

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO ECOLOGIA E ZOOLOGIA
CURSO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Luiza Machado da Camara Canto

**Padrões de atividade das raias na Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e seu
entorno, SC.**

Florianópolis

2021

Luiza Machado da Camara Canto

**Padrões de atividade das raias na Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e seu
entorno, SC.**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Renato Hajenius Aché de Freitas
Coorientador: Me. Guilherme Burg Mayer

Florianópolis

2021

Luiza Machado da Camara Canto

**Padrões de atividade das raias na Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e seu
entorno, SC.**

Florianópolis, 10 de maio de 2021

Carlos Roberto Zanetti
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

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

Me. Guilherme Burg Mayer
Coorientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Paulo César Simões-Lopes
Membro Titular
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Dr.(a) Tatiana Silva Leite
Membro Titular
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Antônio Batista Anderson
Membro Suplente
Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à minha família por todo amor incondicional, pelos valores transmitidos e pelo suporte para me manter em Florianópolis. Ao meu pai, Miguel, maior incentivador dos meus sonhos e meu maior exemplo da busca constante por conhecimento. À minha mãe, Tânia, meu maior suporte emocional e a pessoa que sinto mais falta no dia-a-dia. À minha irmã, Cláu, melhor conselheira e companheira de longas horas de conversas. E à minha vózinha, exemplo de luta e fonte de boas histórias de vida.

Ao meu orientador durante toda a graduação e amigo, Renato, grande pesquisador e professor, que faz de tudo pra viabilizar o trabalho de pesquisas dos orientandos. Ao meu coorientador, grande pesquisador e parceiro de laboratório, Guilherme, que me ajudou imensamente com as análises dessa pesquisa. E aos demais colegas do LABITEL, que deram suas opiniões e contribuíram pra melhorar esse trabalho. Sempre me senti muito acolhida nesses 5 anos de LABITEL e com certeza será minha maior saudade da Biologia.

A todos mergulhadores, recreativos e cientistas, que me enviaram suas informações de avistagens no Arvoredo. Só pra citar alguns: Alex Floyd, Cibele Sanches (Bolhas em Foco), Lucas Battaglin, Jéssica Link, Ângela Canterle, Mariana Côrtes e todos os outros que responderam anonimamente ao formulário. Ao pessoal da operadora de mergulho Água Viva, pela colaboração com a pesquisa científica (não só a minha). Esse trabalho teria sido impossível sem a participação de todos.

Ao meu amigo e companheiro, Chris, que me ajudou com o *abstract* desse trabalho e também por todo o apoio emocional. E à todos os amigos, da Bio ou não, que a UFSC me proporcionou. Minha trajetória foi muito mais divertida e mais significativa por conta de todas as pessoas que participaram do meu caminho ao longo desses anos.

Ao CNPq, pelas bolsas de Iniciação Científica que incentivaram a realização dessa pesquisa. E finalmente, a Universidade Federal de Santa Catarina, por todas as vivências que só uma Universidade Federal pode proporcionar e que, com certeza, marcaram minha vida pra sempre. Viva as Universidades Federais! Viva a Ciência!

RESUMO

Estudos de ecologia comportamental ajudam a entender como as espécies respondem aos fatores bióticos e abióticos do ambiente que habitam. Entretanto, dependendo do ambiente e espécie-alvo a amostragem pode ser dificultada. Projetos científicos que contam com a participação do público (*Citizen Science*) podem ser uma boa opção para contornar essas dificuldades encontradas ao se trabalhar com ecologia comportamental marinha, principalmente com elasmobrânquios. A Reserva Biológica Marinha do Arvoredo é uma área de proteção integral no sul do Brasil, onde muitas espécies de raias usam como área reprodutiva e como berçários de juvenis. É essencial conhecer como e quais fatores ambientais afetam os comportamentos das raias que habitam essa região, afim de melhorar as estratégias de conservação. Práticas de pesca e turismo são proibidas dentro da REBIO Arvoredo, mas a porção marinha ao sul da Ilha do Arvoredo é considerada apenas área de amortecimento da REBIO e, de acordo com seu plano de manejo, a prática de mergulho recreativo é permitida. Esse estudo procurou avaliar a influência de variáveis ambientais e de presença humana sobre as espécies de raias mais avistadas na REBIO Arvoredo e seu entorno. Os dados foram obtidos através de um questionário online (<https://goo.gl/h1Ji1S>), disponível desde agosto de 2016, respondido por mergulhadores recreativos e cientistas. Os registros recebidos datam de março de 2009 até janeiro de 2021. Seis diferentes táxons foram registrados: *Gymnura altavela* (n=42), *Dasyatidae* (n=38), *Aetobatus narinari* (n=11), *Pseudobatos* sp. (n=7), *Narcine brasiliensis* (n=3) e *Zapteryx brevirostris* (n=2). Em geral, as raias foram mais avistadas em repouso, no substrato arenoso, durante períodos de maré alta. *G. altavela* foi mais avistada durante a alta temporada turística (novembro-março) e uma agregação de 7 indivíduos desta espécie foi registrada no mês de junho de 2018. Essa espécie parece modular sua atividade (nadar ou repousar) de acordo com o tipo de ambiente, repousando mais em ambiente arenoso do que em ambientes rochosos. Raias da família *Dasyatidae* foram mais registradas durante a baixa temporada turística (abril-outubro) e em áreas fora da REBIO (parte sul da Ilha do Arvoredo), único lugar que foram vistas nadando. Seu padrão de atividade dependeu também do tipo de ambiente (repousam mais em ambiente arenoso) e da temporada turística (repousam mais na baixa temporada). *A. narinari* foi mais avistada dentro da REBIO e apresentou padrões diferentes das outras espécies, pois foi mais associada com avistagens na coluna d'água e em ambientes rochosos. Quatro registros de grandes agregações do gênero *Pseudobatos* foram reportados na baía do Rancho Norte (dentro da REBIO Arvoredo) durante a alta temporada turística, período que foram mais avistadas. Os padrões de atividade (repousar ou nadar) de *A.*

narinari e de *Pseudobatos* sp. não puderam ser definidos devido ao baixo *n* amostral. No geral os resultados refletiram o hábito de vida bentônico da maioria das raias e alguns padrões de uso de hábitat previamente conhecidos das espécies analisadas. As respostas a presença humana variaram, principalmente por conta de aspectos reprodutivos inerentes a cada grupo. Os resultados deste trabalho reforçam a importância da REBIO Arvoredo, principalmente para a conservação de espécies endêmicas que utilizam essa região como áreas para reprodução e berçário.

Palavras-chave: ciência-cidadã, ecologia comportamental, elasmobrânquios, conservação marinha

ABSTRACT

Observational studies in behavioral ecology help to understand how species respond to biotic and abiotic factors in their environment. However, depending on the target environment and species, sampling may be difficult. Scientific projects that rely on public participation (Citizen Science) can be a great option to overcome the difficulties encountered when studying marine behavioral ecology, especially with elasmobranchs. The Arvoredo Marine Biological Reserve is an highly-protected area in the south of Brazil which many species of rays use as a reproductive and nursery area. Knowing how and which environmental factors affect the behavior of the rays that inhabit this region is essential to improving conservation strategies. Inside the Arvoredo Reserve, tourism and fishing are not allowed (no-take zone), but in the Southern portion of Arvoredo Island, which is not formally part of the Reserve, recreational diving is permitted. This study aimed to qualify the habitat use of the most seen species of rays in the Arvoredo Reserve, based on environmental variables and human presence. The data were obtained via an online questionnaire (<https://goo.gl/h1Ji1S>) answered by certified divers and scientists that was available since August 2016. The records date from March 2009 to January 2021. Six different taxons of rays were identified: *G. altavela* (n=42), Dasyatidae (n=38), *A. narinari* (n=11), *Pseudobatos* sp. (n=7), *Narcine brasiliensis* (n=3) and *Zapteryx brevirostris* (n=2). In general, rays were most frequently seen resting, on sandy bottoms, during high tide periods. *G. altavela* was mostly seen during the high tourist season (November-March) and an aggregation of 7 individuals of this species was recorded in June 2018. This species seems to modulate its activity (swimming or resting) according to the surface of the sea floor, resting more in sandy areas than in rocky ones. Rays of the Dasyatidae family were mostly recorded during the low tourist season (April-October) and in areas outside Arvoredo Reserve (southern part of Arvoredo Island), the only place they were seen swimming. Their activity pattern also depended on the composition of the sea floor (they rest more in sandy areas) and the tourist season (they rest more in low season). *A. narinari* was most frequently seen within the Arvoredo Reserve and showed different patterns from other species, as it was more associated with sightings in the water column and in rocky environments. Four records of large aggregations of the genus *Pseudobatos* were reported in Rancho Norte bay (inside Arvoredo Reserve) during the high tourist season, the period when they were most frequently seen. The activity (resting or swimming) of *A. narinari* and *Pseudobatos* sp. did not depend on any variable, with potential patterns not apparent due to the low sample size. In general, the results reflected the benthic life habit of the rays and some previously known patterns of habitat use by the analyzed species.

Responses to human presence varied, mainly due the reproductive aspects inherent to each group. The results of this work contribute new information regarding the behavioral ecology of the most commonly seen species of rays in the Arvoreda Reserve, and reinforce the importance of the Reserve, mainly for the conservation of endemic species that use this area for breeding and nursery activities.

Keywords: Citizen Science, Behavioral Ecology, Elasmobranch, Marine Conservation

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, enfocando apenas as ilhas que foram amostradas nesse trabalho (Ilha do Arvoredo e Ilha Deserta)..... 20
- Figura 2.** Placa de PVC laminado com o código QR de acesso ao formulário (frente) e imagens de 6 espécies de raias comumente avistadas na REBIO Arvoredo (verso)..... 22
- Figura 3.** Amostra do banco de dados criado a partir das respostas recebidas via formulário online, e-mail e conversas pessoais. 23
- Figura 4.** Fotografias capturadas mostrando a terceira agregação de *P. horkelli* avistada na baía do Rancho Norte (dentro da REBIO Arvoredo), em 10 de dezembro de 2019. 27
- Figura 5.** Análise de Múltipla Correspondência (MCA) entre espécies e variáveis analisadas. Cada ponto corresponde a uma avistagem. Os triângulos correspondem a média da distância Euclidiana calculada para cada categoria das variáveis e das espécies..... 30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização do uso de habitat para os 4 táxons de raias mais avistados na REBIO Arvoredo e entorno. (-) = variável não apresentou diferenças significativas (Teste G, $p>0,05$). Todos os valores de p e G encontram-se no APÊNDICE C – Tabelas de valores de p e G encontrados nos Testes G25

Tabela 2. Número de avistagens de *G. altavela* nadando ou em repouso em relação as variáveis ambientais maré, presença REBIO Arvoredo, tipo de ambiente, temporada turística e localização do estrato vertical, com os valores de p e G encontrados no Teste G de Independência (as variáveis foram consideradas dependentes quando $p<0,05$).28

Tabela 3. Número de avistagens de raias Dasytidae nadando ou em repouso em relação as variáveis ambientais maré, presença REBIO Arvoredo, tipo de ambiente, temporada turística e localização do estrato vertical, com os valores de p e G encontrados no Teste G de Independência (as variáveis foram consideradas dependentes quando $p<0,05$).29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Comportamento Animal e Ecologia Comportamental	15
1.2	Os Elasmobrânquios	16
1.3	Ecologia Comportamental de raias	18
1.4	Objetivos.....	19
1.4.1	Objetivo Geral	19
1.4.2	Objetivos Específicos	19
2	MATERIAL E MÉTODOS	20
2.1	Área de estudo	20
2.2	Coleta de dados.....	21
2.3	Métodos para as análises de dados	22
2.4	Considerações sobre o método utilizado	24
3	RESULTADOS	25
3.1	Caracterização do padrão de atividade	25
3.1.1	<i>Gymnura altavela</i>.....	25
3.1.2	Família Dasyatidae	26
3.1.3	<i>Aetobatus narinari</i>	26
3.1.4	<i>Pseudobatos sp.</i>.....	26
3.2	Associação entre espécies, variáveis ambientais e presença humana.....	28
4	DISCUSSÃO	31
4.1	<i>Gymnura altavela</i>	31
4.2	Família Dasyatidae	33
4.3	<i>Aetobatus narinari</i>	35
4.4	<i>Pseudobatos sp.</i>	36
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
6	REFERÊNCIAS.....	40
	APENDICE A – Formulário online	46

APÊNDICE B – Tabela de contagem das espécies e variáveis categóricas analisadas	50
APÊNDICE C – Tabelas de valores de p e G encontrados nos Testes G (<i>Goodness-of-fit</i>)	51
APÊNDICE D – Mapa da REBIO Arvoredo com a distribuição de espécies	53
ANEXO A – Vídeo ilustrando o comportamento de camuflagem de <i>G. altavela</i>	54
ANEXO B – Mapa batimétrico da REBIO Arvoredo.....	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 COMPORTAMENTO ANIMAL E ECOLOGIA COMPORTAMENTAL

Os estudos de Comportamento Animal, que incluem os seres humanos, começaram a ser abordados sob duas diferentes visões. De um lado, psicólogos que enfatizavam que os comportamentos eram fundamentalmente aprendidos e baseavam seus estudos em experimentações; do outro lado etólogos, que buscavam explicar os comportamentos com base em observações, sustentando a visão de comportamentos inatos. Sabe-se hoje que estas duas visões são complementares para o entendimento integral do comportamento animal (YAMAMOTO; VOLPATO, 2011).

