



Universidade Estadual de Santa Cruz
Programa de Pós-Graduação em Zoologia



O tamanho corporal de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) estimado por fotogrametria e a sua influência na distribuição espaço-temporal nas áreas reprodutivas

Christine Del Vechio Koike



Imagem: Acervo IBJ

Ilhéus, Bahia / 2015.

Christine Del Vechio Koike

O tamanho corporal de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) estimado por fotogrametria e a sua influência na distribuição espaço-temporal nas áreas reprodutivas.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Estadual de Santa Cruz, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Zoologia.

Área de concentração: Zoologia Aplicada

Orientador: Dr. Júlio Ernesto Baumgarten

Co-orientador: Dr. Daniel Danilewicz Schiavon

Ilhéus, Bahia/ 2015

AGRADECIMENTOS

Tenho grande gratidão à toda a história que precedeu este trabalho pelos milhões de aprendizados na busca deste objetivo tão sonhado! Até para o outro lado do mundo fui em busca de viver mais próximo e saber mais sobre o encantador mundo das baleias! Sou grata por ter a oportunidade de presenciar tão maravilhosa natureza! Obrigada à energia do universo que faz tudo acontecer no tempo e do jeito certos!

Desde que conheci as gigantes jubartes em Abrolhos, a pessoa mais importante na minha vida, **minha mainha**, fez do meu sonho o seu, e batalhou ao meu lado em todas as desafios e conquistas! Sempre torceu para eu ser feliz, mesmo que para isso eu tivesse que ficar distante do seu abraço fortalecedor e de seu chazinho quente. Conseguimos juntas essa realização, mainha! Aprendo com você como ser sempre guerreira e ir atrás da minha felicidade! Só você sabe como foi essa caminhada, te amo mais que o mundo e sou muito grata por você ser minha mãe!

Agradeço também às minhas parceiras de vida que, além de me acompanharam na Bahia, estiveram presentes em todo o processo dando conselhos esclarecedores e trazendo alegria e amizade: Roberta, parceria em todas as fases da vida seguindo o mesmo caminho lado a lado! Shany, com as nossas conversas boas e companhia!

Agradeço a Tito, meu companheiro querido, por todo o amor em forma de paciência, carinho, apoio e incentivo, risadas e banhos de mar! “Meu amor é de mar é de maré...” Obrigada pelo ajuda na realização dos vários testes de calibragem, passando por diversas aventuras com a enorme cauda de madeira!

Obrigada a minha irmã, Bruna, pelos conselhos e correções com seu olhar super-cientista nas incontáveis horas de Skype!

Agradeço aos amigos que fizeram parte da minha história com as baleias, Ari, Pati, Estéfani, Márcia amigas da vida!

Aos amigos da ECOMMAR, Pame, Lucas, Eliza, Bruninha, Estela, Fe, Mari (valeu pela ajuda com os bancos de dados!), ao Igor pelos dados da caça e ao Gui, que ajudou imensamente com os debates, correções e artigos!

Ao Dudu, e Nestor por me ajudar a entender a física!

Agradeço ao Daniel por ter me orientado, dividido seu conhecimento pelos cetáceos e ter se tornado um bom amigo! Aprendi muito com as conversas e debates!

Agradeço ao Júlio pela ajuda nas horas de correria e sugestões.

Sou grata ao Instituto Baleia Jubarte, pelo suporte e apoio nas coletas de dados,

especialmente o pessoal da Praia do Forte, que me acolheu durante as coletas.

Gratidão em especial para Serjão, por seu incentivo, colaboração, amizade e ser um exemplo no prazer em ajudar ao próximo!

Aos estagiários IBJ de 2013 de Caravelas e Praia do Forte, entre eles Carioca, Gui, Marina, Clariana, Debora, Sil, parceiros de coleta! MUITÍSSIMO grata ao Carioca (Guilherme) pela sua ajuda fundamental nas análises para este trabalho!

Agradeço aos tripulantes das escunas Canes e Dona Paz pelo companheirismo na busca pelas melhores fotos de caudais!

Grata a Maguila, pelo seu apoio e parceria nas saídas de campo em Itacaré.

A professora Joliane, por aceitar fazer parte da banca avaliadora na qualificação e pelo conhecimento da física na fotografia e dos equipamentos fotográficos.

Ao Programa de pós-graduação em Zoologia pela oportunidade e apoio financeiro.

A Capes pela bolsa de estudos durante os anos de mestrado.

A Bill Rossiter, pelo apoio financeiro.

Aos membros da banca avaliadora: Gastón Guiné e Luciano Dalla Rosa, por aceitarem o convite e ajudarem na melhoria do trabalho com suas importantes colaborações.

Às instituições: Gemars, Instituto Biota, Instituto Orca, Australian Marine Mammal Center pelos dados de encalhe.

Aos pesquisadores que foram importantes nas discussões deste trabalho: Leonardo Wedekin, Renata Sousa-Lima, Artur Andriolo, Alexandre Zerbini, Paul-Antoine Libourel, Luciano Dalla Rosa, Wayne Perryman.

Agradeço a todos por fazerem parte desta realização!

Axé!

Gratidão!

SUMÁRIO

Introdução Geral.....	01
i. Baleia-jubarte no Brasil.....	04
ii. Estimando o tamanho corporal de grandes cetáceos em vida livre.....	04
Referências bibliográficas.....	07
Capítulo 01 – “O tamanho corporal de baleias-jubarte (<i>Megaptera novaeangliae</i>) estimado por fotogrametria, e a sua influência na distribuição espaço-temporal nas áreas reprodutivas”	14
Resumo.....	15
Abstract.....	16
Introdução.....	17
Métodos.....	20
i. Área de estudo.....	21
ii. Coleta de dados.....	22
iii. Calibragem e precisão do método.....	24
iv. Modelo linear: Relação tamanho total x largura nadadeira caudal.....	24
v. Seleção das imagens.....	26
vi. Estimativa dos parâmetros morfométricos.....	26
vii. Variação espaço-temporal.....	28
Resultados.....	29
Discussão.....	37
Conclusão.....	42
Referências bibliográficas.....	44
Anexo 01.....	54

INTRODUÇÃO GERAL

O tamanho corporal em grande diversidade de espécies é um importante preditor do sucesso nas seleções natural e sexual. A adaptação diferenciada de alguns animais faz com que os maiores indivíduos tenham vantagens sobre seus conspecíficos, fato bastante marcante em mamíferos (SIBLY & BROWN, 2007). Essa tendência atende à Regra de Cope, que descreve a evolução gradual do tamanho corporal das espécies de mamíferos desde o período Cenozóico (ALROY, 1998). O tamanho de mamíferos terrestres e aquáticos é determinado pela demanda macroevolutiva universal entre vantagens imediatas e os riscos de extinção finais de um tamanho avantajado. Mamíferos completamente aquáticos evoluíram para tamanhos mínimos dentro dos limites da termorregulação para esse ambiente. Quanto maior o tamanho corporal, a área de contato da pele com o ambiente externo é menor em relação à massa corpórea do animal. Tal fator é de extrema importância no ambiente aquático, onde a perda de calor é cinco vezes maior do que no ar, na mesma temperatura. (CLAUSET, 2012).

Mamíferos frequentemente apresentam dimorfismo sexual de tamanho com tendência de machos maiores, os quais levam vantagem na disputa por alimentação, proteção contra predadores e assim, vantagens nas atividades reprodutivas (ISAAC, 2005). Darwin considerou que a maioria dos casos de dimorfismo sexual era resultado das forças seletivas agindo diferentemente entre os sexos (DARWIN, 1871). Estudos recentes demonstraram que, em algumas espécies, o dimorfismo sexual está relacionado primariamente com as pressões da seleção natural (ANDERSSON, 1994). O grau e a direção do dimorfismo sexual de cada espécie são resultados da soma de todas as pressões seletivas que afetam o tamanho dos machos quando subtraído da soma das pressões seletivas que afetam o tamanho das fêmeas, (RALLS, 1976).

Nas espécies de cetáceos o dimorfismo sexual de tamanho apresenta variedades no grau e direção do tamanho corporal, principalmente relacionado à sua biologia. Dentre as espécies de Odontocetos, cetáceos com dentes, há aquelas em que os machos são maiores (*e.g.* cachalotes - *Physeter macrocephalus*, orcas - *Orcinus orca*), lhes conferindo maior propulsão e manobrabilidade, vantagens na disputa e no acesso às fêmeas. Em algumas espécies, os machos chegam a apresentar estruturas morfológicas (apêndices) mais desenvolvidas que as fêmeas, que geralmente são usadas nos intensos combates físicos (*e.g.* dentes maiores). E há espécies em que observa-se o dimorfismo sexual reverso, com fêmeas maiores que os machos (*e.g.* harbor porpoise – *Phocoena phocoena*, Baird's beaked whale - *Berardius bairdii*) (RALLS & MESNICK, 2011).

Dentre os mysticetos, baleias de barbatanas, das 14 espécies atualmente reconhecidas (BANNISTER, 2011), 13 apresentam dimorfismo sexual de tamanho reverso, em que as fêmeas atingem comprimentos corporais geralmente 5% maiores que os machos (RALLS & MESNICK, 2011). Mysticetos geralmente realizam grandes migrações entre as áreas de alimentação localizadas em altas latitudes, e as áreas de reprodução nos mares tropicais em baixas latitudes e aparentemente não se alimentam durante os períodos da migração e reprodução. Durante esses períodos, as fêmeas necessitam de uma alta demanda energética para gestação e lactação, assim, um tamanho avantajado lhes permite maior estoque de energia na camada de gordura (*blubber*) nos tempos de fastio. A tendência para as fêmeas, é que gerem menos filhotes por gravidez para direcionar a energia para nutrir um filhote com maiores chances de sobrevivência (FENCHEL, 1974; BERNARDO, 1996; SCHULTE-HOSTEDDE *et al.*, 2004), o que diminui a possibilidade de gerar múltiplos fetos. Essa característica das grandes baleias determina um alto investimento energético na produção do filhote e de sua nutrição com um dos leites mais ricos em gordura do reino animal (LOCKYER, 1981, 1987) (~32-38% de gordura, segundo PEDERSEN, 1952).

As maturidades sexual e física estão relacionadas ao tamanho em uma grande quantidade de espécies (BLUEWEISS *et al.*, 1978). Chittleborough (1955) analisou ovários e as epífises ósseas de baleias jubartes (*Megaptera novaeangliae*), na estação baleeira do Oeste Australiano, e determinou que as fêmeas atingem maturidade sexual (1ª gravidez) com 12,1 m de comprimento médio e maturidade física (fusão das epífises ósseas) com 13,5 m. Membros dessa espécie atingem 16 a 17 m de comprimento (CLAPHAM & MEAD, 1999) e 40 toneladas de peso (REEVES *et al.*, 2002), e apresentam dimorfismo sexual de tamanho sutil, sendo as fêmeas cerca de um a um metro e meio maiores que os machos (CHITTLEBOROUGH, 1965; MIKHALIEV, 1996). Animais de ambos os sexos atingem a maturidade sexual por volta dos cinco anos de idade (CHITTLEBOROUGH, 1955; CLAPHAM *et al.*, 1992).

O tamanho corporal nesta espécie está fortemente associado ao sucesso reprodutivo, onde fêmeas geralmente estão associadas ao maior macho do grupo, que assume o papel de escorte principal (*i.e.* macho que fica mais próximo à fêmea) (ANDERSSON, 1994; SPITZ *et al.*, 2002). Essa preferência também é observada para o sexo oposto, com machos preferindo associar-se a fêmeas grandes, que provavelmente darão a luz a filhotes com maior capacidade de sobrevivência (PACK *et al.*, 2009), pelos motivos explicados anteriormente. O intervalo reprodutivo das jubartes é geralmente de dois a três anos (CLAPHAM & MAYO, 1990; CLAPHAM, 1996) e nasce apenas um filhote após uma gestação de 11 a 12 meses. Os

filhotes nascem com cerca de 4,5 m de comprimento e permanecem com a mãe por até dois anos (CLAPHAM *et al.*, 1993, 1999a). Alimentam-se de leite rico em gordura, que contribui para manter a espessa camada subcutânea de gordura (*i.e. blubber*), indispensável para que o indivíduo suporte a migração e o frio das áreas de alimentação (CHITTLEBOROUGH, 1965). Estudos com balaenopterídeos nas áreas de alimentação demonstraram que o tamanho corporal destes animais também está relacionado à dieta, uso de habitat e com o comportamento social (TERSHEY *et al.*, 1992). Nessas áreas fica bastante clara a influência do tamanho dos indivíduos na densidade e dimensão da presa capturada, pois as baleias conseguem explorar o ambiente diferentemente dependendo de seu tamanho (TERSHEY *et al.*, 1992).

As áreas de reprodução são caracterizadas por apresentarem temperatura do mar entre 24° e 28° C, fundo oceânico plano com profundidade entre 15 e 60 m e geralmente a menos de 30 km de distância das águas profundas (WHITEHEAD & MOORE, 1982). Nestas áreas, o canto e a competição intrasexual dos machos são uma das características principais do sistema reprodutivo das jubartes, que é comparado a um *lek*¹ não tradicional (CLAPHAM & ZERBINI, 2015). Nesse sistema, machos exibem comportamentos “de corte” e as fêmeas são responsáveis pela escolha do parceiro, sendo os grupos pequenos e instáveis o padrão observado.

Martins *et al.* (2001) observaram que grupos competitivos, formados somente por adultos, frequentam áreas mais profundas provavelmente devido à menor chance de colisões com o solo marinho durante as atividades agonísticas (SMULTEA, 1994), enquanto duplas e animais solitários aparecem distribuídos aleatoriamente. Os grupos contendo filhotes permanecem em áreas rasas, próximos às ilhas ou à costa, para melhor cuidado maternal na amamentação, proteção do filhote contra possíveis ameaças das atividades dos grupos competitivos e como estratégia da fêmea para evitar a cópula (MARTINS *et al.*, 2001).

1. *Estratégia reprodutiva lek*: machos apresentam comportamentos para atrair as fêmeas (no caso das jubartes, o canto e interações agonísticas) e não apresentam cuidado parental. As fêmeas são responsáveis pela escolha do parceiro reprodutivo.

i. *Baleia-jubarte no Brasil*

A população de jubartes que frequenta a costa leste e nordeste brasileira durante a temporada reprodutiva nos meses de julho a novembro (*i.e.* inverno e primavera) (MARTINS *et al.*, 2001; ZERBINI *et al.*, 2004; ROSSI-SANTOS *et al.*, 2008; ANDRIOLO *et al.*, 2010) é conhecida como Estoque A (IWC 1998, 2005). O último levantamento populacional embarcado realizado por Bortolotto (2014) estimou o tamanho desta população em aproximadamente 16.774 indivíduos (CV = 40,2; 95% CI = 9.290 – 30.294). Já o levantamento populacional aéreo, estimou 6.404 baleias (CV = 0,11) (ANDRIOLO *et al.*, 2010). Portanto, essa população apresenta boa recuperação desde o fim da caça comercial, com a taxa de crescimento média anual de 7,4% (WARD *et al.*, 2011), e atualmente estima-se que, represente cerca de 23% de sua população original (MORAIS, 2014). Os indivíduos deste estoque alimentam-se na região das Ilhas Geórgia do Sul e Sanduíche do Sul (~ 58°S, 26°W), no mar de Scotia, durante o verão e outono (*i.e.* dezembro a maio) (STEVICK *et al.*, 2006; ZERBINI *et al.*, 2006; ENGEL *et al.*, 2008; ENGEL & MARTIN, 2009; ZERBINI *et al.*, 2011) e suas rotas tem sido continuamente estudadas com uso da telemetria satelital (ZERBINI *et al.*, 2006, 2014).

