



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E BIOMONITORAMENTO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ECOLOGIA APLICADA À GESTÃO  
AMBIENTAL

**ANTONIO ERIC CARNEIRO CARDOSO**

**DESCRIÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO - TEMPORAL DE  
MACHOS CANTORES DA BALEIA JUBARTE (*MEGAPTERA  
NOVAEANGLIAE*) EM ABROLHOS.**

Salvador  
2017

**ANTONIO ERIC CARNEIRO CARDOSO**

**DESCRIÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO - TEMPORAL DE  
MACHOS CANTORES DA BALEIA JUBARTE (*MEGAPTERA  
NOVAEANGLIAE*) EM ABROLHOS.**

Trabalho de conclusão de curso do Mestrado Profissional em Ecologia Aplicada a Gestão Ambiental, do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, da Universidade Federal da Bahia - UFBA.

Orientador: Prof. Dr. Marcos R. Rossi-Santos

Salvador

2017

**ANTONIO ERIC CARNEIRO CARDOSO**

**DESCRIÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO - TEMPORAL DE  
MACHOS CANTORES DA BALEIA JUBARTE (MEGAPTERA  
NOVAEANGLIAE) EM ABROLHOS.**

Banca examinadora do trabalho de conclusão do Mestrado Profissional em Ecologia Aplicada a Gestão Ambiental, da Universidade Federal da Bahia - UFBA.

**Banca Examinadora**

---

Membro (Orientador) Prof. Dr. Marcos R. Rossi-Santos  
Universidade Federal do Recôncavo Baiano

---

Membro Prof. Dr. Yvonnick Le Pendu  
Universidade Estadual de Santa Cruz

---

Membro Prof. Dr. Guilherme Oliveira  
Universidade Federal do Recôncavo Baiano

Salvador

2017

## AGRADECIMENTOS

**Este trabalho monográfico é, ao mesmo tempo, a culminância de uma árdua jornada, como também o primeiro passo de uma nova caminhada.**

**Me percebo como que ao fim de um ciclo, que nada mais é do que o começo de outro, num espiral crescente de autoconhecimento.**

**Neste caminho muitos foram aqueles a quem devo meus agradecimentos:**

Indubitavelmente a Deus em primeiro lugar como minha luz guia;

À minha mãe pelo exemplo de uma vida;

À minha cara esposa pela extrema paciência e confiança depositadas;

A meu amigo Jeferson e família pelo prazer da companhia, aliviando as horas de stress na frente do computador;

Aos colegas do Mestrado Profissional, a todos, sem exceção, pelo convívio nestes dois anos de aprendizado interpessoal;

Aos professores do Mestrado Profissional, pelo esforço e entusiasmo para manter o alto padrão das disciplinas;

Ao IBJ, na pessoa do Dr. Milton Marcondes, pela confiança, acolhimento e ter me proporcionado a experiência fascinante do trabalho embarcado.

A TODOS os profissionais que conheci em minha estadia em Caravelas, pela gentileza e paciência.

E um agradecimento especial ao Professor Marcos Rossi, pela confiança em me aceitar como seu orientando, pela ajuda, companheirismo e prontidão. Espero que este trabalho possa estar à altura de suas expectativas.

“ Se, a princípio, a idéia não é absurda,  
então não há esperança para ela. “

Albert Einstein

Cardoso, Antonio Eric Carneiro. **Descrição da distribuição espaço - temporal de machos cantores da baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*) no banco dos Abrolhos, Brasil**. Trabalho de conclusão do Mestrado Profissional em Ecologia Aplicada a Gestão Ambiental, da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2017.