Entende-se por *comportamento* o conjunto de ações que um animal realiza ou deixa de realizar (DEL-CLARO, 2010). Os comportamentos exercidos por um animal são produtos dos seus genes interagindo com o ambiente, sendo assim o mesmo gene (ou o mesmo conjunto de genes) pode resultar em comportamentos diferentes de acordo com as condições ambientais que o animal está exposto. Essas condições ambientais podem ser relacionadas ao ambiente *interno* do animal, como atividades celulares, hormonais e bioquímicas, e ao ambiente *externo* (físico e social) como por exemplo a temperatura e a presença de predadores, que também influenciam a expressão genética e modulam comportamentos (YAMAMOTO; VOLPATO, 2011).

Segundo Tinbergen (1963), desvendar integralmente o comportamento de uma espécie só é possível a partir do entendimento de quatro fatores em conjunto: as causas, o desenvolvimento ontogenético, a evolução e as funções de determinado comportamento. As causas e o desenvolvimento ontogenético são considerados fatores *proximais*, que explicam, respectivamente, os mecanismos físico-químicos, e os fatores genéticos e ambientais que geram os comportamentos observados. Complementarmente, a evolução e as funções são consideradas fatores *distais*, que traçam os caminhos evolutivos (atrelam valor adaptativo) para determinado comportamento (ALCOCK, 2009; DAVIES; JOHN; WEST, 2012; YAMAMOTO; VOLPATO, 2011). No entanto, por englobar diversas áreas biológicas, como genética, filogenia, fisiologia, neurobiologia, ecologia (entre outras), conhecer integralmente o comportamento de uma espécie, em suas esferas proximais e distais, é um trabalho extremamente complexo e pode levar muitos anos até seu completo entendimento.

A partir dessa visão integradora, que tem como pano de fundo a teoria da Seleção Natural de Charles Darwin, atualmente duas áreas abordam a questão do comportamento

animal: a Psicologia Evolutiva e a Ecologia Comportamental. A primeira, mais recente, é uma combinação da biologia evolutiva e da psicologia cognitiva, com os estudos base focados no comportamento humano e de primatas, mas não restrito a eles (YAMAMOTO; DE MOURA, 2010). A segunda tem suas bases em estudos de etólogos naturalistas, como Nikkolas Tinbergen e Konrad Lorentz, (YAMAMOTO; VOLPATO, 2011) e será a área de estudo do presente trabalho.

A Ecologia Comportamental busca entender como os animais se relacionam com o ambiente físico e social através da análise da *função* de seus comportamentos (DAVIES; JOHN; WEST, 2012; YAMAMOTO; VOLPATO, 2011). Para isso, é necessário entender como fatores bióticos e abióticos influenciam a distribuição (espacial e temporal), o comportamento e o uso de habitat das espécies. Os fatores bióticos são relacionados ao ambiente social que o animal está inserido, ou seja, como determinada espécie reage às outras espécies de animais e plantas com as quais divide o mesmo habitat. Os fatores abióticos são relacionados ao ambiente físico, ou seja, como temperatura, recursos hídricos, maré, tipo de substrato etc. modulam o comportamento da espécie (RICKLEFS; RELYEA, 2016). A pergunta que norteia esses estudos é “como as respostas de um animal à esses fatores, bióticos e abióticos, possibilita que ele sobreviva e se reproduza?” (ALCOCK, 2009). Conhecer as condições que garantem o sucesso reprodutivo das espécies é fundamental para conservação e manejo de populações selvagens, e também para casos de reintrodução de espécies no ambiente natural.

1.2 OS ELASMOBRÂNQUIOS

Raias, tubarões e quimeras são peixes com esqueleto cartilagosos que compõem a Classe Chondrichthyes. São considerados um grupo monofilético, divididos atualmente em subclasse Holocephalli, um pequeno grupo representado pelas quimeras, e Elasmobranchii, o grupo dominante que engloba as raias e tubarões. (HAMLETT, 1999; CARRIER; MUSICK; HEITHAUS, 2004; POUGH; JANIS; HEISER, 2008). Os peixes cartilagosos possuem uma grande variedade de espécies estimadas ao longo dos 400 milhões de anos que habitam a Terra. Sobreviveram e se diversificaram depois de grandes eventos de extinções em massa. Saíram-se bem competindo com outros vertebrados em grupos tróficos diferentes e foram bem-sucedidos em diversos ecossistemas durante sua história evolutiva. Por tudo isso, pode-se dizer que os peixes cartilagosos têm uma história evolutiva de sucesso. Hoje, isso se reflete na variação morfológica, ecologia e abundância do grupo como um todo (COMPAGNO, 1990).

Os elasmobrânquios, grupo predominante de peixes cartilaginoso, apresentam de 5 a 7 fendas branquiais que se comunicam diretamente com a superfície do corpo. (HAMLETT, 1999; CARRIER; MUSICK; HEITHAUS, 2004; POUGH; JANIS; HEISER, 2008). Raias e tubarões são animais de crescimento lento, maturação sexual tardia e geram poucos filhotes, características que tornam o grupo pouco resiliente a pesca e à outras ações humanas que impactam o ambiente marinho (HAMLETT, 1999; FOWLER *et al.*, 2005). Mundialmente, é estimado que um quarto das espécies de peixes cartilaginosos estejam sob algum grau de ameaça de extinção (DULVY *et al.*, 2014). A pesca em média e larga escala é a principal causa dessa ameaça pois retira dos oceanos uma grande quantidade de elasmobrânquios anualmente, incluindo indivíduos neonatos e juvenis que não tiveram oportunidade de se reproduzir. Raias e tubarões de hábitos costeiros, além de estarem mais expostas aos efeitos da pesca, também são atingidos pela crescente poluição dos oceanos, destruição de manguezais e sofrem consequências em virtude do desenvolvimento desordenado de municípios litorâneos (DULVY *et al.*, 2014).

As raias (superordem Batoidea) diferem dos tubarões por apresentarem o corpo achatado dorso-ventralmente em formato de disco, com nadadeiras peitorais bem desenvolvidas conectadas a cabeça e fendas branquiais ventrais (HAMLETT, 1999; CARRIER; MUSICK; HEITHAUS, 2004; POUGH; JANIS; HEISER, 2008). São a forma evolutiva mais derivadas dos peixes cartilaginosos e parecem ter surgido a partir de uma longa história de isolamento filogenético de uma linhagem de tubarões viventes, os Esqualóides (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Compagno (1990) dividiu todos os peixes cartilaginosos em pelo menos 18 ecomorfotipos, se baseando em características como morfologia, habitat, preferências alimentares e comportamento. Dentro disso, as espécies de raias viventes podem ser divididas primeiramente em espécies de água doce e espécies marinhas. A maioria das raias são marinhas, sendo as espécies da família Potamotrygonidae e algumas espécies da Família Dasyatidae as poucas representantes de água doce. O primeiro grupo entre as raias marinhas são as de hábitos oceânicos, como algumas espécies da família Mobulidae. Essas espécies oceânicas normalmente possuem grande biomassa, poderosas nadadeiras peitorais e são filtradoras. O outro grupo de raias marinhas habitam a plataforma continental ou insular e engloba grande diversidade de hábitos alimentares, morfologia e comportamento. São espécies de raias violas e peixe-serra (ordem Rhinopristiformes), raias elétricas (ordem Torpediniformes), raias com

espinhos (ordem Myliobatiformes, com exceção da família Potamotrygonidae) e raias emplastro (ordem Rajiformes).

1.3 ECOLOGIA COMPORTAMENTAL DE RAIAS

Os ambientes marinhos bentônicos e costeiros são os principais habitats de raias por conta da morfologia achatada dorso-ventral. Ambientes bentônicos estão expostos a diversas variações ambientais e a combinação dessas variações acabou produzindo habitats com características distintas ao redor do mundo ao longo da evolução (RICKLEFS; RELYEA, 2016). Por essa razão, as raias são adaptadas a variações ambientais específicas ao local que habitam e acabaram por se tornar um grupo bastante diversificado, com alto grau de endemismo (LAST *et al.*, 2016).

Entender a ecologia comportamental das raias requer conhecimento sobre o ambiente específico que elas habitam e como as espécies modulam seus comportamentos afim de aproveitar os recursos disponíveis. Além disso, variações ontogenéticas e entre sexo podem fazer com que a mesma espécie responda de maneira distinta a um mesmo conjunto de fatores ambientais (SCHLAFF; HEUPEL, 2014).

Estudos que avaliam os padrões de movimentação (BRANCO NUNES *et al.*, 2016), uso de habitat (NETO; UIEDA, 2012), comportamento reprodutivo (MARTINS; PASQUINO; GADIG, 2018) e alimentar (FREITAS *et al.*, 2019) de espécies de raias estão crescendo no Brasil. No entanto, são muitas as dificuldades encontradas para observar comportamentos e coletar dados no ambiente marinho (OGBURN *et al.*, 2017), especialmente de elasmobrânquios, fazendo com que muitas lacunas ainda ocorram no conhecimento sobre a ecologia comportamental para a maioria das espécies de raias.

Atualmente, trabalhos de Ciência Cidadã (Citizen Science) têm se popularizado no mundo científico (BELL *et al.*, 2009; HIGBY; STAFFORD; BERTULLI, 2012; JAINÉ *et al.*, 2012; JAMBURA, 2021; VIANNA *et al.*, 2014; WAL *et al.*, 2015; WARD-PAIGE *et al.*, 2011). Esse método envolve a participação do público e tem a vantagem de coletar grandes quantidades de dados, mesmo no curto prazo. Além disso, método não retira os animais do ambiente natural, pode contribuir com a sensibilização ambiental de quem participa e proporciona vivências em processos da pesquisa científica (BONNEY *et al.*, 2009).

Essas lacunas no conhecimento de muitas espécies de raias dificultam o desenvolvimento e a implementação de estratégias de conservação. Além da falta de dados, as características biológicas que as tornam mais vulneráveis às ações humanas, levaram algumas

espécies de raias (peixes serras e violas) a configurarem entre os vertebrados mais ameaçados de extinção (DULVY *et al.*, 2014). A situação é agravada no sul do Brasil devido as altas taxas de endemismo de raias somado a intensa atividade pesqueira (IBAMA, 2011; KOTAS; SANTOS; SCALCO, 2017).

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 *Objetivo Geral*

Avaliar o padrão de atividade das espécies de raias comumente avistadas na Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e seu entorno.

1.4.2 *Objetivos Específicos*

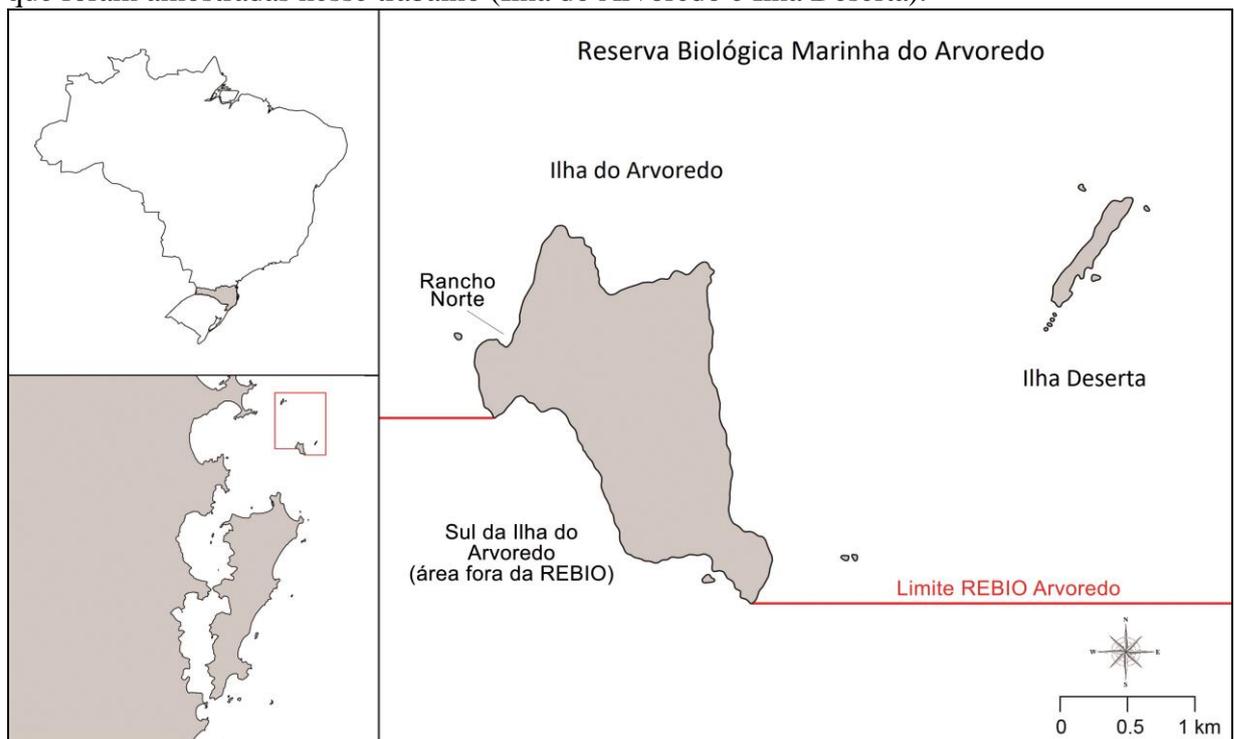
- ✓ Caracterizar o padrão de atividade para cada espécie de raia em relação ao ambiente físico e a presença humana;
- ✓ Investigar a existência de associações entre a atividade dos indivíduos, ambiente físico e a presença humana.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO Arvoredo) localiza-se no Estado de Santa Catarina, ao norte de Florianópolis (**Figura 1**). Foi criada em março de 1990, por meio do decreto federal nº 99.142, com objetivo de proteger integralmente uma área costeira de grande importância biológica (ICMBIO, 2015). A REBIO Arvoredo engloba três ilhas: Deserta ($27^{\circ}16'25''$ S; $48^{\circ}19'36.49''$ W); Galé ($27^{\circ}14'43.97''$ S; $48^{\circ}25'41.57''$ W) e Arvoredo ($27^{\circ}17'20.34''$ S; $48^{\circ}22'7.92''$ W).

