



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Denis Alessandro Hille

Tamanhos Corporais de Baleia-Jubarte (*Megaptera novaeangliae*) e Baleia-Sei (*Balaenoptera borealis*) do Oceano Atlântico Sul Ocidental. Uma comparação entre populações da caça e pós-caça.

Florianópolis

2022

Denis Alessandro Hille

Tamanhos Corporais de Baleia-Jubarte (*Megaptera novaeangliae*) e Baleia-Sei (*Balaenoptera borealis*) do Oceano Atlântico Sul Ocidental. Uma comparação entre populações da caça e pós-caça.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Simões-Lopes
Coorientador: Prof. Dr. Leonardo Liberali Wedekin

Florianópolis

2022

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

Hille, Denis Alessandro
Tamanhos Corporais de Baleia-Jubarte (*Megaptera novaeangliae*) e Baleia-Sei (*Balaenoptera borealis*) do Oceano Atlântico Sul Ocidental. Uma comparação entre populações da caça e pós-caça. / Denis Alessandro Hille ; orientador, Paulo César Simões-Lopes, coorientador, Leonardo Liberali Wedekin, 2022.
62 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós Graduação em Ecologia, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Ecologia. 2. Tamanho corporal. 3. Fotogrametria aérea. 4. Ecologia de populações. I. Simões-Lopes, Paulo César. II. Wedekin, Leonardo Liberali. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. IV. Título.

Denis Alessandro Hille

Tamanhos Corporais de Baleia-Jubarte (*Megaptera novaeangliae*) e Baleia-Sei (*Balaenoptera borealis*) do Oceano Atlântico Sul Ocidental. Uma comparação entre populações da caça e pós-caça.

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 09 de Dezembro de 2022, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Marta Jussara Cremer, Dr.(a)
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof.(a) Artur Andriolo, Dr.(a)
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Prof.(a) Leonardo Liberali Wedekin, Dr.(a)
Socioambiental Consultores Associados

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Prof.(a) Eduardo Giehl, Dr.(a)
Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof.(a) Paulo César Simões-Lopes, Dr.(a)
Orientador(a)

Florianópolis, 2022.

Dedico esse trabalho ao meu filho Thomas, que muitas vezes escolheu se sentar no meu colo para fazer questionamentos e entender a razão pela qual eu não estava brincando com ele.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Jane e Leopoldo, por todo incentivo e educação dada para eu chegar até aqui. Não tenho dúvidas que o responsável por eu trilhar o mundo da biologia foi o meu pai, amante da vida selvagem e dos processos ecológicos. E minha mãe, por seu incentivo e exemplo de perseverança diante de momentos adversos.

À minha companheira Marina, por segurar a barra com o nosso filhote diante dos períodos o qual estive embarcado e como se não bastasse, tinha que segurar outra vez frente as demandas que o mestrado trazia.

Ao meu filho Thomas que me traz muita alegria e me inspira com sua paixão pelos animais. Já se vê como biólogo, porém, não só de animais de animais marinhos, como também os terrestres. Te amo imensamente.

Ao Dr. Paulinho Simões-Lopes, meu orientador, que atuou não somente no trabalho mas também como psicólogo diante as dificuldades enfrentadas em tempos de COVID. Obrigado pela sua paciência, disponibilidade e coragem de orientar alguém que esteve dez anos fora da academia.

Ao meu coorientador, Dr Léo, que possibilitou o desenvolvimento do trabalho utilizando os *drones* muito antes da ideia do projeto de mestrado, favorecendo discussões e embasamento para a realização trabalho.

Aos membros da banca, Dra. Marta Cremer, a qual fez parte de minha formação na graduação e ensino básico no trabalho com cetáceos, e ao Dr. Artur Andriolo, pela valorosa contribuição para o aperfeiçoamento deste trabalho.

À todos os envolvidos da empresa Socioambiental que executam Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (PMC-BS), no qual esse trabalho surgiu. Agradeço primeiramente a oportunidade de estar lá, realizando a pesquisa de campo, junto aos animais. São muitos momentos memoráveis que todo cetólogo anseia em ter. E claro, toda equipe que faz o trabalho acontecer: Zé Olímpio, Léo Wedekin, Marta Cremer, Ana Cypriano, Fabio Daura-Jorge, Davis Moreno, Aline Fernandes, Bruna Bergmann, Clarêncio Baracho, Mariana Neves, Ana Bárbara Broni, Thayusky da Penha, André Nogueira, Matheus Caiaffa, Ana Rama, Gabriel Teixeira, Lixinha, Kássia Moraes. Em especial aos tripulantes da nossa casa flutuante, o Sea Route, que nos levam e trazem com segurança e estão sempre

dispostos a colaborar, são eles: Comandante Fabão, Thiago Nascimento, Francirlândio, Hildo, Sr. Vilsinho, Sr. Cícero e Paulo César. Muito obrigado!

Ao Projeto Baleia Jubarte e toda sua equipe por disponibilizar suas coletas de fotogrametria para a realização do meu estudo, em especial aos pilotos de *drone*: Daniel Venturini, Marina Angeli e Fábio Fontes.

Ao Lucas L. Oliveira pela parceria e discussões voltadas ao uso e processamento de imagens de drone.

Ao meu irmão Elton e sua família, Jaque e Joahann, por todo incentivo e carinho, desde de quando comecei a estudar para a prova do mestrado.

Aos colegas de mestrado ingressos em 2020, dos quais poucos tive a oportunidade de conhecer pessoalmente devido à pandemia de COVID. Pelos encontros e discussões digitais nesse período difícil, sempre na tentativa de estar unidos. Sucesso a todos e todas!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pela bolsa disponibilizada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, e seu corpo docente e administrativos que tiveram que se desdobrar durante a pandemia. Agradeço sempre a disponibilidade e as prontas respostas quando foram necessárias.

A todas as pessoas que fizeram parte desse trabalho, muito obrigado!

RESUMO

A caça de baleias foi uma atividade econômica de grande importância durante séculos. Estima-se que a caça comercial tenha matado aproximadamente 2,9 milhões de animais. Populações fortemente exploradas pela caça ou pesca podem responder ao impacto com a diminuição do tamanho corporal. O presente estudo visa testar a hipótese de que atualmente o tamanho corporal das baleias-sei (*Balaenoptera borealis*) e baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) é menor, comparado a época da caça. Para a obtenção de dados atuais, usamos a fotogrametria aérea com um Veículo Aéreo Não Tripulado, em campanhas feitas pelo Instituto Baleia Jubarte e pelo Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos. Os procedimentos de coleta para a fotogrametria foram padronizados entre os projetos e uma escala de tamanho conhecido foi usada para conversão de pixels em metros, no programa AragoJ. Foram medidas 346 jubartes (Min-máx = 4,17 - 15,91 m; Média = 10,56; DP = \pm 2,973) e 24 baleias-sei (Min-max = 9,71 - 15,17 m; Média = 12,44; DP = \pm 1,502). Foram coletadas informações de todas as classes etárias de baleias-jubarte: 73 filhotes (4,17 - 6,90 m, Média = 5,52, DP = \pm 0,671), 73 juvenis (8,01 - 11,18 m, Média = 9,89, DP = \pm 0,956), e 200 adultos (11,20 - 15,91 m, Média = 12,64, DP = \pm 1,001). Para baleia-sei, apenas juvenis e adultos: 16 juvenis (9,17 - 13,39 m, Média = 11,16, DP = \pm 1,155), 8 adultos (13,49 - 15,17 m, Média = 14,02, DP = \pm 0,539). Devido ao baixo n amostral de baleias-sei não foi possível realizar a comparação com dados pretéritos. Para responder nossa hipótese, foram considerados apenas baleias-jubarte maduras (>11,20 m), totalizando 7.212 jubartes caçadas (dados obtidos da Comissão Internacional da Baleia) e 200 medidas do pós-caça. Um segundo teste de reamostragens (princípio *bootstrap*), foi realizado igualando o tamanho amostral da caça e do presente, permitindo comparações entre médias dos grupos. Houve uma diferença significativa de tamanho nos dois testes (teste-t, $p = 0.0123$). Os animais no presente foram em média 19 cm (teste-t) e 29 cm (teste de reamostragem) menores. Mesmo com a recuperação da população de jubartes na costa brasileira, nenhum animal sequer chegou aos 16 m, diferente do que a literatura reporta tamanhos de até 17 m para a espécie. Para a baleia-sei, apenas oito indivíduos foram classificados como sexualmente maduros, mostrando uma tendência de uma população jovem. No decorrer do período da caça comercial, a baleia-sei foi uma das últimas mais fortemente exploradas, entre 1960-1969. Efeitos de redução de tamanho corporal são amplamente descritos para espécies comerciais de peixes fortemente exploradas. Este trabalho traz informações inéditas sobre tamanho corporal de animais vivos de duas espécies de misticetos migratórios que sofreram intensa caça no século passado.

Palavras-chave: fotogrametria aérea, redução de tamanho corporal, classe etária.

ABSTRACT

For several centuries, the whaling was an important commercial activity of many countries. Approximately 2,9 million of whales were killed only in the commercial whaling period globally, from 1900 to 1985. Populations over high hunting or fishing intensity must respond to this impact presenting body size decline. In this context, we investigate body size data from humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) and sei whales (*Balaenoptera borealis*) caught during the whaling period (International Whaling Commission database), to compare with the present population. To measure the whales we used an Unmanned Aerial Vehicle to apply the aerial photogrammetry. The data was collected by the “Instituto Baleia Jubarte” and the “Projeto de Monitoramento de Cetáceos – Bacia de Santos” based on the same collecting protocols. We used an image of a known size scale floating on the sea and the same altitude to convert pixel in meters, on the AragoJ photogrammetry software. A total of 346 humpbacks were measured (Min – Max = 4,17 – 15,91 m, Mean = 10,56, SD = \pm 2,973), of all age classes: 73 calves (4,17 – 6,90 m, DP = \pm 0,671); 73 juveniles (8,01 – 11,18 m, DP = \pm 0,956); and 200 adults (11,20 – 15,91 m, DP = \pm 1,001). Sei whales totalized twenty-four measures (Min-max = 9,71 - 15,17 m; Mean = 12,44; DP = \pm 1,502), of which: sixteen juveniles (9,17 – 13,39 m, Mean = 11,16, DP = \pm 1,155); and eight adults (13,49 – 15,17 m, Mean = 14,02, DP = \pm 0,539). Due to the low sample size of the sei whales, comparisons between whaling period mean sizes and the present was not applicable. The whaling database was sorted by specie, hemisphere and area to make sure the same breeding stock is being compared. Humpbacks were considered sexually mature at \geq 11,20 m long, totaling 7.212 lengths from the whaling period and 200 from the present. A *t*-test was applied to compare the mean difference among the populations. A second test, *two.boot*, based on resamples (*bootstrap* principle) was ran, thus, equalizing the number of samples by the lowest period, the present ($n = 200$), comparing the means 2.500 times (97% confidence interval). Both tests resulted in significant differences: *t*-test, $p = 0.0123$, and 19 cm difference; and the *two.boot*, 29 cm difference. Even with the recovery of the humpbacks breeding stock “A” along the brazilian coast, none of the whales reached sixteen meters long, conversely what the bibliography tells about maximum length of seventeen meters. The same happens to the sei-whale, one of the last species most intensively hunted (1960 – 1969). We found a low proportion of sei whales sexually mature ($n = 8$), what can be explained by the increasing population. Therefore, body size declining due the intensive fishing or hunting impact is widely described over comercial fish species. The present study brings new information about body size of two migratory whales species along the brazilian coast.

Keywords: aerial photogrammetry, etary classes, body size decline.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área de estudo abrangendo as regiões Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil, incluindo águas oceânicas. O polígono azul delimita a área de amostragem do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS) e os triângulos verdes das regiões amostradas pelo Instituto Baleia Jubarte (IBJ).....	24
Figura 2 - O momento da calibração realizada com a imagem de um cano de pvc de 2 metros, centralizada na tela.....	26
Figura 3- Imagem de baleia-sei capturada no melhor momento para aplicação da fotogrametria: centralizada, na superfície prestes a respirar e de corpo reto.....	27
Figura 4 - Medindo uma fêmea de baleia-jubarte através da ferramenta <i>Measurement</i> , no programa AragoJ (v0.6.1a). No espaço à esquerda, temos as fotos de escala e dos animais carregadas dentro do programa, e à direita, o tamanho do animal tanto em pixel como em metros.....	28
Figura 5 - Distribuição e frequência dos tamanhos de baleias-jubarte caçadas no oceano Atlântico Sul Ocidental, entre 1913 a 1960. Dados disponibilizados pela Comissão Internacional da Baleia.....	32
Figura 6 - Frequência relativa dos tamanhos da baleia-jubarte no Brasil separada por cada classe etária: 73 filhotes (4,17 a 8 m); 73 juvenis (≥ 8 e $\leq 11,19$ m); e 200 adultos ($\geq 11,2$ m).	33
Figura 7 - Distribuição e frequência dos tamanhos de baleia-jubarte mensuradas através dos projetos IBJ e PMC-BS no Brasil, Oceano Atlântico Sul Ocidental, entre os anos de 2018 a 2022.....	34
Figura 8 - Frequência de tamanho dos juvenis da baleia-jubarte do Brasil compreendidos entre 8 e 11,19 m (n = 73), com média de 9,89 m (DP \pm 0,95).....	34
Figura 9 - Distribuição dos tamanhos dos 73 filhotes de baleia-jubarte medidos no Brasil (min = 4,17 m, máx = 6,90 m, média = 5,52 m e DP \pm 0,67).	35
Figura 10 - Frequência de tamanho das fêmeas da baleia-jubarte acompanhadas por filhotes (n = 57) na costa do Brasil. Os tamanhos variaram entre 10,41 a 15,91 m (média 12,89, DP \pm 1,07), com o registro de uma fêmea de tamanho menor de 11,20 m.	36

Figura 11 - Frequência dos tamanhos de escortes da baleia-jubarte amostrados no Brasil ($n = 26$). Os tamanhos variaram entre 10,44 a 14,38 (média 12,38, DP = $\pm 0,95$), com três registros de escortes de tamanho menor de 11,20 m.37

Figura 12 - Frequência relativa dos tamanhos da população caçada (IWC) e do presente de baleias-jubarte adultas. Observa-se uma predominância de indivíduos de tamanho corporal maior do período da caça, principalmente daqueles maiores que 14 metros.38

Figura 13 - Distribuição dos tamanhos da baleia-jubarte e da frequência entre o período da caça e do presente, mostrando a diferença entre as médias amostradas. O período da caça explica a sua média maior com uma maior quantidade de animais entre 14 e 16 metros.39

Figura 14 - Diferença entre médias da população presente e do período da caça (2.500 reamostragens da população). O gráfico apresenta a diferença entre médias de -0,29 (DP $\pm 0,10$), representando aproximadamente 30 cm de diferença de tamanho, com 97% IC. O intervalo de confiança das diferenças simuladas entre as médias não inclui o zero e, portanto, indicam uma diferença significativa.39

Figura 15 - Distribuição e frequência dos tamanhos de baleia-sei caçadas no oceano Atlântico Sul Ocidental, entre 1948 a 1977; e distribuição e frequência dos tamanhos registrados da população de baleia-sei do período presente. Observa-se a reduzida quantidade de indivíduos adultos na população do presente.40

Figura 16 - Frequência relativa dos tamanhos de baleia-sei amostradas no presente, separada por classe etária: 16 juvenis (≥ 9 e $\leq 13,39$ m); e oito adultos ($\geq 13,4$ m).41

Figura 17 - A média e desvio padrão dos pixels mensurados de uma escala de 2 metros, em cinco reamostragens para cada altitude (dos 15 aos 50 metros). Observa-se uma maior variação para as duas altitudes mais baixas de coleta, 15 e 20 metros.43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores dos tamanhos da baleia-jubarte coletados no Brasil com número amostral (n), média, mediana e desvio padrão, separados por classe etária.	33
Tabela 2 - Valores dos tamanhos da baleia-sei no Brasil, com número amostral (n), média, mediana e desvio padrão separados por classe etária.....	41
Tabela 3 - Coleta de imagem de escala de (2 m) entre 15 e 50 metros de altitude, com cinco reamostragens para cada altitude. As medidas foram extraídas em pixel onde representando os seguintes valores: Tamanho em pixel, representa valor mínimo e máximo; Média e DP, desvio padrão dos valores em pixel; Média (cm/pixel), representa a média dos valores convertidos de centímetros por unidade de pixel; e CV, o coeficiente de variação para cada altitude, sendo o DP dividido pela média e multiplicado por 100.....	42
Tabela 4 - Utilizando o valor máximo e mínimo de pixel e cm/pixel de cada altitude, foi obtido a variação de centímetros sobre o tamanho final da escala.	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	O TAMANHO CORPORAL	14
1.2	A CAÇA À BALEIA.....	15
1.3	A BALEIA-JUBARTE (<i>MEGAPTERA NOVAEANGLIAE</i>).....	18
1.4	A BALEIA-SEI (<i>BALAENOPTERA BOREALIS</i>).....	20
1.5	OS VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT).	21
2	MATERIAIS E MÉTODOS	23
2.1	ÁREA DE ESTUDO	23
2.2	COLETA DE IMAGENS AÉREAS E ANÁLISES.....	25
2.3	DADOS DO PERÍODO DA CAÇA.....	29
2.4	FONTES DE ERRO: COEFICIENTE DE VARIAÇÃO.....	29
2.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	30
3	RESULTADOS	32
3.1	JUBARTE: PERÍODO DA CAÇA	32
3.2	JUBARTE: PERÍODO PRESENTE	33
3.3	COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS DE TAMANHO: JUBARTE.....	37
3.4	ANÁLISE DE DADOS DE BALEIA-SEI: PERÍODO DA CAÇA.....	40
3.5	SEI: PERÍODO PRESENTE	41
3.6	FONTES DE ERRO: COEFICIENTE DE VARIAÇÃO.....	42
4	DISCUSSÃO	45
4.1	FONTES DE ERROS.....	45
4.2	REDUÇÃO NO TAMANHO CORPORAL: JUBARTES	47
4.3	BALEIA-SEI	50
5	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

1.1 O TAMANHO CORPORAL

O tamanho corporal é uma característica que nos possibilita abordar diversas questões relacionadas a biologia e ecologia das espécies. De imediato, as espécies diferem entre si por um padrão de massa e tamanho corporal, acarretando estruturas e funções distintas e implicando em diversas estratégias para sobreviver (Schmidt-Nielsen, 1984). O tamanho molda também a relação entre indivíduos e nos permite entender questões voltadas à história de vida de uma espécie (Wooton, 1987).