Existem registros de jubartes em diversos pontos do litoral brasileiro, e são frequentemente avistadas desde o litoral do Rio Grande do Norte (5°S) até o Rio de Janeiro (~23°S), sendo a plataforma continental entre estes locais reconhecida atualmente como a área de ocorrência regular para a população no país (ANDRIOLO *et al.*, 2006, 2010; ZERBINI *et al.*, 2006). Outros registros em ilhas oceânicas, como no Arquipélago de Fernando de Noronha (LODI, 1994), no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, (*e.g.* ZERBINI *et al.*, 2011), na cadeia Vitória-Trindade (*e.g.* WEDEKIN *et al.*, 2014) e nos litorais dos estados do Ceará (*e.g.* MEIRELLES *et al.*, 2009), do Pará (*e.g.* PRETTO *et al.*, 2009) e de Santa Catarina (*e.g.* CHEREM *et al.*, 2004), sugerem que a população pode estar reocupando as áreas de ocorrência do período anterior à caça (MARTINS *et al.*, 2001). Não obstante, a principal área de reprodução atualmente é o litoral sul do Estado da Bahia e norte do Espírito Santo, com o local de maior agregação, o Banco dos Abrolhos (ANDRIOLO *et al.*, 2010).

ii. *Estimando o tamanho corporal de grandes cetáceos em vida livre*

Um grande desafio dos cientistas é obter dados morfométricos de cetáceos em vida livre. Diferentes técnicas que envolvem medições indiretas, através da análise da vocalização

e diretas, através de imagens, têm sido desenvolvidas. Métodos indiretos utilizam-se de ferramentas acústicas, que analisam a vocalização dos animais, e até hoje só foi empregada com cachalotes (*Physeter macrocephalus*, Linnaeus, 1758), correlacionando o tempo de intervalos entre os pulsos de um *click* com o tamanho do órgão espermacete. Esta relação permite a estimativa do tamanho corporal total da baleia (NORRIS & HARVEY, 1972; GORDON, 1991; GOOLD, 1996). Entretanto essa técnica demonstrou pouca precisão quando utilizada sozinha. Para obter maior precisão nos resultados, Jaquet (2006) combinou as técnicas de fotogrametria a partir de embarcação e a acústica. Fotografou nadadeiras caudais de cachalotes, correlacionando a largura da nadadeira caudal com o tamanho corporal dos espécimes e simultaneamente mediu os intervalos dos *clicks*, obtendo resultados mais precisos.

As medições diretas mostraram-se mais precisas, como a videogrametria subaquática para estudos de jubartes (*Megaptera novaeangliae*) (e.g. SPITZ *et al.*, 2000, 2002; PACK *et al.*, 2009; 2012), que proporciona a coleta de informações importantes para a compreensão da ecologia reprodutiva da espécie, como o tamanho, estado social, idade e sexo. Os estudos utilizando a fotogrametria permitem a obtenção de dados comportamentais, identificação individual e do tamanho de partes ou do corpo todo do animal (e.g.; JAQUET, 2006) e podem ser realizadas a partir de uma plataforma em terra, embarcação ou avião. Uma alternativa para essa técnica é a estéreo-fotogrametria, que consiste na captação simultânea de duas imagens e posterior sobreposição destas para estimar os parâmetros morfométricos (CUBBAGE & CALAMBOKIDIS, 1987; GROWCOTT *et al.*, 2012).

A fotogrametria quando associada à técnica de foto-identificação, permite a análise de marcas naturais individuais, assim como o padrão de coloração da face ventral da nadadeira caudal, no caso das jubartes, que vai desde todo preto ao branco total com diversos padrões intermediários, característicos de cada indivíduo (KATONA *et al.*, 1979; KATONA & WHITEHEAD, 1981). Seguindo esse conceito e considerando que esta espécie tem comportamentos aéreos com frequente exposição da nadadeira caudal, o emprego da técnica de fotogrametria para estimativa do tamanho e identificação parece ser bastante apropriado (SOUSA-LIMA & GROCH, 2010).

Populações de baleias-jubarte sofreram grande declínio durante o período da caça comercial pelo mundo, com o número de animais sendo reduzido a apenas 10% do que havia anteriormente à exploração (CLAPHAM *et al.*, 1999b), principalmente no Hemisfério Sul, onde estima-se que mais de 200 mil jubartes foram mortas (FINDLAY, 2000). Após 1966, com a proibição da caça comercial de jubartes no mundo, os estoques apresentam uma

crescente recuperação, resultando na recente mudança de *status* de conservação da espécie de “Vulnerável” para “Baixo Risco”, de acordo com a lista da IUCN (REILLY *et al.*, 2008; IUCN, 2009).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALROY, J. Cope's rule and the dynamics of body mass evolution in North American fossil mammals. **Science**, v. 280, n. 5364, p. 731-734, 1998.
- ANDERSSON, M. Sexual Selection. Princeton, New Jersey: **Princeton University Press**. 1994.
- ANDRIOLO, A., MARTINS, C.C.A., ENGEL, M.H., PIZZORNO, J.L., *et al.* The first aerial survey to estimate abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the breeding ground off Brazil (Breeding Stock A). **Journal of Cetacean Research and Management**, 8: 307-311. 2006.
- ANDRIOLO, A., KINAS, P.G., ENGEL, M.H., MARTINS, C.C.A. & RUFINO, A.M. Humpback whales within the Brazilian breeding ground: distribution and population size estimate. **Endangered Species Research**, 11: 233-243. 2010.
- BANNISTER, J. Baleen Whales (Mysticetes). In **Encyclopedia of Marine Mammals**. 2. ed. Editors William F. Perrin, Bernd Würsig and J. G. M. Thewissen. Elsevier Academic Press, 80 - 89.
- BERNARDO, J. Maternal effects in animal ecology. **American Zoologist**, 36, 83–105. 1996.
- BLUEWEISS, L. *et al.* Relationships between body size and some life history parameters. **Oecologia**, v. 37, n. 2, p. 257-272, 1978.
- BORTOLLOTO, G.A. **Estimativas de abundância e tamanho de grupo de baleias-jubartes em transectos lineares na costa brasileira**. Master Thesis. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus. 2014.
- BOROWSKI, G. H. Gemeinnützige[sic] Naturschichte des Tierreichs, G. L. Lange, Berlin and Stralsund. page(s): 2(1):21. 1871
- CHEREM, J. J. *et al.* Lista dos mamíferos do estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. **Mastozoologia Neotropical**, v. 11, n. 2, p. 151–184. 2004.
- CHITTLEBOROUGH, R. G. Aspects of reproduction in the male humpback whale, *Megaptera nodosa* (Bonnaterre). **Australian Journal of Marine and Freshwater Research**, 6, 1–29. 1955.

- CHITTLEBOROUGH, R.G. Dynamics of two populations of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski). **Australian Journal of Marine and Freshwater Research**, 16: 33-128.1965.
- CLAPHAM, P.J. Age at attainment of sexual maturity of Humpback Whales, *Megaptera novaeangliae*. **Canadian Journal of Zoology**, 70: 1470-1472. 1992.
- CLAPHAM, P.J. The social and reproductive biology of Humpback whales: an ecological perspective. **Mammal Review**, 26(1): 27-49. 1996.
- CLAPHAM, P. J. *et al.* Length at birth and at independence in humpback whales. **Journal of Cetacean Research and Management**, V. 1, N. 2, P. 141–146, 1999a.
- CLAPHAM, P.J., YOUNG, S.B. & BROWNELL, J.R. Baleen whales: conservation issues and status of the most endangered populations. **Mammal Review**, 29(1): 35-60. 1999b.
- CLAPHAM, P.J. & MAYO, C.A. Reproduction of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, observed in the Gulf of Maine. **Report of the International Whaling Commission**, Special Issue 12: 171-175. 1990.
- CLAPHAM, P.J., BARAFF, L.S., CARLSON, C.A., CHRISTIAN, M.A., *et al.* Seasonal occurrence and annual return of humpback whales, *Megaptera novaeangliae* , in the southern Gulf of Maine. **Canadian Journal of Zoology**, 71: 440-443.1993.
- CLAPHAM, P. J.; MEAD, J. G. *Megaptera novaeangliae*. **Mammalian Species**, v. 604, p. 1–9, 1999.
- CLAPHAM, P.J. & ZERBINI, A.N. Are social aggregation and temporary immigration driving high rates of increase in some Southern Hemisphere humpback whale populations? **Marine Biology**. doi. 10.1007/s00227-015-2610-3. 2015.
- CLAUSET, A. How large should whales be? **PloS one**, v. 8, n. 1, p. e53967. 2013.
- CUBBAGE, J. C., & CALAMBOKIDIS, J. Size-class segregation of bowhead whales discerned through aerial stereophotogrammetry. **Marine Mammal Science**. 3: 179-185. 1987.
- DARWIN , C. “**The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex**”. Murray , London . 1871.
- ENGEL, M.H., FAGUNDES, N.J.R., ROSENBAUM, H.C., LESLIE, M.S., *et al.* 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: 1253-1262. 2008.
- ENGEL, M.H. & MARTIN, A.R. Feeding grounds of the western South Atlantic humpback whale population. **Marine Mammal Science**, 25: 964-969. 2009.
- FENCHEL, L. Intrinsic rate of natural increase and the relationship with body size. **Oecologia**, Berlin, 14: 317-326. 1974.
- FINDLAY, K.P. A review of humpback whale catches by modern whaling operations in the Southern Hemisphere. **Memoirs of the Queensland Museum**, 47(2): 411-420. 2000.
- GOLD, J. C. Signal processing techniques for acoustic measurement of sperm whale body lengths. **The Journal of the Acoustical Society of America** 100:3431–3441. 1996.
- GORDON, J. C. Evaluation of a method for determining the length of sperm whales (*Physeter catodon*) from their vocalizations. **Journal of Zoology** 224:301–314. 1991.
- GROWCOTT, A., SIRGUEY, P. & DAWSON, S.M. Development and Assessment of a Digital Stereo Photogrammetric System to Measure Cetaceans at Sea. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. Vol. 78, No. 3, March 2012, pp. 237–246. 2012.
- ISAAC, J. L. Potential causes and life-history consequences of sexual size dimorphism in mammals. **Mammal Review**, v. 35, n. 1, p. 101-115. 2005.
- IUCN. IUCN Red List of Threatened Species. Versão 2009.2. Disponível em: www.iucnredlist.org>. Data de acesso: março de 2010. 2009.
- IWC. Annex G - Report of the sub-committee on comprehensive assessment of Southern Hemisphere humpback whales. Report of the International Whaling Commission, 48: 170-182.1998.
- IWC. Report of the Scientific Committee. Annex H - Report of the sub-committee on other southern hemisphere whale stocks. *Journal of Cetacean Research and Management*, 7(Suppl.): 235-246. 2005.
- JAQUET, N. A simple photogrammetric technique to measure sperm whales at sea. **Marine Mammal Science** 22:862–879. 2006.
- KATONA, S. K., B. BAXTER, O. BRAZIER, S. KRAUS, J. PERKINS & H. WHITEHEAD. Identification of humpback whales by fluke photographs. Pages 33–44 in H. E. Winn

- and B. Olla, eds. **The behavior of marine mammals**. Volume 3. Plenum Press, New York, NY. 1979.
- KATONA, S. K., & H. WHITEHEAD. Identifying humpback whales using their natural markings. **Polar Record** 20:439–444. 1981.
- LINNAEUS, C. *Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Editio decima, reformata. Laurentius Salvius: Holmiae. ii, 824 pp., available online at http://gdz.sub.uni-goettingen.de/no_cache/dms/load/toc/?IDDOC=265100. page(s): 76. 1758.
- LOCKYER, C.L. Growth and energy budgets of large whales from the southern hemisphere. **Food and Agricultural Organization of the United Nations Fisheries Series**, 5: 379-361. 1981.
- LOCKYER, C.L. The relationship between body fat, food resource and reproductive energetic costs in North Atlantic fin whales (*Balaenoptera physalus*). **Symposia of the Zoological Society of London**, 57: 343-361. 1987.
- LODI, L. Ocorrências de baleias-jubarte, *Megaptera novaeangliae*, no Arquipélago de Fernando de Noronha, incluindo um resumo de registros de capturas no Nordeste do Brasil. **Biotemas**, 7(1 e 2): 116-123. 1994.
- MARTINS, C.C.A., M.E. MORETE, M.H. ENGEL, A.C. FREITAS, E.R. SECCHI & P.G. KINAS. Aspects of habitat use patterns of humpback whales in the Abrolhos Bank, Brazil, breeding ground. *Memoirs of the Queensland Museum*, 47:563-570. 2001.
- MEIRELLES, A.C.O., MONTEIRO-NETO, C., MARTINS, A.M.A., COSTA, A.F., *et al* . Cetacean strandings on the coast of Ceará, north-eastern Brazil (1992-2005). **Journal of the Marine Biological Association of the U. K.**, 89: 1083-1090. 2009.
- MIKHALEV, Y.A. Humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Arabian Sea. **Marine Ecology Progress Series**, 149: 13-21. 1997.
- MORAIS, I.O.B. **Incorporando incertezas: as variações nas séries de capturas e seus efeitos nas estimativas de status populacional da Baleia-Jubarte no Atlântico Sul Ocidental**. Master Thesis, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus. 2014.
- NORRIS, K. S., & HARVEY, G. W. A theory for the function of the spermaceti organ of the sperm whale (*Physeter macrocephalus*). Pages 397–419 in S. R. Galler, K. Schmidt-

- Koenig, G. J. Jacobs and R. E. Belleville, eds. **Animal orientation and navigation**. Special Publication, NASA, Washington, DC. 1972.
- PACK, A. A., HERMAN, L. M., SPITZ, S. S., HAKALA, S. & DEAKOS, M. H. Male humpback whales in Hawaiian breeding grounds preferentially associate with larger females. **Animal Behaviour** 77:653–662. 2009.
- PACK, A.A., HERMAN, L. M.; SPITZ, S.S., CRAIG, A.S., HAKALA, S., DEAKOS M.H.,HERMAN, E.Y.K., MILETTE, A.J., CARROLL E., LEVITT S., LOWEC. Size-assortative pairing and discrimination of potential mates by humpbackwhales in the Hawaiian breeding grounds. **Animal Behaviour** 84: 983-993. 2012.
- PEDERSEN, T. A note on humpback oil and on the milk and milkfat from this species (*Megaptera nodosa*). **Norsk Hvalfangsttidende**, 41, 375-378. 1952.
- PRETTO, D.J., ANDRADE, M.C.M., OLIVEIRA, J.M. & OLIVEIRA, M.G.A. First Record of a humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), stranding in Pará State, Northern coast of Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 69(4): 1207-1208. 2009.
- RALLS , K. Mammals in which females are larger than males. **Q. Rev. Biol.** 51 , 245 – 276. 1976.
- RALLS, K. & MESNICK, S. Sexual Dimorphism. In **Encyclopedia of Marine Mammals**. 2. ed. Editors William F. Perrin, Bernd Würsig and J. G. M. Thewissen. Elsevier Academic Press, 1005 - 1011.
- REEVES, R. R.; STEWART, S.B.; CLAPHAM, P.; POWELL, J.A. **National Audubon Society guide to marine mammals of the world**. 1. ed. New York: Chanticleer Press, p. 528. 2002.
- REILLY, S. B. *et al.* *Megaptera novaeangliae*. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 18 out. 2013.
- ROSSI-SANTOS, M.R., NETO, E.S., BARACHO, C.G., CIPOLOTTI, S.R.,*et al.* Occurrence and distribution of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the north coast of the State of Bahia, Brazil, 2000–2006. **IC ES Journal of Marine Science**, 65: 667-673. 2008.