Figura 1. Localização da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, enfocando apenas nas ilhas que foram amostradas nesse trabalho (Ilha do Arvoredo e Ilha Deserta).



Por ser uma área de proteção integral, é vetado qualquer tipo de pesca legalizada e a visitação turística é permitida apenas na porção sul da Ilha do Arvoredo, a qual encontra-se na zona de amortecimento da REBIO. O sul da Ilha do Arvoredo é um local muito frequentado por operadoras de mergulho e por embarcações particulares, principalmente no verão (alta temporada turística). Contudo, a zona de amortecimento possui normas e restrições específicas com o objetivo de minimizar os impactos sobre a REBIO e se estende pela faixa marinha

adjacente aos municípios de Florianópolis, Governador Celso Ramos, Tijucas, Bombinhas e Porto Belo (IBAMA, 2004a).

A REBIO Arvoredo, sendo uma Reserva Biológica de proteção ambiental, é um importante local de estudo de populações de elasmobrânquios. Além disso, por estar localizada no sul do Brasil, onde há muitas espécies endêmicas (DAVIDSON; DULVY, 2017; DULVY *et al.*, 2014), é considerada uma área prioritária de conservação de raias e tubarões. Por ser proibida a pesca dentro da Reserva e possuir leis estritas no seu entorno, é, a princípio, uma área com menos impacto antrópico atualmente, servindo de refúgio para muitas espécies de raias, inclusive endêmicas, que utilizam como locais de reprodução, alimentação e berçário (KOTAS; SANTOS; SCALCO, 2017).

Ainda assim, por se tratar de uma área próxima à costa, a REBIO Arvoredo é ameaçada por diversos fatores relacionados à expansão desordenada em áreas litorâneas. Dentre eles, destacam-se: o aumento da descarga de poluentes no mar, como esgoto doméstico e industrial, assim como consequências do turismo e da pesca comercial em regiões próximas à reserva (IBAMA, 2004).

Hoje em dia, o setor terciário é o mais desenvolvido nas cidades mais próximas à reserva, principalmente as atividades voltadas ao turismo, que vem se expandindo no estado desde a década de 80 (IBAMA, 2004). O turismo subaquático é uma modalidade bastante relevante que pode servir como alternativa econômica à pesca de elasmobrânquios, além de preservar os animais em seu habitat natural e contribuir para a educação ambiental de quem mergulha (CISNEROS-MONTEMAYOR *et al.*, 2013). Em Santa Catarina, o turismo subaquático faz de Bombinhas o segundo município do estado com maior gasto médio por turista, ficando atrás apenas de Florianópolis que conta com outras diversas modalidades de turismo (IBAMA, 2004).

2.2 COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados através de um formulário online (APENDICE A – Formulário online), disponível desde agosto de 2016, contendo perguntas como: data, hora e local da avistagem, características físicas ambientais, comportamento da raia (nadando ou repouso) no momento da avistagem, tamanho, espécie e número de indivíduos. Os pontos de mergulhos no mapa do formulário foram definidos de acordo com características do ambiente marinho, como o tipo de fundo predominante (areia ou pedra), abrigado ou exposto a correnteza, dentro ou fora da REBIO Arvoredo etc. A divulgação da pesquisa foi feita

presencialmente, via e-mail e em redes sociais. Foi instruído às escolas de mergulho de Florianópolis e Bombinhas, a cientistas mergulhadores da Universidade Federal de Santa Catarina e de outras instituições de ensino e a mergulhadores recreativos já conhecidos e confiáveis que preenchessem o formulário sempre que avistassem uma ou mais raias durante seus mergulhos na REBIO Arvoredo e áreas do entrono. Também foram solicitados dados de avistagens pretéritas registradas por fotos, vídeos e log-books.

Foram confeccionadas placas de PVC laminado com o código QR de acesso ao formulário e com imagens das principais espécies vistas na REBIO Arvoredo, seu respectivo tamanho, nome popular e científico (**Figura 2**), afim de facilitar a identificação das espécies e o acesso ao formulário. Estas placas foram entregues às escolas de mergulho e aos cientistas mergulhadores como forma de incentivar a participação na pesquisa.

Figura 2. Placa de PVC laminado com o código QR de acesso ao formulário (frente) e imagens de 6 espécies de raias comumente avistadas na REBIO Arvoredo (verso).



Dasyatidae e *Pseudobatos* sp. não foram identificados a nível de espécie devido a semelhança externa entre as espécies que ocorrem na região Sul, sendo difícil distingui-las por não especialistas em ambiente natural. No Sul do Brasil, para a família Dasyatidae há registros de *Hypanus guttata*, *Bathytoshia centroura*, *Dasyatis hypostigma* e *Pteroplatytrygon violacea* enquanto para o gênero *Pseudobatos* sp, há registros de *P. horkelii* e *P. percellens* (GOMES *et al.*, 2010; HAYATA; BORNATOWSKI; FREITAS, 2021).

2.3 MÉTODOS PARA AS ANÁLISES DE DADOS

O banco de dados deste trabalho é proveniente das avistagens recebidas via formulário, e-mail e conversas presenciais (**Figura 3**). Alguns dados foram inferidos a partir das informações recebidas pelo formulário afim de complementar as análises, por exemplo, a partir

das informações de data e hora recebidas, foi possível inferir o estado de maré no momento da avistagem com base no site Tábua de marés (<https://tabuademares.com/br/santa-catarina/florianopolis>). Maré alta e maré baixa foram definidas de acordo com a amplitude do dia registrado. Se o horário de avistagem foi mais próximo ao de maior valor do dia, então classificou-se como ‘maré alta’. Se o registro ocorreu em horário mais próximo ao de menor valor, classificou-se como ‘maré baixa’.

Figura 3. Amostra do banco de dados criado a partir das respostas recebidas via formulário online, e-mail e conversas pessoais.

fonte	resposta	dia	mês	ano	temporada	hora	minuto	mare	ilha	regiao	rebio	coluna	substrato	tipo_amb	comportamento	individuos	especie
formulario	5	6	1	2016	alta	11	15	alta	arvoredo	a_b	fora	1	0	ecótono	nadando	1	dasyatis
formulario	27	9	12	2017	alta	NA	NA	NA	arvoredo	b_c	fora	0	1	ecótono	repouso	1	g_altavela
compilação total MAArE	17	2	2	2016	alta	11	0	alta	deserta	j	dentro	0	1	rochoso	nadando	1	g_altavela
Angela	-	10	12	2019	alta	19	0	baixa	arvoredo	f_a	dentro	0	1	arenoso	repouso	50	pseudobatos

A caracterização o padrão de atividade para cada espécie de raia (*G. altavela*, família Dasyatidae, *A. narinari* e gênero *Pseudobatos*) foi feita através da atividade dos indivíduos (nadando ou repouso), das variáveis ambientais ‘estado de maré’ (maré alta ou maré baixa), ‘tipo de ambiente’ (arenoso, ecótono ou rochoso) e ‘estrato vertical’ (coluna ou substrato) e das variáveis para medir a presença humana, como ‘temporada turística’ (alta ou baixa) e ‘localização dentro/fora’ da REBIO Arvoredo. Para isso, buscou-se comparar a proporção de ocorrência entre as classes das variáveis analisadas afim de encontrar diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) através do Teste G (*Goodness-of-fit*).

Para verificar a existência de associações entre as espécies (*G. altavela*, família Dasyatidae e *A. narinari*) e demais variáveis categóricas citadas anteriormente (atividade, estado de maré, localização na REBIO Arvoredo, tipo de ambiente, temporada turística e localização no estrato vertical) utilizou-se a Análise de Múltipla Correspondência (MCA). Valores faltantes (NA's) foram alocados através de um algoritmo de reconstrução de dados baseados em dados existentes através do pacote missMDA. Foram removidas da análise multivariada as espécies *Pseudobatos* sp., *Narcine. brasiliensis* e *Zapteryx. brevirostris* em virtude do baixo n amostral. Para complementar a análise de associações, o Teste G de Independência ($p < 0,05$) foi utilizado relacionando a atividade dos indivíduos com as variáveis ambientais e de presença humana para cada espécie separadamente, afim de encontrar algumas relações que não foram possíveis observar na Análise de Múltipla Correspondência.

É importante ressaltar que o número de avistagens, e não o número de indivíduos, foi considerado a unidade amostral do estudo, visto que não é possível afirmar se o mesmo indivíduo foi registrado mais de uma vez. No caso de um registro com mais de um indivíduo de espécies diferentes, foram contabilizadas uma avistagem para cada espécie. No caso de um registro com mais de um indivíduo de mesma espécie, foi contabilizada apenas uma avistagem. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o programa Rstudio versão 4.0.5.

2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MÉTODO UTILIZADO

- ✓ A falta de regularidade de visitas ao longo do ano e também ao longo do período de coleta de dados limitou algumas análises de sazonalidade;
- ✓ A maioria das operações turísticas de mergulho ocorrem durante o dia e apenas alguns trabalhos de campo dos cientistas participantes ocorreram no período da noite. Essa diferença impossibilitou a análise do comportamento noturno das raias, que geralmente são mais ativas à noite;
- ✓ Dificuldade de padronização das variáveis, por exemplo, em relação a caracterização dos ambientes (rochoso/ecótono/arenoso), é difícil afirmar se todos os participantes consideram as mesmas características para definir o ambiente da avistagem;
- ✓ Tendência de mais avistagens em áreas fora da REBIO, já que todos mergulhadores podem ter acesso, e em alta temporada turística, quando há mais expedições de mergulho;
- ✓ Não observar as raias diretamente impediu a diferenciação entre indivíduos nadando para fugir, forragear ou por outros motivos;
- ✓ Dificuldade em coleta de dados numéricos, como temperatura da água, profundidade, tamanho dos indivíduos etc;
- ✓ Por serem registros vindos de diversas pessoas, a capacidade de observação de baixo d'água foi diferente, por exemplo, talvez cientistas que estão mais acostumados a fazer coleta de dados mergulhando podem ter o olhar mais acurado de baixo d'água. Isso pode fazer com que espécies menores ou menos ativas sejam mais avistadas dentro da REBIO.

3 RESULTADOS

Um total de 103 avistagens foram recebidas via formulário online, e-mails e em conversas nas escolas de mergulho. A avistagem mais antiga data de março de 2009 e a mais recente foi realizada em janeiro de 2021, porém não há regularidade entre as avistagens. As espécies avistadas foram *G. altavela* (n=42), raias da família *Dasyatidae* (n=38), *A. narinari* (n=11), raias do gênero *Pseudobatos* sp. (n=7), *Narcine brasiliensis* (n=3) e *Zapteryx brevirostris* (n=2).

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PADRÃO DE ATIVIDADE

Em termos gerais, as raias foram mais avistadas em repouso, no substrato, em ambiente arenoso, durante períodos de maré alta (**Tabela 1**). O número de avistagens dentro e fora da REBIO Arvoredo foi estatisticamente igual, bem como o número de avistagens na alta e na baixa temporada, apesar do esforço amostral provavelmente maior em áreas fora da REBIO e durante a alta temporada turística (APÊNDICE B – Tabela de contagem das espécies e variáveis categóricas analisadas).