A morfometria é a ciência que estuda os padrões físicos dos seres vivos baseados em medidas. Desta forma, é possível conhecer o tamanho mínimo e máximo, padrões de crescimento individual e gasto energético de uma espécie-alvo (Christiansen *et al.*, 2019, 2022; Oliveira, 2021). Através desses padrões, pode-se também identificar fêmeas prenhes, como no caso do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) (Cheney *et al.*, 2022). Sabe-se que o tamanho corporal das fêmeas de baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*) têm influência direta sobre a taxa de crescimento fetal e no tamanho da prole quando nasce, resultando em maior sucesso reprodutivo (Christiansen *et al.*, 2022). Na baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), machos preferem associar-se às fêmeas de maior tamanho corporal, conferindo assim maior sucesso reprodutivo, corroborando a importância desta característica no *fitness* dos indivíduos (Pack *et al.*, 2009).

O tamanho corporal do indivíduo apresentam também relação com a sua idade e desenvolvimento, podendo assim ser ligada as diferentes classes etárias pelas quais um organismo passa. As classes etárias são marcadas por momentos distintos na história de vida e por processos demográficos da população, como o crescimento, reprodução e migração (Dolbeer, 1982; Herzing, 2006). Dessa forma, entender a proporção dessas classes etárias em uma população natural nos possibilita compreender sua dinâmica populacional. Assim, populações com poucos indivíduos jovens (baixo recrutamento) indica uma baixa taxa de crescimento populacional (Fryxell *et al.*, 2014).

A maturidade sexual atingida por um organismo está normalmente relacionada a um tamanho corporal específico. Esta fase representa o momento em que o indivíduo começa a contribuir com a manutenção e perpetuação da espécie, ocorrendo em uma idade e tamanho corporal mínima (Chittleborough 1955, 1959; Lockyer, 1974; Christiansen *et al.*, 2022; Omura, 1953). É também o momento em que o *pool* genético do estoque reprodutivo será reforçado, trazendo a manutenção da diversidade e plasticidade genotípica que irá se expressar nas características morfológicas daquela população (*e.g.*, tamanho corporal máximo, padrão de coloração). A prole então irá conservar e ser beneficiada pela plasticidade genética herdada, com características favoráveis à espécie.

Os recursos animais são usados não somente na alimentação, como também fornecem peles para servir de roupas e abrigo, ossos na fabricação de ferramentas ou então como força motriz para gerar trabalho. Na caça e na pesca a preferência por animais com determinadas características implica em uma seleção negativa sobre a população, que é moldada pela exclusão de indivíduos com as características de interesse (Allendorf & Hard, 2009; Fenberg & Roy, 2008; Jennings & Kaiser, 1998). Por exemplo, constatou-se que a pressão da caça ilegal de elefantes (*Loxodonta africana*) no Parque Nacional de Luangwa, Zambia, com interesse no marfim, resultou em um aumento de 10% para 38% na frequência de animais sem presas (Jachmann *et al.*, 1995). Ademais, os efeitos da seleção sobre indivíduos com tamanho maior acaba produzindo a diminuição do tamanho corporal médio dos indivíduos da população, envolvendo assim mudanças na história de vida e demografia da espécie alvo (Heino & Godo, 2002; Ozgul *et al.*, 2014). Esta causa é descrita para diversas espécies de vertebrados e invertebrados que sofrem exploração intensiva pela caça e pesca (Beard & Kampa, 1999; Fenberg & Roy, 2008; Moreno *et al.*, 1984; Oke *et al.*, 2020), inclusive para baleias (Clements *et al.*, 2017).

1.2 A CAÇA À BALEIA

A caça à baleia foi uma atividade amplamente desenvolvida por povos tradicionais em locais com poucos recursos proteicos e se tornou, ao longo do

tempo, responsável pelo desenvolvimento econômico de diversos países conhecidos como sendo nações baleeiras, como a Rússia, Japão, Noruega, entre outros (Gambell, 1977). Na costa brasileira, a atividade de caça iniciou antes mesmo do período industrial, em 1602, quando a Coroa Portuguesa emitiu uma permissão de caça para o estado da Bahia (Ellis, 1969). A espécie alvo era a baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*), que adentrava em grande número na Baía de Todos os Santos, acompanhada por filhotes, fornecendo grande quantidade de óleo como também barbatanas para o mercado externo (Edmundson & Hart, 2014; Ellis, 1969). A baleia-franca foi um alvo fácil para os caçadores, pois chegava próxima de terra em áreas rasas, e quando mortas flutuavam, facilitando a remoção e o processamento.

A segunda espécie mais caçada naquela época foi a baleia-jubarte (*M. novaeangliae*), pois tinha uma população numerosa no estado da Bahia (Edmundson & Hart, 2014). Em torno de 1772, começam os registros de embarcações americanas atuando na costa do Brasil, caçando principalmente cachalotes (*Physeter macrocephalus*), baleias-franca e jubartes (Castellucci, 2021; Richards, 2009). A caça ocorria principalmente no Banco dos Abrolhos na Bahia, no Rio de Janeiro, em Santa Catarina e no então conhecido *Brazil Banks*, em águas oceânicas ao largo do sul do Brasil (Castellucci, 2021; Richards, 2009).

A caça naquele momento era realizada em navios de madeira e movidos a vela, com sistemas de arpões rudimentares incapazes de matar os animais rapidamente. Contudo, estima-se que aproximadamente 900 mil baleias foram mortas apenas pela flotilha americana até 1911, abatendo diversas espécies por todos os oceanos (Castellucci, 2021). Este período de exploração da baleia, realizado de maneira mais artesanal, é nomeado como período pré-moderno da caça (Ellis, 2009).

A caça industrial da baleia, ou período moderno da caça, teve início por volta de 1860 e foi uma das principais atividades econômicas de diversos países (Reeves & Smith, 2006). As embarcações, eram movidas a vapor, e a capacidade maior de processamento e estocagem de óleo, possibilitavam viagens mais longas e mais rentáveis (Reeves & Smith, 2006). Foi por volta de 1904 que os baleeiros atingiram o Oceano Atlântico Sul em altas latitudes, no entorno das Ilhas Geórgia do Sul, onde a

diversidade e a quantidade de baleias era grande (Clapham & Baker 2009; Donavon, 2009; Rocha *et al.*, 2015). No decorrer das décadas, a caça já mostrava seus efeitos sobre a densidade das espécies alvo. As jubartes foram inicialmente as mais caçadas entre 1900 a 1909, sendo posteriormente alvo as maiores, a baleia-azul (*Balaenoptera musculus*) e baleia-fin (*Balaenoptera physalus*). A intensidade de caça sobre uma determinada espécie variava ao longo do tempo, tendo relação direta com a diminuição da população inicialmente caçada, tendo como alvo a próxima espécie de baleia de tamanho maior disponível (Prieto *et al.*, 2012; Rocha *et al.*, 2015).

Em 1930, com um recorde de produção de óleo de baleia (principalmente pela captura de dezenas de milhares de baleias-azul), o preço caiu fortemente por conta do excedente produzido, gerando também uma auto-avaliação das empresas produtoras (Gambell, 1977). Com o início da segunda grande Guerra, a caça cessou temporariamente, retornando após o final a todo vapor. Além da preocupação com a produção por temporada, observou-se que questões voltadas à biologia das espécies capturadas poderiam favorecer um melhor manejo, sendo assim, a Noruega formou a *International Whaling Statistics*, a qual começou a levantar informações sobre os animais abatidos, como sexo, tamanho, quantidade e esforço (Gambell, 1977). Em 1946, já tendo a clareza da redução das populações e com o intuito de regular a caça à baleia por todos os países que atuavam, foi formada a Comissão Internacional da Baleia (*International Whaling Commission - IWC*), trazendo restrições à quantidade e às espécies caçadas, assim como fiscais embarcados para garantir a confiabilidade no que era produzido em embarcações longe da costa (Clark & Lamberson, 1982; Gambell, 1977). Atualmente, a Comissão Internacional da Baleia continua atuando, contudo, mais focada na conservação dos cetáceos em relação à: poluição química, sonora e de detritos dos oceanos, a colisão com embarcações, mudanças climáticas e práticas voltadas a observação de baleias embarcadas (Wright *et al.*, 2016).

Com a exaustão sucessiva das populações exploradas, a caça da baleia começou a se mostrar economicamente inviável. Estima-se que durante o século XX a caça industrial matou aproximadamente 2,9 milhões de animais globalmente e pouco mais de 2 milhões apenas no Hemisfério Sul (Rocha *et al.*, 2015). Dessa maneira, os estoques de baleias da costa brasileira foram fortemente explorados

tanto na costa do Brasil como nas áreas de alimentação, em regiões subpolares, no entorno das Ilhas Geórgia do Sul, Ilhas Sandwich do Sul e Malvinas (Clapham & Baker, 2009; Morais *et al.*, 2016). Em 1986, o Brasil adere à moratória da IWC à caça da baleia, e em 1987 a atividade é proibida em águas brasileiras por lei federal (Edmundson & Hart, 2014).

1.3 A BALEIA-JUBARTE (*MEGAPTERA NOVAEANGLIAE*)

A baleia-jubarte é uma das espécies mais bem conhecidas da família Balaenopteridae. Ela apresenta hábitos migratórios sazonais entre áreas de alimentação e áreas de reprodução (Engel *et al.*, 2008). Está distribuída por todos os oceanos e é dividida por diferentes populações segundo os diferentes estoques reprodutivos (IWC, 1998). No total são reconhecidos sete estoques reprodutivos no Hemisfério Sul pela IWC (Carwardine, 2019). Na costa brasileira, a população se distribui por uma ampla faixa latitudinal mas se concentra no Banco dos Abrolhos para reprodução (Andriolo *et al.*, 2015; Cypriano-Souza *et al.*, 2010; Engel *et al.*, 2008; Rosenbaum *et al.*, 2009), com evidências de área de alimentação no entorno das Ilhas Geórgia do Sul e Sandwich do Sul (Engel *et al.*, 2008; Zerbini *et al.*, 2011). Estes animais estão classificados como estoque reprodutivo “A” e atrelados ao uso de áreas de alimentação, definida segundo a IWC como Área de Manejo II, compreendida entre as latitudes de 60° W a 0° (Donavon, 1991).

As baleias são animais de vida longa e este aspecto, naturalmente, influi sobre a sua história de vida. A idade máxima registrada em baleia-jubarte foi estimada através das linhas de crescimento do cerume na bula timpânica do ouvido das baleias, resultando em uma idade máxima de 95 anos (Chittleborough, 1965), considerando que as linhas de crescimento acumulem anualmente e não bianualmente (Gabriele *et al.*, 2010). Nestes animais a maturidade sexual pode levar alguns anos para ser atingida e marca o início da fase adulta. Para as baleias-jubarte fêmeas, a fase adulta é alcançada em média entre quatro ou cinco anos de idade, com o tamanho médio de 11,2 metros e machos com aproximadamente 11 metros (Chittleborough, 1955, 1959; Clapham, 1992). Estima-se que uma geração

de baleias-jubarte deva durar aproximadamente 21,5 anos em uma população estável (Taylor *et al.*, 2007).

Após alguns séculos de exploração, o estoque reprodutivo “A” passou por diferentes intensidades de caça ao longo do tempo. Considerando apenas os registros da caça moderna de 1900-2005, aproximadamente 213.245 indivíduos foram capturados no Hemisfério Sul (Clapham & Baker, 2009). As capturas ao longo do século XX tiveram dois ápices, um na década de 1910 e outro na década de 1950 (Rocha *et al.*, 2015). Em 1950 o estoque reprodutivo “A” representava menos de 4% da população pré-caça, com número mínimo estimado em aproximadamente 440 animais restantes (Zerbini *et al.*, 2011, 2019). Estimativas populacionais do estoque reprodutivo “A” apontam para um crescimento com certa variação, dependendo dos autores. Diferentes estimativas foram propostas e os números vêm aumentando gradualmente ao longo dos anos: 6.404 indivíduos em 2005 (Andriolo *et al.*, 2010); em 2008, 2011 e 2015, estimados respectivamente em 7.689, 8.652 e 12.123 indivíduos (Pavanato *et al.*, 2017); e 2008 e 2012, aproximadamente 15.332 e 19.429 indivíduos (Bortolotto *et al.*, 2016). A taxa de crescimento populacional foi estimada em 12% ano⁻¹ (Wedekin *et al.*, 2017), com a população chegando a aproximadamente 93% do seu tamanho pré-caça e próximo de atingir sua capacidade de suporte (Zerbini *et al.*, 2019). Atualmente, observa-se um aumento no registro de baleias-jubartes além da sua área principal de concentração, o Banco dos Abrolhos (Gonçalves *et al.*, 2018; Lodi & Tardin, 2018). A espécie hoje está classificada, segundo a IUCN (2022) como “Pouco preocupante”.

1.4 A BALEIA-SEI (*BALAENOPTERA BOREALIS*)

A segunda espécie a ser estudada no presente trabalho é a baleia-sei (*Balaenoptera borealis*), a terceira maior da família Balaenopteridae, estando atrás apenas da baleia-azul (*Balaenoptera musculus*) e da baleia-fin (*Balaenoptera physalus*). A baleia-sei está distribuída por todos os oceanos, de águas polares à tropicais, realizando migrações sazonais de áreas de alimentação para áreas de reprodução (Horwood, 1987). Tem como habitat principal águas oceânicas, sendo encontrada, principalmente, sobre a quebra da plataforma continental e águas profundas (Horwood, 1987). A população estudada no presente trabalho pertence a área II, segundo a *International Whaling Commission*, abrangendo as latitudes de 60°W a 0°, com evidências de animais recapturados através de fotoidentificação entre área de reprodução, na costa brasileira, e área de alimentação, no entorno das Ilhas Malvinas (Weir *et al.*, 2020).

O tamanho dos indivíduos varia de acordo com o sexo: as fêmeas, quando adultas, atingem entre 15,2 a 15,8 metros e os machos entre 14,5 e 15 metros, uma variação de 0,5 a 0,6 metros entre os sexos (Horwood, 1987). A maturidade sexual dos machos caçados na estação baleeira de Donkergat, África do Sul, era atingida em média aos 7,5 e 8,6 anos, com o animal medindo entre 13,4 e 13,8 metros (Best & Lockyer, 2002; Lockyer, 1974). Nas fêmeas, a maturidade sexual acontece aos 8,2 e 8,4 anos de idade, com 14,1 metros (Best & Lockyer, 2002; Lockyer, 1974). Registros mostram que as baleias-sei do Hemisfério Sul são maiores que as do Hemisfério Norte, com o registro confiável de uma fêmea atingindo 19,5 metros de comprimento no sul (Horwood, 1987). A baleia-sei é a menos conhecida dentre as espécies da família Balaenopteridae (Pietro *et al.*, 2012), e grande parte do que se conhece sobre ela é advindo de espécimes caçados (Horwood, 1987, Pietro *et al.*, 2012). Devido a este cenário, estudos que acessem aspectos biológicos e ecológicos da espécie *in situ* são de grande importância.

A baleia-sei teve o ápice da caça durante o período da caça industrial no Hemisfério Sul, entre 1960/69, com 131.538 animais mortos apenas nesse período (Rocha *et al.*, 2015). A espécie também foi alvo da caça na costa brasileira e os registros mostram que ela predominava em números de capturas na região Nordeste do Brasil (Paiva & Grangeiro, 1965). As temporadas de caça de 1964-1967 foram

marcadas pela diminuição da espécie na lista das mais caçadas, tomando o topo da lista a baleia-minke-Antártica (*Balaenoptera bonaerensis*), atestando a exaustão das populações como recurso de caça (Paiva & Grangeiro, 1970). O status da baleia-sei é considerado “Em Perigo”, segundo a IUCN (2022).