- SCHULTE-HOSTEDDE, A.I.; MILLAR, J.S.; GIBBS, H.L. Sexual selection and mating patterns in a mammal with female-biased sexual size dimorphism. **Behavioral Ecology**, v. 15, n. 2, p. 351-356. 2004.
- SIBLY, R.M.; BROWN, J.H. Effects of body size and lifestyle on evolution of mammal life histories. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. Vol. 104, no. 45, 17707–17712. 2007.
- SMULTEA, M.A. Segregation by humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) cows with a calf in coastal habitat near the island of Hawaii. **Canadian Journal of Zoology** 72: 805-811. 1994.
- SOUSA-LIMA, R.S. & GROCH, K.R. Correlation between body length and fluke width in humpback whales, *Megaptera novaeangliae*. **Marine Mammal Science**, 26(4): 977–981. 2010.
- SPITZ, S. S., HERMAN, L. M. & PACK, A. A. Measuring sizes of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) by underwater videogrammetry. **Marine Mammal Science** 16:664–676. 2000.
- SPITZ, S. S., HERMAN, L. M., PACK, A. A. & DEAKOS, M. H. The relation of body size of male humpback whales to their social roles on the Hawaiian winter grounds. **Canadian Journal of Zoology** 80:1938–1947. 2002.
- STEVICK, P.T., GODOY, L.P., MCOSKER, M., ENGEL, M.H. & ALLEN, J. A note on the movement of a humpback whale from Abrolhos Bank, Brazil to South Georgia. **Journal of Cetacean Research and Management**, 8: 297–300.2006.
- TERSHEY, B. R. Body size, diet, habitat use, and social behavior of Balaenoptera whales in the Gulf of California. **Journal of mammalogy**. 477-486. 1992.
- WARD, E; ZERBINI, A.N.; KINAS, P.G.; ENGEL, M.H. & ANDRIOLO, A. Estimates of population growth rates of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the wintering grounds off the coast of Brazil (Breeding Stock A). **Journal of Cetacean Research and Management**, n. Special issue 3, p. 145–149, 2011.
- WEDEKIN, L. L., ROSSI-SANTOS, M. R., BARACHO, C., CYPRIANO-SOUZA, A. L., & SIMÕES-LOPES, P. C. Cetacean records along a coastal-offshore gradient in the Vitória-Trindade Chain, western South Atlantic Ocean. **Brazilian Journal of Biology**, 74(1), 137-144. 2014.

- WHITEHEAD, H. & MOORE, M.J. Distribution and movements of West Indian humpback whales in winter. **Canadian Journal of Zoology**, 60: 2203-2211. 1982.
- ZERBINI, A.N., ANDRIOLO, A., ROCHA, J.M., SIMÕES-LOPES, P.C., *et al.* Winter distribution and abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off Northeastern Brazil. **Journal of Cetacean Research and Management**, 6(1): 101-107. 2004.
- ZERBINI, A.N., ANDRIOLO, A., HEIDE-JORGENSEN, M.P., PIZZORNO, J.L., *et al.* Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Southwest Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, 313: 295-304. 2006.
- ZERBINI, A.N., ANDRIOLO, A., HEIDE-JORGENSEN, M.P., MOREIRA, S., *et al.* Migration and summer destinations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the western South Atlantic Ocean. **Journal of Cetacean Research and Management**. 2011.
- ZERBINI, A. N.; ANDRIOLO, A.; DANILEWICZ, D.; HEIDE-JØRGENSEN, M.P.; GALES, N. & CLAPHAM, P. An update on research on migratory routes and feeding destinations of Southwest Atlantic humpback whales. **Journal of Cetacean Research and Management**, *International Whaling Commission*. SC/63/SH23. 2014.

“O tamanho corporal de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) estimado por fotogrametria e a sua influência na distribuição espaço-temporal nas áreas reprodutivas.”

Del Vechio, C. K.^{1,*}; Danilewicz, D.S.²; Baumgarten, J.E.¹; Wedekin, L.L.^{3,4}; Sousa-Lima, R.M.⁵; Marcondes, M.⁴

1. Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Programa de Pós Graduação em Zoologia, Rodovia Ilhéus – Itabuna, Salobrinho, CEP: 45662-900, Ilhéus, BA – Brazil.
2. Instituto Aqualie. Av. Dr. Paulo Japiassu Coelho, 714 - Sala 206 - Juiz de Fora - MG – Brazil.
3. Universidade de São Paulo, Departamento de Ciências Biológicas. Rua do Matão, trav. 14, nº 321, Cidade Universitária, São Paulo - SP, CEP: 05508-090
4. Instituto Baleia Jubarte, Rua Barão do Rio Branco, 125, CEP 45900-000, Caravelas, BA, Brazil.
5. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Psicobiologia. C.P.1511 - Natal, RN - Brasil 59078-970.

Autor correspondente:

Christine Del Vechio Koike

Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Programa de Pós Graduação em Zoologia, Rodovia Ilhéus – Itabuna, Salobrinho, CEP: 45662-900, Ilhéus, BA – Brazil.

e-mail: chrisdvechio@gmail.com

Telefone: +55 73 36805262

“O tamanho corporal de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) estimado por fotogrametria e a influência na distribuição espaço-temporal durante o período reprodutivo.”

Christine Del Vechio *et al.*

RESUMO

O conhecimento do tamanho corporal de cetáceos gera informações fundamentais sobre aspectos ecológicos e padrões comportamentais. Em muitas espécies, está relacionado ao sucesso reprodutivo, onde fêmeas com melhores condições físicas apresentam maior probabilidade de gerar filhotes com chances de sobrevivência; e as interações físicas interespecíficas geralmente favorecem machos grandes. A fotogrametria é uma técnica amplamente utilizada para estimar padrões mensuráveis de diferentes espécies, pois não requer captura dos animais. Neste estudo aplicou-se a técnica de fotogrametria da nadadeira caudal para prever o tamanho corporal de jubartes, e verificar a influência desta variável na distribuição na área reprodutiva do Estado da Bahia. Coletaram-se dados durante seis temporadas na Praia do Forte e em Abrolhos, esta última a maior concentração de espécimes no Brasil. As nadadeiras caudais de 261 indivíduos foram fotografadas a partir de embarcação, e, simultaneamente, registrou-se a distância entre o animal e a câmera utilizando telêmetro a *laser*. Um modelo linear, com dados de animais encalhados, foi elaborado para descrever a relação entre o comprimento corporal e a largura da nadadeira caudal. Os tamanhos corporais médios dos indivíduos foram diferentes para as duas áreas estudadas, sugerindo o uso de subáreas distintamente por indivíduos em cada estágio reprodutivo. Sendo esta uma crescente população, animais menores tendem a procurar áreas menos densas, evitando o gasto energético das constantes disputas por parceiros sexuais.

Palavras-chave: morfometria, alometria, partição de habitat, Brasil.

ABSTRACT

Knowledge of humpback whale body size is invaluable to many aspects of the ecology and behavior of the species. In many cetaceans, body length is related to mating success, as females with good body condition may have larger probabilities to produce an offspring with survival chances; interspecific physical contests generally favours larger males. Photogrammetry is a widely used technique to estimate morphological patterns in several mammals, since it does not require animal handling. This study applied fluke width photogrammetry technique and developed adjusts to the species. Data were collected along six breeding seasons in Bahia State, the main humpback whale wintering ground off Brazil. Fluke width was estimated from 261 whales photographed and distances from the focal animal to the boat were simultaneously taken using range-finder. A linear model was constructed to describe the relationship between fluke width and total body size from stranded animals. The average body sizes of humpback whales from the two studied areas were statistically different, suggesting the use of sub-regions distinctly by each stage of maturation. Usually, smaller animals tend to seek less dense areas to avoid the energy expenditure of constant agonistic interactions.

Keywords: morphometry, allometry, habitat partition, Brazil.

INTRODUÇÃO

O conhecimento do tamanho corporal de cetáceos traz informações fundamentais sobre diferentes aspectos ecológicos e padrões sociais de comportamento, que aumentam o entendimento de aspectos da estrutura etária, das relações hierárquicas, dinâmica social e dos padrões de distribuição espacial de uma população. Porém, obter o tamanho corporal destes animais em vida livre é um desafio. Tradicionalmente, dados morfométricos de mamíferos aquáticos são obtidos de animais mortos na época da caça (ver True 1904; Matthews 1937; Mackintosh 1942; Chittleborough 1955, 1965; Omura 1955; Tomilin 1967, Clapham *et al.* 1997), encalhados ou capturados acidentalmente (Stevick 1999).

A fotogrametria vem sendo amplamente utilizada na estimativa de padrões morfométricos de cetáceos em vida livre devido à precisão e característica não invasiva (*e.g.* Dawson *et al.* 1995; Spitz *et al.* 2000; Perryman & Lynn 2002; Jaquet 2006). Segundo a Associação Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto (ASPRS 1997), a fotogrametria é: “a arte, ciência, e tecnologia de se obter informações confiáveis sobre objetos físicos e o meio-ambiente, através de gravação, medição e interpretação de imagens e padrões de energia eletromagnética radiante e outros fenômenos”. Trata-se da transformação do sistema fotográfico bidimensional para o tridimensional, representado pelo próprio objeto (Silva 1999). Devido à sua,

Diferentes técnicas da fotogrametria têm sido desenvolvidas e aplicadas por pesquisadores da morfologia e história de vida de populações de cetáceos. Uma delas é a fotogrametria de cetáceos de grande (*Balaena mysticetus*, Cubbage & Calambokidis, 1987; *Balaenoptera physalus* - Ratnaswamy & Winn, 1993; *Eschrichtius robustus* - Perryman & Lynn, 2002; *Orcinus orca* - Pitman *et al.*, 2007) e pequeno porte a partir de aeronave (golfinhos comuns *Delphinus delphis* - Perryman & Lynn, 1993; Dawson *et al.* 1995;

Growcott *et al.* 2012). Jaquet (2006) combinou as técnicas de fotogrametria e acústica e estimou com precisão o tamanho corporal total de cachalotes (*Physeter macrocephalus*, Linnaeus, 1758). A estéreo-fotogrametria é outro método que consiste no registro simultâneo de duas imagens por câmeras posicionadas a em uma base fixa (Cubbage & Calambokidis, 1987; Dawson *et al.* 1995; Growcott *et al.* 2012). Estudos similares foram realizados com outros grupos de animais aquáticos, como por exemplo, tubarões (Rohner *et al.* 2015) e pinípedes (Meise *et al.* 2014).

Para espécies de cetáceos que ocorrem em águas turbas, nas quais são raras visualizações do corpo inteiro do animal, desenvolveram-se técnicas em que coleta-se a medida da parte do corpo mais frequentemente visível na superfície. Para tal, foram elaboradas equações que expressam a relação matemática entre as medidas das partes corporais mensuradas com o comprimento total. Esta relação é estabelecida com dados de animais encalhados (*e.g.* Sousa-Lima & Groch 2010; Cubbage & Calambokidis 1987). Quando a parte do corpo usada para estimar os parâmetros morfométricos contém características individuais na espécie, é possível combinar as técnicas de fotogrametria e foto-identificação, coletando os dados simultaneamente (*e.g.* Webster *et al.* 2010; Spitz *et al.* 2000, 2002; Pack *et al.* 2009; 2012). Tais coletas são maximizadas quando a espécie em estudo exhibe frequentes comportamentos aéreos, como no caso das baleias jubartes (*Megaptera novaeangliae* Borowski 1871). Nesta espécie é possível identificar os indivíduos pelos padrões de serrilhado da borda e da coloração da face ventral da nadadeira caudal (Katona *et al.* 1979; Katona & Whitehead 1981), que é regularmente exposta quando o animal realiza mergulhos profundos ou batidas de cauda.

Como todos os Mysticetos, as jubartes apresentam dimorfismo sexual com fêmeas maiores que os machos de um a um metro e meio (Chittleborough 1965). Os filhotes nascem com 3,96 a 4,24 m de comprimento e iniciam o processo de independência da mãe com

aproximadamente um ano, quando já medem cerca de 8 a 10 m (Clapham *et al.* 1999). Atingem a maturidade sexual com aproximadamente 5 anos de idade (Chittleborough 1965; Clapham 1992), quando as fêmeas estão com média de 12,09 m de comprimento (Chittleborough 1965). Os adultos chegam a tamanhos corporais de 16 a 17 m, sendo os maiores registros de uma fêmea com 18,6 m e um macho de 17,4 m (Clapham *et al.*, 1997), realizados nas estações baleeiras da Califórnia.

O comprimento dos indivíduos de jubarte pode estar relacionado ao sucesso reprodutivo na competição intrasexual (Davies & Halliday 1978; Webster 1992; Leutenegger & Kelly 2006; Dubey *et al.* 2009; Fish & Lara 2005). Estudos com a espécie demonstraram que escortes principais (*i.e.* animais que ficam mais próximos às fêmeas) são geralmente os maiores animais do grupo (Spitz *et al.* 2002) e que, aparentemente, os machos também preferem associar-se a fêmeas maiores (Pack *et al.* 2009). Estas possivelmente apresentam maior probabilidade de produzir filhotes com grandes chances de sobrevivência (Ralls 1976; Shine *et al.* 2006; Pack *et al.* 2009).