Tabela 1. Caracterização do padrão de atividade para os 4 táxons de raias mais avistados na REBIO Arvoredo e entorno. (-) = variável não apresentou diferenças significativas (Teste G, $p > 0,05$). Todos os valores de p e G encontram-se no APÊNDICE C – Tabelas de valores de p e G encontrados nos Testes G

	<i>n</i> avistagens	Atividade	Estrato vertical	Tipo de ambiente	Estado de maré	REBIO Arvoredo	Temporada turística
Geral	103	Repouso	Substrato	Arenoso	Alta	-	-
<i>Gymnura altavela</i>	42	-	Substrato	Arenoso	Alta	-	Alta
<i>Dasyatidae</i>	38	Repouso	Substrato	Arenoso	Alta	Fora	Baixa
<i>Aetobatus narinari</i>	11	-	-	-	-	Dentro	-
<i>Pseudobatos</i> sp.	7	Repouso	Substrato	Arenoso	-	Dentro	Alta

3.1.1 *Gymnura altavela*

Gymnura altavela foi significativamente mais avistada em contato com o substrato, em ambiente arenoso. Houve diferença no número de avistagens em relação a maré, sendo que essa espécie foi mais vista em períodos de maré alta. Também foi observada diferença significativa em relação a temporada turística, com mais registros feitos durante a alta

temporada (entre novembro e março). Os dados não revelaram diferença na presença de *G. altavela* dentro ou fora da REBIO Arvoredo e também não apontaram uma atividade (nadando ou repouso) significativamente mais exercida (**Tabela 1**). Uma agregação de 7 indivíduos de *G. altavela* foi registrada no Rancho Norte (Ilha do Arvoredo), ponto localizado dentro da REBIO. Os indivíduos foram registrados no inverno (28/06/2018) e estavam em repouso no substrato, em ambiente arenoso, durante período de maré alta.

3.1.2 Família Dasyatidae

Todas as variáveis analisadas apresentaram diferenças estatísticas nas avistagens da família Dasyatidae (APÊNDICE C – Tabelas de valores de p e G encontrados nos Testes G (*Goodness-of-fit*)). Essas raias foram avistadas principalmente em repouso, no substrato, em ambiente arenoso, durante períodos de maré alta, fora da REBIO Arvoredo, durante a baixa temporada turística (entre abril e outubro-**Tabela 1**).

3.1.3 *Aetobatus narinari*

O conjunto de resultados encontrados para *A. narinari* foi bastante diferente dos demais grupos. Foi a única espécie que teve mais registros nadando do que em repouso, e foi a única espécie que teve mais avistagens em ambiente rochoso do que arenoso, no entanto não foram encontradas diferenças significativas nesses casos (APÊNDICE C – Tabelas de valores de p e G encontrados nos Testes G (*Goodness-of-fit*)). Também foi a única espécie que não apresentou diferença significativa em relação a sua ocorrência no substrato ou na coluna d'água. A espécie foi significativamente mais avistada em pontos dentro da REBIO Arvoredo (**Tabela 1**) e não apresentou diferenças significativas em relação as demais variáveis analisadas.

3.1.4 *Pseudobatos* sp.

Os indivíduos de *Pseudobatos* sp. foram significativamente mais avistados no substrato, em ambiente arenoso. Estatisticamente, essa espécie foi mais vista dentro da REBIO. Também foi observada diferença significativa em relação a temporada turística, com mais registros feitos durante a alta temporada (entre novembro e março). *Pseudobatos* sp. foi significativamente mais avistada em repouso (**Tabela 1**). Os dados não revelaram diferença em relação a maré (APÊNDICE C – Tabelas de valores de p e G encontrados nos Testes G (*Goodness-of-fit*)). Foram recebidos 4 registros de agregações de *Pseudobatos horkelii*, no Rancho Norte, ponto dentro da REBIO Arvoredo. O primeiro registro data de 4 de fevereiro de

2014, quando foram contabilizados 4 indivíduos em repouso no substrato, em ambiente arenoso. O segundo registro foi feito em 15 de dezembro de 2018, por volta das 14 horas, quando 15 indivíduos foram observados em repouso no substrato, em ambiente arenoso. Os últimos dois registros possivelmente reportam a mesma agregação pois aconteceram no mesmo dia, 10 de dezembro de 2019, mas em horários distintos, as 10 horas e as 19 horas, e foram avistados mais de 50 indivíduos, em cada registro, repousando no substrato, em ambiente arenoso (**Figura 4**). Os registros de 2014 e de 2019 foram feitos durante expedições de mergulho realizadas anualmente para monitorar os peixes recifais da REBIO Arvoredo, programa realizado por colegas pesquisadores do Laboratório de Biogeografia e Macroecologia Marinha da Universidade Federal de Santa Catarina. O registro feito em 2018 é proveniente de mergulhos de monitoramento realizados pela equipe do ICMBio. Essas três agregações foram reportadas e discutidas em um artigo recém submetido ao *Journal of Fish Biology*¹.

Figura 4. Fotografias capturadas mostrando a terceira agregação de *P. horkelli* avistada na baía do Rancho Norte (dentro da REBIO Arvoredo), em 10 de dezembro de 2019.



Crédito: Thiago M. J. Fiuza

¹ ANDERSON, Antônio B.; FIUZA, Thiago M. J.; ARAÚJO, Gabriel S.; CANTERLE, Angela L.; CANTO, Luiza M. C.; FREITAS, Renato H. A.; GADIG, Otto B. F.; FLOETER, Sérgio R. **A safe haven for nursery and reproductive aggregations of the critically endangered Brazilian guitarfish.**

3.2 ASSOCIAÇÃO ENTRE ESPÉCIES, VARIÁVEIS AMBIENTAIS E PRESENÇA HUMANA

Através do Testes G de Independência foi constatado que a atividade (nadando/repouso) realizada pelos indivíduos de *G. altavela* é dependente das variáveis localização no estrato vertical e tipo de ambiente (**Tabela 2**).

Tabela 2. Número de avistagens de *G. altavela* nadando ou em repouso em relação as variáveis ambientais maré, presença REBIO Arvoredo, tipo de ambiente, temporada turística e localização do estrato vertical, com os valores de p e G encontrados no Teste G de Independência (as variáveis foram consideradas dependentes quando $p < 0,05$). Valores em negrito correspondem as diferenças significativas.

		<i>G. altavela</i> n=42			
		Nadando	Repouso	p	G
Maré	Alta	11	16	0,96	0,001
	Baixa	4	6		
REBIO	Dentro	8	8	0,21	1,52
	Fora	7	16		
Tipo de ambiente	Arenoso	10	16	0,04	6,29
	Ecótono	1	7		
	Rochoso	4	1		
Temporada turística	Alta	9	19	0,19	1,64
	Baixa	6	5		
Localização estrato vertical	Coluna	3	0	0,013	6,14
	Substrato	12	24		

Na análise de independência para as avistagens da família Dasyatidae, foi constatado que a atividade dos indivíduos foi dependente do tipo de ambiente, da temporada turística, da localização no estrato vertical e da variável ‘presença na REBIO Arvoredo’ (**Tabela 3**).

Tabela 3. Número de avistagens de raias *Dasyatidae* nadando ou em repouso em relação as variáveis ambientais maré, presença REBIO Arvoredo, tipo de ambiente, temporada turística e localização do estrato vertical, com os valores de p e G encontrados no Teste G de Independência (as variáveis foram consideradas dependentes quando $p < 0,05$). Valores em negrito correspondem as diferenças significativas.

Dasyatidae $n=38$					
		Nadando	Repouso	p	G
Maré	Alta	6	15	0,65	0,20
	Baixa	4	7		
REBIO	Dentro	0	9	0,004	8,14
	Fora	11	15		
Tipo de ambiente	Arenoso	4	19	0,04	6,36
	Ecótono	3	3		
	Rochoso	4	2		
Temporada turística	Alta	6	5	0,05	3,56
	Baixa	5	18		
Localização estrato vertical	Coluna	5	0	0,0002	13,55
	Substrato	6	24		

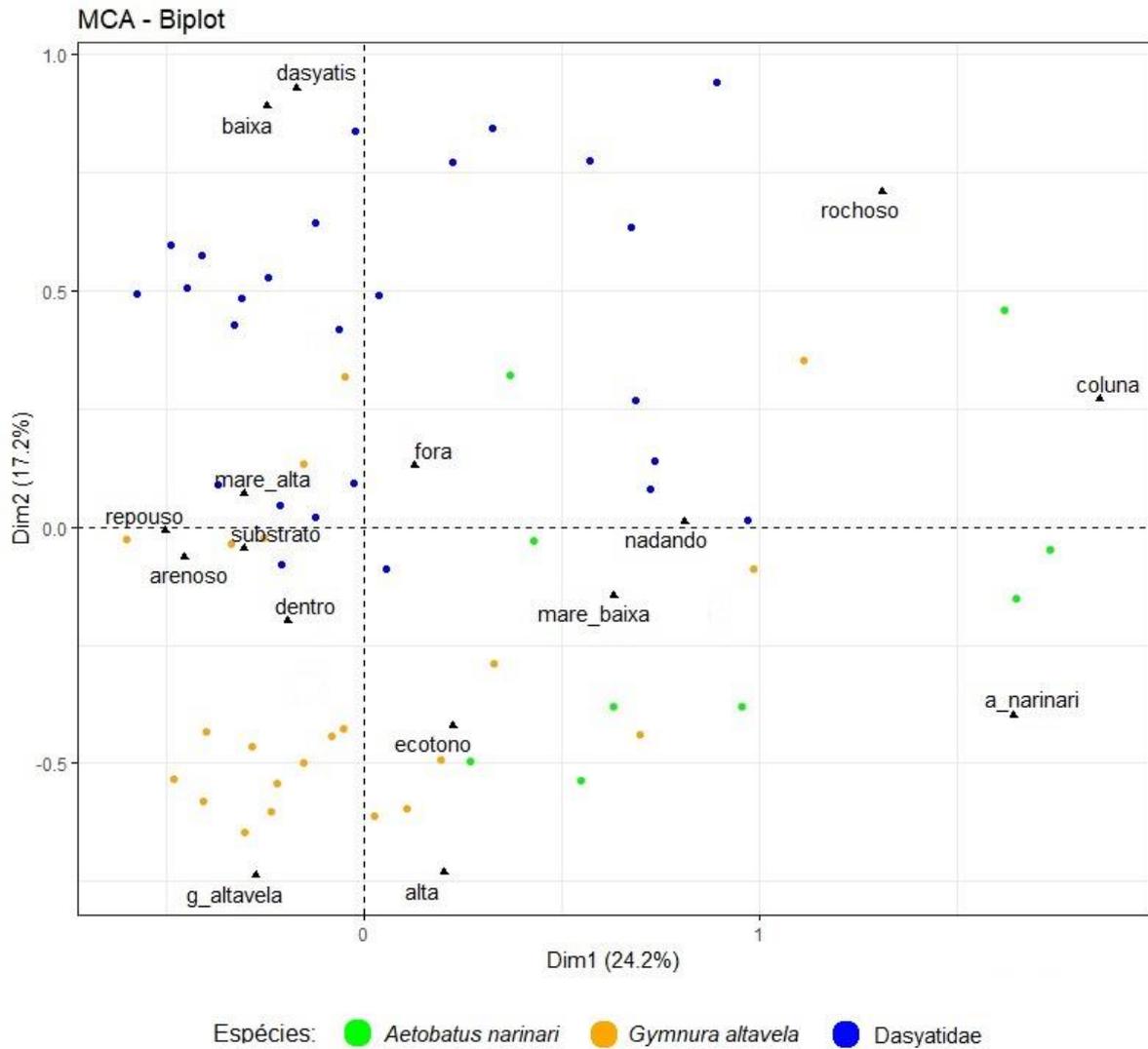
Para as demais espécies, nenhuma relação de dependência entre a atividade dos indivíduos e as demais variáveis analisadas foi constatada através do Teste G.

A Análise de Múltipla Correspondência explicou 41,4% da variação total dos dados, sendo 24,2% das variações explicadas pelo eixo 1, e 17,2% pelo eixo 2 (**Figura 5**).

A. narinari foi a espécie que mais contribuiu para a explicação do eixo 1 e esteve mais associada com as categorias coluna d'água e ambientes rochosos, que também contribuíram de maneira significativa para o lado positivo eixo 1. Em relação ao eixo 2, *G. altavela* apresentou associação com a alta temporada turística, e contribuíram negativamente para a explicação do eixo. Observou-se forte associação entre raias da Família *Dasyatidae* e a baixa temporada turística, que contribuíram positivamente para a explicação do eixo 2. Não foi observada nenhuma associação entre as espécies investigadas nessa análise (**Figura 5**). Os pontos representando as avistagens de *G. altavela* (laranja) mostraram tendência de agrupamento, assim como os de *Dasyatidae* (azul), porém em menor grau. As avistagens de *A. narinari* (pontos verdes) ficaram mais dispersas no gráfico.

No geral a MCA possuiu baixo poder explicativo e muitos padrões não existem ou não foram encontrados.