1.5 OS VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT).

A tecnologia e a ciência caminham juntas, favorecendo-se mutuamente, e gerando novas ferramentas para pesquisa. Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) ou “*drones*”, nome mais conhecido popularmente, é uma dessas ferramentas que possibilitam uma série de estudos voltados à ecologia, comportamento e saúde. Os trabalhos utilizando VANT's na pesquisa de cetáceos começaram se tornar mais frequentes a partir de 2010 e se popularizaram como ferramenta de pesquisa ao longo do tempo validando sua extensa utilização (Acevedo-Whitehouse *et al.*, 2010; Christiansen *et al.*, 2020; Dawson *et al.*, 2017; , Fettermann *et al.*, 2019; Hodgson *et al.*, 2013; Koski *et al.*, 2015; Russell *et al.*, 2022).

A perspectiva de visão aérea que os VANT's possibilitam quebram várias barreiras na coleta de informações em cetáceos. O monitoramento feito através desses dispositivos, a partir de uma altitude mínima, não interferem diretamente nos animais (Castro *et al.*, 2021; Fettermann *et al.*, 2019), associando um baixo custo (se comparado aos levantamentos aéreos feitos em aeronaves tripuladas) e baixo risco humano na execução de voo (Fiori *et al.*, 2017; Hodgson *et al.*, 2013; Koski *et al.*, 2015). Por serem utilizados por muitas pessoas como *hobbie*, os VANT's também favorecem levantamentos com origem na ciência cidadã. As imagens coletadas e compartilhadas contribuem para a identificação de espécies, comportamentos e interações diversas interespecíficas e com seres-humanos (Pirota *et al.*, 2022).

Além da sua ampla utilização e aplicações diversas, os VANT's nos permitem superar alguns obstáculos nas pesquisas voltadas à morfometria. Um destes desafios é como aferir padrões morfométricos de animais de grande porte de maneira não invasiva. A fotogrametria aérea nos possibilita superar esse desafio, permitindo extrair medidas a partir de imagens (Best & Rüther, 1992). Os padrões

morfométricos irão nos fornecer dados sobre a história de vida de um animal, como: tamanhos máximos e mínimos, tamanho no momento da concepção, taxas de crescimento corporal e tamanho na maturidade sexual (Chivers, 2009; Smith *et al.*, 2020; Wootton, 1987).

A fotogrametria aérea vem sendo usada efetivamente para diversas espécies e finalidades, por exemplo: condição corporal de baleias-azul (Durban *et al.*, 2016); custo energético reprodutivo em baleias-jubarte (Christiansen *et al.*, 2016); condição corporal e comparação de escore corporal de diferentes populações de baleia-franca (*Eubalaena australis* e *E. glacialis*) (Christiansen *et al.*, 2020); fotogrametria para tamanho corporal e fotoidentificação de orcas (Durban *et al.*, 2015); e condição corporal de toninhas (Oliveira, 2021).

O presente trabalho irá empregar a técnica de fotogrametria aérea para medir animais das populações de baleia-jubarte e baleia-sei da costa brasileira, a fim de investigar se há diminuição do tamanho corporal em relação aos animais da época da caça. O objetivo consiste em comparar os tamanhos entre as populações da caça e pós-caça, identificando a estruturação etária e seus respectivos padrões de tamanho para cada classe e avaliar a variação de erro sobre o método de fotogrametria aérea aplicado neste trabalho.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

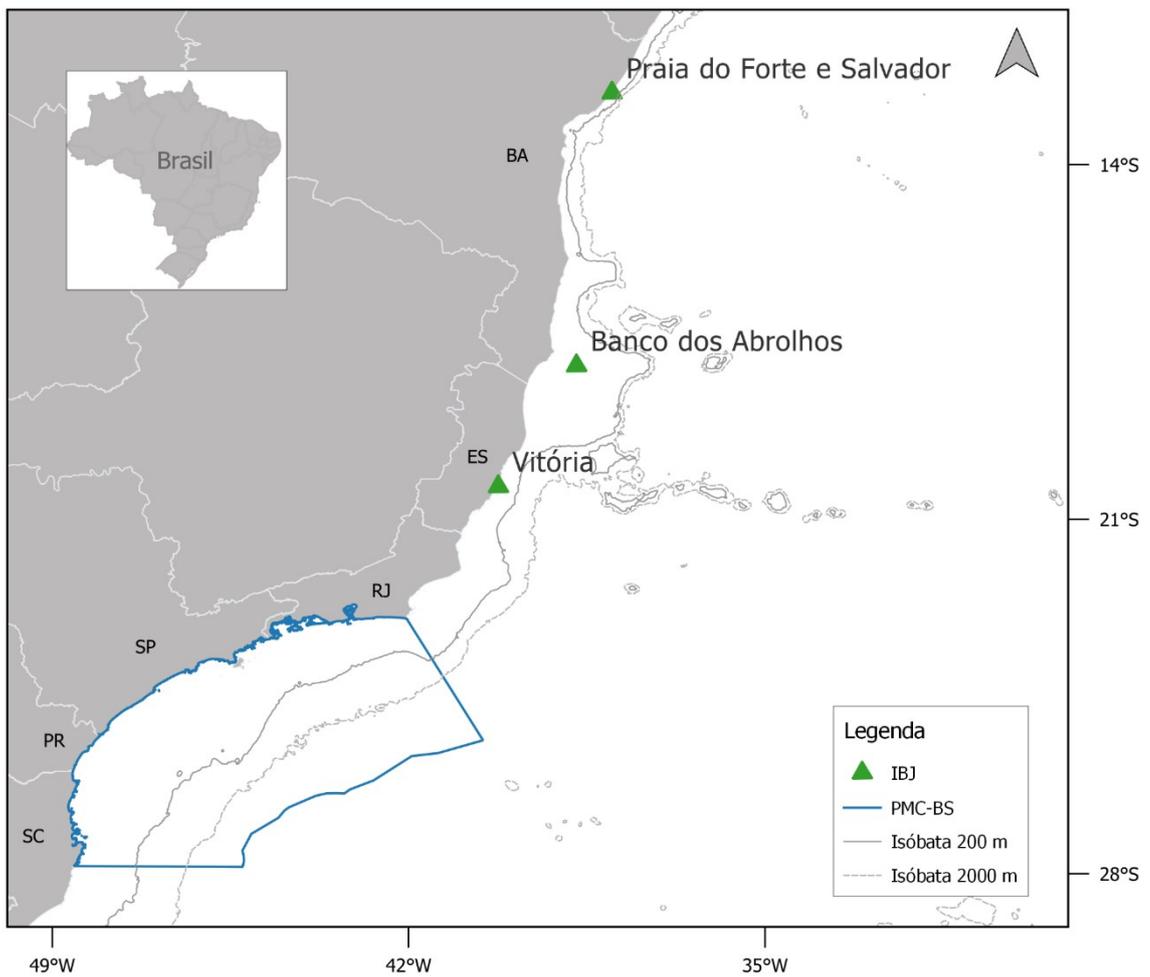
2.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo aborda duas populações de baleias que estão distribuídas no oceano Atlântico Sul ocidental e têm sua área de vida compreendida entre a região sub-polar Antártica e a costa brasileira (Cooke, 2018; Engel & Martin, 2009). Essas áreas incluem as regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil, abrangendo áreas costeiras e oceânicas para ambas espécies. Os dados foram coletados entre a Praia do Forte - Bahia (12° S) e o sul da ilha de Santa Catarina, Florianópolis - Santa Catarina (28° S), através de dois projetos diferentes. O Projeto Baleia Jubarte (Petrobras), atuante no estado da Bahia e Espírito Santo, foi o responsável pelas coletas de dados da população de baleias-jubarte, atuando assim de maneira mais pontual nas áreas da Praia do Forte, Salvador, na região do Banco dos Abrolhos e em Vitória, no estado do Espírito Santo (Figura 1). A região do Banco dos Abrolhos (16°40' - 19°30'S) é uma área de aproximadamente 30.000 km², formada por banco de corais, algas calcárias, lama, um arquipélago composto por cinco ilhas e o maior banco de rodólitos do Oceano Atlântico Sul (Fainstein & Summerhayes, 1982; Moura *et al.*, 2009). Devido a sua importância ecossistêmica e a grande biodiversidade da área, foi criado o Parque Nacional Marinho dos Abrolhos que reforça a necessidade de manutenção e proteção da região (MMA, 2002). O Banco dos Abrolhos configura uma importante área de reprodução do estoque reprodutivo "A" de baleias-jubarte, recebendo anualmente milhares de animais (Engel, 1996; Martins *et al.*, 2001), e representa a maior parte dos dados coletados do presente estudo.

O Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS), é executado pela Socioambiental e PETROBRAS para atendimento de demanda do IBAMA no processo de licenciamento ambiental das atividades de produção e escoamento de petróleo e gás natural na Bacia de Santos. O projeto atua desde final de 2015 com saídas sistemáticas na área que abrange, desde o Arraial do Cabo – Rio de Janeiro (22°58'S - 41°59'W) até o Sul de Florianópolis – Santa Catarina (27°50'S - 48°33'W), em amostragens que vão da costa até águas oceânicas, no limite da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do Brasil, a 200 milhas náuticas (Figura 1). A Bacia de Santos compreende uma área de aproximadamente 350.000 km² (Moreira *et al.*, 2007) e as coletas do PMC-BS já registraram uma ampla diversidade

de cetáceos. Todos os dados de baleia-sei foram coletados exclusivamente pelo PMC-BS.

Figura 1 - Área de estudo abrangendo as regiões Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil, incluindo águas oceânicas. O polígono azul delimita a área de amostragem do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Baía de Santos (PMC-BS) e os triângulos verdes das regiões amostradas pelo Instituto Baleia Jubarte (IBJ).



Fonte: elaborado pelo autor.

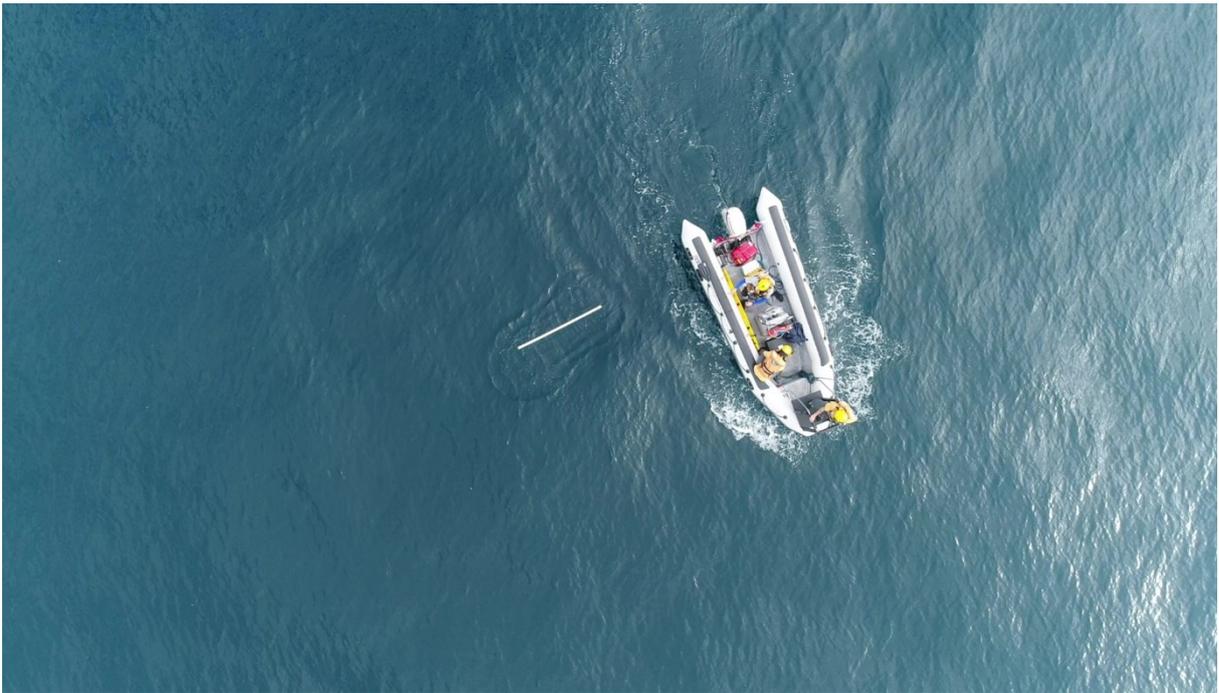
2.2 COLETA DE IMAGENS AÉREAS E ANÁLISES

As imagens foram coletadas através de um veículo aéreo não tripulado (VANT) da marca DJI, modelos Phantom 4 e Phantom 4 Advanced, seguindo um protocolo de voo para padronizar os registros. O modelo Phantom 4 é indicado como um VANT de configurações de câmera com uma área de menor distorção de imagem, reduzindo os erros causados pela configuração das câmeras de outros modelos, tendo assim medições mais acuradas (Burnett *et al.*, 2019). No início e no fim de cada voo, foi realizada a coleta de imagem de uma escala feita de tubo de PVC flutuando na superfície do mar (variou de um a dois metros de comprimento), onde posteriormente foi utilizado para a conversão do tamanho de pixel para metros. A altitude dos voos variou entre 20 e 30 metros conforme indicação do sensor barométrico do dispositivo. A partir da calibração (Figura 2), a altitude foi mantida a mesma para a coleta da imagem do animal (Figura 3), desta forma, evitando a variação de altitude do VANT. Na realização dos levantamentos, certificamos que a câmera do VANT estava voltada totalmente para baixo, tendo um ângulo de 90 graus entre a câmera e o animal. Com estas condições, a gravação era iniciada buscando o enquadramento do animal no centro da tela até a captura do momento onde a baleia se encontrava na superfície da água, com o corpo esticado, normalmente enquanto respirava.

Posteriormente, os vídeos foram triados através do programa VLC Media Player (versão 3.0.7.1), em busca do momento ideal, onde o animal estava enquadrado, com o corpo reto e com as extremidades (cabeça e cauda) bem visíveis na superfície da água. Através da função *Snapshot*, foram gerados *frames* com os momentos ideais para a aplicação da fotogrametria. Para redução de erros na obtenção do tamanho dos animais, cada *frame* gerado era classificado com a presença de curvatura corporal, presença de brilho nas extremidades do corpo que pudesse dificultar a acurácia na obtenção da medida e rugosidade do mar (escala Beaufort), sendo assim, imagens distorcidas ou que não satisfizessem os critérios de qualidade eram descartadas. Posteriormente, as imagens geradas tanto da escala (Figura 2), como dos animais (Figura 3) foram exportadas para o programa AragoJ (Figura 4) (v0.6.1a) (Aleixo *et al.*, 2020), o qual possibilita mensurar o tamanho dos objetos, primeiramente, em pixel. Com a ferramenta *Measurement*, começamos medindo o comprimento total da escala. Tendo esta informação, alimentamos então

através da ferramenta *Reference Scaling* as informações do tamanho em pixel e tamanho em metros da escala para conversão automática, assim quando usada nas imagens das baleias. O comprimento total do indivíduo é mensurado da extremidade da mandíbula até a inserção dos lobos caudais do animal (Figura 4).

Figura 2 - O momento da calibração realizada com a imagem de um cano de pvc de 2 metros, centralizada na tela.



