”.

Apêndice I

Neonatos com marcas naturais







Neonato com marca artificial – anzol (mesmo indivíduo)



Apêndice II

Comportamento gregário em RA