Figura 5. Análise de Múltipla Correspondência (MCA) entre espécies e variáveis analisadas. Cada ponto corresponde a uma avistagem. Os triângulos correspondem a média da distância Euclidiana calculada para cada categoria das variáveis e das espécies.



Variáveis: coluna = raia avistada na coluna d'água; substrato = raia avistada em contato com o substrato; rochoso = avistagem em ambiente rochoso; arenoso = avistagem feita em ambiente arenoso; ecotono = avistagem em ambiente ecótono; mare baixa = avistagem em período de maré baixa; mare alta = avistagem em período de maré alta; fora = avistagem fora da REBIO Arvoredo; dentro = avistagem dentro da REBIO Arvoredo; alta = avistagem feita durante a alta temporada turística; baixa = avistagem feita durante a baixa temporada turística; nadando = raia avistada nadando; repouso = raia avistada em repouso;

Espécies: a_narinari = *A. narinari*; g_altavela = *Gymnura altavela*; dasyatis = raias da família Dasyatidae.

4 DISCUSSÃO

No geral, o fato da maioria das espécies registradas na REBIO Arvoredo, durante esse estudo, possuírem hábitos bentônicos provocou um viés com mais indivíduos avistados em repouso, no substrato, em ambiente bentônico, durante a maré alta. No entanto, as respostas a presença humana variaram, principalmente por conta de aspectos reprodutivos inerentes a cada grupo. Os detalhes foram discutidos nas sessões abaixo.

É importante ressaltar que o maior número de pessoas que frequentam as áreas fora da REBIO e alta temporada turística não enviesou a amostragem, pois não foram encontradas diferenças significativas entre o número de registros recebidos para essas duas variáveis.

4.1 *Gymnura altavela*

A raia borboleta, *G. altavela*, espécie mais registrada neste estudo, foi mais avistada em contato com o substrato, já que é bentônica. Animais bentônicos de hábitos costeiros e de grande porte são os mais afetados pela pesca (DULVY *et al.*, 2014; STEVENS, 2000). Redes de arrasto são consideradas a principal causa de declínio das populações dessa espécie no sul do Brasil. Dos anos 1980 até 2003, foi estimado um declínio de 99% na densidade de *G. altavela* no Rio Grande do Sul (ICMBIO, 2016) e hoje a espécie é considerada como Criticamente Ameaçada de extinção (CR) no Brasil, segundo o Livro Vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção (ICMBIO, 2018). Apesar do método empregado neste trabalho não ser adequado para estimar o tamanho populacional, o maior número de avistagens desta espécie reflete a importância da REBIO Arvoredo como refúgio para espécies ameaçadas como *G. altavela* no Sul do Brasil. Por ser uma raia de grande porte (~ 2,5m de largura) pode ser mais facilmente avistada, mas se torna imperceptível quando está em repouso coberta de areia.

Os indivíduos de raia borboleta foram mais avistados em ambiente arenoso. A coloração dorsal dessa raia se confunde com os tons do fundo arenoso e seu corpo extremamente achatado dorsoventralmente possibilita que ela se entere com facilidade, remexendo o substrato apenas ondulando as nadadeiras peitorais (ANEXO A – Vídeo ilustrando o comportamento de camuflagem de *G. altavela*). Esse comportamento de camuflagem é uma estratégia utilizada por essa espécie para atacar suas presas, como observado por Smale *et al.*, (2001) em *Gymnura natalensis*, que espreitam lulas em época reprodutiva enterrando-se na areia perto de canteiros de ovos. A emboscada é um comportamento adaptativo pois a energia despendida é muito menor do que o custo da perseguição da presa (CARRIER; MUSICK; HEITHAUS, 2004). Fouts e Nelson (1999) observaram que os locais de emboscada de

tubarões-anjos no Pacífico eram usados repetidamente, pois se localizavam na interface areia-recifes de corais, que servem de refúgio para as presas, garantindo dessa maneira o encontro com elas. Os locais específicos de repouso não foram investigados neste trabalho, por isso estudos mais direcionados são necessários para demonstrar que esse comportamento também pode ser adotado por *G. altavela*. A camuflagem também é estratégica para evitar predadores, garantindo economia de energia para o indivíduo. Os animais não devem necessariamente fugir assim que um predador é detectado, mesmo aqueles que não se camuflam, em vez disso deve haver uma resposta de fuga ideal, levando em consideração o custo fisiológico, a velocidade do predador e a distância até um local seguro etc (CARRIER; MUSICK; HEITHAUS, 2004). O comportamento de camuflagem para *G. altavela* é possível apenas em contato com o substrato arenoso, por isso a atividade ‘repouso’ (aqui associada com a camuflagem) se mostrou dependente do contato com substrato e do ambiente arenoso.

A maré alta foi fator significativo para avistagem de raias borboletas. Durante a maré alta há maior disponibilidade de habitats de forrageio, por isso é possível que em maiores amplitudes de maré as raias passem a usar habitats mais rasos e costeiros e assim são mais avistadas durante expedições de mergulho recreativo, que na maioria das vezes, não exploram grandes profundidades. Esse padrão já foi apontado por estudos realizados com espécies de raias e tubarões (ACKERMAN *et al.*, 2000; FREITAS *et al.*, 2009; SMITH; MERRINER, 1985). A maior disponibilidade de habitats durante a maré alta também pode servir como refúgio para algumas espécies de raias, pois seus predadores podem ter mais dificuldade de chegar em águas mais rasas (DAVY; SIMPFENDORFER; HEUPEL, 2015). Ainda, indivíduos juvenis de elasmobrânquios aproveitam o movimento das marés para se deslocar gastando menos energia (CAMPBELL *et al.*, 2012; CONRATH; MUSICK, 2010; WHITTY *et al.*, 2009), já que em alguns locais as correntes de marés podem ser fortes. Assim, esses indivíduos acabam sendo avistados em águas mais próximas a costa durante a maré alta.

As raias borboletas foram mais avistadas durante a alta temporada turística e segundo a Análise de Múltipla Correspondência, *G. altavela* foi fortemente associada a essa variável. Sem dúvida, a presença humana não favorece o *fitness* desta espécie, no entanto esse resultado pode significar que ela tem certa tolerância com a presença de turistas e embarcações, já que também não apresentou preferências por áreas dentro da REBIO Arvoredo. Silva e Vianna (2018) apontaram uma possível área de berçário para essa espécie na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, local com altíssimo impacto antrópico. Outra opção seria considerar esse resultado associado a temperatura da água. Sabe-se que a temperatura da água afeta processos fisiológicos

de organismos ectotérmicos, como a maioria dos elasmobrânquios, e pode modular o comportamento e uso de habitat das espécies (CARRIER; MUSICK; HEITHAUS, 2010). Alguns estudos com espécies de tubarões e raias sugerem que o aumento de temperatura da água promova benefícios reprodutivos e possa ajudar a aumentar a taxa de crescimento de fêmeas adultas (SCHLAFF; HEUPEL, 2014). Ainda, Tuya *et al.* (2020) encontraram dois picos anuais de avistagens da espécie nas Ilhas Canárias, no Oceano Atlântico Oriental: um no verão, com avistagens de adultos e juvenis; e outro no inverno, quando foram avistados apenas indivíduos adultos. Silva e Vianna (2018), que defendem a hipótese de uma berçário de *G. altavela* na Baía de Guanabara, encontraram maiores proporções de indivíduos juvenis em períodos de águas mais quentes (novembro e dezembro). Özbek *et al.* (2016), em estudo realizado no Mediterrâneo, também encontraram maior frequência, abundância e biomassa dessa espécie no verão do hemisfério Norte. Esses trabalhos respaldam os resultados aqui encontrados, de mais registros de *G. altavela* durante o verão, e sugerem que os indivíduos possam estar reunidos na REBIO Arvoredo para a temporada reprodutiva dessa espécie. Estudos mais direcionados, que avaliem a frequência anual, o sexo e a proporção entre indivíduos adultos e juvenis são necessários para confirmar essa hipótese.

4.2 Família Dasyatidae

Três dos quatro gêneros da família Dasyatidae que ocorrem no sul do Brasil são essencialmente bentônicos e por isso recebemos mais avistagens de raias Dasyatidae em contato com o substrato. Freitas *et al.* (2019) constataram que o comportamento de forrageio de *H. americanus* dura menos tempo em ambientes arenosos e requer movimentos menos dispendiosos do que em substratos irregulares, como em recifes ou ambientes rochosos. Essas descobertas também ajudam a explicar porque as raias foram mais vistas em repouso no ambiente arenoso e pouco avistadas em repouso nos ambientes rochosos. O ambiente arenoso também possibilita a camuflagem como forma de defesa contra predadores (CARRIER; MUSICK; HEITHAUS, 2004), mas não é possível afirmar que essas raias se camuflam para emboscar suas presas, como discutido para *G. altavela*. As raias dessa família foram significativamente mais avistadas em repouso nesse estudo, já que a maioria desses registros foram feitos durante o dia. Espécies da família Dasyatidae podem forragear continuamente ao longo do dia mas aumentam suas atividades em períodos crepusculares e noturno (FREITAS *et al.*, 2019; GILLIAM; SULLIVAN, 1993; VAUDO *et al.*, 2003). No entanto, esse padrão só

poderá ser confirmado na REBIO Arvoredo através de estudos que amostram o comportamento alimentar dessas raias em diferentes períodos do dia.

A maior quantidade de registros feitos em períodos de maré alta vão de encontro ao hábito oportunista de forrageio das raias da família *Dasyatidae*, pois durante esses períodos há mais disponibilidade de hábitat de forrageio e, conseqüentemente, maior quantidade de presas (ACKERMAN *et al.*, 2000; FREITAS *et al.*, 2019; SMITH; MERRINER, 1985). A maré alta também propicia refúgio em águas mais rasas e costeiras (DAVY; SIMPFENDORFER; HEUPEL, 2015).

As raias da família *Dasyatidae* apareceram fortemente associadas a baixa temporada turística (abril-outubro) nos resultados da Análise de Correspondência Múltipla (MCA) e também apresentaram maiores proporções desses registros segundo o Teste G (*Goodness-of-fit*). Esses resultados confirmam a hipótese de que as raias seriam mais avistadas em épocas com menor presença humana. Por outro lado, a maior quantidade de avistagens de raias dessa família em áreas fora da REBIO Arvoredo contraria essa hipótese, no entanto como a maioria dos registros fora da REBIO também foram feitos em baixa temporada, supõe-se que mesmo em áreas não protegidas o impacto antrópico era menor. A maior ou menor presença humana também interferiu na atividade dessas espécies: os indivíduos foram avistados nadando apenas em áreas fora da REBIO Arvoredo; em relação a temporada turística, apenas durante a baixa temporada as raias da família *Dasyatidae* mantiveram-se predominantemente em repouso. A alteração da atividade mais frequente do grupo (repouso) em áreas fora da REBIO e durante a alta temporada turística pode ser atribuída a maiores perturbações causadas por pessoas e embarcações, que podem ser interpretadas como uma ameaça pelas raias. Nadar para escapar de predadores realoca energia que poderia ser utilizada para outras atividades que aumentariam a aptidão do indivíduo, como reproduzir ou melhorar a taxa de crescimento. A longo prazo, a população pode alterar comportamentos de forrageamento, reprodutivos, de defesa e até mesmo abandonar o local (SEMENIUK; ROTHLEY, 2008)

A sazonalidade atrelada a maior quantidade de registros feitos na baixa temporada turística (=inverno) também pode ser fator importante para presença dessas espécies na REBIO Arvoredo, pois, como já comentado, a temperatura modula funções fisiológicas de várias espécies de elasmobrânquios, como digestão, taxa de crescimento, reprodução e pode mediar movimentos sazonais e diários (SCHLAFF; HEUPEL, 2014). Migrações sazonais são relacionadas a disponibilidade de recursos e ao ciclo reprodutivo (CARRIER; MUSICK; HEITHAUS, 2004; RICKLEFS; RELYEA, 2016). No entanto, o ciclo reprodutivo talvez não

seja o fator condicionante da sazonalidade encontrada para as espécies da família *Dasyatidae*. Estudos que investigaram o ciclo reprodutivo de raias dessa família apontam que o pico reprodutivo parece ocorrer em períodos ou em locais com águas mais quentes, e que a gestação pode ser mais rápida em temperaturas mais altas (ISMEN, 2003; JIRIK; LOWE, 2012; SNELSON; WILLIAMS-HOOPER; SCHMID, 1988). Portanto, mais estudos são necessários para investigar os fatores moduladores do padrão encontrado.

A atividade dessas raias também dependeu da localização no estrato vertical. O repouso dos indivíduos depende do substrato, pois mesmo que o animal na coluna d'água não esteja gastando energia para nadar (=repouso), ele ainda está em movimento por causa da movimentação natural dos oceanos. Ou seja, é improvável que alguém aviste uma raia em repouso na coluna d'água. Por outro lado, analisando essa dependência em relação ao ato de nadar, os resultados não são tão óbvios assim, já que os indivíduos nadam tanto na coluna d'água como próximo ao substrato, e essa proporção depende de características da espécie e de características do substrato. No caso das raias da família *Dasyatidae*, a proporção foi parecida.