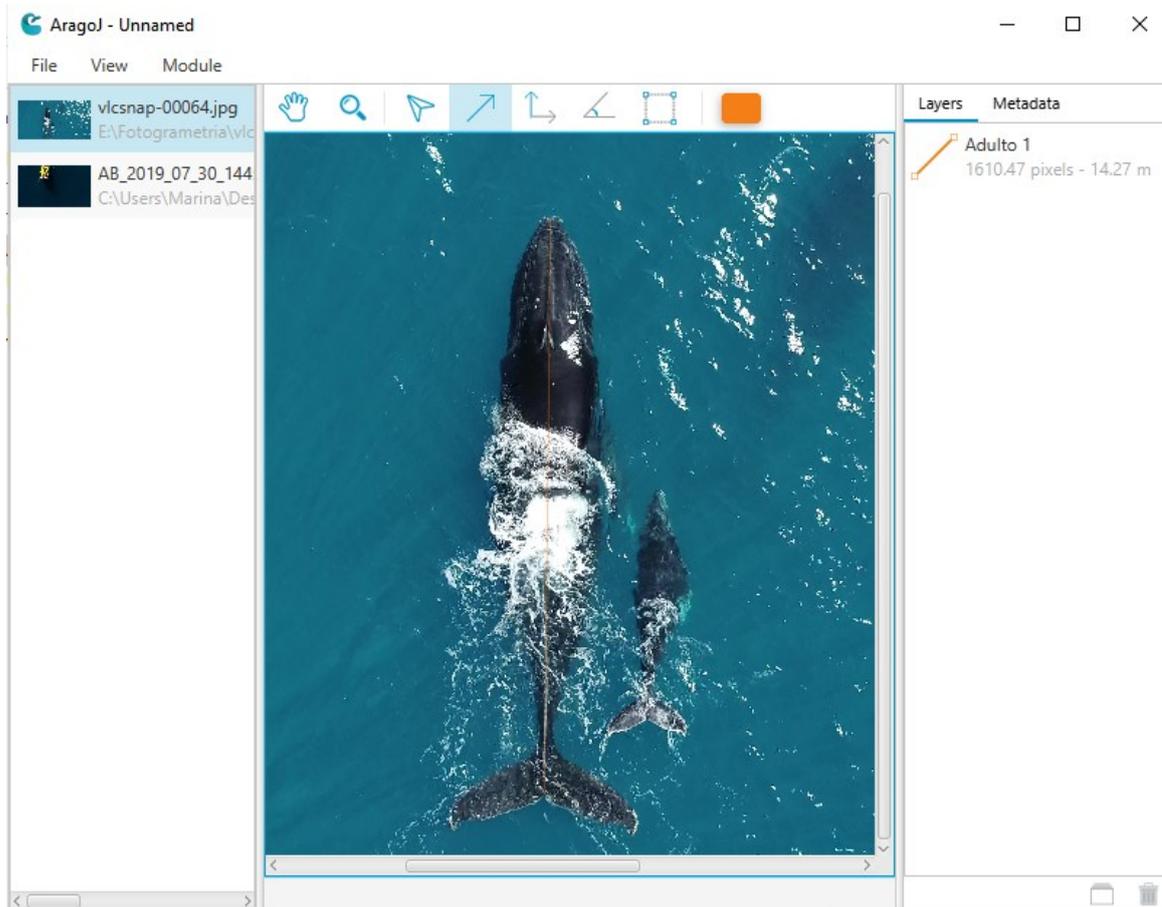
Fonte: acervo PMC-BS.

Figura 3- Imagem de baleia-sei capturada no melhor momento para aplicação da fotogrametria: centralizada, na superfície prestes a respirar e de corpo reto.



Fonte: acervo PMC-BS.

Figura 4 - Medindo uma fêmea de baleia-jubarte através da ferramenta *Measurement*, no programa AragoJ (v0.6.1a). No espaço à esquerda, temos as fotos de escala e dos animais carregadas dentro do programa, e à direita, o tamanho do animal tanto em pixel como em metros.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os animais mensurados foram classificados, segundo a bibliografia, em diferentes faixas etárias de acordo com o tamanho, sendo elas: filhotes, juvenis e adultos (Best & Lockyer, 2002; Chittleborough, 1955; 1959, 1965; Lockyer, 1974).

A diferenciação entre sexos foi feita, quando possível, através da composição e da posição dos indivíduos no grupo, observados na análise das imagens, sendo assim: filhote acompanhado de um adulto, assumiu-se que o adulto era fêmea; na presença de um ou dois escortes no grupo, estes foram considerados machos (Cypriano-Souza *et al.*, 2009). No caso de indivíduos sozinhos ou na ausência de filhotes, os animais foram apenas classificados dentro da sua classe etária.

2.3 DADOS DO PERÍODO DA CAÇA

Os dados de tamanho dos animais do período da caça industrial de baleias na Antártica (por volta de 1904) foram solicitados à Comissão Internacional da Baleia (IWC), que detêm um extenso acervo de dados biológicos de diversas espécies caçadas pelo mundo. A triagem das informações se deu através de: espécie (baleia-jubarte e baleia-sei); área em que foi caçada, para se certificar que estamos amostrando a mesma população (Área de alimentação II - 60°W a 0°); o sexo, a efeito de comparação na variação do tamanho entre machos e fêmeas; e classe etária (filhote, juvenil, adulto).

As informações cedidas pela IWC trazem ressalvas em relação à variação nas medidas dos animais. Uma delas relaciona-se à unidade de medida utilizada para as nacionalidades que caçavam, onde noruegueses, por exemplo, utilizavam o “pé norueguês” (de 31,4 cm) e “pé inglês” (30,4 cm) nos seus registros. Uma diferença de aproximadamente 1 cm entre as unidades. Contudo, em 1937 o pé inglês teria sido tomado como unidade padrão nos registros de tamanho. O segundo ponto tem relação com os métodos utilizados na mensuração da baleia, sendo que inicialmente as baleias eram medidas na plataforma de processamento com uma fita percorrendo o corpo da baleia, sendo assim, a curvatura do dorso do animal era um adicional no comprimento total. Em 1946, foi publicada a regulamentação da caça através da International Convention for the Regulation of Whaling (1946), contendo no parágrafo 23 a descrição de como realizar a medição dos animais abatidos, tendo os pontos principais os seguintes:

“ter o animal esticado na plataforma de descarte; utilizar fita métrica e não elástica; realizar a medição pelo lado da baleia tendo a ponta da maxila e a inserção dos lobos caudais como extremidades para o comprimento total; e medições com que terminassem na casa decimal dos milímetros eram arredondados para cima, por exemplo: 10,25 metros deveria ser registrado como 10,3 metros”.

2.4 FONTES DE ERRO: COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

A altitude no uso de imagens para fotogrametria aérea é uma variável fundamental para uma medição mais acurada. Da mesma forma, a ondulação no momento da coleta das imagens pode acarretar num erro sobre a medida final. O

altímetro barométrico do VANT DJI Phantom 4, também pode apresentar falta de acuracidade quando há alteração de altitude entre a coleta de imagem de escala e coleta de imagem do animal, contudo, esse erro pode ser maior quando não se utiliza imagens de escala para mensurar os animais (Burnett *et al.*, 2019), que não é o caso do presente estudo. A utilização de sensores de precisão LIDAR, estimam precisamente a altitude e são a melhor opção para a não utilização de imagem de escalas a cada voo de coleta (Dawson *et al.*, 2017). Assim, foi realizado um experimento para conhecer o coeficiente de variação de diferentes medidas de um mesmo objeto de tamanho conhecido (2 m).

Para isso, realizamos um teste de coleta de imagem de escala em oito altitudes diferentes, de 15 a 50 m, com intervalo de cinco metros. Para entender qual a imprecisão do altímetro barométrico quando se altera a altitude do VANT, cada altitude foi reamostrada cinco vezes dentro de um único voo. Posteriormente, o vídeo foi processado e uma imagem da escala para cada reamostragem foi gerada para ser mensurada em pixel, calculando média e desvio padrão. O tamanho da escala em centímetros foi dividido pelo número de pixel, obtendo-se então o valor de centímetros por pixel. O coeficiente de variação foi gerado para cada altitude, dividindo o desvio padrão pela média de cada altitude e multiplicando por 100, com o fim de avaliar a variação dos dados em relação a média.

2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todas as análises foram feitas no programa R Core Team (2020). Os animais foram classificados em diferentes classes etárias para realizar as comparações estatísticas entre os dados do presente e da caça. Para os dados da IWC, realizamos também uma exclusão dos animais que ultrapassavam dos 17 m de comprimento ($n = 10$), já que a bibliografia considera que a espécie tenha tamanho máximo de 17 metros (Carwardine, 2019). Para responder a hipótese de que os indivíduos do período presente são menores do que os caçados, foi aplicado um teste-t de *Student*, comparando a média entre a classe etária dos indivíduos adultos das duas populações.

Com o intuito de realizar comparações entre amostras com o mesmo número de animais entre as duas épocas, minimizando um potencial viés causado por amostras fortemente desbalanceadas, realizou-se um segundo teste estatístico baseado em reamostragem (*bootstrap*) (Manly, 1997). Foi utilizada a função *two.boot*, do pacote *simpleboot* no programa R (Peng, 2019). Esta função permite realizar reamostragens dentro de um conjunto de dados, permitindo comparações entre médias de dois grupos. Os principais elementos da função *two.boot* são: a média inicial de amostras, sendo o grupo controle (t_0); a diferença entre a média das amostras, ou grupo tratamento (t); e o número de reamostragens (R). Foi incluída na função uma subamostragem (com o *sample*) de 200 indivíduos da época da caça com a intenção de igualar o número de animais amostrados do presente, gerando uma média para cada reamostragem. Assim, realizou-se 2.500 reamostragens, comparando a média das épocas da caça e pós-caça.

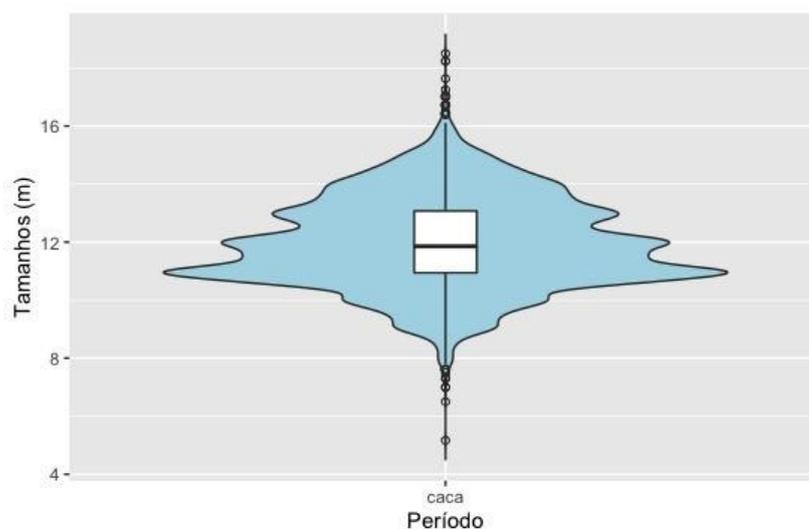
3 RESULTADOS

3.1 JUBARTE: PERÍODO DA CAÇA

A filtragem de informações sobre o banco de dados da IWC, totalizou 11.085 tamanhos para baleias-jubarte do estoque reprodutivo “A”, coletados entre o período de 1913 a 1960 (Figura 5). O tamanho mínimo foi de 5,16 m, e o maior com 18,5 m, porém esse foi excluído pelas razões apontadas acima. A média geral de comprimento dos animais caçados foi de 11,95 m (DP = $\pm 1,57$).

Para uma comparação coerente entre a população da época da caça e população do presente, apenas os animais considerados sexualmente maduros ($\geq 11,2$ metros) foram selecionados (Chittleborough, 1955). Sendo assim, restaram 7.202 animais (Média = 12,82, DP = $\pm 1,13$) sendo 3.328 fêmeas (Média = 13,02 metros, DP $\pm 1,21$), 3.865 machos (Média = 12,65, DP $\pm 1,03$).

Figura 5 - Distribuição e frequência dos tamanhos de baleias-jubarte caçadas no oceano Atlântico Sul Ocidental, entre 1913 a 1960. Dados disponibilizados pela Comissão Internacional da Baleia.



Fonte: elaborado pelo autor.

3.2 JUBARTE: PERÍODO PRESENTE

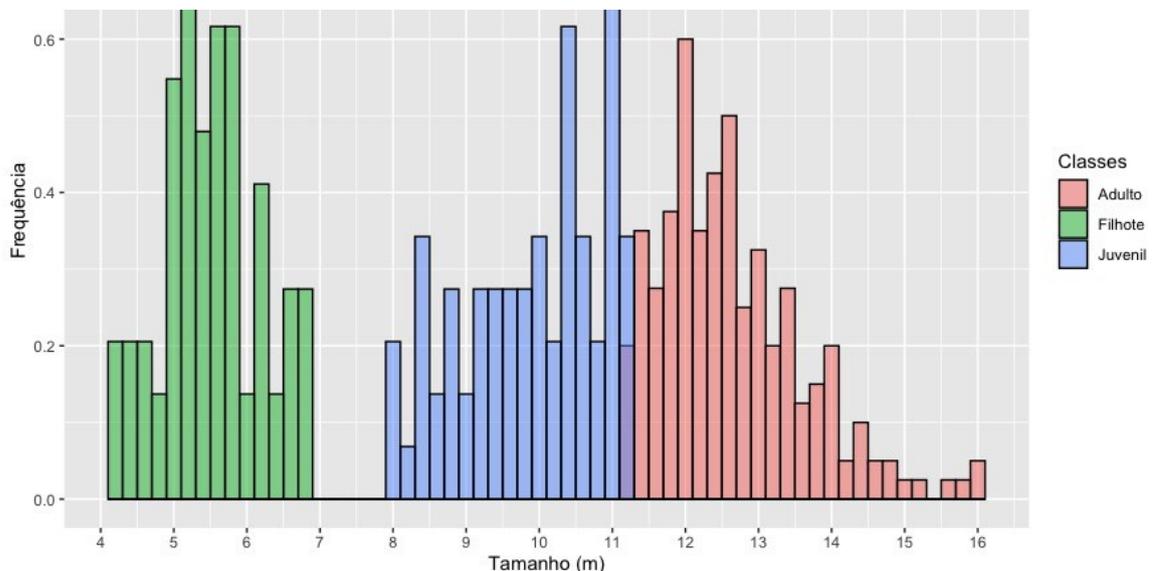
Foram mensuradas 346 baleias da população pós-caça (Tabela 1), sendo 307 animais amostrados pelo IBJ (entre 2018 e 2020), e 39 através do PMC-BS (entre 2021 e 2022). Todas as classes etárias foram registradas (Figura 6), com tamanho mínimo de 4,17 metros e máximo de 15,91 metros (Média = 10,56 e DP \pm 2,97 m) (Figura 7).

Tabela 1 - Valores dos tamanhos da baleia-jubarte coletados no Brasil com número amostral (n), média, mediana e desvio padrão, separados por classe etária.

Classe etária	n	Min - Max (m)	Média	Mediana	Desvio Padrão
Filhotes	73	4,17 - 6,90	5,52	5,48	0,671
Juvenis	73	8,01 - 11,18	9,89	10,05	0,956
Adultos	200	11,20 – 15,91	12,64	12,48	1,001
Total	346	4,17 – 15,91	10,56	11,64	2,973

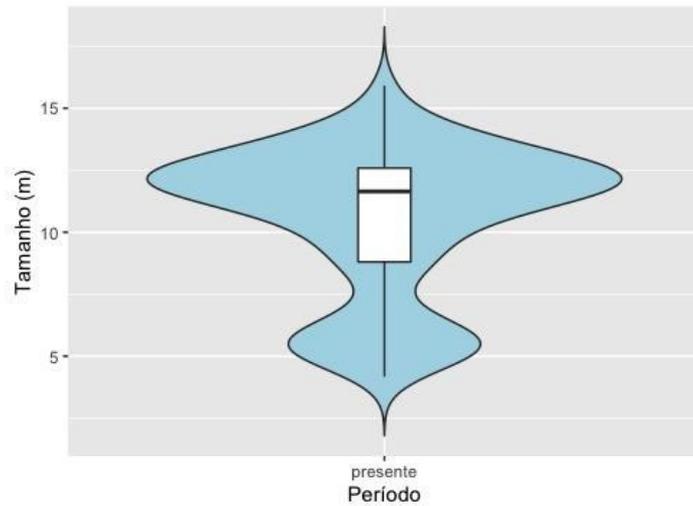
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 6 - Frequência relativa dos tamanhos da baleia-jubarte no Brasil separada por cada classe etária: 73 filhotes (4,17 a 8 m); 73 juvenis (≥ 8 e $\leq 11,19$ m); e 200 adultos ($\geq 11,2$ m).



Fonte: elaborado pelo autor.

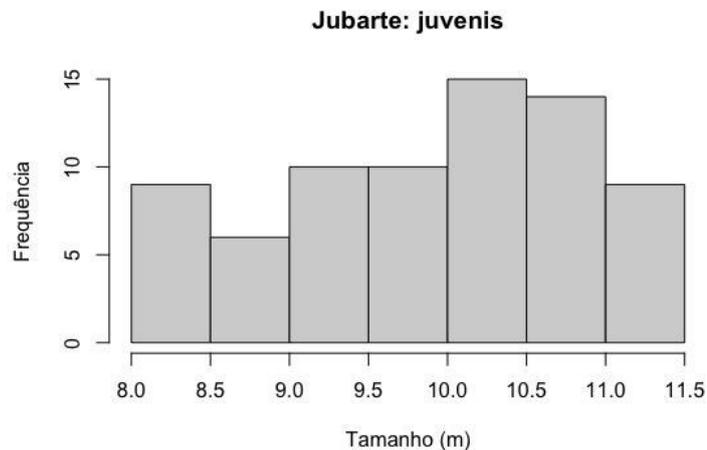
Figura 7 - Distribuição e frequência dos tamanhos de baleia-jubarte mensuradas através dos projetos IBJ e PMC-BS no Brasil, Oceano Atlântico Sul Ocidental, entre os anos de 2018 a 2022.



Fonte: elaborado pelo autor.

Um total de 73 indivíduos da baleia-jubarte (21,09%) foram classificados como juvenis (≥ 8 e $\leq 11,19$ m), sendo que a média dessa classe etária foi de 9,89 m (DP $\pm 0,95$) (Figura 8).