Neste contexto, o tamanho corporal, associado à maturidade e à posição social de um indivíduo, pode apresentar influência na distribuição espacial dos indivíduos dentro das áreas de reprodução. Estudos na costa brasileira identificaram que as baleias jubartes não se distribuem uniformemente, agregando-se em subáreas (Andriolo *et al.* 2010; Wedekin *et al.* 2010). A segregação nessas áreas é determinada por diversos fatores ecológicos e ambientais, como tempo de migração (*e.g.* Dawbin 1966), profundidade (*e.g.* Rossi-Santos *et al.* 2008) e categoria de grupo (Ersts & Rosembaum 2003). Por exemplo, grupos com filhotes geralmente frequentam águas mais rasas próximas a sistemas insulares ou da costa, enquanto grupos competitivos são encontrados com maior frequência em áreas profundas (Martins *et al.* 2001). Padrões de distribuição semelhantes foram observados em áreas reprodutivas no Caribe e Hawaii, onde os grupos sociais selecionaram seus habitats preferenciais de acordo com o sexo, idade e estado reprodutivo (Herman & Antinoja 1977; Whitehead & Moore 1982;

Mattila & Clapham 1989; Glockner-Ferrari & Ferrari 1990; Smultea 1994). A sequência temporal de migração entre as áreas de reprodução e alimentação e a ocupação das áreas tropicais, está associada ao estágio reprodutivo da espécie: fêmeas no final da lactação juntamente com seus filhotes de um ano são as primeiras a chegarem às áreas tropicais, seguidas dos animais imaturos de ambos os sexos, machos maduros e fêmeas sem sinal de gravidez recente. As últimas a chegar são as fêmeas no final da gestação (Nishiwaki 1959; Chittleborough 1965; Dawbin 1966).

A população de jubartes do Estoque A (IWC 1998, 2005) frequenta o nordeste brasileiro durante a temporada reprodutiva, entre os meses julho a novembro (Siciliano 1997; Martins *et al.* 2001). Tem como principal área de agregação a região do Banco dos Abrolhos (Andriolo *et al.* 2006), no Estado da Bahia, e apresenta crescimento populacional de aproximadamente 7,4% por ano (Ward *et al.* 2011). Essa crescente recuperação (Zerbini *et al.* 2004, 2011; Ward *et al.* 2011) resulta na reocupação de áreas utilizadas no período pré-caça (Rossi-Santos *et al.* 2008; Andriolo *et al.* 2010). Acredita-se que a população atual representa o equivalente a 23% de antes de 1830 (Morais 2014). O crescente número de avistagens no litoral Norte da Bahia, na região da Praia do Forte, sugere ser esta uma área de reocupação (Rossi-Santos *et al.* 2008), e levanta a importância de se desenvolver estudos no intuito de aumentar a compreensão da dinâmica social na reprodução de populações de jubartes em recuperação.

O presente estudo investigou se o tamanho corporal é um fator que influencia a distribuição de jubartes nessa importante área de reprodução do Atlântico Sul Ocidental. Para tal, desenvolveu-se a técnica de fotogrametria da nadadeira caudal como método para estimar o tamanho corporal. A hipótese é que indivíduos maiores ocupem as áreas com maior densidade de baleias, maximizando seu sucesso reprodutivo. Sendo assim, animais menores deslocam-se para áreas periféricas menos densas, para evitar a competição e também

aumentar suas chances de cópula, um padrão observado em diferentes espécies de mamíferos (*e.g.* Le Boeuf 1974; Modig 1996).

MÉTODOS

i. Área de estudo

Os dados foram coletados em duas áreas do Estado da Bahia: o Banco dos Abrolhos (16°40' a 19°30'S; 37°25' a 39°45'W), área de maior densidade de baleias durante o período reprodutivo (julho-novembro) (Martins *et al.* 2001); e a região da Praia do Forte (12°35' a 14°35'S; 37°74' a 38°90'W), ao norte do Estado, área de menor densidade de animais.

O Banco dos Abrolhos é um complexo coralíneo com alta biodiversidade e espécies endêmicas, o que o faz ser de extrema importância para conservação (Dutra *et al.* 2005). Esta área localiza-se em uma extensão 220 km de largura da plataforma continental brasileira, uma exceção na costa nordeste que é caracterizada por ser estreita (20 a 50 km de extensão) e com borda íngreme (Ekau & Knoppers 1994). A região apresenta condições perfeitas para a reprodução e berçário das jubartes e abriga uma grande abundância de fêmeas com filhotes (Martins *et al.* 2001; Morete *et al.* 2007). Ademais, é a maior concentração da espécie na costa brasileira (Andriolo *et al.* 2010). Estudos de distribuição determinaram duas principais áreas de concentração no Banco dos Abrolhos: uma ao norte, onde as baleias agregam-se principalmente em profundidades entre 13 e 21 metros, nos arredores do Arquipélago dos Abrolhos (Martins *et al.* 2001) e outra ao sul, localizada ao norte do Estado do Espírito Santo (Martins *et al.* 2013).

A região da Praia do Forte tem o número de avistagens cada vez maior ao longo dos anos, e é caracterizada por faixa da plataforma continental bastante estreita (~14 km) e profundidade média de 50 metros. Situa-se na costa norte do Estado, entre os rios Pojuca (12° 35' 30") e Imbassaí (12° 30' 30") na longitude 38° W (Silva 1991).

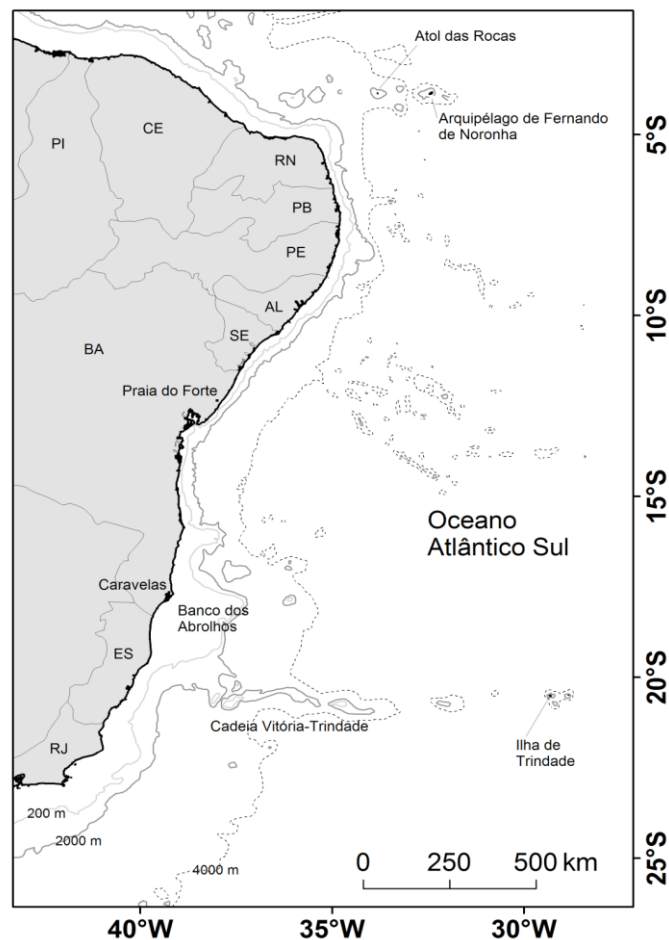


Figura 1. Litoral brasileiro, com destaque para a região do Banco dos Abrolhos e da Praia do Forte, onde foram coletados os dados deste trabalho. (Fonte: Wedekin, 2011)

ii. *Coleta de dados*

As fotografias foram tiradas a bordo de embarcação, em cruzeiros diários ao longo das temporadas reprodutivas (meses de Julho a Novembro) de 2008 a 2013. Aproximou-se de todos os grupos de baleias avistados durante o cruzeiro, para evitar viés amostral. Os grupos foram acompanhados com o objetivo de obter um ou mais registros fotográficos da nadadeira caudal de cada indivíduo. O monitoramento durou em média 44,85 min (07 a 100 min) e foi realizado a uma distância média de 85,92 m (18 a 320 m). Cada animal do grupo foi identificado a partir de marcas corporais, como o padrão de coloração da nadadeira caudal (Katona 1979; Katona & Whitehead 1981), tornando possível associar o indivíduo aos comportamentos e a fotografia. Quando possível, identificou-se o estágio reprodutivo. Cada

grupo teve sua localização geográfica (medida na embarcação) registrada por aparelho GPS no início da observação.

Registros fotográficos foram obtidos por fotógrafo equipado com câmera Nikon D70, D80, D200 ou D7000 e lente AF-S VR Zoom-Nikkor 70-300 mm f/4.5-5.6 G. A face ventral da nadadeira caudal foi fotografada, abrangendo os dois pontos extremos dos lobos e a um ângulo mais perpendicular possível ao eixo longitudinal da cauda, com o objetivo de evitar distorções ópticas e viabilizar a foto-identificação dos indivíduos. Simultaneamente, um pesquisador posicionado precisamente ao lado do fotógrafo, coletou a distância, em metros, até a baleia utilizando telêmetro a *laser* (*range-finder* Bushnell 1500) (**Figura 2**).



Figura 2. Coleta de dados para a estimativa da largura da nadadeira caudal. Fotógrafo e telêmetro posicionados paralelamente e o mais próximos possível, com a embarcação atrás da baleia. (Imagem: Guilherme Martins)

iii. Calibragem e precisão na estimativa do tamanho

Testes de calibragem foram feitos para analisar como a estimativa da largura da nadadeira caudal pode variar de acordo com a distância e o ângulo da câmera fotográfica em relação ao objeto. Assim, foi possível conhecer a magnitude do erro em cada situação, permitindo calibrar as equações preditivas do tamanho corporal com a inclusão do erro médio previsto. Para tal, foi feita uma simulação utilizando um modelo de caudal feito de madeira plana, com dimensões conhecidas (1,69 m) e com escala métrica anexa. As fotografias foram tiradas de 20 m a 200 m de distância, a cada intervalo de 20 m, totalizando 10 pontos de registro. As distâncias foram medidas com telêmetro a *laser* (*range finder* Bushnell 1500) que, de acordo com o fabricante, apresenta um erro fixo de 0,914 m. Em cada ponto, o objeto foi fotografado em cinco ângulos diferentes (0°, 15°, 30°, 45° e 60°). A configuração da câmera fotográfica foi a mesma utilizada em campo, ou seja, com distância focal fixa em 55 mm e foco automático.

A largura do modelo de caudal foi estimada a partir da análise das imagens pelos mesmos métodos e cálculos supracitados. Considerando que a largura real do modelo é conhecida (1,69 m), foi estimado o erro gerado em cada situação e verificado para quais distâncias e ângulos existem distorções ópticas significativas que comprometem a precisão do método. A magnitude média encontrada do erro foi incorporada à equação preditiva do tamanho corporal.

iv. Modelo linear : relação tamanho total x largura nadadeira caudal

Dados de largura da nadadeira caudal (LC) e tamanho corporal total (TT) de animais enalhados (**Figura 3**) foram utilizados para avaliar a relação entre estas variáveis e obter uma equação preditiva. Aprimorou-se a equação desenvolvida por Sousa-Lima & Groch (2010), através da regressão linear, uma vez que foram incrementadas na base de dados destes pesquisadores, as informações de 32 animais adultos, totalizando 133 animais. Compilaram-

se dados disponíveis na literatura (Sousa-Lima & Groch 2010) bem como, informações de animais encalhados na costa australiana (Australian Marine Mammal Center) e na costa brasileira, estes últimos provenientes da rede nacional de encalhes: Instituto Baleia Jubarte (IBJ), Instituto ORCA, Centro Mamíferos Aquáticos (CMA/ICMBio), Instituto Mamíferos Aquáticos (IMA), AQUASIS e Instituto Biota.

Para analisar a possibilidade de se desenvolver uma única equação com todos os animais ($N = 133$), verificaram-se as diferenças entre as razões da largura da nadadeira caudal e o tamanho corporal de machos e fêmeas (*Teste T*, $t = 0,28$, $GL = 28,78$, $p = 0,78$), de animais encalhados na costa do Brasil e os da costa da Austrália, assim como entre baleias maiores e menores que 8 m (*Teste T*, $t = 4,6$; $GL = 114,16$; $p < 0,0001$). A partir do resultado obtido, foram considerados para análise os dados de baleias de ambos os sexos e locais de ocorrência ($N = 54$), excluindo-se os animais considerados filhotes (> 8 m) os quais apresentam uma diferença significativa em relação aos adultos.

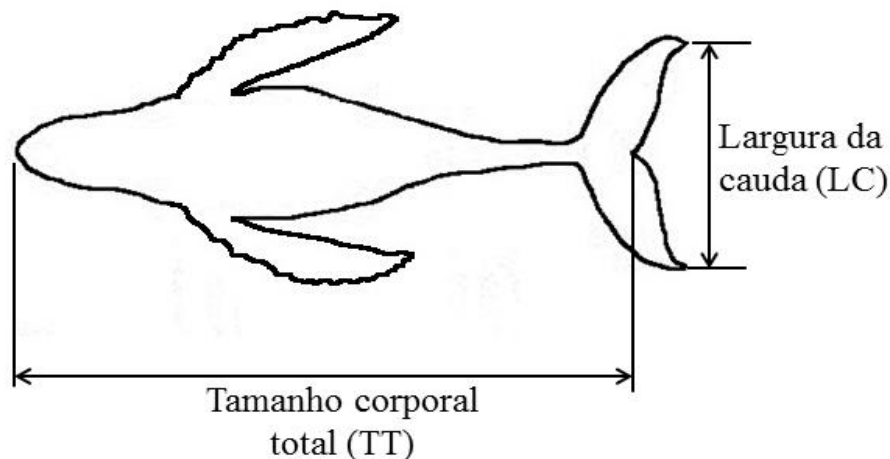


Figura 3. Dados da largura da nadadeira caudal e o tamanho corporal total, obtidos de animais encalhados, foram utilizados na regressão linear para determinar a relação entre essas duas dimensões corporais.

v. *Seleção das imagens*

As fotografias provenientes das temporadas reprodutivas de 2008 a 2013 foram categorizadas quanto a perpendicularidade do eixo longitudinal da nadadeira caudal em relação à câmera. As categorias vão de Q1 a Q4, sendo Q1 as caudas que têm o eixo em ângulo mais próximo a 90° em relação à câmera (vide **Anexo 01**), sendo as diferenças entre estas calculadas com teste Kruskal Wallis. Considerando que os lobos caudais são simétricos (Sousa-Lima & Groch 2010), a perpendicularidade das nadadeiras caudais na imagem foi baseada na razão entre as medidas dos lobos, seguindo os critérios:

- Q1 – Razão entre 0,91 a 1,0: imagem perpendicular;
- Q2 – Razão entre 0,78 a 0,90;
- Q3 – Razão entre 0,61 a 0,78;
- Q4 – Razão menor que 0,61.

Após a categorização das imagens foi escolhida apenas uma fotografia de cada indivíduo para evitar tendências na amostragem. Consideraram-se os seguintes parâmetros na ordem exposta:

- Categoria de maior qualidade (Q1 sobre Q2);
- Imagem com a maior razão entre os lobos;
- Cauda menos curvada;
- Melhor foco da imagem.

vi. *Estimativa dos parâmetros morfométricos*

Seguindo o protocolo de Jaquet (2006), as imagens foram analisadas no programa Adobe Photoshop CS6 pela utilização da ferramenta “Medir”. Com base na contagem dos *pixels* a partir das pontas mais proeminentes (**Figura 4**), mensurou-se a largura total da nadadeira caudal de cada indivíduo e dos lobos independentemente. Os lobos foram medidos da extremidade da cauda até uma linha traçada perpendicular ao *notch*.