4.3 *Aetobatus narinari*

Dentre as espécies analisadas neste trabalho, *A. narinari* é a única capaz de habitar ambientes pelágicos e por isso apresentou resultados bastante distintos das demais raias. *A. narinari* foi a única espécie que 1) foi mais avistada nadando do que em repouso; 2) ocorreu igualmente no substrato e na coluna d'água e 3) ocorreu mais em ambiente rochoso. Esses resultados da caracterização do uso de habitat de *A. narinari* vão de encontro aos obtidos através da Análise de Múltipla Correspondência, que associou essa espécie com o ambiente rochoso e com a coluna d'água. Todos esses resultados podem ser explicados pela morfologia robusta (com músculos e nadadeiras peitorais bem desenvolvidas) que possibilita comportamentos mais ativos e sugere menor dependência do fundo oceânico para descansar ou se camuflar (LAST *et al.*, 2016).

A maior quantidade de registros de *A. narinari* feitos dentro da REBIO Arvoredo confirma a hipótese de que as raias iriam ser mais avistadas em locais com menor presença humana. Como passam mais tempo na coluna d'água do que as outras espécies estritamente bentônicas, esses indivíduos podem preferir áreas dentro da REBIO devido a movimentação menos intensa de embarcações, com as quais podem acabar colidindo. A maior quantidade de registros dessa espécie dentro da REBIO Arvoredo também pode estar ligada ao relevo submerso da região, pois grande parte dos indivíduos de *A. narinari* foram avistados na Ilha

Deserta (APÊNDICE D – Mapa da REBIO Arvoredo com a distribuição de espécies). Há um vale submerso entre as Ilhas do Arvoredo e Deserta, com profundidade de até 45m (ANEXO B – Mapa batimétrico da REBIO Arvoredo) (IBAMA, 2004b). A abrupta diferença de profundidade principalmente na região da Ilha Deserta pode favorecer a ocorrência de *A. narinari* nessa área. A espécie realiza movimentação vertical diária, que supostamente está ligada com a disponibilidade de presas. Os indivíduos habitam águas mais profundas durante o dia e a noite sobem para águas costeiras para forragear suas presas bentônicas de hábitos noturnos (BREWSTER *et al.*, 2021).

4.4 *Pseudobatos* sp.

As raias violas, como são chamadas as espécies do gênero *Pseudobatos*, possuem nadadeiras peitorais pouco desenvolvidas e por isso são habitantes do fundo do mar, onde repousam por longos períodos e ficam parcialmente camufladas na areia (LAST *et al.*, 2016). Não são nadadoras ativas, como *A. narinari*, por isso foram mais encontradas em repouso no substrato, em ambiente arenoso, em vez de nadando ativamente na coluna d'água.

Foram observados indivíduos desse gênero apenas durante os meses da alta temporada turística (de novembro a março), e como foi discutido para *G. altavela*, dificilmente essa espécie seja beneficiada pela maior presença humana. Então, é mais coerente discutir este resultado considerando a temperatura.

Os indivíduos estavam em sua maioria dentro da REBIO Arvoredo, aonde foram registradas grandes agregações de *Pseudobatos horkelli*. Agregar-se é um comportamento estratégico que algumas espécies desenvolveram ao longo da história evolutiva. Neste caso, as agregações de *P. horkelli* parecem estar ligadas ao comportamento reprodutivo da espécie. Esse comportamento proporciona mais oportunidade para encontrar um parceiro e a dispersão destes locais após a cópula diminuem a competição por recursos entre os indivíduos do grupo (LAST *et al.*, 2016). Lessa *et al.* (1986), observaram que os indivíduos de *P. horkelli* em idade reprodutiva realizam migrações sazonais em direção a águas mais rasas (<20m) e quentes no sul do Brasil, de novembro a março, quando acontece o nascimento dos filhotes e a cópula que dará início ao próximo ciclo reprodutivo. Depois desse período, os indivíduos adultos voltam a habitar água mais frias e profundas (de 40m a 100m) e apenas filhotes e juvenis permanecem em águas costeiras. Martins *et al.* (2018) encontraram o mesmo padrão em seu trabalho realizado com *P. horkelli* no sudeste do Brasil. A migração ocorre devido a diferença de temperatura, que divide o ciclo reprodutivo da espécie em duas fases: 1) fase de letargia do ovo,

induzida por baixas temperaturas, durante a qual os ovos fecundados permanecem no útero sem se desenvolver e 2) fase de desenvolvimento embrionário, quando o ovo se desenvolve rapidamente após a migração dos indivíduos para águas costeiras (LESSA; VOOREN; LAHAYE, 1986). Os meses de águas mais quentes ($>22^{\circ}\text{C}$) coincidem com a alta temporada turística na REBIO Arvoredo (MAARE, 2017), por esse motivo *Pseudobatos* sp. pode ter preferido áreas dentro da REBIO, onde a presença humana é menor já que a visitação turística é proibida.

É importante observar que as agregações de *P. horkelli* aconteceram na mesma época do ano que houve mais registros de *G. altavela*, que também tem seu período reprodutivo no verão. Como ambas ocorrem em águas rasas e possuem mesmo hábito bentônico, é possível que haja interações e alguma sobreposição de nicho entre as duas espécies. Ainda, a presença humana constante durante o pico de ocorrência dessas raias pode reduzir os espaços ideais para cada espécie, aumentando assim probabilidade de sobreposição de nichos.

Esses resultados enfatizam a importância da REBIO Arvoredo, que já é conhecida como local de reprodução e berçário para outras espécies de raias, como *Zapteryx brevirostris* e *Narcine brasiliensis*, (KOTAS; SANTOS; SCALCO, 2017). Pesquisas que investiguem a sazonalidade, composição populacional e o desenvolvimento sexual dos indivíduos de *P. horkelli* na região da REBIO Arvoredo se fazem necessárias para confirmação da hipótese de agrupamento reprodutivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maior quantidade de indivíduos avistados em repouso no substrato em ambiente arenoso são condizentes com o hábito bentônico da maioria das espécies de raias avistadas na Reserva Biológica Marinha do Arvoredo. *A. narinari* foi a única que fugiu desse padrão porque sua morfologia, com poderosas nadadeiras peitorais, possibilita que essa espécie transite entre ambientes pelágicos e bentônicos, e não dependa do contato com o substrato constantemente. A maior quantidade de registros feitos durante a maré alta pode estar ligada a maior disponibilidade de habitats e de presas, que atraem as raias de hábito oportunista para águas mais rasas. A maré alta também facilita a defesa contra predadores.

Apesar do maior esforço amostral em áreas fora da REBIO e durante a alta temporada turística, conseguimos a mesma quantidade de dados para alta/baixa temporada e para dentro/fora da REBIO. Características intrínsecas ao ciclo reprodutivo de *P.horkelli* levaram ao maior número de registros dessa espécie durante a alta temporada turística (=verão), mesmo que essa seja a época de maior presença humana na REBIO Arvoredo. Supõem-se que isso também ocorra no caso de *G. altavela*, mas são necessários mais estudos para confirmar essa hipótese. As raias da família Dasyatidae foram mais avistadas fora da REBIO, contrariando a hipótese de menos registros em áreas com maior presença humana. No entanto, essas espécies foram mais vistas durante a baixa temporada, então é possível que a presença humana fosse menor mesmo fora da REBIO.

Em relação a atividade dos indivíduos no momento da avistagem (nadando ou em repouso), apenas *G. altavela* e a família Dasyatidae apresentaram associação entre variáveis, provavelmente o baixo *n* amostral interferiu no resultado das outras duas espécies. *G. altavela* parece depender do tipo de ambiente e da localização no estrato vertical para modular sua atividade. É uma espécie que se camufla para emboscar suas presas, por isso a maior ocorrência desses indivíduos em repouso no substrato arenoso. Raias da família Dasyatidae só foram avistadas nadando quando estavam fora da REBIO Arvoredo, e foram mais vistas em repouso durante a baixa temporada turística. Esses resultados são condizentes com a tendência esperada dos humanos interferirem na atividade padrão (repouso) dessas espécies. Os indivíduos da família Dasyatidae também foram mais avistados em repouso em contato com o substrato arenoso.

Por fim, é difícil afirmar com certeza se as raias procuram por condições ambientais específicas ou apenas reagem a elas. Adicionalmente, é difícil determinar qual fator tem maior

relevância ou mesmo se há uma interação entre eles, já que dificilmente eles ocorrem isoladamente. Ainda, variações sazonais, de sexo, ontogenéticas e geográficas podem fazer com que o mesmo fator, biótico ou abiótico, influencie de maneira distinta o comportamento de uma espécie.

6 REFERÊNCIAS

ACKERMAN, J. T.; KONDRATIEFF, M.C.; MATERN, S. A.; CECH, J. J. Tidal influence on spatial dynamics of leopard sharks, *Triakis semifasciata*, in Tomales Bay, California. **Environmental Biology of Fishes**, v.58, p. 33–43, 2000.

AGUIAR, A. A.; VALENTIN, J. L. Biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios (Chondrichthyes: Elasmobranchii): Uma revisão dos métodos e do estado da arte no Brasil. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 2, p. 464–489, 2010.

ALCOCK, J. **Comportamento Animal: uma abordagem evolutiva**. 9. ed. Porto Alegre, ARTMED, 2009.

BELL, C. D.; BLUMENTHAL, J. M.; AUSTIN, T. J.; EBANKS-PETRIE, G.; BRODERICK, A. C.; GODLEY, B. J. Harnessing recreational divers for the collection of sea turtle data around the Cayman Islands. **Tourism in Marine Environments**, v. 5, n. 4, p. 245–257, 2009.

BONNEY, R.; COOPER, C. B.; DICKINSON, J.; KELLING, S.; PHILLIPS, T.; ROSENBERG, K. V.; SHIRK, J. Citizen Science : A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. **BioScience**, v. 59, n. 11, p. 977–984, 2009.

BRANCO NUNES, I.; VERAS, D.; OLIVEIRA, P.; HAZIN, F. Vertical movements of the southern stingray, *Dasyatis americana* (Hildebrand and Schroeder, 1928) in the Biological Reserve of the Rocas Atoll, Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, n. 2, p. 216–227, 2016.

BREWSTER, L. R. *et al.* First insights into the vertical habitat use of the whitespotted eagle ray *Aetobatus narinari* revealed by pop-up satellite archival tags. **Journal of Fish Biology**, v. 98, n. 1, p. 89–101, 2021.

CAMPBELL, H. A.; HEWITT, M.; WATTS, M. E.; PEVERELL, S.; FRANKLIN, C. E. Short- and long-term movement patterns in the freshwater whipray (*Himantura dalyensis*) determined by the signal processing of passive acoustic telemetry data. **Marine and Freshwater Research**, v. 63, n. 4, p. 341–350, 2012.

CARRIER, J. C.; MUSICK, J. A.; HEITHAUS, M. R. **Biology of sharks and their relatives**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2004.

CARRIER, J. C.; MUSICK, J. A.; HEITHAUS, M. R. **Biology of sharks and their relatives II - Biodiversity, adaptive physiology and conservation**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.

CARTAMIL, D. P.; VAUDO, J. J.; LOWE, C. G.; WETHERBEE, B. M.; HOLLAND, K. N. Diel movement patterns of the Hawaiian stingray , *Dasyatis lata* : implications for ecological interactions between sympatric elasmobranch species. **Marine Biology**, V.142, p. 841-847, 2003.

CISNEROS-MONTEMAYOR, A. M., BARNES-MAUTHE, M.; AL-ABDULRAZZAK, D.; NAVARRO-HOLM, E.; SUMAILA, U. R. Global economic value of shark ecotourism: Implications for conservation. **Oryx**, v. 47, n. 03, p. 381–388, 2013.

COMPAGNO, L. J. V. Alternative life-story styles of cartilaginous fishes in time and space. **Environmental Biology of Fishes**, v. 28, p. 43, 1990.

CONRATH, C. L.; MUSICK, J. A. Residency , space use and movement patterns of juvenile sandbar sharks (*Carcharhinus plumbeus*) within a Virginia summer nursery area. **Marine and Freshwater Research**, v.61, p. 223–235, 2010.

DAVIDSON, L. N. K.; DULVY, N. K. Global marine protected areas for avoiding extinctions. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, 6p, 2017.

DAVIES, N. B.; JOHN, K. R.; WEST, S. A. **An Introduction to Behavioural Ecology**. 4. ed. Wiley-Blackwell, 2012.

DAVY, L. E.; SIMPFENDORFER, C. A.; HEUPEL, M. R. Movement patterns and habitat use of juvenile mangrove whiprays (*Himantura granulata*). **Marine and Freshwater Research**, v. 66, p. 481–492, 2015.

DEL-CLARO, K. **Introdução à ecologia comportamental**. 1. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

DULVY, N. K. *et al.* Extinction risk and conservation of the world’s sharks and rays. **eLife**, v. 3, p. 34, 2014.