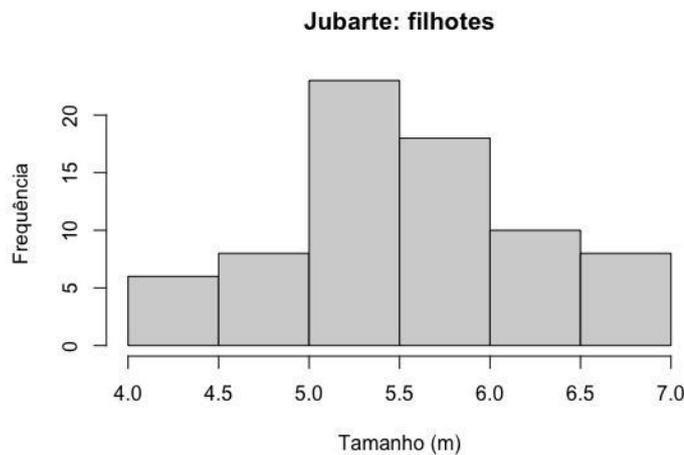
Figura 8 - Frequência de tamanho dos juvenis da baleia-jubarte do Brasil compreendidos entre 8 e 11,19 m (n = 73), com média de 9,89 m (DP $\pm 0,95$).



Fonte: elaborado pelo autor.

Foi possível medir 73 filhotes, representando 21,09% de jubartes amostradas. O tamanho variou entre 4,17 a 6,90 m (média = 5,52, DP \pm 0,67 m) (Figura 9). Embora o tamanho limite de filhotes foi dado como 8 metros de comprimento, um indivíduo de 8,39 m foi registrado em relação próxima a um adulto, assemelhando-se a relação de mãe e filhote, mas pelo tamanho tratava-se de um filhote da temporada reprodutiva anterior (*yearling*).

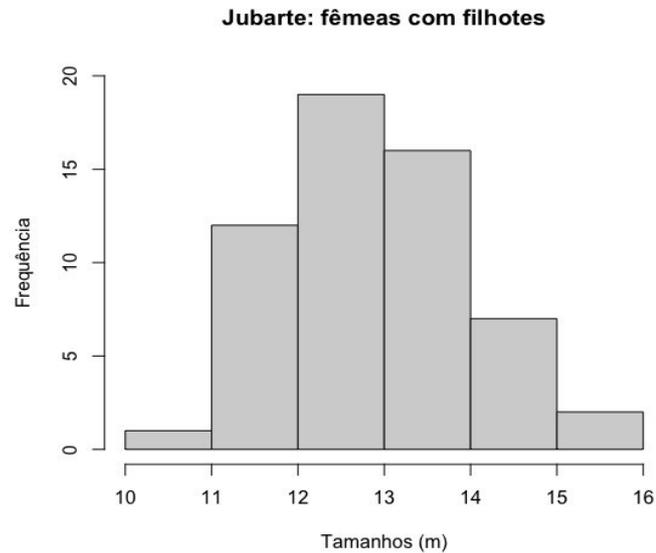
Figura 9 - Distribuição dos tamanhos dos 73 filhotes de baleia-jubarte medidos no Brasil (min = 4,17 m, máx = 6,90 m, média = 5,52 m e DP \pm 0,67).



Fonte: elaborado pelo autor.

Foi possível obter informações de 56 fêmeas de baleias-jubarte acompanhadas de filhotes, que variaram entre 10,41 e 15,91 m, média de 12,89 m e DP \pm 1,07 (Figura 10). Apenas uma fêmea com 10,41 m acompanhada de filhote não atingiu o tamanho mínimo de maturidade sexual proposto na literatura.

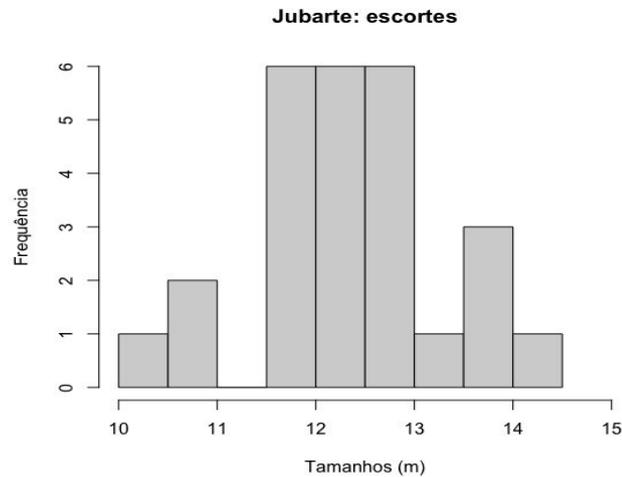
Figura 10 - Frequência de tamanho das fêmeas da baleia-jubarte acompanhadas por filhotes (n = 57) na costa do Brasil. Os tamanhos variaram entre 10,41 a 15,91 m (média 12,89, DP \pm 1,07), com o registro de uma fêmea de tamanho menor de 11,20 m.



Fonte: elaborado pelo autor.

Foram mensurados 26 escortes em grupos de fêmeas com filhotes, com tamanho mínimo de 10,44 e máximo de 14,38 m (Média = 12,38, DP = \pm 0,95) (Figura 11). Três animais apresentaram comprimento menor do que o tamanho de maturidade sexual, tratando-se de jovens. Nenhum sequer atingiu os 15 metros.

Figura 11 - Frequência dos tamanhos de escortes da baleia-jubarte amostrados no Brasil ($n = 26$). Os tamanhos variaram entre 10,44 a 14,38 (média 12,38, DP = $\pm 0,95$), com três registros de escortes de tamanho menor de 11,20 m.



Fonte: elaborado pelo autor.

3.3 COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS DE TAMANHO: JUBARTE.

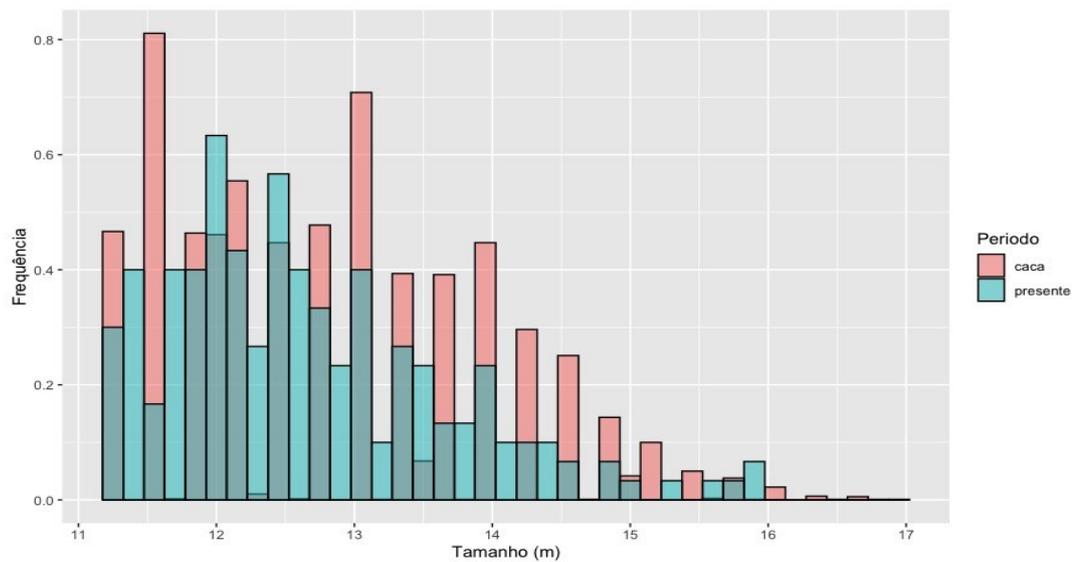
Foram aplicados dois testes a fim de comparar a média entre os animais amostrados no presente e durante a caça. Selecionando apenas os indivíduos adultos de ambos os períodos, tivemos dois grupos de animais: 200 do presente e 7.212 da caça (Figura 12).

O teste-t foi aplicado sobre os dois grupos, gerando uma diferença significativa de tamanho entre os dois períodos amostrados ($t = 2,5232$, $df = 213,45$, $p = 0,01236$), com intervalo de confiança de 95%. As médias, 12,82 (período da caça) e 12,64 m (período presente), apresentaram uma diferença de 18 centímetros (Figura 13).

O segundo teste, sub-amostramos 2.500 vezes nossos dados do período da caça e recentes, equiparando o tamanho amostral entre os dois períodos. Obtivemos então uma diferença significativa entre as médias de -0,29 (DP $\pm 0,10$), variando entre -0,50 e -0,08, dentro de um intervalo de confiança de 97% (Figura 14). A comparação entre as médias das populações amostradas no período da caça

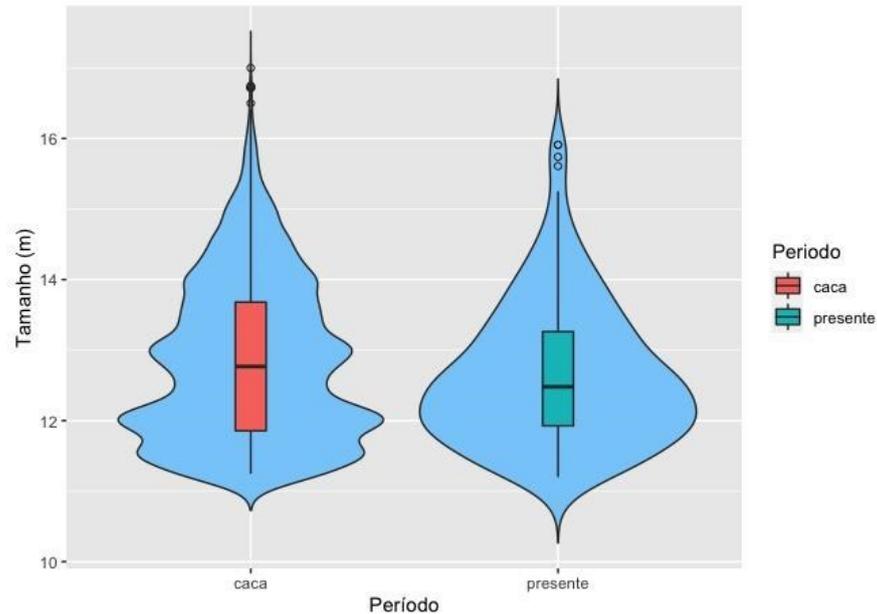
e do presente, resultou em uma diferença de aproximadamente 30 cm a menos para os animais recentes.

Figura 12 - Frequência relativa dos tamanhos da população caçada (IWC) e do presente de baleias-jubarte adultas. Observa-se uma predominância de indivíduos de tamanho corporal maior do período da caça, principalmente daqueles maiores que 14 metros.



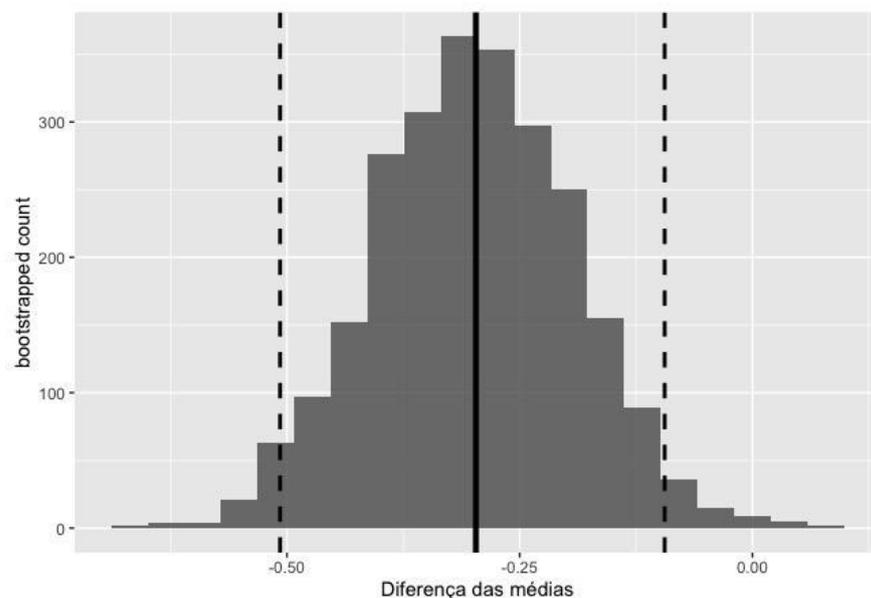
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 13 - Distribuição dos tamanhos da baleia-jubarte e da frequência entre o período da caça e do presente, mostrando a diferença entre as médias amostradas. O período da caça explica a sua média maior com uma maior quantidade de animais entre 14 e 16 metros.



Fonte: dados de caça disponibilizado pela IWC e dados do presente coletados pelo autor.

Figura 14 - Diferença entre médias da população presente e do período da caça (2.500 reamostragens da população). O gráfico apresenta a diferença entre médias de $-0,29$ ($DP \pm 0,10$), representando aproximadamente 30 cm de diferença de tamanho, com 97% IC. O intervalo de confiança das diferenças simuladas entre as médias não inclui o zero e, portanto, indicam uma diferença significativa.

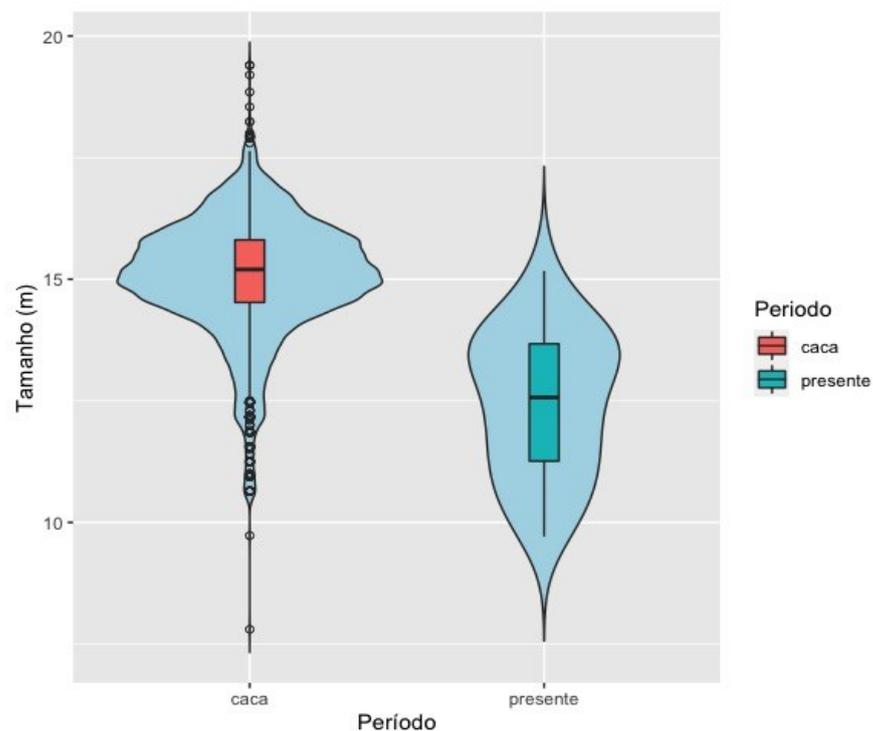


Fonte: elaborado pelo autor.

3.4 ANÁLISE DE DADOS DE BALEIA-SEI: PERÍODO DA CAÇA

Da mesma maneira do que foi realizado para a baleia-jubarte, uma filtragem inicial foi feita para certificar-se que se estava trabalhando com o mesmo estoque de baleias-sei amostradas no presente, dentro da área de alimentação II (estipulada pela IWC), abrangendo as latitudes de 60°W a 0°, restritas ao Hemisfério Sul. Assim, o banco de dados inicial totalizou 4.978 indivíduos caçados entre o período de 1948 a 1977. Os tamanhos abrangeram todas as classes etárias, sendo o tamanho mínimo de 7,80 metros e o máximo de 19,40 metros, com média de 15,03 metros (DP \pm 1,22) (Figura 15).

Figura 15 - Distribuição e frequência dos tamanhos de baleia-sei caçadas no oceano Atlântico Sul Ocidental, entre 1948 a 1977; e distribuição e frequência dos tamanhos registrados da população de baleia-sei do período presente. Observa-se a reduzida quantidade de indivíduos adultos na população do presente.



Fonte: dados de caça disponibilizado pela IWC e dados do presente coletados pelo autor.