Após ter sido contado o número de *pixels* ao longo da largura da nadadeira caudal (Lcp), as dimensões do sensor de cada modelo das câmeras utilizadas foram checadas. Este procedimento foi necessário uma vez que as imagens digitais são formadas no sensor eletrônico, localizado no plano focal da câmera, e as dimensões deste variam com o modelo da câmera fotográfica. A largura do sensor (em metros) (Ts) foi usada como medida equivalente à largura (em *pixels*) da imagem obtida (Imp) (informação presente nos metadados da fotografia). Utilizando a equivalência de valores, a largura da caudal na imagem foi estimada convertendo-se seu comprimento em *pixels* (Lcp) para metros, usando a **equação 1**:

$$Ti = \frac{(Ts \times Lcp)}{Imp}$$

Onde Ti é a largura da caudal **na imagem** em metros; Ts é a largura do sensor (metros); Lcp é a largura total da caudal na imagem em *pixels*; e Imp é a largura da imagem em *pixels*.

A partir do valor de Ti , foi calculada a largura da nadadeira caudal, através da semelhança de triângulos, usando as relações matemáticas entre o tamanho da cauda na imagem (Ti) e a largura real (LC), e entre a distância focal (DF) e a distância entre a câmera e a baleia ($Dist$) (**Figura 4**) utilizando a **equação 2**:

$$LC = \frac{(Dist \times Ti)}{DF}$$

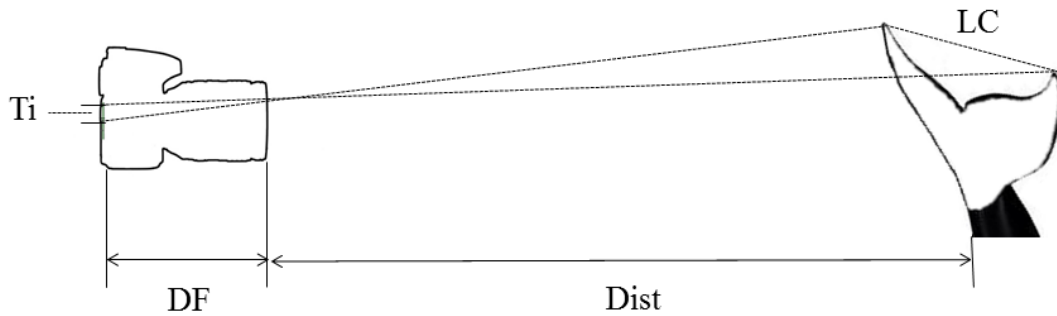


Figura 4. Semelhança de triângulos relativa à formação da imagem na câmera. Ti é a largura da cauda na imagem, que tem sua medida equivalente a LC (largura da nadadeira caudal), e a medida DF (distância focal) é correspondente a $Dist$, que é a distância entre a câmera e a baleia (todas as medidas em metros).

Baleias que tinham pedaços faltando em ambos os lobos da nadadeira caudal, foram excluídas da análise. No caso de indivíduos que possuíam apenas um lobo inteiro na imagem, mediu-se o número de *pixels* do ponto extremo do lobo até uma linha perpendicular partindo do *notch*, dobrando-se essa medida para obter a largura da nadadeira caudal (Lcp).

vii. Variações espaço-temporais na estimativa do tamanho corporal.

Foram realizadas análises comparativas interanuais entre os tamanhos corporais dos indivíduos encontrados entre os anos de 2008 a 2013. Também foram exploradas as variações ao longo dos meses da temporada reprodutiva (intra-anuais), em ambas as análises utilizaram-se ANOVA e teste *post-Hoc* Tukey HSD.

As médias dos conjuntos de dados das duas áreas de estudo foram comparadas com o teste paramétrico *T-Student*. Após o tamanho corporal das baleias ter sido estimado, suas coordenadas geográficas foram plotadas no mapa, utilizando o programa ESRI ArcMap (versão 10), para observar a distribuição dos tamanhos corporais durante o período reprodutivo dessa população.

RESULTADOS

i. Calibragem do método e precisão na estimativa

O ângulo longitudinal entre o fotógrafo e o objeto influenciou significativamente o erro das estimativas de largura (*Kruskal Wallis*: $H= 46,23$; $GL= 4$; $p < 0,0001$), ao contrário da distância entre a câmera e o objeto, que não influenciou na estimativa (*Kruskal Wallis*: $H= 1,44$; $GL= 9$; $p = 0,99$). Quando o ângulo em relação ao objeto foi de 0° e 15° o erro foi de até 4,8% em relação à largura real do objeto, com média do erro igual a 3,44% (**Figura 5**). Ângulos maiores geraram subestimativas relativamente altas de 9,3 a 46% do valor real da medida (**Figura 5**). Assim, somente fotografias de baleias tomadas dentro desta faixa foram selecionadas para análise, bem como, o valor médio do erro foi incorporado na equação de predição do tamanho corporal dos indivíduos.

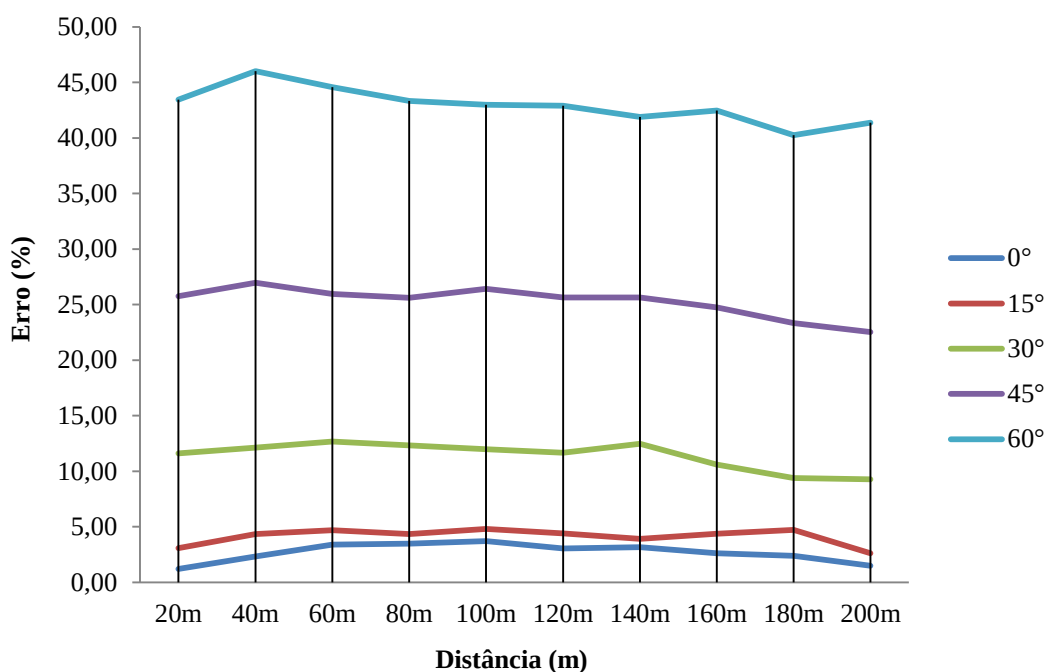


Figura 5. Erro na estimativa da largura do objeto, em porcentagem do tamanho conhecido (1,69 m), gerado a partir de fotografias tomadas a diferentes distâncias e ângulos em relação ao objeto. Os erros foram todos negativos, ou seja, houve sempre subestimativa. Nota-se que

houve pouca variação no erro da estimativa devido à distância ao objeto, mas houve muita diferença no erro gerado quando o objeto foi fotografado em ângulos distintos.

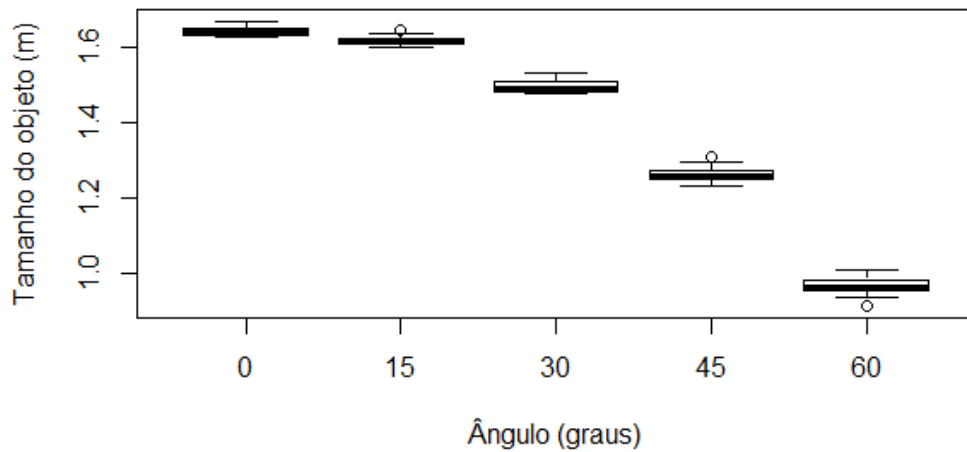


Figura 6. Estimativa do tamanho do modelo de madeira com o aumento do ângulo longitudinal. Note crescente subestimativa do tamanho real (1,69 m) conforme aumenta o ângulo.

Quanto mais a cauda está perpendicular à câmera, maior será a simetria dos lobos (**Figura 7**). Lobos simétricos apresentaram razão das medidas de comprimento mais próxima de 1. Assim, utilizou-se esse critério para categorizar a qualidade das fotografias de nadadeiras. Somente imagens Q1 e Q2 foram usadas. Os resultados das estimativas de largura da cauda de imagens Q1 e Q2 foram condizentes com os dados biométricos reais e comuns encontrado em encalhadas.

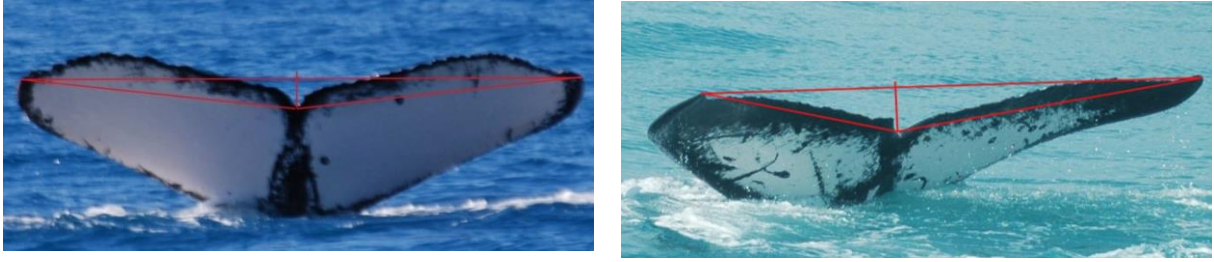


Figura 7. Proporção das medidas dos lobos caudais conforme o ângulo do eixo longitudinal. Na foto à esquerda, a cauda está aparentemente perpendicular à câmera, e a medida dos lobos é simétrica (razão= 0,97). Na foto à direita, o ângulo do eixo longitudinal aparenta ser maior que 15°, com a razão entre os lobos de 0,63.

ii. Modelo linear (Tamanho total x largura nadadeira caudal)

Houve relação linear entre o tamanho corporal total e a largura da nadadeira caudal para adultos e juvenis (animais > 8 m) (**Figura 8**). O modelo de regressão linear demonstrou relação significativa entre tamanho corporal estimado (TT) e largura da caudal (LC) ($R^2=0,76$; $F= 170,7$; $GL = 52$; $p < 0,0001$). Incorporando a subestimação média de 3,44%, obtida nos testes para as caudas Q1 e Q2, foi gerada a seguinte equação de predição do tamanho corporal total das baleias jubartes:

$$TT = 3,57 + 2,27 \times (LC \times 1,0344)$$

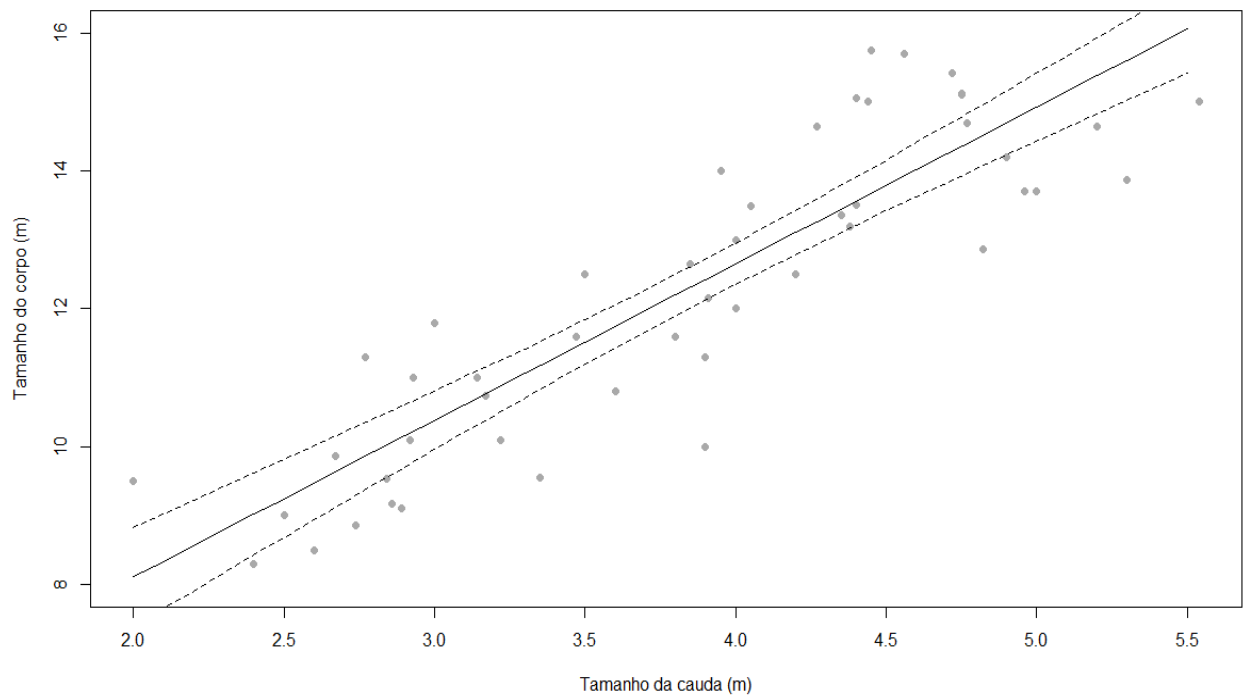


Figura 8. Regressão linear entre o tamanho total e a largura da nadadeira caudal, e a equação que determina a relação entre essas duas dimensões. A linha de tendência indica o ajuste do modelo entre as variáveis. As linhas pontilhadas demonstram o intervalo de confiança de 95%.

iii. Seleção das imagens

Foram analisadas 464 fotografias de nadadeiras caudais coletadas durante as temporadas reprodutivas de 2008 a 2013. As imagens da categoria Q1 foram as mais abundantes, com 37,9% ($n = 176$), seguidas de Q3 (31,7%; $n = 147$), Q2 (23,3%; $n = 108$) e por último Q4 (7,1%; $n = 33$). Comparando as estimativas de tamanho corporal constatou-se que há diferenças significativas entre as fotografias das diferentes categorias (*Kruskal Wallis*, $\chi^2 = 51,76$; GL = 3, $p < 0,0001$). Essa diferença não foi observada entre as imagens Q1 e Q2 (Teste *post hoc* Tukey HSD: $p = 0,48$) ($n = 261$; $\bar{x}_{Q1} = 13,12$ m; $\bar{x}_{Q2} = 12,81$ m). Assim, somente estas 261 imagens de animais distintos atenderam às premissas iniciais para aplicação do método e foram consideradas para as análises. Destas, 202 (78%) foram dados coletados em Abrolhos e 59 (22%) na Praia do Forte.

iv. Estimativa dos parâmetros morfométricos

Os resultados apresentaram média na estimativa de tamanho de 13,31 m (DP = 1,48), com maior representatividade nos tamanhos entre 12 e 13 m (18,6%) e menor nos tamanhos entre 6 e 8 m (1,05%) (**Figura 9**).