## RESUMO

Para abordar um fenômeno que se deseja investigar, primeiramente é necessário reconhecer suas características no espaço e tempo. Em sequência, apresentamos uma análise dos dados de 24 anos de observações científicas sobre a baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*) em seu sítio de reprodução no banco dos Abrolhos, Brasil. Os dados foram coletados de forma consecutiva de 1992 a 2015, entre julho e novembro, somando 6 456 avistamentos, em um total de 15 100 espécimes, dos quais 2 522 (16,7%) eram filhotes. Para avaliar comparativamente o esforço empregado foi construído um índice relacionando o número de avistamentos pelo tempo gasto. Com ele foi estimada a existência de um crescimento populacional da espécie. Foi encontrado ainda um índice de sucesso anual médio de 4,76 ( $\pm 1,14$ ) avistamentos/dia, com maior propensão aos meses de agosto e setembro, com 95,09% (4 916) em profundidades menores que 36m, e 86,60% (4 477) a distâncias menores que 63 km do arquipélago de Abrolhos. Os grupos de baleias jubarte com fêmea e filhote foram 50,03% de todos os grupos registrados, e foram encontrados em profundidades relativamente pequenas com maior proximidade do arquipélago. Para os machos cantores da baleia jubarte foram feitos registros de 139 espécimes (2,15%), com distância média de 25km e profundidade média de 20m. Foi encontrado também um aglomerado espacial de machos cantores cuja localização não correspondeu à área do parque nacional de Abrolhos, ensejando mais estudos a cerca da dissociação destas áreas. Além disso, o estudo da causalidade para este aglomerado deve ser investigado.

**Palavras-Chave:** Detecção de aglomerados; SaTScan; Índice de Autocorrelação de Moran.

Cardoso, Antonio Eric Carneiro. **Description of the spatial - temporal distribution of singer male humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Abrolhos bank, Brazil.** Trabalho de conclusão do Mestrado Profissional em Ecologia Aplicada a Gestão Ambiental, da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2016.

### **ABSTRACT**

To approach a phenomenon that one wishes to investigate, it is first necessary to recognize its characteristics in space and time. In sequence, we present an analysis of data from 24 years of scientific observations regarding humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) at their breeding site at the Abrolhos bank, Brazil. Data were collected consecutively from 1992 to 2015, between July and November, totaling 6 456 sightings, in a total of 15 100 specimens, of which 2 522 (16,7%) were pups. To compare the effort employed in each sighting, an index was constructed relating the number of sightings by the time spent. With it was estimated the existence of a population growth of the species. Was found an average annual success rate of 4.76 ( $\pm 1.14$ ) sightings / day, with a higher propensity between the months of August and September, with 95.09% (4 916) at depths lower than 36m, and 86, 60% (4,477) at distances shorter than 63km from the Abrolhos archipelago. The humpback whales groups with female and cub were 50.03% of all registered groups, and have been found at relatively small depths closer to the islands. For males singers humpback whales records were made of 139 specimens (2.15%), with an average distance of 25 km and an average depth of 20m. It was found a spatial cluster of male singers whose location did not correspond to the Abrolhos national park area, providing further studies about the dissociation of these areas. In addition, the study of causality for this cluster should be investigated.

**Key-words:** Spatial-Temporal Distribution; Humpback Whale; *Megaptera novaeangliae*; Singer Male; Abrolhos Banck.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>08</b>
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.1</b>	<b>DE MONSTRO MÍTICO A SÍMBOLO DE CONSERVAÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.2</b>	<b>O SINGULAR PROCESSO DE COMUNICAÇÃO DA JUBARTE.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.3</b>	<b>CONSTRANGIMENTOS NA COMUNICAÇÃO DAS JUBARTES.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.4</b>	<b>A DISTRIBUIÇÃO DA JUBARTE NO MUNDO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.5</b>	<b>SABER LOCALIZAR É UM PASSO PARA CONSERVAR.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.1</b>	<b>ÁREA DE ESTUDOS .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.2</b>	<b>COMPOSIÇÃO DO BANCO DE DADOS DO ESTUDO .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3</b>	<b>DEPENDÊNCIA ESPACIAL DOS DADOS.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.4</b>	<b>ESTATÍSTICA DE VARREDURA E AGLOMERADOS LOCAIS.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.5</b>	<b>AVALIAÇÃO DE AVISTAMENTOS INDIVIDUAIS E DE GRUPOS .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.1</b>	<b>APROXIMAÇÃO INICIAL AOS DADOS.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.1.1</b>	<b>OBSERVAÇÕES DE INDIVÍDUOS .....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.1.2</b>	<b>OBSERVAÇÕES DE GRUPOS.....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.1.3</b>	<b>OBSERVAÇÕES DE MACHOS CANTORES.....</b>	<b>36</b>
<b>2.3.2</b>	<b>AVALIAÇÃO DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL DOS REGISTROS DE LOCALIZAÇÃO DE MACHOS CANTORES.....</b>	<b>37</b>
<b>2.3.3</b>	<b>LOCALIZAÇÃO DE AGLOMERADOS DE MACHOS CANTORES .....</b>	<b>37</b>
<b>2.4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>
<b>2.4.1</b>	<b>DOS RESULTADOS GERAIS .....</b>	<b>39</b>
<b>2.4.2</b>	<b>DOS RESULTADOS DE GRUPOS .....</b>	<b>40</b>
<b>2.4.3</b>	<b>DOS RESULTADOS DE CANTORES .....</b>	<b>41</b>
<b>3</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O reconhecimento de padrões de distribuição de populações é importante em programas de conservação ecológica de espécies em risco (SKIDMORE et al., 2011). Para espécies migratórias a distribuição se destaca ainda mais devido à diversidade de habitats ocupados (OÑA; GARLAND; DENKINGER, 2017; GUZMAN et al., 2015)