3.5 SEI: PERÍODO PRESENTE

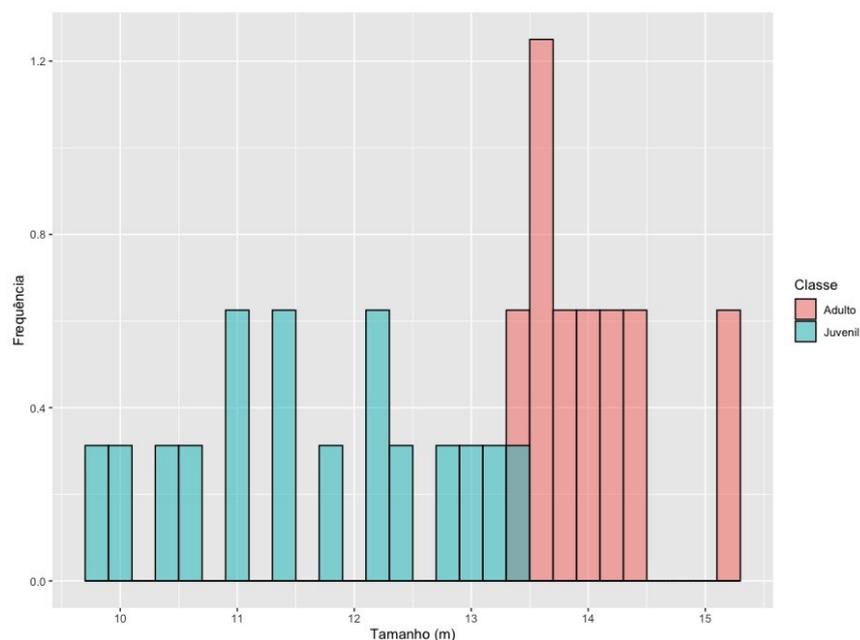
Foram mensuradas 24 baleias-sei entre os anos de 2019 e 2022 na Baía de Santos (Tabela 2). O tamanho mínimo foi de 9,71 m, e máximo de 15,17 m (Média = 12,44 m e DP \pm 1,50) (Figura 16). Realizando a classificação etária segundo o tamanho dos animais, constatamos que 16 (66,4%), se enquadram como indivíduos juvenis. Nenhum filhote foi registrado, já que indivíduos juvenis são considerados a partir dos 9 metros de comprimento. Apenas oito indivíduos (33,3%) foram classificados como adultos (\geq 13,40 m).

Tabela 2 - Valores dos tamanhos da baleia-sei no Brasil, com número amostral (n), média, mediana e desvio padrão separados por classe etária.

Classe etária	n	Tamanho (m)	Média	Mediana	Desvio Padrão
Juvenis	16	9,71 – 13,39	11,66	11,64	1,155
Adultos	8	13,49 – 15,17	14,02	13,84	0,539
Total	24	9,71 – 15,17	12,44	12,57	1,502

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 16 - Frequência relativa dos tamanhos de baleia-sei amostradas no presente, separada por classe etária: 16 juvenis (\geq 9 e \leq 13,39 m); e oito adultos (\geq 13,4 m).



Fonte: elaborado pelo autor.

3.6 FONTES DE ERRO: COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

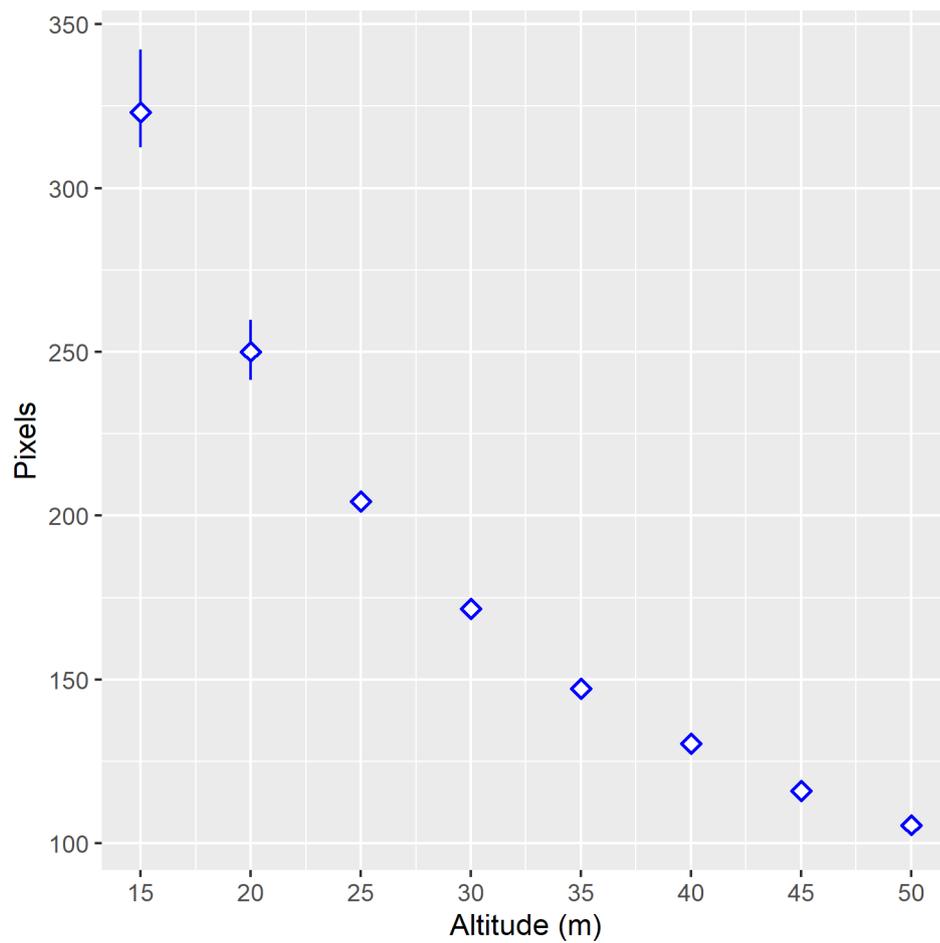
Foram coletadas 40 medidas de imagem de escala (2 m), com cinco reamostragens para cada altitude (Tabela 3). As médias e desvio padrão foram maiores para as altitudes mais baixas (15 e 20 m), consecutivamente tendo um coeficiente de variação maior, 3,76% e 2,83% respectivamente. Os dois menores coeficientes foram de 0,76%, aos 35 m e 0,82%, aos 25 m de altitude (Figura 17). Para entender qual a influência dessa variação sobre o tamanho total da escala, multiplicamos o tamanho de cm/pixel entre a maior e menor variação de cada altitude amostrada (Tabela 4). As maiores variações sobre a escala acometeram um erro de $\pm 18,9$ e 13 cm sobre o tamanho final. As demais altitudes sofreram pouca variação, em média de 4,7 cm.

Tabela 3 - Coleta de imagem de escala de (2 m) entre 15 e 50 metros de altitude, com cinco reamostragens para cada altitude. As medidas foram extraídas em pixel onde representando os seguintes valores: Tamanho em pixel, representa valor mínimo e máximo; Média e DP, desvio padrão dos valores em pixel; Média (cm/pixel), representa a média dos valores convertidos de centímetros por unidade de pixel; e CV, o coeficiente de variação para cada altitude, sendo o DP dividido pela média e multiplicado por 100.

Altitude (m)	Tamanho em pixel	Média (pixel)	DP (pixel)	Média (Cm/pixel)	CV
15	312,4 – 342,1	323,1	12,16	0,60	3,76
20	241,4 – 259,7	250,1	7,08	0,80	2,83
25	202,8 – 206,2	204,3	1,69	0,97	0,82
30	169,2 – 173,5	171,6	1,95	1,16	1,14
35	145,7 – 148,7	147,2	1,13	1,35	0,76
40	129,0 – 131,9	130,4	1,16	1,53	0,89
45	114,3 – 117,8	116,1	1,29	1,70	1,11
50	103,8 – 107,1	105,6	1,37	1,90	1,30

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 17 - A média e desvio padrão dos pixels mensurados de uma escala de 2 metros, em cinco reamostragens para cada altitude (dos 15 aos 50 metros). Observa-se uma maior variação para as duas altitudes mais baixas de coleta, 15 e 20 metros.



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 4 - Utilizando o valor máximo e mínimo de pixel e cm/pixel de cada altitude, foi obtido a variação de centímetros sobre o tamanho final da escala.

Altitude (m)	Variação do tamanho da escala (cm)	Média (cm)
15	218,9 – 181,1	± 18,9
20	212,9 – 185,8	± 13,5
25	202,0 – 196,7	± 2,6
30	204,6 – 194,6	± 5,0
35	203,7 – 195,2	± 4,2
40	204,4 – 194,8	± 4,8
45	204,8 – 193,2	± 5,8
50	205,5 – 193,1	± 6,2

Fonte: elaborado pelo autor.

4 DISCUSSÃO

4.1 FONTES DE ERROS

O presente estudo coletou dados de escala de tamanho conhecido para todos os voos de coleta de fotogrametria, não utilizando a variável altitude para a mensurar os animais e sim, a conversão do tamanho da escala de pixel em metros. A alteração de altitude entre a coleta de imagem de escala e coleta de imagem do animal a ser fotogrametado foi evitada também. Desta maneira, vieses causados pela falta de acurácia do altímetro barométrico do DJI Phantom 4 foram evitados. Toda triagem dos vídeos, captura dos *frames* com o momento ideal para mensurar os animais e medidas geradas foram realizadas por apenas um pesquisador, evitando variações individuais na aplicação do método de fotogrametria. Em situações na qual o mesmo indivíduo se encontrou em posição favorável para fotogrametria, até três medidas foram geradas, utilizando assim a média das medidas para definir o tamanho do animal. Outro fator, considerado fonte de erro é a ondulação e ventos fortes. Contudo, o VANT voou em condições máximas de mar em escala Beaufort 3, de ventos de 12 a 19 km/h, e ondulação de aproximadamente 60 cm. Os erros e sugestões de como reduzi-los são descritos por Bierlich *et al.* (2021) e Burnett *et al.* (2019), bem como, atesta o uso do modelo de VANT utilizado no presente estudo como método mais preciso, quando utilizando imagem de escala para cada voo realizado.

O coeficiente de variação foi gerado sobre os pixels mensurados da escala com reamostragens feitas após alterar a altitude do VANT. No dia da coleta o estado do mar era Beaufort 2, porém, com *swell* residual de 1 m. Desta maneira, o coeficiente de variação avaliou questões voltadas aos erros gerados a partir dessas fontes e pequenas possíveis alterações causadas pelo próprio VANT. As altitudes menores amostradas, 15 e 20 m, representaram os maiores erros entre as demais, de 3,76% e 2,83% respectivamente, contudo, seja ainda um valor baixo e que denota um conjunto de dados homogêneos (<25%). A altitude de voo de coleta no presente estudo, variou de 20 a 30 m. A partir do coeficiente de variação, atesta-se que altitudes maiores 30 m, que mantenha um bom nível de detalhe do animal amostrado, favoreça a redução erros causados pela distorção dentro de cada pixel. É importante ressaltar que estes erros causam mais ruídos sobre estudos que avaliem animais de tamanho corporal menor, como pequenos cetáceos.

Em estudos de fotogrametria que utilizam as configurações da câmera e a variável altitude, os testes e validação são de extrema importância para correções de erros (Bierlich *et al.*, 2021; Burnett *et al.*, 2019). Neste caso, é importante ter um VANT equipado com um estimador de distância a laser, chamado de LIDAR, o qual pode efetuar medidas altimétricas com maior acurácia, gerando variações na casa dos milímetros (Dawson *et al.*, 2017). No método de fotogrametria aplicado no presente trabalho, excluimos estes erros mantendo apenas uma altitude entre a imagem de calibração e a coleta de imagem da baleia.

Outro erro potencial se encontra na base de dados de animais caçados, fornecidos pela IWC. Informações referentes ao tamanho dos animais abatidos podem conter erros relacionados aos métodos distintos aplicados ao mensurar o animal como também na falsificação de dados diante da lei limitava o tamanho mínimo para abate (Best, 1989). O problema da falsificação é descrito por Best (1989), onde ressalta que animais caçados abaixo do tamanho limite, eram registrados com um tamanho logo acima do limite permitido e que animais maiores eram “encolhidos”. Assim, compensando a baixa produção de óleo, dada a quantidade de baleias abatidas. Dessa forma, a falsificação dos tamanhos estaria influenciando principalmente o efeito dos animais maiores sobre a média da população caçada, realizada no presente estudo. Já a variação de métodos aplicados para mensurar os animais, em algumas situações, poderia “aumentar” o tamanho do animal, como quando realizada sobre o dorso, adicionando na medida a curvatura do corpo. Com a regulamentação da caça comercial, publicada pela *International Convention for the Regulation of Whaling* (1946), questões voltadas ao método de mensurar os animais foram discutidas e implementadas, afim de padronizar a tomada de informações coletadas. Foi também proposto, como forma de assegurar a veracidade das informações geradas pelas nações baleeiras, que as embarcações deveriam ter inspetores responsáveis por esta coleta (Gambell, 1977). Contudo, os dados gerados através da caça histórica são base de informações importantes que favorecem o entendimento e manejo das espécies exploradas (Clements *et al.*, 2017; Lockyer, 2007; Rocha *et al.*, 2015; Tormosov *et al.*, 1998; Torres *et al.*, 2013).

4.2 REDUÇÃO NO TAMANHO CORPORAL: JUBARTES

Os testes realizados no presente estudo apresentaram diferenças significativas sobre o tamanho corporal da baleia-jubarte da população presente. Através do teste-*t*, obtivemos uma diferença de animais do presente 19 cm menores, contudo, comparamos médias entre duas bases de dados de tamanhos díspares. Dessa maneira, realizamos o segundo teste, equalizando os tamanhos das amostras, resultando em uma diferença significativa estimada em 30 cm (97% CI). Embora as diferenças encontradas sejam de centímetros sobre animais que potencialmente alcançam 16 a 17 m, a caça retirou centenas de milhares de animais dos oceanos sendo até então a principal fonte de distúrbio sobre as populações de cetáceos.

A baleia-jubarte teve dois ápices de capturas no período moderno da caça, acontecendo entre 1900 - 1919 e 1950 - 1959 no Hemisfério Sul (Rocha *et al.*, 2016). Estima-se que o estoque reprodutivo “A” em 1950, era representado por apenas 4% da população pré-caça (Zerbini *et al.*, 2011). Na década de 60, as capturas feitas pela “Companhia de Pesca Norte do Brasil”, totalizaram apenas 32 indivíduos em quatro temporadas de caça (1960 - 1963) (Paiva & Grangeiro, 1965), e 13 nas quatro temporadas posteriores (1964 - 1967), todos capturados em um único ano de caça (Paiva & Grangeiro, 1970). A baleia-jubarte como espécie alvo de caça já não era mais viável comercialmente e sua população fortemente impactada.

Os efeitos da sobrepesca sobre o tamanho corporal são amplamente descritos para diversas espécies de peixes, como: (Beard & Kampa, 1999; Haug & Tjemsland, 1986; Heino & Godø, 2002; Oke *et al.*, 2020; Shackell *et al.*, 2009; Sheridan, 1995). Para as baleias, Clements *et al.* (2017) utilizou o banco de dados da caça, atestando o declínio do tamanho corporal ao longo do período da caça moderna para quatro espécies: a baleia-sei, a fin, a azul e a cachalote. A redução do tamanho corporal também pode ser tida como um sinal prévio do colapso desses estoques (Clements *et al.*, 2017).

Segundo a bibliografia, as baleias-jubarte possui grande tamanho corporal e o potencial de atingir 17 m (Jefferson *et al.*, 2015), com registros históricos de até 18,6 m (Carwardine, 2019). No presente estudo, apenas 19 indivíduos classificados como adultos passaram dos 14 metros de comprimento (9,5%). O tamanho máximo registrado no período presente foi de 15,91 m. O mesmo aconteceu para a população de jubartes da costa leste da Austrália, estoque reprodutivo E1, que encontrou o máximo 16,2 m (Russell *et al.*, 2022). No Arquipélago do Havaí, jubartes fêmeas foram mensuradas através de videogrametria, com animais atingindo comprimento máximo de 14,75 m (Pack *et al.*, 2009). As médias de tamanhos entre os diferentes estoques variaram similarmente: Arquipélago do Havaí, 12,35 m (Pack *et al.*, 2009), presente estudo 12,64 m, e da Austrália, E1, ligeiramente maiores, com 12,70 m (Russell *et al.*, 2022).

A exclusão dos animais maiores, consecutivamente mais velhos e sexualmente maduros, afetam a ecologia, demografia e história de vida da população alvo (Fenberg & Roy, 2008). Estudos realizados com outros balaenopterídeos caçados na Antártica, apontam que ao longo da exploração dos estoques daquela região, a baleia-fin teve um aumento na taxa de prenhez, que passou de 50% em 1920 para 70% ou mais em 1930 (Laws 1961), associado a um aumento na frequência de ovulação da espécie (Gambell, 1973). Da mesma forma, efeitos sobre o crescimento mínimo atrelado à maturação sexual da baleia-fin e sei aparentemente decaíram ao longo dos anos (Lockyer 1972, 1974). Estas mudanças foram atribuídas ao excedente de krill (*Euphausia superba*), causada pela redução drástica de baleias que se alimentam principalmente dele, favorecendo o crescimento mais rápido e a maturação precoce (Laws, 1961). Avaliando as medidas de 57 fêmeas acompanhadas por filhotes registradas no presente trabalho, apenas uma foi registrada abaixo do tamanho da maturação sexual descrita na bibliografia, com 10,41 m de comprimento. Dessa maneira, o efeito de maturação sexual em indivíduos menores não foi aparente na população estudada. Russell *et al.* (2022), mediu 48 fêmeas de baleias-jubarte lactantes do estoque E1, encontrando também apenas uma abaixo da linha que separa fêmeas adultas de imaturas, com 10,80 m.