FOUTS, W. R.; NELSON, D. R. Prey Capture by the Pacific Angel Shark , *Squatina californica* : Visually Mediated Strikes and Ambush-Site Characteristics. **Copeia** n. 2, p. 304–312, 1999.

FOWLER, S. L. *et al.* **Sharks, rays and chimaeras: the status of the chondrichthyan fishes**. IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland e Cambridge, 461p, 2005.

FREITAS, R. H.; A, ROSA, R. S.; WETHERBEE, B. M.; GRUBER, S. H. Population size and survivorship for juvenile lemon sharks (*Negaprion brevirostris*) on their nursery grounds at a marine protected area in Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 7, n. 2, p. 205–212, 2009.

FREITAS, R. H. A.; AGUIAR, A. A.; FREITAS, A. C. H. A.; LIMA, S. M. Q.; VALENTIN, J. L. Unravelling the foraging behavior of the southern stingray, *Hypanus americanus* (Myliobatiformes : Dasyatidae) in a Southwestern Atlantic MPA. **Neotropical Ichthyology**, v. 17, n. July, p. 1–14, 2019.

GILLIAM, D.; SULLIVAN, K. M. Diet and Feeding Habits of the Southern Stingray *Dasyatis americana* in the Central Bahamas. **Bulletin of Marine Science**, v. 52, n. 3, p. 1007–1013, 1993.

GOMES, U. L.; SIGNORI, C. N.; GADIG, O. B. F.; SANTOS, H. R. S.. **Guia para Identificação de Tubarões e Raias do Rio de Janeiro**. 1 ed, Rio de Janeiro, 2010.

HAYATA, M. A.; BORNATOWSKI, H.; FREITAS, R. H. A. Patterns and partitioning of food resources by elasmobranchs in southern Brazil. **Environ Biol Fish**, 2021.

HAMLETT, W. C. **Sharks, Skates, and Rays: The Biology of Elasmobranch Fishes**. 1.ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1999.

HIGBY, L. K.; STAFFORD, R.; BERTULLI, C. G. An evaluation of ad hoc presence-only data in explaining patterns of distribution: Cetacean sightings from whale-watching vessels. **International Journal of Zoology**, v. 2012, 2012.

IBAMA. **Plano de Manejo da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo. Encarte 1- Contextualização da UC**, 2004a.

IBAMA. **Plano de Manejo da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo. Encarte 3- Análise da UC**, 2004b.

IBAMA. **Proposta de Plano de Gestão para o uso sustentável de Elasmobrânquios sobre-explotados ou ameaçados de sobre exploração no Brasil**, 2011.

ICMBIO. **Conservação da Biodiversidade na Zona Costeira e Marinha de Santa Catarina**. 2015.

ICMBIO. **Avaliação do risco de extinção dos elasmobrânquios e quimeras no Brasil: 2010-2012**. 2016.

ICMBIO. **Livro Vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. 2018.

ISMEN, A. Age, growth, reproduction and food of common stingray (*Dasyatis pastinaca* L., 1758) in İskenderun Bay, the eastern Mediterranean. **Fisheries Research**, v. 60, n. 1, p. 169–176, 2003.

JAINÉ, F. R. A. *et al.* When Giants Turn Up: Sighting Trends, Environmental Influences and Habitat Use of the Manta Ray *Manta alfredi* at a Coral Reef. **PLoS ONE**, v. 7, n. 10, 2012.

JAMBURA, P. L.; ĆETKOVIĆ, I.; KRIWET, J. TÜRTSCHER, J. Using historical and citizen science data to improve knowledge about the occurrence of the elusive sandbar shark *Carcharhinus plumbeus* (Chondrichthyes – Carcharhinidae) in the Adriatic Sea. **Mediterranean Marine Science**, v. 22, p. 169–179, 2021.

JIRIK, K. E.; LOWE, C. G. An elasmobranch maternity ward: Female round stingrays *Urobatis halleri* use warm, restored estuarine habitat during gestation. **Journal of Fish Biology**, v. 80, n. 5, p. 1227–1245, 2012.

KOTAS, J. E.; SANTOS, A. C. N.; SCALCO, A. C. S. Elasmobrânquios demersais da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, SC (Brasil). **Revista CEPSUL- Biodiversidade e conservação marinha**, v. 03, 2017.

LAST, P. R. *et al.* **Rays of the world**. Melbourne: CSIRO Publishing, 2016.

LESSA, R.; VOOREN, C. M.; LAHAYE, J. Desenvolvimento e ciclo sexual das fêmeas, migrações e fecundidade da viola *Rhinobatos horkelii* (Muller & Henle, 1841) do Sul do Brasil. **Atlântica**, v. 8, p. 5–34, 1986.

MAArE - PROJETO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DA RESERVA BIOLÓGICA MARINHA DO ARVOREDO. **Relatório Técnico Final- Volume 3: Indicadores Biológicos**, Florianópolis, 2017.

MARTINS, M. F.; PASQUINO, A. F.; GADIG, O. B. F. Reproductive biology of the Brazilian guitarfish, *Pseudobatos horkelii* (Müller & Henle, 1841) from southeastern Brazil,

western South Atlantic. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 34, n. 3, p. 646–652, 2018.

NETO, D. G.; UIEDA, V. S. Activity and habitat use of two species of stingrays (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) in the upper Paraná River Basin, Southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 10, n. 1, p. 81–88, 2012.

OGBURN, M. B. *et al.* Addressing challenges in the application of animal movement ecology to aquatic conservation and management. **Frontiers in Marine Science**, v. 4, p. 1–7, 2017.

ÖZBEK, E. Ö.; ÇARDAK, M.; KEBAPÇIOĞLU, T. Spatio-temporal patterns of abundance, biomass and length-weight relationships of *Gymnura altavela* (Linnaeus, 1758) (Pisces: Gymnuridae) in the Gulf of Antalya, Turkey (Levantine Sea). **Journal of Black Sea / Mediterranean Environment**, v. 22, n. 1, p. 16–34, 2016.

POUGH, H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A Vida dos Vertebrados**. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

RICKLEFS, R.; RELYEA, R. **A economia da Natureza**. 7. ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan LTDA, 2016.

SCHLAFF, A. M.; HEUPEL, M. R. Influence of environmental factors on shark and ray movement, behaviour and habitat use: a review. **Rev Fish Biol Fisheries**, v. 24, p. 1089–1103, 2014.

SEMENIUK, C. A. D.; ROTHLEY, K. D. Costs of group-living for a normally solitary forager: Effects of provisioning tourism on southern stingrays *Dasyatis americana*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 357, p. 271–282, 2008.

SILVA, F. G.; VIANNA, M. Diet and reproductive aspects of the endangered butterfly ray *Gymnura altavela* raising the discussion of a possible nursery area in a highly impacted environment. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 66, n. 3, p. 315–324, 2018.

SMALE, M.; SAUER, W.; ROBERTS, M. Behavioural interactions of predators and spawning chokka squid off South Africa: Towards quantification. **Marine Biology**, v. 139, n. 6, p. 1095–1105, 2001.

SMITH, J. W.; MERRINER, J. V. Food habits and feeding behavior of the cownose ray, *Rhinoptera bonasus*, in lower Chesapeake Bay. **Estuaries**, v. 8, n. 3, p. 305–310, 1985.

SNELSON, F. F.; WILLIAMS-HOOPER, S. E.; SCHMID, T. H. Reproduction and Ecology of the Atlantic Stingray, *Dasyatis sabina*, in Florida Coastal Lagoons. **Copeia**, v. 1988, n. 3, p. 729–739, 1988.

STEVENS, J. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. **ICES Journal of Marine Science**, v. 57, n. 3, p. 476–494, 2000.

TINBERGEN, N. On aims and methods of ethology Tinbergen's Legacy: Function and Mechanism in Behavioral Biology. **Zeitschrift für Tierpsychologie**, v.20, p. 410–433, 1963.

TUYA, F.; ASENSIO, M.; NAVARRO, A. ““ Urbanite ”” rays and sharks : Presence , habitat use and population structure in an urban semi-enclosed lagoon. **Regional Studies in Marine Science**, v. 37, p. 101342, 2020.

VIANNA, G. M. S.; MEEKAN, M. G.; BORNOVSKI, T. H.; MEEUWING, J. J. Acoustic telemetry validates a citizen science approach for monitoring sharks on coral reefs. **PLoS ONE**, v. 9, n. 4, p. 1–12, 2014.

WAL, V. DER *et al.* Mapping species distributions: A comparison of skilled naturalist and lay citizen science recording National Biodiversity Network Á Species distribution. **Ambio** v. 44, p. 584–600, 2015.

WARD-PAIGE, C. A. *et al.* Spatial and temporal trends in yellow stingray abundance : Evidence from diver surveys. **Environmental Biology of Fishes**, n. March, 2011.

WHITTY, J. M. *et al.* Ontogenetic depth partitioning by juvenile freshwater sawfish (*Pristis microdon*: Pristidae) in a riverine environment. **Marine and Freshwater Research**, v. 60, n. 4, p. 306–316, 2009.

YAMAMOTO, M. E.; DE MOURA, M. L. S. Dossiê psicologia evolucionista. **Estudos de Psicologia (Natal)**, v. 15, n. 1, p. 53–54, 2010.

YAMAMOTO, M. E.; VOLPATO, G. L. **Comportamento Animal**. 2. ed. Natal: Editora da UFRN, 2011.

APENDICE A – Formulário online

Formulário sobre observação de raias na região da REBIO do Arvoredo - SC.

Esse formulário foi desenvolvido pelo Laboratório de Biologia de Teleósteos e Elasmobrânquios - LABITEL da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) como parte do projeto "Raias da REBIO do Arvoredo e adjacências: padrões de distribuição espacial e sazonal" e faz parte do projeto maior "Conservação dos Elasmobrânquios de Santa Catarina - SC".

Contatos: Luiza Machado C. Canto- luizamcanto@gmail.com

*Obrigatório



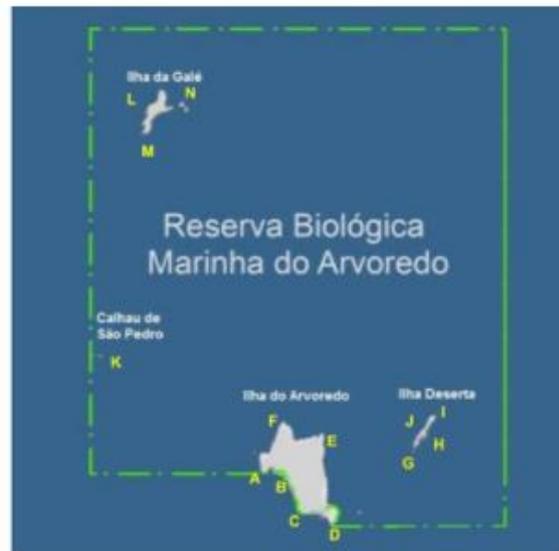
Em que data você avistou o animal? *

Sua resposta

Que horas avistou o animal? *

Sua resposta

Em qual região você avistou o animal? *



- Entre A e B
 Entre B e C
 Entre C e D
 Entre D e E
 Entre E e F
 Entre F e A
 Entre G e H
 Entre H e I
 Entre I e J
 Entre J e G
 Ponto K
 Entre L e M
 Entre M e N
 Entre N e L
 Outro: _____

A raia estava no substrato ou na coluna d'água? *

- Substrato arenoso
- Substrato rochoso
- Ecótono (transição pedras/areia)
- Coluna d'água

Nadando ou em repouso? *

- Nadando
- Repouso

Se lembrar, quais as características físicas do local? (Temperatura d'água, profundidade, presença de corrente, etc) *

Sua resposta _____

Qual o tamanho aproximado do animal? *

Sua resposta _____

Quantos indivíduos foram vistos? *

Sua resposta _____

Selecione abaixo a figura da espécie avistada: *



Raia Borboleta (*Gymnura altavela*)



Raia Viola da cara curta (*Zapteryx brevirostris*)



Raia Viola (*Pseudobatos* sp.)



Raia prego (*Dasyatis* sp.)



Raia treme-treme/ elétrica (*Narcine brasiliensis*)



Raia Chita/pintada (*Aetobatus narinari*)

Se não identificou com nenhuma das espécies acima, poderia descrevê-la?