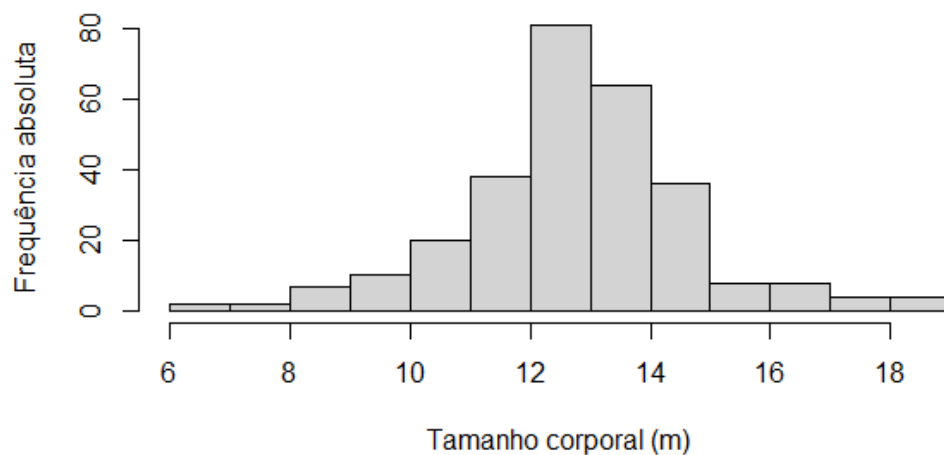


Figura 9. Histograma com as frequências absolutas dos tamanhos corporais (metros) da baleia jubarte estimados no litoral da Bahia.

v. Variação espaço-temporal

A comparação interanual não apresentou diferença significativa no tamanho corporal das jubartes dentre os anos de 2008 a 2013 (**Figura 10a**) (ANOVA: $F=0,714$; GL= 259; $p=0,4$), quando se analisou toda a amostra. Também não houve diferença interanual analisando os dados de Abrolhos (ANOVA: $F = 0,93$; GL = 200; $p = 0,34$) e Praia do Forte ($n = 59$; $\chi^2=4,9$; GL = 3; $p = 0,18$) separadamente (**Figura 10b e c**).

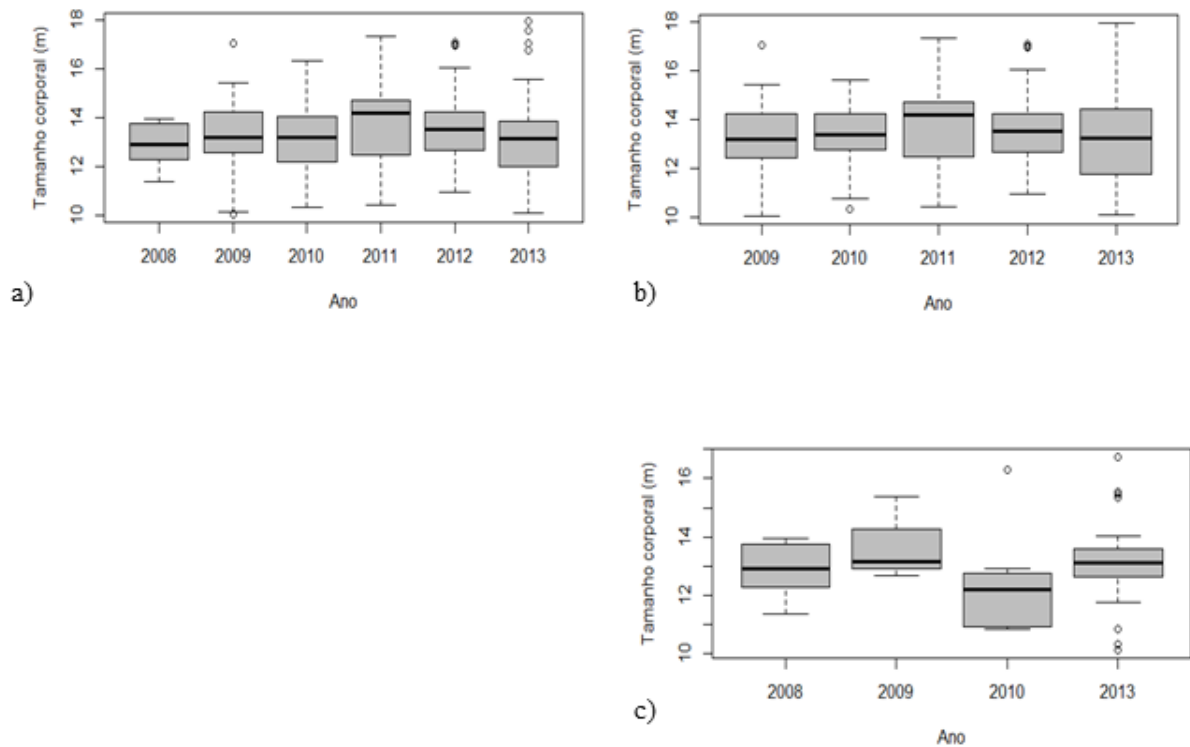


Figura 10. Variação interanual entre os tamanhos estimados para a baleia jubarte, representados pelos retângulos cinza: **a)** dados de Abrolhos e Praia do Forte; **b)** Abrolhos; **c)** Praia do Forte. As medianas dos tamanhos corporais não apresentam diferença estatística entre os anos de 2008 a 2013.

Entretanto ao longo da temporada reprodutiva, na análise intra-anual, houve variações significativas no tamanho dos indivíduos (ANOVA: $F = 4,52$; $GL = 256$; $p < 0,01$) (**Figura 11a**). De modo geral, a média do tamanho na população aumenta com o passar dos meses, com um leve decréscimo em novembro, apresentando maior discrepância entre os meses julho/outubro e agosto/outubro (*Tukey post-hoc*: $p < 0,01$). O mesmo resultado é encontrado quando os dados de Abrolhos foram analisados separadamente (ANOVA: $F = 3,51$; $GL = 197$; $p < 0,01$) (**Figura 11b**). Essa diferença é encontrada entre os meses de julho/outubro e julho/setembro (*Tukey post-hoc*: $p < 0,01$). Já os meses de outubro/novembro apresentaram dados similares ($p = 0,99$), sugerindo a distinção de dois grupos de tamanhos corporais ao longo da temporada: animais menores de julho a agosto, e maiores de setembro a novembro

(**Tabela 2**). Na Praia do Forte, o tamanho dos indivíduos ao longo da temporada não variou estatisticamente ($ANOVA: F = 0,84; GL = 55; p = 0,57$) (**Figura 11c**).

Tabela 2. Média e amplitude dos tamanhos corporais da baleia-jubarte estimados no Banco dos Abrolhos (AB) e na Praia do Forte (PF).

Mês / Tamanho (m)	Média AB	Amplitude AB	Média PF	Amplitude PF	Média AB + PF	Amplitude AB + PF
Julho	12,79	10,07 - 17,95	12,39	10,85 - 13,16	12,28	10,07 - 17,95
Agosto	13,09	10,03 - 15,40	12,76	10,12 - 16,30	12,96	10,03 - 16,30
Setembro	13,49	10,29 - 17,05	13,06	10,32 - 16,74	13,37	10,32 - 16,74
Outubro	13,79	10,78 - 17,10	13,39	11,85 - 15,54	13,73	10,78 - 17,10
Novembro	13,88	11,86 - 17,30	-	-	13,49	11,86 - 17,30

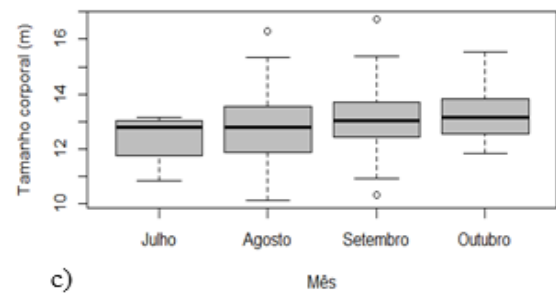
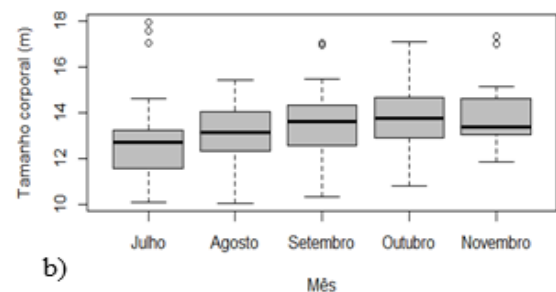
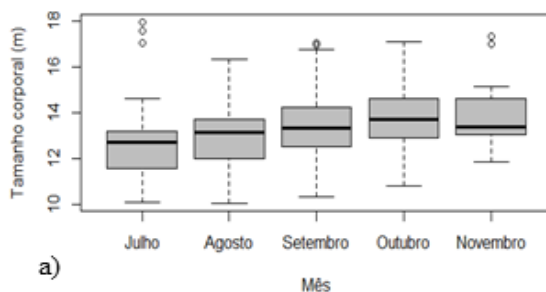


Figura 12. Variação intra-anual, representada pela altura dos retângulos, dos tamanhos corporais estimados para as baleias-jubartes das duas áreas de estudo (a); de Abrolhos (b) e

Praia do Forte (c). Observa-se um gradual aumento das médias e medianas (traço preto) no decorrer da temporada, com diminuição não significativa no mês de novembro.

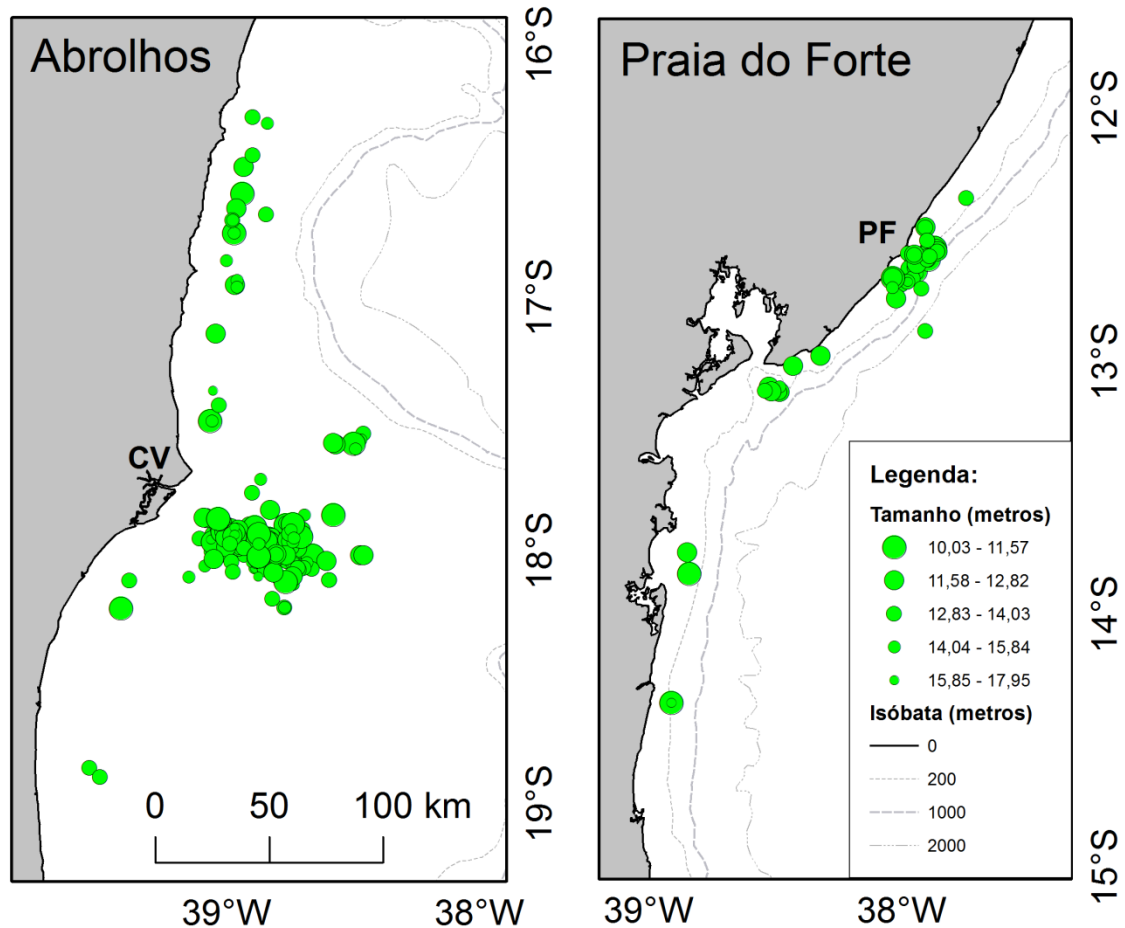


Figura 13. Mapas das áreas de estudo, à esquerda a região do Banco dos Abrolhos e à direita, a região da Praia do Forte. As baleias jubartes avistadas que tiveram o tamanho corporal estimado são representadas pelos círculos verdes. A dimensão do círculo refere-se à classe de tamanho a qual pertence cada indivíduo (legenda).

O tamanho corporal estimado para as baleias de Abrolhos foi em média de 13,41 m ($n = 202$; $DP = 1,5$), enquanto na Praia do Forte, a média de tamanhos foi de 12,96 m ($n = 59$; $DP = 1,36$) (**Figura 13**). Observou-se diferença estatística no tamanho dos indivíduos amostrados nas áreas de estudo ($F = 4,27$; $GL = 259$; $p = 0,04$).

DISCUSSÃO

i. Calibragem do método

As repetidas estimativas da largura do modelo de caudal apresentaram diferença pequena em relação ao tamanho real quando o ângulo foi $< 15^\circ$, sugerindo que erros inerentes à câmera, lente, telêmetro a *laser* e contagem de *pixels* são pouco significativos. Porém, recomenda-se que para cada equipamento esta porcentagem de erro seja calculada.