O levantamento de filhotes e juvenis totalizaram 42,2% ($n = 146$) de indivíduos amostrados do período presente, 21,1% para cada classe etária. O levantamento na região do Banco dos Abrolhos, principal área de reprodução e nascimento das jubartes do estoque “A” (Engel, 1996), favoreceu o levantamento de tamanho para todas as classes etárias. Dos grupos registrados de fêmeas acompanhadas por filhote, um indivíduo apresentou tamanho máximo de 8,39 m. Esse indivíduo foi classificado como filhote perante a relação próxima do indivíduo adulto, a fêmea, mas provavelmente tratava-se de um filhote da temporada anterior (*yearling*). Em relação ao levantamento de Russell *et al.* (2022), o tamanho dos 48 filhotes amostrados variou similarmente, contudo, com o tamanho mínimo e máximo dos filhotes foi ligeiramente menor (3,7 a 7,9 m, média = 5,9, DP = $\pm 0,81$). A média dos indivíduos do estoque “A” foi ligeiramente menor mesmo com n amostral maior.

Estudos apontam que as regiões da península Antártica vem apresentando tendência ao aquecimento ao longo dos anos e redução das banquisas de gelo (Fraser *et al.*, 1997; Parkinson, 2002). Como essas bordas de gelo estão ligadas a produtividade na região Antártica (Nicol *et al.*, 2008), espera-se que esses efeitos irão afetar a produtividade de krill nas áreas de alimentação das espécies estudadas. Dessa maneira, com o aumento das populações de baleias competindo por seu principal alimento, e aqui podemos incluir também a pesca do krill, somado aos efeitos de aquecimento global, um novo cenário se desenrola. Em estudos realizados com baleia-franca e jubartes, há relação linear positiva entre tamanho corporal da fêmea em relação ao filhote (Christiansen *et al.*, 2016; Pack *et al.*, 2009), e que em jubartes, indivíduos machos preferem acasalar com fêmeas de tamanho corporal maior (Pack *et al.*, 2009), dando assim maiores chances ao sucesso reprodutivo. Contudo, sugere-se que animais com deficiência nutricional ou baixa condição corporal reduzam o investimento energético sobre a prole em favor da sua própria sobrevivência (Lockyer, 2007). Além do mais, atesta-se que eventos como El Niño e demais atrelados ao aquecimento do oceano em regiões Antártica, acarreta em maior mortalidade de baleias-francas-austral, reduzindo as chances de recuperação do estoque (Agrelo *et al.*, 2021). Com as baleias-francas-do-Atlântico-norte, um estudo recente mostrou que impactos antrópicos não-letais, influenciam negativamente o crescimento dos animais, sendo o empalhamento em redes o

principal fator de estresse (Stewart *et al.*, 2021). Assim, o presente estudo serve como ligação entre os dados gerados pela caça e base de dados para futuros estudos que utilizem o tamanho corporal como parâmetro de estudo.

Após 35 anos da moratória da caça, o estoque reprodutivo “A” vem mostrando uma recuperação significativa na sua população (Bortolotto *et al.*, 2016; Pavanato *et al.*, 2017; Zerbini *et al.*, 2019). Este aumento é notado não somente através das estimativas populacionais realizadas, como também no aumento de registros de jubartes em comportamento reprodutivo e com a presença de filhotes em áreas onde não eram vistas anteriormente (Gonçalves *et al.*, 2018; Morete *et al.*, 2022). Para constatação se a espécie ainda tem o potencial de atingir os comprimentos máximos, estudos que abordem aspectos morfométricos são importantes. Além disso, aspectos relacionados ao tamanho e condição corporal favorecem estimar as condições de saúde de uma população (Christiansen *et al.*, 2020), demandas de custo energético reprodutivo (Christiansen *et al.*, 2016, 2022), como também entender processos demográficos atribuídos às diferentes classes etárias (Russell *et al.*, 2022).

4.3 BALEIA-SEI

O presente trabalho traz informações inéditas sobre tamanho corporal de animais vivos para a baleia-sei, o primeiro passo para o melhor entendimento e avaliação desta população que foi uma das últimas e mais fortemente exploradas no período da caça comercial. Devido ao baixo número de animais amostrados, não foi possível realizar uma comparação entre a média de tamanhos dos períodos da caça comercial e a situação presente.

Os tamanhos registrados para esta espécie indicam uma baixa proporção de indivíduos maduros, de 33,3% ($n = 8$) entre os animais amostrados. Contudo, se os impactos da caça e outros fatores de estresse sobre a população tenham resultado em animais de tamanho corporal menor, podemos estar amostrando animais já sexualmente maduros. Porém, é interessante ressaltar que o PMC-BS, que atua na região desde o final de 2015, registrou apenas duas vezes filhotes na Bacia de Santos. Alguns dados de caça evidenciam a presença de fêmeas prenhes (Paiva &

Grangeiro 1965) e ressaltam que a maior proporção de machos abatidos na costa Nordeste do Brasil se dava devido à lei que proibia a caça de fêmeas com filhotes (Paiva & Grangeiro, 1970). Outros registros da presença de filhotes foi registrada também na área da cadeia de Vitória-Trindade, próximo a ilha de Trindade (Heissler *et al.*, 2016). Entretanto, o baixo número de filhotes amostrados na Cadeia Vitória-Trindade impedem qualquer conclusão. Sendo assim, a área da Bacia de Santos pode estar sendo mais frequentada por animais jovens ou próximos de atingir a maturidade sexual, enquanto as áreas de berçário podem estar mais ao norte da Bacia de Santos. Os indivíduos juvenis amostrados no presente trabalho representaram 66,7% (n = 16) dos animais amostrados. Segundo Cooke (2018), a população global de baleias-sei sexualmente madura em 2018 representava aproximadamente 30% da sua população pré-caça. Nas Ilhas Malvinas, área de alimentação da população estudada no presente trabalho, os registros de baleias no entorno do arquipélago mostram uma reocupação e maior frequência de encontros da espécie na área (Frans & Augé, 2016). Portanto, o registro desses indivíduos juvenis no presente trabalho pode estar atrelado a recuperação dessa população, uma das últimas mais fortemente explorada pela caça.

A baleia-sei é a terceira maior baleia da Família balaenopteridae e sua descrição em guias de identificação mostram uma ampla variação de tamanhos. Algumas referências citam indivíduos que podem atingir 20 m (Horwood, 2009), ou 18 m (Jefferson *et al.*, 2015), mas que comumente estão na faixa dos 15 m (Carwardine, 2019; Horwood, 2009; Jefferson *et al.*, 2015). As baleias-sei do Hemisfério Sul são um pouco maiores que as do Hemisfério Norte, com machos variando entre 13-16 metros e as fêmeas 14-17 metros (Carwardine, 2019). O tamanho dos animais abatidos entre 1960 e 1963 no Nordeste do Brasil, indicam na maioria fêmeas com 18 m, e na temporada de 1962 alguns casos próximos dos 19 m (Paiva & Grangeiro, 1965). Contudo as médias para ambos os sexos entre todas as temporadas se mantiveram em 15,40 m (Paiva & Grangeiro, 1965). Já na continuação do levantamento (temporadas: 1964 - 1967), a média caiu para 14,82 m, demonstrando um declínio no tamanho dos animais caçados, provavelmente um indício da sobrepesca sobre a população (Paiva & Grangeiro, 1970). O tamanho máximo encontrado no presente trabalho foi de um indivíduo de 15,17 m e média de 12,44 m. Nos 4.978 registros de caça analisados no presente trabalho, restritos ao

Hemisfério Sul entre 60° W e 0° de longitude, o maior animal registrado foi de 19,40 m. Apenas três animais abatidos passaram dos 19 m, mostrando a baixa frequência desses animais maiores na população. Assim como questionado para baleia-jubarte, fica a pergunta se estes animais ainda tem o potencial de atingir seus tamanhos máximos e se houve uma redução significativa sobre o tamanho corporal, acarretando assim uma mudança em parâmetros da história de vida.

A baleia-sei é a menos estudada dentre as espécies de sua família (Pietro *et al.*, 2012). É importante salientar que muito do que se sabe da espécie advém de estudos gerados com os animais abatidos (Best & Lockyer, 2002; Horwood, 1984; Lockyer, 1974). Recentemente, com sinais da recuperação do estoque de baleia-sei que visita a costa brasileira e se alimenta na proximidades das Ilhas Malvinas, Oceano Atlântico Sul, novos estudos estão sendo possíveis pela proximidade que estes animais chegam do arquipélago (Weir *et al.*, 2017, 2018, 2020). A dificuldade de executar estudos na costa brasileira recai sobre a utilização de áreas oceânicas pela espécie. Por isso, os pequenos esforços no levantamento de informações dessa população, irão contribuir no entendimento e aplicação de políticas e manejo para espécie.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho mostra que uma grande parcela dos animais amostrados, para ambas as espécies, não chegam aos tamanhos reportados na literatura (e.g., Carwardine, 2019; Horwood, 1987; Jefferson *et al.*, 2015). A baleia-jubarte com 200 indivíduos considerados adultos ($\geq 11,20$ m), apenas 9,5% ($n = 19$), passaram dos 14 metros de comprimento. A baleia-sei, embora com um número baixo de animais amostrados, mostrou a mesma tendência, com a presença de uma população de animais jovens na área da Bacia de Santos, segundo a classificação etária realizada. Devido o baixo n-amostral de baleias-sei, não foi possível realizar as comparações entre as populações da caça e pós-caça, sendo assim, caso a diminuição corporal tenha acontecido, os animais amostrados podem estar atingindo maturidade sexual mais cedo. O resultado também instiga questões de registros históricos de tamanho máximo de cada espécie. Os animais ainda tem o potencial de alcançar esses tamanhos?

A técnica de fotogrametria aérea usada no presente trabalho exige uma gravação de imagem de escala para cada voo realizado. Para redução de erros sobre as medidas estimadas, a altitude do voo entre calibração de escala e coleta da imagem do animal não deve variar.

Ambos os testes realizados para comparar as populações da caça e pós-caça de baleia-jubarte, refletem na diminuição média de tamanho corporal para a espécie. Contudo, essa resposta pode estar atrelada não somente ao impacto da caça, mas como outras fontes impactos não-letais. De acordo com as projeções feitas sobre as alterações climáticas, somadas a competitividade intra e interespecífica sobre o krill, esses efeitos poderão se expressar em tamanho e condição corporal dos indivíduos.

O presente estudo serve de base de dados para avaliações futuras sobre as populações de baleia-jubarte e baleia-sei do oceano Atlântico Sul ocidental

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO-WHITEHOUSE, K.; ROCHA-GOSSELIN, A.; and GENDRON, D. A novel non-invasive tool for disease surveillance of free-ranging whales and its relevance to conservation programs. **Animal Conservation** 13, 217–225. . 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2009.00326.x>
- AGRELO, M. *et al.* Ocean warming threatens southern right whale population recovery. **Science advances**, 7(42), 2021.
- ALEIXO, F.; O'CALLAGHAN, S. A.; SOARES, D. L.; NUNES, P.; and PRIETO, R. AragoJ: A free, open-source software to aid single camera photogrammetry studies. **Methods Ecol Evol.** 00: p. 1–8. 2020. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13376>
- ANDRIOLO, A.; KINAS, P. G.; ENGEL, M. H.; MARTINS, C. C. A.; and RUFINO, A.M. Humpback whale population estimates and distribution along the Brazilian breeding ground. **Endangered Species Research**, 11: 233-243, 2010.
- BEARD, T. D.; and KAMPA, J. M. Changes in bluegill, black crappie, and yellow perch populations in Wisconsin during 1967–91. **North American Journal of Fisheries Management**, 19, 1037–1043, 1999.
- BEST, P. Some comments on the BIWS catch record data base. **Rep. Int. Whal. Commn.** 39, 363 – 369, 1989.
- BEST, P.B. & RÜTHER, H. (1992). Aerial photogrammetry of southern right whales, *Eubalaena australis*. **J. Zool.** (Lond.) 228, 595–614.
- BEST, P.; & LOCKYER, C. Reproduction, growth and migrations of sei whales *Balaenoptera borealis* off the west coast of South Africa. **South African Journal of Marine Science.** 24, 2002.
- BORTOLOTTI, G. A.; DANILEWICZ, D.; ANDRIOLO, A.; SECCHI, E. R.; and ZERBINI, A. N. Whale, Whale, Everywhere: increasing abundance of western south atlantic humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in their wintering grounds. **PLOS ONE** 11 (10), 2016. [doi:10.1371/journal.pone.0164596](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164596)
- BURNETT, J. D.; LEMOS, L.; BARLOW, D.; WING, M. G.; CHANDLER, T.; and TORRES, L. G. Estimating morphometric attributes of baleen whales with photogrammetry from small UASs: A case study with blue and gray whales. **Marine Mammal Science**, 35(1), 108-139. 20, 2019. [doi:10.1111/mms.12527](https://doi.org/10.1111/mms.12527)
- CASTRO, J.; BORGES, F.O.; CID, A.; LABORDE, M.I.; ROSA, R.; and PEARSON, H.C. Assessing the Behavioral Responses of Small Cetaceans to Unmanned Aerial Vehicles. **Remote Sens.** 13, 156. 2021.

[https://doi.org/ 10.3390/rs13010156](https://doi.org/10.3390/rs13010156)

CARWARDINE, M. **Handbook of Whales, Dolphins and Porpoises of the World**. Princeton University Press. New Jersey. 2019, 528.

CHENEY, B. J. ; DALE, J.; THOMPSON, P. M.; and QUICK, N. J. Spy in the Sky: a Method to Identify Pregnant Small Cetaceans. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**. 2022.
doi: 10.1002/rse2.258

CHITTLEBOROUGH, R. G. Puberty, physical maturity, and relative growth of the female humpback whale, *Megaptera nodosa* (Bonnaterre), on the Western Australian coast. **Australian Journal of Marine and Freshwater Research** v. 6: p. 315–327, 1955.

CHITTLEBOROUGH, R. G. Determination of age in the humpback whale, *Megaptera nodosa* (Bonnaterre). **Marine and Freshwater Research**, 10, 125– 143, 1959.

CHITTLEBOROUGH, R. G. Dynamics of two populations of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski). **Marine and Freshwater Research**, 16, 33–128, 1965.

CHRISTIANSEN, F.; DAWSON, S. M.; DURBAN, J. W.; FEARNBACH, H., *et al.* Population comparison of right whale body condition reveals poor state of the North Atlantic right whale. **Marine Ecology Progress Series**. 640:1-16, 2020.
<https://doi.org/10.3354/meps13299>

CHRISTIANSEN, F.; UHART, M. M.; BEJDER, L.; CLAPHAM, P.; IVASHCHENKO, Y.; TORMOSOV, D.; LEWIN, N.; and SIRONI, M. Fetal growth, birth size and energetic cost of gestation in southern right whales. **Journal of Physiology**. 2022.
<https://doi.org/10.1113/JP282351>

CHIVERS, S. J. Cetacean Life History. In: PERRIN, W. F.; WÜRSIG, B. G.; THEWISSEN, J. G. M. (Eds) **Encyclopedia of marine mammals**. Academic Press, San Diego, CA, 2009. p 1239–1243.

CLAPHAM, P. J.; and BAKER, C. S. Whaling, modern. In: PERRIN, W. F.; WÜRSIG, B. G.; THEWISSEN, J. G. M. (Eds) **Encyclopedia of marine mammals**. Academic Press, San Diego, CA, 2009. p 1239–1243.

CLARK, C. W. ; and LAMBERSON, R. An economic history and analysis of pelagic whaling. **Marine Policy**, 6(2), 103–120. 1982.
doi:10.1016/0308-597x(82)90065-3

CLEMENTS, C. F., BLANCHARD, J. L., NASH, K. L., HINDELL, M. A. & OZGUL, A. Body size shifts and early warning signals precede the historic collapse of whale stocks. **Nat. Ecol. Evol.** 1, 0188, 2017.

COOKE, J.G. *Balaenoptera borealis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T2475A130482064. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T2475A130482064.en>. Acessado em 01.nov 2022.

CYPRIANO-SOUZA, A. L.; FERNANDEZ, G. P.; LIMA-ROSA, C. A. V.; ENGEL, M. H.; and BONATTO, S. L. Microsatellite genetic characterization of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) breeding ground off Brazil (Breeding Stock A). **Journal of Heredity**, 101(2), 189-200, 2020.