Após muitos anos a baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*) se encontra saindo do status de espécie em perigo (BETTRIDGE et al., 2015). Neste sentido, já existe a preocupação quanto à relação entre seus crescentes números e a disponibilidade de alimento, e também ao cenário do aumento das interações danosas entre atividades humanas e baleias jubarte nas regiões costeiras (BARTHOLOMEW; BLACKMORE, 2016). No que diz respeito ao estoque reprodutivo A, na costa brasileira, a baleia jubarte vem experimentando um crescimento consistente em seus números (BORTOLOTTI et al., 2016).

O intenso crescimento de atividades humanas nas águas costeiras traz impactos à baleia jubarte seja pela exploração petrolífera (ROSSI-SANTOS, 2015), criação de corredores para navegação (HERRA-MIRANDA et al., 2016), colisões (BEZAMAT; WEDEKIN; SIMÕES-LOPES, 2015) ou poluição sonora (DUNLOP, 2016a), que são atividades humanas que vêm crescendo e se sobrepondo entre si e ao habitat da jubarte (ROSENBAUM et al., 2014).

O macho da baleia jubarte possui comportamento sonoro durante a estação de acasalamento denominado de “canto”. Estas emissões sonoras podem sofrer interferências, devido à sobreposição sonora no ambiente marinho costeiro, que podem impactar indiretamente em seu processo reprodutivo (PARKS et al., 2016; DUNLOP, 2016; ROSSI-SANTOS, 2015).

Para um programa de proteção e conservação marinha é preciso levar em conta vários aspectos intervenientes, estabelecendo prioridades e estratégias embasadas pelo conhecimento técnico-científico provido por organismos conservacionistas e pesquisadores, para o desenvolvimento costeiro sustentável (BEJDER et al., 2016).

Neste sentido, foi realizada a análise dos bancos de dados de avistamentos de baleias jubarte do Instituto Baleia Jubarte (IBJ) objetivando descrever a

distribuição no espaço e tempo dos machos cantores da espécie. Espera-se contribuir com a compreensão da ecologia populacional da espécie em seu local e período reprodutivo do atlântico sul.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1.1 DE MONSTRO MÍTICO A SÍMBOLO DE CONSERVAÇÃO

As baleias sempre inspiraram fascínio, temor e lendas ao ser humano (PAPADOPOULOS; RUSCILLO, 2002). No meio literário este magnífico animal ensejou um dos clássicos da literatura norte americana e mundial: “Moby Dick – A baleia”, uma baleia cachalote (*Physeter macrocephalus*) branca alvo da vingança do capitão do navio baleeiro “Pequod” (MELVILLE, 1851). Esta obra, inspirada em fatos reais sobre um naufrágio provocado pela colisão do navio baleeiro Exxes com um animal desta espécie no ano de 1820 (BOS, 2015), foi adaptado para o cinema por diversas vezes.

Contudo, na contemporaneidade, com o avanço de pesquisas científicas sobre estes extraordinários animais delinea-se uma visão mais realista, e não um estereótipo. Demonstra-se que são vítimas e não algozes na relação com o ser humano (ACTMAN, 2016; DOLMAN et al., 2006), divergindo da construção histórica depreciativa e romantizada sobre estes animais.