A distância entre a câmera e o objeto demonstrou não ser um fator que afeta significativamente a estimativa de tamanho, o que corresponde aos achados de outros estudos de fotogrametria (*e.g.* Jaquet 2006). Esse fato facilita a aplicação da técnica para o estudo de cetáceos, devido à dificuldade em prever a que distância os animais irão emergir. Além disso, uma aproximação maior não é sempre possível e pode causar distúrbios, principalmente na presença de filhotes (Morete *et al.* 2007).

O posicionamento do eixo longitudinal do modelo de caudal em ângulos $\leq 15^\circ$ gerou erros não representativos na estimativa da largura, semelhante ao resultado encontrado por Jaquet (2006) com ângulos $\leq 10^\circ$. Entretanto, o erro médio no ângulo de 30° é de 11%, e assim já representa diferença significativa do tamanho real, aumentando substancialmente em ângulos $\geq 45^\circ$. O ângulo do fotógrafo em relação ao modelo da caudal demonstrou ser a variável mais influente na estimativa da largura e é, portanto, um parâmetro fundamental para certificar a qualidade da fotografia para o uso do método. Portanto, sugere-se que fotografias obtidas a ângulos $\geq 15^\circ$ não sejam usadas para tais estimativas. Apesar de ainda não ser possível inferir com exatidão em qual ângulo encontra-se a nadadeira caudal na fotografia, as categorias de qualidade aqui definidas provavelmente refletem bem os limites do posicionamento ideal para estimativa do tamanho. Assumindo-se que os lobos são simétricos (Sousa-Lima & Groch, 2010), quanto mais perpendicular a nadadeira caudal encontra-se em relação à câmera, mais próxima de 1 será a razão entre a medida destes.

A curvatura natural das nadadeiras caudais de jubartes, possivelmente gera sutil subestimação do tamanho real dos indivíduos, já que a relação linear utilizada provém de dados de animais mortos, que são medidos com a nadadeira esticada no chão. Esse fato não inviabiliza as comparações de tamanho dentre indivíduos da mesma espécie, já que espera-se que variações desta origem sejam relativamente constantes quando utiliza-se o mesmo método. Para quantificar e corrigir essas variações, seria necessário transformar a imagem bidimensional em tridimensional e mensurar a superfície ocupada de uma ponta a outra da nadadeira. Tal procedimento não foi adotado no presente estudo, e assumiu-se a variação na curvatura da cauda como inerente ao método. Sugere-se que estudos futuros realizem a análise tridimensional para eliminar este fator e aumentar a precisão.

Distâncias maiores que 200 m não foram testadas e podem gerar erros desconhecidos na estimativa de tamanho.

ii. Modelo linear: relação tamanho total x largura nadadeira caudal

Filhotes de jubarte nascem com aproximadamente 3,96 – 4,57 m de comprimento (Clapham *et al.* 1999) e permanecem com suas mães alimentando-se de leite rico em gordura até tornarem-se independentes no final do seu primeiro ano de vida, quando atingem 8 – 10 m (Clapham *et al.*, 1999). Como o crescimento corporal da espécie é alométrico, assim como registrado para baleias fin (*Balaenoptera physallus*, Linnaeus 1758) (Ratnaswamy & Winn 1993), as proporções corporais (razão largura da caudal / tamanho corporal) demonstraram ser significativamente diferentes para adultos e filhotes. Assim, a equação linear obtida com dados dos animais encalhados, desenvolvida neste estudo, foi usada para predizer o tamanho corporal total a partir da largura da nadadeira caudal das jubartes adultas (> 8 m) da população reprodutiva da costa brasileira.

Representantes dessa espécie exibem comportamentos aéreos com frequência, maximizando a coleta de dados de estimativa de tamanho corporal, juntamente com a fotoidentificação quando o protocolo sugerido neste estudo é utilizado.

iii. Estimativa dos parâmetros

A maioria das estimativas foi de tamanhos corporais entre 12 e 13 m, correspondente ao de jubartes maduras e reprodutivamente ativas (Chittleborough 1965; Clapham 1992), como esperado para as áreas tropicais. Os maiores exemplares que se tem registro mediam 17,4 m (macho) e 18,6 m (fêmea) (Clapham *et al.* 1997), encontrados na estação baleeira da Califórnia nos anos de 1919 e 1928, respectivamente (Clapham & Mead 1999). No presente estudo, apenas 3% animais tiveram os tamanhos corporais estimados entre 17 a 18 m. Apenas 2% das estimativas foram de tamanhos maiores que 18 metros, assim tal resultado foi considerado erro na leitura da distância entre a câmera e a baleia no momento da coleta devido à má comunicação a bordo ou movimentação da embarcação.

iv. Variação espaço-temporal do tamanho corporal das baleias-jubartes

O aumento do tamanho médio das baleias durante ao longo da temporada reprodutiva pode ser devido ao escalonamento na ordem de migração relacionado ao sexo e a classe de maturação (Lockyer 1981; Chittleborough 1965; Dawbin 1966; Nishiwaki 1959). A variação no tempo de migração provavelmente determina a média do tamanho corporal, assim como a ocupação da área. A presença em grande número de animais imaturos no início da temporada pode gerar menor média de tamanho nos meses de julho e agosto. Com a aproximação do final da temporada (setembro/outubro), o comprimento dos animais aumenta significativamente, provavelmente devido à predominância de animais maduros na população.

Não houve variação anual no comprimento das baleias nos 6 anos de coleta, podendo não ser um horizonte de tempo suficiente para detectar o crescimento no tamanho dos representantes desta população.

v. *Comparação de tamanho corporal entre Abrolhos e Praia do Forte*

Esse trabalho verifica, pela primeira vez, uma partição de habitat pelo tamanho corporal de baleias-jubarte na área reprodutiva no Brasil. A preferência de habitat é definida por complexas interações entre condições ambientais, requerimentos biológicos e padrões de comportamento (Ersts & Rosembaum 2003). O ambiente é um dos fatores mais importantes na escolha da área de uso pelas jubartes durante a temporada reprodutiva (Ward *et al.* 2011). E foi observado no Brasil e em outras áreas de agregação ao redor do mundo, que indivíduos da mesma população podem alternar entre subáreas durante o período reprodutivo (Constantine *et al.* 2007; Steel *et al.* 2008; Wedekin *et al.* 2010).

O Banco dos Abrolhos é considerado a principal área de agregação de jubartes do Atlântico Sul Ocidental. Durante o inverno austral (*e.g.* Andriolo *et al.* 2006) atrai cerca de 16.774 (CV = 40,2, CI 95% = 9,290-30,294, levantamento embarcado), (Bortolotto 2014) ou de um ponto de vista mais conservador, 6.404 baleias (CV = 0,11, IC 95% = 5.084-8.068, levantamento aéreo) (Andriolo *et al.* 2010) a cada inverno. O número de baleias avistadas ao longo dos anos confirma a previsão de crescimento populacional de Ward *et al.* (2011) de 7,4% ao ano. Este aumento possivelmente está relacionado ao fato de Abrolhos possuir características ótimas de habitat para as atividades reprodutivas da espécie (Zerbini *et al.* 2011; Ward *et al.* 2011).

Por outro lado, o número crescente de jubartes nos arredores da Praia do Forte sugere a reocupação de áreas utilizadas antes da caça devido à recuperação deste Estoque (Zerbini *et al.* 2006; Rossi-Santos *et al.* 2008). De fato, em uma população crescente, é esperado que alguns indivíduos busquem áreas menos densas (Ward *et al.* 2011). Esta região apresenta

características batimétricas e topográficas similares às de áreas de reprodução ao redor do mundo, sendo provavelmente a baixa profundidade (< 50 m) uma das características mais atrativas para as baleias (Rossi-Santos *et al.* 2008).

Wedekin *et al.* (2010) observaram baixo intercâmbio de áreas dos animais nos catálogos de fotoidentificação de Abrolhos e da Praia do Forte. As reavistagens foram mais frequentes dentro da mesma subárea, sugerindo certo grau de fidelidade às subáreas pelos indivíduos desta espécie (Wedekin *et al.* 2010). Este mesmo padrão foi observado para as baleias do Estoque E, que se reproduzem no Leste da Austrália e Tonga, no Pacífico Sul (Constantine *et al.* 2007; Steel *et al.* 2008).

A diferença significativa de tamanho encontrada entre um habitat ótimo e uma área de reocupação pode ter influência de diversos fatores ambientais e ecológicos da história de vida das jubartes. Um deles é a possível partição de habitat realizado pelas baleias em diferentes estágios de maturidade e condição física. Como Abrolhos é a área de maior densidade (Andriolo *et al.* 2010), são melhores as chances de encontrar um parceiro reprodutivo. As fêmeas estão distribuídas ampla e imprevisivelmente, impossibilitando os machos de monopolizar um grupo de fêmeas ou estabelecer territorialidade. Assim engajam em comportamentos agonísticos para obter o acesso a uma fêmea, ao invés de várias (Clapham 1996). Nessas disputas, escortes principais, sendo os maiores indivíduos, têm vantagens físicas e permanecem por mais tempo ao lado das fêmeas (Spitz *et al.* 2002) aumentando suas chances de sucesso reprodutivo. Como há vantagens para animais de maior tamanho corporal nas interações interespecíficas (Spitz *et al.* 2002; Pack *et al.* 2009, 2012), baleias menores podem ser encorajadas a procurar locais com menor densidade, como a Praia do Forte, onde haverá menor chance de encontrar potenciais parceiros reprodutivos, porém há menor competição (Clapham 1996; Davies & Halliday 1978). Essa dinâmica é análoga à teoria do forrageamento ótimo, que prevê que o *fitness* dos indivíduos será maior em áreas com menor densidade de recursos do que uma área com recursos de melhor qualidade, mas maior

densidade de coespecíficos e, portanto, maior competição. Nessas áreas menos densas, machos podem executar comportamentos como o canto, para atrair fêmeas (Clapham 1996). Os custos e benefícios nas atividades reprodutivas apresentam variações na magnitude de acordo com as condições físicas de cada indivíduo. Em espécies em que a competição por parceiros reprodutivos é grande, os animais com melhores condições físicas geralmente apresentam maior capacidade de suportar os custos energéticos da competição, enquanto animais menores podem ter mais chances de sucesso se optarem por um parceiro reprodutivo que exija menor competição, o que resulta em diferenças no *trade-off* ideal (Hoglund & Alatalo 1995; Fawcett & Johnstone 2012).

Muitos animais de 17 a 18 m foram retirados da população durante a época da caça, o que torna rara atualmente a avistagem de um animal com estas dimensões (Clapham & Mead 1999). Entretanto, populações em que a exploração parou há mais de três décadas e estão em recuperação, pode haver um pequeno número de indivíduos que já atingiram esse tamanho, como encontrado nas estimativas deste estudo.

CONCLUSÃO

A fotogrametria da nadadeira caudal mostrou-se bastante útil para estimar o tamanho corporal total de jubartes. A coleta de dados segue praticamente o mesmo protocolo da habitual foto-identificação, e assim as coletas não alteram a logística de campo e podem ocorrer simultaneamente. É de fácil replicação, pois os cálculos se adaptam aos diferentes equipamentos fotográficos; possui grande plasticidade de uso em outras espécies de cetáceos e possibilita a utilização da medida de qualquer parte corporal, que tenha as dimensões conhecidas, como preditor do comprimento total. Para jubartes, recomenda-se o uso da largura da nadadeira caudal para estimar o tamanho total, pois além destas variáveis

apresentarem forte relação, a coleta de dados é maximizada pelos frequentes comportamentos aéreos da espécie que expõe essa parte do corpo.

As jubartes do Estoque A pertencem à mesma população genética (Cypriano-Souza 2008) apesar de ocuparem uma enorme área durante o inverno austral (Wedekin *et al.* 2010; Zerbini *et al.* 2010). As diferenças de tamanho entre as duas áreas estudadas, reforçam a sugestão de que os indivíduos utilizam subáreas ao longo da área reprodutiva (Wedekin *et al.* 2010; Andriolo *et al.* 2010) e essa ocupação é direcionada, principalmente, pela classe de maturação, sexo e variações espaço-temporais. Sabe-se que a condição física é um fator importante nas interações interespecíficas da espécie (Pack *et al.* 2009, 2012; Spitz *et al.* 2002; Ralls 1976), assim jubartes com tamanhos corporais menores podem ser encorajadas a se deslocar para uma área com menor densidade, porém com menor gasto energético na competição por um parceiro sexual, aumentando suas chances de sucesso reprodutivo. Os animais provavelmente frequentam a mesma subárea enquanto esta apresenta características que favorecem seu sucesso reprodutivo (*e.g.* Smultea 1994), apresentando certo grau de fidelidade (Wedekin *et al.* 2010). Apenas uma porção dos indivíduos parece transitar longas distâncias na mesma temporada reprodutiva utilizando múltiplas subáreas da costa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andriolo, A., Martins, C.C.A., Engel, M.H., Pizzorno, J.L., *et al.* 2006. The first aerial survey to estimate abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the breeding ground off Brazil (Breeding Stock A). **Journal of Cetacean Research and Management**, 8: 307-311.
- Andriolo, A., Kinas, P.G., Engel, M.H., Martins, C.C.A. & Rufino, A.M. 2010. Humpback whales within the Brazilian breeding ground: distribution and population size estimate. **Endangered Species Research**, 11: 233-243.
- ASPRS. 1997. Digital Photogrammetry - An Addendum to the Manual of Photogrammetry. **The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing**. Bethesda, MA, Estados Unidos.
- Bortolotto, G.A. 2014. **Estimativas de abundância e tamanho de grupo de baleias-jubartes em transectos lineares na costa brasileira**. Master Thesis. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.
- Borowski, G. H. 1871. Gemeinnützige[sic] Naturschichte des Tierreichs, G. L. Lange, Berlin and Stralsund. page(s): 2(1):21.
- Chittleborough, R. G. 1955. Aspects of reproduction in the male humpback whale, *Megaptera nodosa* (Bonnaterre). **Australian Journal of Marine and Freshwater Research**, 6, 1-29.
- Chittleborough, R.G. 1965. Dynamics of two populations of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski). **Australian Journal of Marine and Freshwater Research**, 16: 33-128.

- Clapham, P.J., Plasboll, P.J., Mattila, D.K. & Vasquez, O. 1992. Composition and dynamics of humpback whale competitive groups in the West Indies. **Behaviour**, 122, 182-194.
- Clapham, P.J. 1996. The social and reproductive biology of Humpback whales: an ecological perspective. **Mammal Review**, 26(1): 27-49.
- Clapham, P. J., Leatherwood, S., Szczepaniak, I. & Brownell, R. L. JR. 1997. Catches of humpback and other whales from shore stations at Moss Landing and Trinidad, California, 1919-1926. **Marine Mammal Science** 13:368-394.
- Clapham, P. J. & Mead, J. G. 1999. *Megaptera novaeangliae*. **Mammalian Species**, v. 604, p. 1–9.
- Clapham, P.J., Wetmore, S.E., Smith, T.D. & Mead, J. 1999. Length at birth and at independence in humpback whales. **Journal of Cetacean Research and Management**, v. 1, n. 2, p. 141–146.
- Constantine R, Russell K, Gibbs N *et al.* 2007. Photo-identification of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in New Zealand waters and their migratory connections to breeding grounds of Oceania. **Mar Mamm Sci.** 23:715–720.
- Cubbage, J. C., & Calambokidis, J. 1987. Size-class segregation of bowhead whales discerned through aerial stereophotogrammetry. **Marine Mammal Science**. 3: 179- 185.
- Cypriano-Souza, A. L. 2008. Caracterização genética da população de baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*) da área de reprodução do Oceano Atlântico Sul Ocidental baseado em microssatélites nucleares. M.Sc. thesis, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil. 47 pp.
- Davies, N. B., & T. R. Halliday. 1978. Deep croaks and fighting assessment in toads, *Bufo bufo*. **Nature** 274:683–685.