DAWSON, S. M. ; BOWMAN, M. H. ; LEUNISSEN, E. ; and P. SIRGUEY. Inexpensive aerial photogrammetry for studies of whales and large marine animals. **Frontiers in Marine Science**. 4:366, 2017.

de MORAIS, I. O. B.; DANILEWICZ, D.; ZERBINI, A. N.; EDMUNDSON, W.; HART, I. B.; and BORTOLOTTI, G. A. From the southern right whale hunting decline to the humpback whaling expansion: a review of whale catch records in the tropical western South Atlantic Ocean. **Mammal Review**, 47(1), 11-23. 2017.

DOLBEER, R. Migration Patterns on Age and Sex Classes on Starlings of Blackbirds and Starlings. **Journal of Field Ornithology**, 53(1), 28–46. 1982. <http://www.jstor.org/stable/4512685>

DONAVON, G. P. A review of IWC stock boundaries. **Rep. Int. Whal. Comm.** (Spec Iss) 13:19, 68.

DONAVON, G. P. The International Whaling Commission In: PERRIN, W. F.; WÜRSIG, B. G.; THEWISSEN, J. G. M. (Eds) **Encyclopedia of marine mammals**. Academic Press, San Diego, CA, 2009. p 1239–1243.

EDMUNDSON, W., and HART, I. **A história da caça de baleias no Brasil: De peixe real a iguaria japonesa**. DISAL, São Paulo, Brazil. 2014. 312 p.

ELLIS R (2009) Traditional whaling. In: Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM (eds) **Encyclopedia of Marine Mammals**. 2nd edn, 1243–1254. Elsevier, Burlington, New York and San Diego, USA.

ENGEL, M.H. 1996. Comportamento reprodutivo da baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*) em Abrolhos. **Anais de Etologia** 14: 275-284.

ENGEL, M. H.; and MARTIN, A. R. Feeding grounds off the western South Atlantic humpback whale population. **Mar Mamm Sci**, v. 25, p. 964-969, 2009.

ENGEL, M. H.; FAGUNDES, N. J.; ROSENBAUM, H. C.; LESLIE, M. S.; OTT, P. H.; SCHMITT, R.; SECCHI, E.; DALLA ROSA, L.; and BONATTO, S. L. Mitochondrial DNA diversity of the Southwestern Atlantic humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) breeding area off Brazil, and the potential connections to Antarctic feeding areas. **Conservation Genetics**, 9(5), 1253-1262, 2008.

ERNANDE, B.; DIECKMANN, U.; and HEINO, M. Adaptive changes in harvested populations: Plasticity and evolution of age and size at maturation. **Proceedings. Biological sciences** / The Royal Society. 271. 415-23, 2004.
DOI:10.1098/rspb.2003.2519.

FAINSTEIN, R.; and SUMMERHAYES, C.P. Structure and origin of marginal banks off Eastern Brazil. **Marine Geology** 46: 199-215, 1982.

FENBERG, P. B.; & ROY, K. Ecological and evolutionary consequences of size-selective harvesting: how much do we know?. **Molecular ecology**, 17(1), 209-220, 2008.

FETTERMANN T.; FIORI, L.; BADER, M.; DOSHI, A.; BREEN, D.; STOCKIN, K. A; BOLLARD, B. Behaviour reactions of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) to multirotor Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). **Sci Rep.** 12;9(1):8558, 2019
doi: 10.1038/s41598-019-44976-9.

FRYXELL, J. M.; SINCLAIR, A. R. E.; and CAUGHLEY, G. **Wildlife Ecology, Conservation and Management.** 3rd edition. Wiley Blackwell, Oxford. 2014. 509 p.

GABRIELE, C. M.; LOCKYER, C.; STRALEY, J. M.; JURASZ, C. M.; and KATO, H. Sighting history of a naturally marked humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) suggests ear plug growth layer groups are deposited annually. **Marine Mammal Science**, 26, 443– 450, 2010.

GAMBELL, R. Some effects of exploitation on reproduction in whales. **J. Reprod. Fert. Suppl** 19, 531-551, 1973.

GAMBELL, R. Whale conservation. Role of the International Whaling Commission. **Mar. Policy**, 301–310, 1977.

GAMBELL, R. Whales in the Antarctic ecosystem. **Environment international**, 13(1), 47-54, 1987.

GARDNER, J. L.; PETERS, A.; KEARNEY, M. R.; JOSEPH, L.; and HEINSOHN, R. Declining body size: A third universal response to warming? **Trends in Ecology and Evolution**, 26 (6) , pp. 285-291, 2011.

FRASER, W. R.; TRIVELPIECE, W. Z.; AINLEY, D. G.; and TRIVELPIECE, S. G. Increases in Antarctic penguin populations: reduced competition with whales or a loss of sea ice due to environmental warming?. **Polar biology**, 11(8), 525-531, 1992.

GONÇALVES, M.; DE SOUSA-LIMA, R.; TEIXEIRA, N.; MORETE, M.; DE CARVALHO, G.; FERREIRA, H.; and BAUMGARTEN, J. Low latitude habitat use patterns of a recovering population of humpback whales. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 98(5), 1087-1096, 2018.
doi:10.1017/S0025315418000255

HAUG, T.; and TJEMSLAND, J. Changes in size-and age-distributions and age at sexual maturity in Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*, caught in North Norwegian waters. **Fisheries Research**, 4(2), 145-155, 1986.

HEINO, M.; and GODØ, O. R. Fisheries-induced selection pressures in the context of sustainable fisheries. **Bulletin of marine science**, 70(2), 639-656, 2022.

HEISSLER, V. L.; AMARAL, K. B.; SERPA, N.; FRAINER, G.; SICILIANO, S.; SECCHI, E. R.; and MORENO, I. B. Sei whales, *Balaenoptera borealis*, in the South-Western Atlantic Ocean: the discovery of a calving ground in Brazilian waters. In **66th International Whaling Commission Meeting**, Oct pp. 20-28, 2016.

HORWOOD, J. Sei Whale (*Balaenoptera borealis*). In: PERRIN, W. F.; WÜRSIG, B. G.; THEWISSEN, J.G.M. (Eds) **Encyclopedia of marine mammals**. Academic Press, San Diego, CA, 2009. p 1239–1243.

International Convention for the Regulation of Whaling, Washington, 2 December 1946, United Nation, Treaty Series, vol. 161, p. 74.

IWC. 1998. Annex G. Report of the sub-committee on comprehensive assessment of Southern Hemisphere humpback whales. **Report of the International Whaling Commission** 48:170–182.

JACHMANN., H; BERRY, P. S. M.; and IMMAE, H. Tuskllessness in African elephants: A future trend. *Afr J Ecol* 33:230 –235, 1995.

JEFFERSON, T. A.; WEBBER, M. A.; and PITMAN, R. L. **Marine Mammals of the World. A Comprehensive Guide to Their Identification**. 2nd Edition. Elsevier. 2015.

JENNINGS, S.; and KAISER, M. J. The Effects of Fishing on Marine Ecosystems. **Advances in Marine Biology**, 34, 201-212, 1998.
[https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60212-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60212-6)

KOSKI, W.; GAMAGE, G.; DAVIS, A.; MATHEWS, T.; LEBLANC, B.; and FERGUSON, S. Evaluation of UAS for photographic re-identification of bowhead whales, *Balaena mysticetus*. **Journal of Unmanned Vehicle Systems**. 3. 22-29, 2015.

LAWS, R. M. Reproduction, growth and age of southern fin whales. **Discovery Rep.** 31, 327-486, 1961.

LOCKYER, C. The age at sexual maturity of the southern fin whale (*Balaenoptera physalus*) using annual layer counts in the ear plug. **J. Cons. int. Explor. Mer**, 34: 276-94, 1972.

LOCKYER, C. Investigation of the ear plug of the southern sei whale, *Balaenoptera borealis*, as a valid means of determining age. **Journal of Marine Science**, v. 36(1), p. 71–81, 1974.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/36.1.71>

- LOCKYER, C. All creatures great and smaller: a study in cetacean life history energetics. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 87(4), 1035-1045, 2007.
- MANLY, B. F.J. **Randomization, Bootstrap and Monte Carlo methods in Biology**. 2nd edition. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton. 1997.
- MARTINS, C. A.; MORETE, M. E.; ENGEL, M. H.; FREITAS, A.; SECCHI, E. R.; and KINAS, P. G. Aspects of habitat use patterns of humpback whales in the Abrolhos Bank, Brazil, breeding ground. **Memoirs of the Queensland Museum**, 47(2), 563-570, 1997.
- MOREIRA, J. L. P.; MADEIRA, C. V.; GIL, J. A.; and MACHADO, M. A. P. Bacia de Santos. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 531-549, 2007.
- MORENO, C. A.; SUTHERLAND, J. P.; and JARA, H. F. Man as a predator in the intertidal zone of southern Chile. **Oikos**, 42, 155–160, 1984.
- MOURA, R. L.; AMADO-FILHO, G. M.; KLEIN, D. A.; BASTOS, A. C.; ABRANTES, D.; BAHIA, R. G.; SUMIDA, P. Y. G.; GÜTH, A. Z.; FRANCINI-FILHO, R. B.; FERREIRA, C. M.; SECCHIN, N. A.; and DUTRA, G. F. Ferramentas inovadoras para a caracterização e conservação de habitats bentônicos da plataforma continental: um estudo sobre os bancos de rodolitos de Abrolhos (BA e ES). Simpósio 19, 60° Congresso Nacional de Botânica. Feira de Santana, Bahia, Brasil. 28/JUN – 03/JUL 2009.
- NICOL, S.; WORBY, A.; and LEAPER, R. Changes in the Antarctic sea ice ecosystem: potential effects on krill and baleen whales. **Marine and Freshwater Research**, 59(5), 361-382, 2008.
- OLIVEIRA, L. L. **Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT's) para monitoramento de condição corporal de pequenos cetáceos sul americano**. 2021. 64 p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) - Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2021.
- OKE, K. B.; CUNNINGHAM, C. J.; WESTLEY, P. A. H.; BASKETT, M. L.; CARLSON, S. M.; CLARK, J.; HENDRY, A.P.; KARATAYEV, V. A.; KENDALL, N. W.; KIBELE, J.; KINDSVATER, H. K.; KOBAYASHI, K. M.; LEWIS, B.; MUNCH, S.; REYNOLDS, J. D.; VICK, G. K.; and PALKOVACS, E. P. Recent declines in salmon body size impact ecosystems and fisheries. **Nat. Commun.** 11, 4155, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17726-z>
- OMURA, H. Biological study on the humpback whales in the Antarctic whaling areas IV and V. *Sci Rep Whales Res Inst, Tokyo* 8:81-10, 1953.

OZGUL, A.; BATEMAN, A. W.; ENGLISH, S.; COULSON, T.; and CLUTTON-BROCK, T. H. Linking body mass and group dynamics in an obligate cooperative breeder. **J. Anim. Ecol.** 83, 1357–1366, 2014.

PAIVA, M. P.; and GRANJEIRO, B. F. Biological investigations on the whaling seasons 1960-1963, off Northeastern coast of Brazil. 1965.

PAIVA, M. P.; and GRANJEIRO, B. F. Investigations on the whaling seasons 1964-1967, off northeastern coast of Brazil. 1970.

PACK, A. A.; HERMAN, L. M.; SPITZ, S. S.; HAKALA, S.; DEAKOS, M. H.; and HERMAN, E. Y. K. Male humpback whales in the Hawaiian breeding grounds preferentially associate with larger females. **Animal Behaviour**, Volume 77, Issue 3. Pages 653-662. ISSN 0003-3472. 2009.
<https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2008.11.015>.

PARKINSON, C. L. Trends in the length of the Southern Ocean sea-ice season, 1979–99. **Annals of Glaciology**, 34, 435-440, 2002.

PAVANATO, H. J.; WEDEKIN, L. L.; GUILHERME-SILVEIRA, F. R.; ENGEL, M. H.; and KINAS, P. G. Estimating humpback whale abundance using hierarchical distance sampling. **Ecological Modelling**, v. 358, p. 10–18, 2017.

PENG, R. D. simpleboot: Simple Bootstrap Routines. R package version 1.1-7.
<https://CRAN.R-project.org/package=simpleboot> . 2019.

PIROTTA, V.; HOCKING, D. P.; IGGLEDEN, J.; and HARCOURT, R. Drone Observations of Marine Life and Human-Wildlife Interactions off Sydney, Australia. **Drones**, 6(3), 75, 2022.

PRIETO, R.; JANIGER, D.; SILVA, M. A.; WARING, G. T.; and GONCALVES, J. M. The forgotten whale: a bibliometric analysis and literature review of the North Atlantic sei whale *Balaenoptera borealis*. **Mammal Review**, 42(3), 235, 2012.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
URL: <https://www.R-project.org/>.

REEVES, R. R.; and SMITH, T.D. A Taxonomy of World Whaling : operations and eras. In: **Whales, Whaling, and Ocean Ecosystems** (Eds. : Estes, J.A., DEMASTER, D.P., DOAK, D.F., WILLIAMS, T.M. BROWNELL JR., R.L). University of California Press, Berkeley. Pp. 82-101, 2006.

ROCHA-Jr, R.C.; CLAPHAM, P.J.; and IVASHCHENKO, Y.V. Emptying the Oceans: A Summary of Industrial Whaling Catches in the 20th Century. **Marine Fisheries Review**. v76, n4, 37-48, 2015.
DOI: 10.7755/MFR.76.4.3

ROSENBAUM, H. C.; POMILLA, C.; MENDEZ, M.; LESLIE, M. S. ; BEST, P. B.; *et al.* Population Structure of Humpback Whales from Their Breeding Grounds in the

South Atlantic and Indian Oceans. **PLOS ONE** 4(10), 2009.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007318>

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Scaling, why is animal size so important**. Cambridge University Press, Cambridge. 1984.

SHERIDAN, A. K. The genetic impacts of human activities on wild fish populations. **Reviews in Fisheries Science**, 3(2), 91-108, 1995.

SMITH, A. F.; BONGI, P.; and CIUTI, S. Remote, non-invasive photogrammetry for measuring physical traits in wildlife. **Journal of Zoology**, December 27, 2020.

STEWART, J. D.; Stewart, J. D., Durban, J. W., Knowlton, A. R., Lynn, M. S., Fearnbach, H., Barbaro, J., ... & Moore, M. J. Decreasing body lengths in North Atlantic right whales. **Current Biology**, 31(14), 3174-3179, 2021.

TAYLOR, B. L.; CHIVERS, S. J.; and PERRIN, W. F. Generation length and percent mature estimates for IUCN assessments of cetaceans. Administrative Report LJ-07-01. **National Marine Fisheries Service**, Southwest Fisheries Science Center, La Jolla, CA. 2015.

TORMOSOV, D. D.; MIKHALIEV, Y. A.; BEST, P. B.; ZEMSKY, V. A.; SEKIGUCHI, K.; and BROWNELL JR, R. L. Soviet catches of southern right whales *Eubalaena australis*, 1951 – 1971. Biological data and conservation implications. **Biological Conservation**, 86, 185 – 197, 1998.

TORRES, L. G.; SMITH, T. D.; SUTTON, P.; MACDIARMID, A.; BANNISTER, J.; and MIYASHITA, T. From exploitation to conservation: habitat models using whaling data predict distribution patterns and threat exposure of an endangered whale. **Diversity and Distributions**, 19 (9), 1138-1152, 2013.

WEIR, C.R. Developing a site-based conservation approach for sei whales *Balaenoptera borealis* at Berkeley Sound, Falkland Islands. **Falklands Conservation report**. Version 1.0, September 2017. 115 pp, 2017.

WEIR, C.R. (2018). A preliminary assessment of endangered sei whales (*Balaenoptera borealis*) in two candidate Key Biodiversity Areas in West Falkland. **Falklands Conservation report**. Version 1.2, 3 September 2018. 128 pp.

WEIR, C. R.; OMS, G.; BARACHO-NETO, C. G.; WEDEKIN, L. L.; and DAURA-JORGE, F. G. Migratory movement of a sei whale (*Balaenoptera borealis*) between Brazil and the Falkland Islands (Malvinas). **Marine Mammal Science**, 36(3), 1050-1057, 2020.

WOOTTON, J. T. The effects of body mass, phylogeny, habitat, and trophic level on mammalian age at first reproduction. **Evolution** 41(4):732–749, 1987.

WRIGHT, A. J.; SIMMONDS, M. P.; and GALLETTI-VERNAZZANI, B. The International Whaling Commission - Beyond Whaling. **Front. Mar. Sci.** 3:158, 2016. doi: 10.3389/fmars.2016.00158

ZERBINI, A. N.; ANDRIOLO, A.; HEIDE-JØRGENSEN, M. P.; MOREIRA, S.C.; PIZZORNO, J. L.; MAIA, Y. G.; VANBLARICOM, G. R.; and DEMASTER, D.P. Migration and summer destinations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the western South Atlantic Ocean. **J. Cetacean Res. Manage.** (special issue 3) : 113–118, 2020.

ZERBINI, A. N.; WARD, E. J.; KINAS, P. G.; ENGEL, M. H.; ANDRIOLO, A. A Bayesian assessment of the conservation status of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the western South Atlantic Ocean. **J Cetac Res Manage.** v. 3, p. 131- 144, 2011.