Dentre as espécies de baleias de maior envergadura, distingue-se a baleia jubarte, cuja denominação científica origina-se da composição dos termos em grego Mega (grande) e ptera (asa), que se refere as nadadeiras que chegam a 1/3 do comprimento total do corpo conferindo uma capacidade de manobra excepcional comparada a outras baleias. Se junta a isso a referencia ao local de seu primeiro registro feito na Nova Inglaterra em 1781 (CLAPHAM, 2008; WOODWARD; WINN; FISH, 2006).

De acordo com a classificação taxonômica os cetáceos são uma ordem da classe dos mamíferos, a qual designa basicamente aqueles de vida estritamente aquática: botos, golfinhos e baleias. O termo “Baleia” tem sua origem no latim *Balaena*, que por sua vez provem do grego *Phallaina*, que identifica as projeções cartilaginosas laminares na boca de algumas espécies, que vêm a conformar a subordem dos Mysticeti (REILLY et al., 2008).

Ainda na esfera taxonômica, a baleia jubarte faz parte da família *Balaenopteridae*, que são conhecidas também como rorquais - termo norueguês (“rorhval”, que significa “ruga”) – indicando a existência de pregas expansíveis na região ventral do corpo de algumas das espécies (KOT; BORDA, 2014).

A baleia jubarte se destaca ainda como uma espécie bandeira para os conservacionistas, na tentativa de proteger espécies e ecossistemas marinhos (VERISSIMO; MACMILLAN; SMITH, 2011). Dentre as diversas características da espécie, como tamanho e comportamento alimentar, o que lhe dá o carisma necessário para chamar atenção e evidenciá-la, é que ela possui um comportamento social na época de acasalamento que se evidencia dentre as demais baleias (JANIK, 2009; PAYNE; MCVAY, 1971; REILLY et al., 2008).

Este comportamento tem sido registrado como padrões acústicos repetitivos, previsíveis e produzidos por longos períodos por um indivíduo, o que caracteriza aquilo que se designa por “canto” (EDDS-WALTON, 1997; VILAS-BOAS; DIAS, 2010).

### 2.1.2 O SINGULAR PROCESSO DE COMUNICAÇÃO DA JUBARTE

A adaptação evolutiva dos sistemas de comunicação por sinais sonoros nos animais permite relações intraespecíficas com propósito de manutenção e reprodução dos organismos vivos (VIELLIARD, 2004). Em se tratando de baleias, apenas a espécie *Megaptera novaenglea* produz sons relativamente mais complexos que as outras espécies, com emissões arranjadas em temas estruturados hierarquicamente de duração entre 6 a 35 minutos, que podem ser repetidos por horas, e que sofrem alterações com o passar do tempo (ARRAUT, 2002; JANIK, 2009).

Segundo Arraut; Vielliard (2004), a capacidade de inovar nas estruturas dos sons emitidos caracteriza a habilidade de aprendizado da jubarte. Estes indivíduos agregam elementos às canções que lhes foram repassadas, o que provoca uma alteração que será replicada por outros machos, criando assim uma nova canção. Essa mimetização acústica pode ser evidenciada pela similaridade acústica entre cantos de baleias provenientes de populações distintas (DARLING; ACEBES; YAMAGUCHI, 2014; DARLING; SOUSA-LIMA, 2005).

Para os animais em geral a comunicação por sinais sonoros se estabelece para o reconhecimento específico, quando de menor complexidade, e variações podem existir para outras funções como o alerta de perigo ou a busca de parceiros para acasalamento (VIELLIARD, 2004). Para a jubarte, mostra-se que essa estratégia seria eficaz para o macho como comportamento reprodutivo na relação intersexual (JANIK, 2009).

Dessa forma, o canto seria uma exibição acústica voltada especificamente para as fêmeas (SMITH et al., 2008). Assim, ela escolheria de forma implícita o macho mais apto a gerar descendentes capacitados a sobreviver (CERCHIO et al., 2005).