- Dawson, S.M., Chessum, P.J., Hunt & Slooten, E. 1995. An inexpensive, stereophotographic technique to measure sperm whales from small boats. **Report of the International Whaling Commission**. 45:43 1-436.
- Dawbin, W.H. 1966. The seasonal migratory cycle of humpback whales. In **Whales, Dolphins, and Porpoises**, pp. 145–170. Ed. By K. S. Norris University of California Press, Berkeley.
- Dubey, S., G. P. Brown, T. Madsen & R. Shine. 2009. Sexual selection favours large body size in males of a tropical snake (*Stegonotus cucullatus*, Colubridae). **Animal Behaviour** 77:177–182.
- Dutra, G.F., Allen, G.R., Werner, T. & McKenna, S.A. 2005. A rapid marine biodiversity assessment of the Abrolhos Bank, Bahia, Brazil. **RAP Bulletin of Biological Assessment**. Conservation International, Washington, DC. 38.
- Ersts, P.J. & Rosembaum, H.C. 2003. Habitat preference reflects social organization of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on a wintering ground. **Journal of Zoology**, London. 260, 337–345.
- Ekau, W. & Knoppers, B. 1999. An introduction to the pelagic system of the North-East and East Brazilian shelf. **Archive of Fishery and Marine Research**, 47: 113-132.
- Fawcett, T.H. & Johnstone, R.A. 2012. Mate choice in the face of costly competition. **Behavioral Ecology**. Vol. 14 No. 6: 771–779. DOI: 10.1093/beheco/arg075.
- Fisher, D. O. & Lara, M. C. 1999. Effects of body size and home range on access to mates and paternity in male bridled naitail wallabies. **Animal Behaviour**, v. 58, n. 1, p. 121-130.
- Glockner-Ferrari, D.A. & Ferrari, M.J. 1990. Reproduction in the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in Hawaiian waters, 1975-1988: the life history,

reproductive rates, and behaviour of known individuals identified through surface and underwater photography. Reports of the **International Whaling Commission**, Special Issue 12: 161-169.

Growcott, A., Sirguey, P. & Dawson, S.M. 2012. Development and Assessment of a DigitalStereo Photogrammetric System to Measure Cetaceans at Sea. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing** Vol. 78, No. 3, March 2012, pp. 237–246.

Herman, L.M. & Antinofa, R.C. 1977. Humpback whales in the Hawaiian breeding waters: population and pod characteristics. Scientific Reports of the **Whales Research Institute** 29: 59-85.

Hoglund, J. & Alatalo, R.V. 1995. Leks. Princeton, New Jersey: **Princeton University Press**.

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.

IWC. 2005. Report of the Scientific Committee. Annex H - Report of the sub-committee on other southern hemisphere whale stocks. *Journal of Cetacean Research and Management*, 7(Suppl.): 235-246.

Jaquet, N. 2006. A simple photogrammetric technique to measure sperm whales at sea. **Marine Mammal Science** 22:862–879.

Katona, S. K., B. Baxter, O. Brazier, S. Kraus, J. Perkins & H. Whitehead. 1979. Identification of humpback whales by fluke photographs. Pages 33–44 in H. E. Winn and B. Olla, eds. **The behavior of marine mammals**. Volume 3. Plenum Press, New York, NY.

- Katona, S. K., & H. Whitehead. 1981. Identifying humpback whales using their natural markings. **Polar Record** 20:439–444.
- Le Bouef, B.J. 1974. Male-male competition and the reproductive success in elephant seals. **American Zoologist**. 14, 163-176.
- Linnaeus, C. 1758. Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata. Laurentius Salvius: Holmiae. ii, 824 pp., available online at http://gdz.sub.uni-goettingen.de/no_cache/dms/load/toc/?IDDOC=265100. page(s): 76.
- Leutenegger, W., & Kelly, J. T. 2006. Relationship of sexual dimorphism in canine size and body size to local, behavioral, and ecological correlates in anthropoid primates. **Primates**, 18:117–136.
- Lockyer, C. 1981. Growth and energy budgets of large baleen whales from the southern hemisphere. In **Mammals in the seas**. Vol. 3. Food and Agricultural Organisation of the United Nations, Rome. pp. 379–487.
- Mackintosh, N.A. 1942. The southern stocks of whalebone whales. **Discovery Reports**, 22:197-300.
- Martins, C. C. A., Morete, M. E., Engel, M. H., Freitas, A. C., Secchi, E. R. & Kinas, P. G. 2001. Aspects of habitat use patterns of humpback whales in the Abrolhos Bank, Brazil, breeding ground. *Memoirs of the Queensland Museum* 47:563–570.
- Martins, C.C.A., Andriolo, A., Engel, M.H., Kinas, P.G., Saito, C.H. 2013. Identifying priority areas for humpback whale conservation at Eastern Brazilian Coast. **Ocean & Coastal Management**. 75, p.63-71.

- Matthews, L.H. 1937. The humpback whale, *Megaptera nodosa*. **Discovery Reports**, 17:7-92.
- Mattila, D.K & Clapham, P.J. 1989. Humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, and other cetaceans on Virgin Bank and in the northern Leeward Islands, 1985 and 1986. **Canadian Journal of Zoology** 67: 2201-2211.
- Meise, K., Mueller, B., Zein, B. & Trillmich, F. 2014. Applicability of Single-Camera Photogrammetry to Determine Body Dimensions of Pinnipeds: Galapagos Sea Lions as an Example. *PLoS ONE* 9(7): e101197. doi:10.1371/journal.pone.0101197.
- Modig, A. O. 1996. Effects of body size and harem size on male reproductive behaviour in the southern elephant seal. **Animal Behaviour** 51, 1295-1306.
- Morais, I.O.B. 2014. **Incorporando incertezas: as variações nas séries de capturas e seus efeitos nas estimativas de status populacional da Baleia-Jubarte no Atlântico Sul Ocidental**. *Master thesis*. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.
- Morete, M.E., Bisi, T.L. & Rosso, S. 2007. Temporal pattern of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) group structure around Abrolhos Archipelago breeding region, Bahia, Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the U.K.**, 87: 87-92.
- Nishiwaki, M. 1959. Humpback whales in Ryukyuan waters. **The Scientific Reports of the Whales Research Institute**, 14:49–87.
- Omura, H. 1955. Whales in the northern part of the North Pacific. *Norsk Hvalfangst-Tidende*, 44:395-405.
- Pack, A. A., Herman, L. M., Spitz, S. S., Hakala, S. & Deakos, M. H. 2009. Male humpback whales in Hawaiian breeding grounds preferentially associate with larger females. **Animal Behaviour** 77:653–662.

- Pack, A.A., Herman, L. M.; Spitz, S.S., Craig, A.S., Hakala, S., Deakos M.H., Herman, E.Y.K., Milette, A.J., Carroll E., Levitt S., Lowe C. 2012. Size-assortative pairing and discrimination of potential mates by humpback whales in the Hawaiian breeding grounds. **Animal Behaviour** 84: 983-993.
- Perryman, L., & Lynn, M. S. 1993. Identification of geographic forms of common dolphin (*Delphinus delphis*) from aerial photogrammetry. **Marine Mammal Science** 9:119-137.
- Perryman, W.L. & Lynn, M.S. 2002. Evaluation of nutritive condition and reproductive status of migrating gray whales (*Eschrichtius robustus*) based on analysis of photogrammetric data. **J. Cetacean Res. Manage.** 4(2):155–164.
- Pitman, R.L.; Fearnbach, H.; Leduc, R.; Gilpatrick, J.W.; Ford, J.K.B. and Balance, L.T. 2007. Killer whales preying on a blue whale calf on the Costa Rica Dome: genetics, morphometrics, vocalisations and composition of the group. **J. Cetacean Res. Manage.** 9(2):151–157.
- Ralls, K. 1976. Mammals in which females are larger than males. **Quarterly Review of Biology**, 51, 245–276.
- Ratnaswamy, M. J. & H. E. Winn. 1993. Photogrammetric estimates of allometry and calf production in fin whales, (*Balaenoptera physalus*). **Journal of Mammalogy** 74(2):323-330.
- Rohner *et al.* 2015. Laser photogrammetry improves size and demographic estimates for whale sharks. PeerJ 3:e886; doi: 10.7717/peerj.886.
- Rossi-Santos, M.R., Neto, E.S., Baracho, C.G., Cipolotti, S.R., *et al.* 2008. Occurrence and distribution of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the north coast of the State of Bahia, Brazil, 2000–2006. **IC ES Journal of Marine Science**, 65: 667-673.

- Shine, R., Webb, J. K., Lane, A. & Mason, R. T. 2006. Flexible mate choice: a male snake's preference for larger females is modified by the sizes of females encountered. **Animal Behaviour**, 71, 203–209.
- Siciliano, S. 1997. **Características da população de baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na Costa Brasileira, com especial referência aos Bancos de Abrolhos**. Unpubl. MSc thesis, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Silva, I.D. 1999. Curso de fotogrametria digital. Esalq, Universidade de São Paulo, São Paulo – Brasil.
- Silva, G. O. M. 1991. Sítios de desova da tartaruga marinha *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) (Testudines, Chelonidae) na Praia do Forte-BA: caracterização, preferências e sítio-fidelidade. Monografia apresentada para obtenção do grau de Bacharel em Organismos Aquáticos, UFBA.
- Smultea, M.A. 1994. Segregation by humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) cows with a calf in coastal habitat near the island of Hawaii. **Canadian Journal of Zoology** 72: 805-811.
- Sousa-Lima, R.S. & Groch, K.R. 2010. Correlation between body length and fluke width in humpbackwhales, *Megaptera novaeangliae*. **Marine Mammal Science**, 26(4): 977–981.
- Spitz, S. S., Herman, L. M. & Pack, A. A. 2000. Measuring sizes of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) by underwater videogrammetry. **Marine Mammal Science** 16:664–676.

- Spitz, S. S., Herman, L. M., Pack, A. A. & Deakos, M. H. 2002. The relation of body size of male humpback whales to their social roles on the Hawaiian winter grounds. **Canadian Journal of Zoology** 80:1938–1947.
- Steel, D.; Garrigue, C.; Poole, M. *et al.* 2008. Migratory connections between humpback whales from South Pacific breeding grounds and Antarctic feeding areas based on genotype matching. Paper SC/60/SH13 presented to the **IWC Scientific Committee**.
- Stevick, P. T. 1999. Age-length relationships in humpback whales: A comparison of strandings in the western North Atlantic with commercial catches. *Marine Mammal Science* 15:725-737.
- Tomilin, A. G. 1967. Mammals of the U.S.S.R. and adjacent countries. 9: Cetacea. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.
- True, F. W. 1904. The whalebone whales of the western North Atlantic compared with those occurring in European waters with some observations on the species of the North Pacific. *Smithsonian Contributions to Knowledge*. 33:1-318.
- Ward, E, Zerbini, A.N., Kinas, P.G., Engel, M.H. & Andriolo, A. 2011. Estimates of population growth rates of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the wintering grounds off the coast of Brazil (Breeding Stock A). **Journal of Cetacean Research and Management**, n. Special issue 3, p. 145–149.
- Webster, M. S. 1992. Sexual dimorphism, mating system and body size in New World blackbirds (Icterinae). **Evolution**, 46:1621–1641.
- Webster, T., Dawson, S. & Slooten, E. 2010. A simple laser photogrammetry technique for measuring Hector's dolphins (*Cephalorhynchus hectori*) in the field. **Marine Mammal Science**.

- Wedekin, L.L., Neves, M.C., Marcondes, M.C.C., Baracho, C., *et al.* 2010. Site fidelity and movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the Brazilian breeding ground, southwestern Atlantic. **Marine Mammal Science**, 26(4): 787-802.
- Wedekin, L.L. 2011. **Ecologia populacional da baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae* Borowski, 1871) em sua área reprodutiva na costa do Brasil, Oceano Atlântico Sul**. Doctorate thesis. University of São Paulo USP.
- Whitehead, H. & Moore, M.J. 1982. Distribution and movements of West Indian humpback whales in winter. **Canadian Journal of Zoology** 60: 2203-2211.
- Zerbini, A.N., Andriolo, A., Rocha, J.M., Simões-Lopes, P.C., *et al.* 2004. Winter distribution and abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off Northeastern Brazil. **Journal of Cetacean Research and Management**, 6(1): 101-107.
- Zerbini, A. N., Andriolo, A., Heide-Jørgensen, M.P., Pizzorno, J.L., Maia, Y.G., VanBlaricom, G.R., DeMaster, D.P., Simões-Lopes, P.C., Moreira, S., Bethlem, C. 2006. Satellite-monitored movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Southwest Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, v. 313, p. 295–304.
- Zerbini, A.N., Clapham, P.J. & Wade, P.R. 2010. Assessing plausible rates of population growth in humpback whales from life-history data. **Marine Biology**, 157(6): 1225-1236.
- Zerbini, A.N., Ward, E., Kinas, P.G., Engel, M.E. & Andriolo, A. 2011. A Bayesian assessment of the conservation status of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Western South Atlantic Ocean. **Journal of Cetacean Research and Management**, Special Issue. SC/58/SH2.

ANEXO 01

As fotografias foram categorizadas de acordo com seu ângulo do eixo longitudinal, (considerando a linha perpendicular ao *notch* o ponto 0°) de acordo com a razão entre as medidas dos lobos caudais:

- **Q1:** nadadeira caudal posicionada perpendicular à câmera, a razão entre 0,91 e 1,0 (Figura 1.1).
- **Q2:** razão entre as medidas dos lobos caudais: 0,80 e 0,90 (Figura 1.2).
- **Q3:** razão entre as medidas dos lobos: 0,61 a 0,79 (Figura 1.3).
- **Q4:** razão entre as medidas dos lobos $< 0,61$ (Figura 1.4).



Figura 1.1. Fotografia com a melhor qualidade (**Q1**) para aplicação do método de fotogrametria, perpendicular à câmera, ângulo 0°.



Figura 1.2: Caudal Q2 com razão entre as medidas dos lobos caudais entre 0,80 e 0,90.



Figura 1.3. Fotografia Q3, razão entre os lobos entre 0,61 e 0,70. Caudais dessa categoria já não são consideradas para análise por subestimar o tamanho real em 11% em média.



Figura 1.4: Fotografia categoria Q4, razão $< 0,61$.