Sua resposta

APÊNDICE B – Tabela de contagem das espécies e variáveis categóricas analisadas

		Total	<i>G. altavela</i>	Dasyatidae	<i>A. narinari</i>	<i>Pseudobatos</i> sp.	<i>N. brasiliensis</i>	<i>Z. brevirostris</i>
Amostra	<i>n</i> avistagens	103	42	38	11	7	3	2
	<i>n</i> indivíduos	187	49	47	14	72	3	2
Atividade	Nadando	32	15	11	5	1	0	0
	Repouso	61	24	24	2	6	3	2
	NA	10	3	3	4	0	0	0
Estrato vertical	Coluna d'água	11	3	5	3	0	0	0
	Substrato	82	36	30	4	7	3	2
	NA	10	3	3	4	0	0	0
Tipo de substrato	Arenoso	58	26	23	1	5	2	1
	Ecótono	20	8	6	2	2	1	1
	Rochoso	15	5	6	4	0	0	0
	NA	10	3	3	4	0	0	0
Estado de maré	Alta	62	30	24	5	2	1	0
	Baixa	33	10	11	6	5	1	0
	NA	8	2	3	0	0	1	2
REBIO Arvoredo	Dentro	42	25	10	9	6	0	0
	Fora	61	17	28	2	1	3	2
Temporada turística	Alta	59	30	11	8	7	2	1
	Baixa	43	12	26	3	0	1	1

APÊNDICE C – Tabelas de valores de p e G encontrados nos Testes G (*Goodness-of-fit*)

<i>G. altavela n=42</i>			
Maré	Alta	p=0,001	G=10,46
REBIO	-	p=0,215	G=1,53
Substrato	Arenoso	p<0,05	G=20,82
Atividade	-	p=0,147	G=2,09
Temporada	Alta	p=0,004	G=7,96
Localização	Substrato	p<0,05	G=31,68

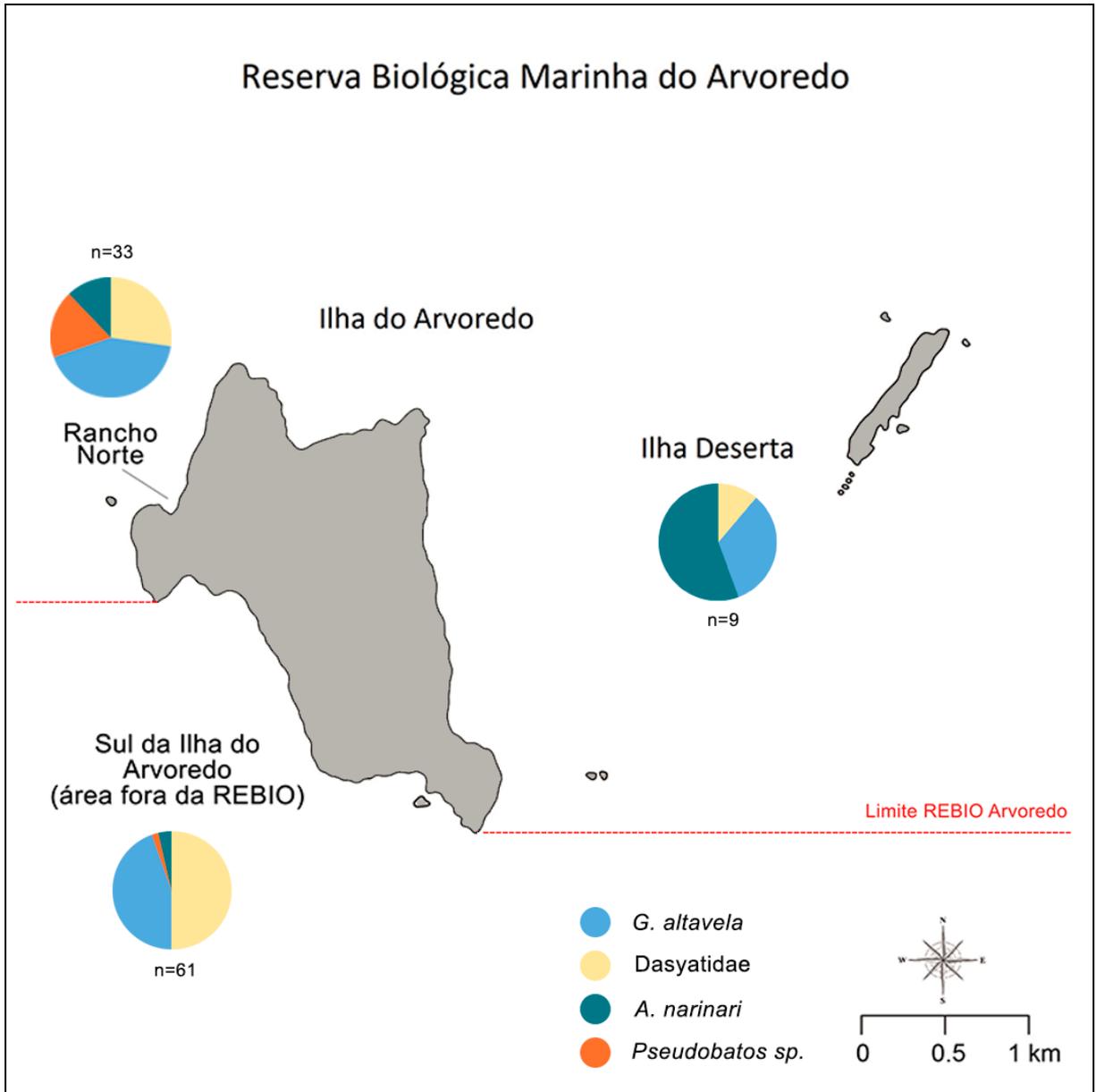
<i>Dasyatidae n=38</i>			
Maré	Alta	p=0,026	G=4,94
REBIO	Fora	p=0,002	G=8,87
Substrato	Arenoso	p=0,0004	G=15,26
Atividade	Repouso	p=0,026	G=4,94
Temporada	Baixa	p=0,012	G=6,25
Localização	Substrato	p<0,05	G=19,81

<i>A. narinari n=11</i>			
Maré	-	p=0,76	G=0,09
REBIO	Dentro	p=0,02	G=4,81
Substrato	-	p=0,36	G=2,00
Atividade	-	p=0,24	G=1,32
Temporada	-	p=0,12	G=2,35
Localização	-	p=0,70	G=0,14

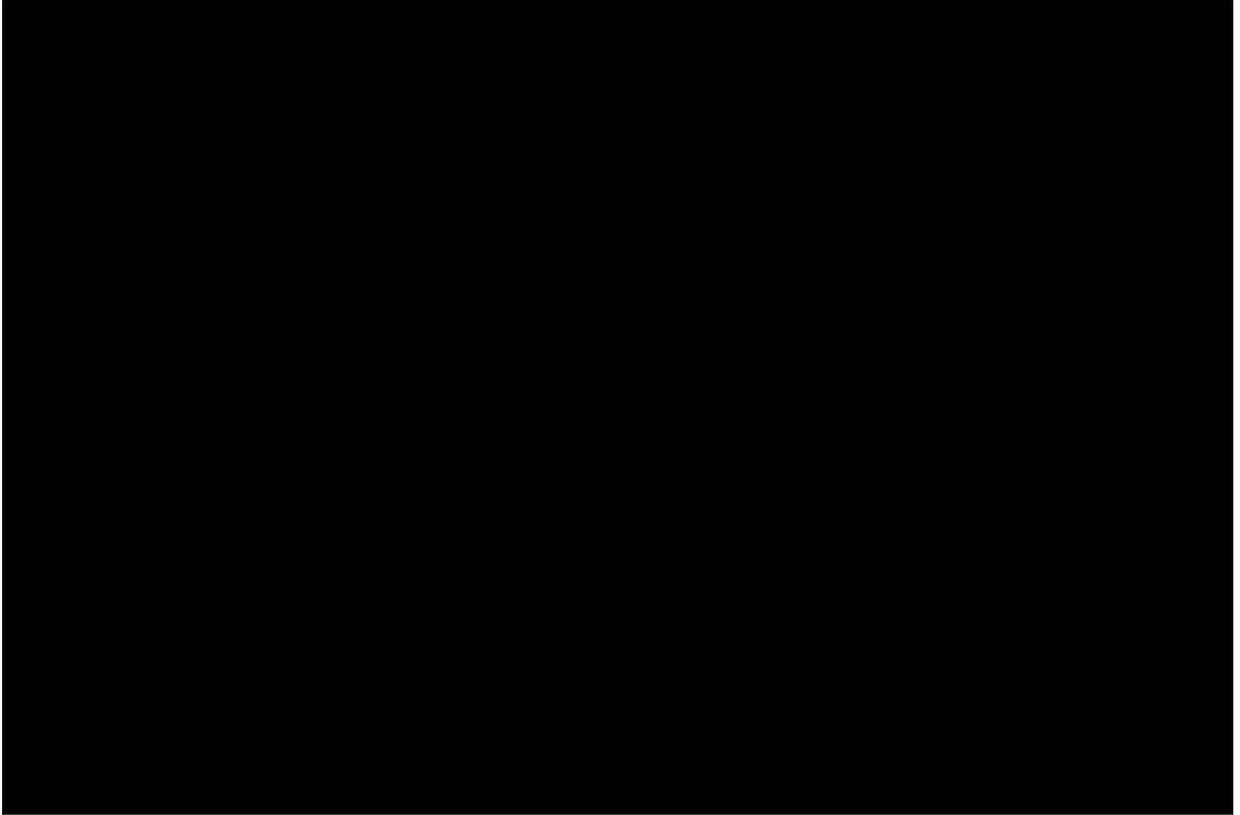
<i>Pseudobatos sp. n=7</i>			
Maré	-	p=0,249	G=1,32
REBIO	Dentro	p=0,046	G=3,96
Substrato	Arenoso	p=0,030	G=7,00
Atividade	Repouso	p=0,046	G=3,96
Temporada	Alta	p=0,001	G=9,70
Localização	Substrato	p=0,001	G=9,70

Geral $n=103$			
Maré	Alta	$p=0,002$	$G=8,99$
REBIO	-	$p=0,060$	$G=3,52$
Substrato	Arenoso	$p<0,05$	$G=19,32$
Atividade	Repouso	$p=0,002$	$G=9,19$
Temporada	-	$p=0,112$	$G=2,52$
Localização	Substrato	$p<0,05$	$G=61,31$

APÊNDICE D – Mapa da REBIO Arvoredo com a distribuição de espécies

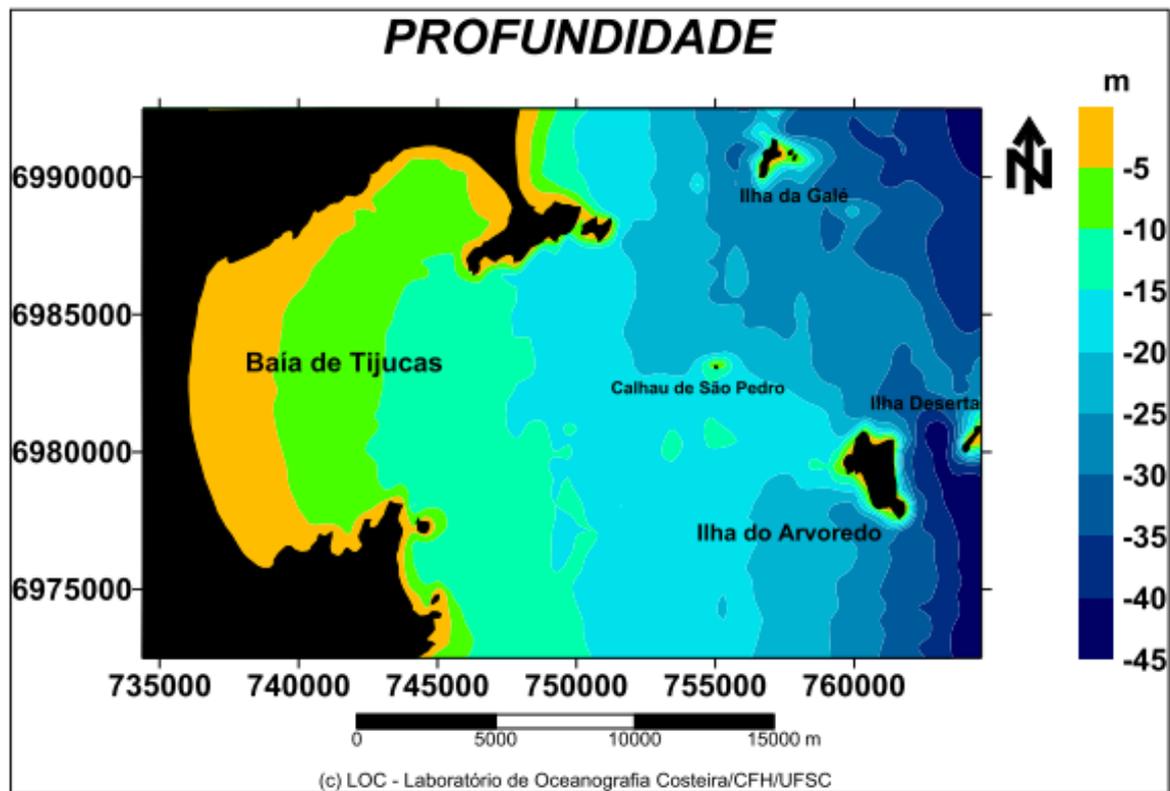


ANEXO A – Vídeo ilustrando o comportamento de camuflagem de *G. altavela*



Crédito: Rodrigo Baesso

ANEXO B – Mapa batimétrico da REBIO Arvoredo



Fonte: IBAMA (2004b)