Essa finalidade do canto para a baleia jubarte foi questionada desde seus primeiros registros (PAYNE; MCVAY, 1971). Com o avanço das pesquisas tem se encontrado evidências de que existe um papel preponderante dessas emissões no comportamento reprodutivo da espécie (CERCHIO et al., 2005; JANIK, 2009; PARSONS; WRIGHT; GORE, 2008). A atração da fêmea e a competição com outros machos para o acasalamento parece ser a função principal do canto (DARLING; BÉRUBÉ, 2001; HERMAN et al., 2007).

Mostra-se ainda, que estas emissões sonoras são realizadas por machos solitários, e também por agrupamento de machos, isto torna possível que as emissões sonoras sejam captadas a distâncias maiores, o que aumenta a probabilidade que uma fêmea seja atraída. Assim como são encontrados registros de canto de machos que acompanham fêmeas com filhotes (DARLING; NICKLIN; JONES, 2006; EDDS-WALTON, 1997).

Há também interações menos harmônicas na busca de se conquistar uma parceira (HUDMAN; GOTELLI, 2007). Registros de lutas entre machos no que se denomina “Grupo Competitivo” foram registrados (HERMAN et al., 2007; PACK et al., 2009; PARSONS; WRIGHT; GORE, 2008), demonstrando a intenção de afastar concorrentes após a aproximação da fêmea. Sugere-se ainda que esta concorrência exista para criar certo ordenamento social entre os machos num sistema de acasalamento poligâmico por dominância através do canto (CLAPHAM, 1996; DARLING; BÉRUBÉ, 2001).

Outros sons (não-canto) são registrados nos encontros reprodutivos, nas zonas de alimentação, e mesmo no momento das migrações (DUNLOP, 2016b; THOMPSON; CUMMINGS; HA, 1986). Estes sons inicialmente não foram

associados à jubarte por não representarem o grupamento melódico e harmônico do canto (HUDMAN; GOTELLI, 2007; PAYNE; MCVAY, 1971; ROTHENBERG, 2008).

Essas emissões sonoras são uma estratégia eficaz utilizada pelos cetáceos em geral no imenso e cacofônico ecossistema oceânico (CLARK et al., 2009; DARLING, 2015; DUNLOP, 2016b; THOMPSON; CUMMINGS; HA, 1986).

A comunicação sonora se mostra ideal para as grandes distâncias que separam os grupos de animais durante sua migração sazonal (DALLA ROSA et al., 2008; FOSSETTE et al., 2014). Ademais, os animais iniciam a jornada migratória em momentos diferentes, segregados em grupos com características de idade, sexo e presença de filhotes. (CRAIG et al., 2003; CRAIG; HERMAN, 1997).

A comunicação no interior das áreas de reprodução e alimentação também é facilitada pela comunicação sonora devido a suas extensões de milhares de quilômetros quadrados (ANDRIOLO et al., 2014).

### 2.1.3 CONSTRANGIMENTOS NA COMUNICAÇÃO DAS JUBARTES

Em estudos sobre os cetáceos em geral, não é possível deixar de considerar o cenário acústico do ambiente marinho, pois seria ignorar o elemento sensorial primário na comunicação entre indivíduos (SOUSA-LIMA; CLARK, 2008).

Os mares do mundo vêm se tornando locais bastante barulhentos a partir do final do século passado (CLARK et al., 2009; PERRY, 1998). Por isso a comunicação por meio de emissões sonoras tem sido prejudicada fortemente nas últimas décadas, principalmente pela ocupação das áreas marinhas costeiras por intensas atividades humanas (GERVAISE et al., 2012; SOUSA-LIMA; CLARK, 2008).

As baleias jubartes predominantemente se deslocam sobre as plataformas continentais (CLAPHAM, 2008), regiões relativamente pouco profundas, sempre entre os mesmos locais de reprodução e alimentação de suas populações ou “estoques” (STEVICK et al., 2011), sendo estas regiões relativamente próximas da costa (BRAITHWAITE; MEEUWIG; HIPSEY, 2015).

A filopatria de procriação da jubarte para áreas costeiras (GUZMAN; CAPELLA, 2017; STEVICK et al., 2011) é um problema para a espécie (PARKS et

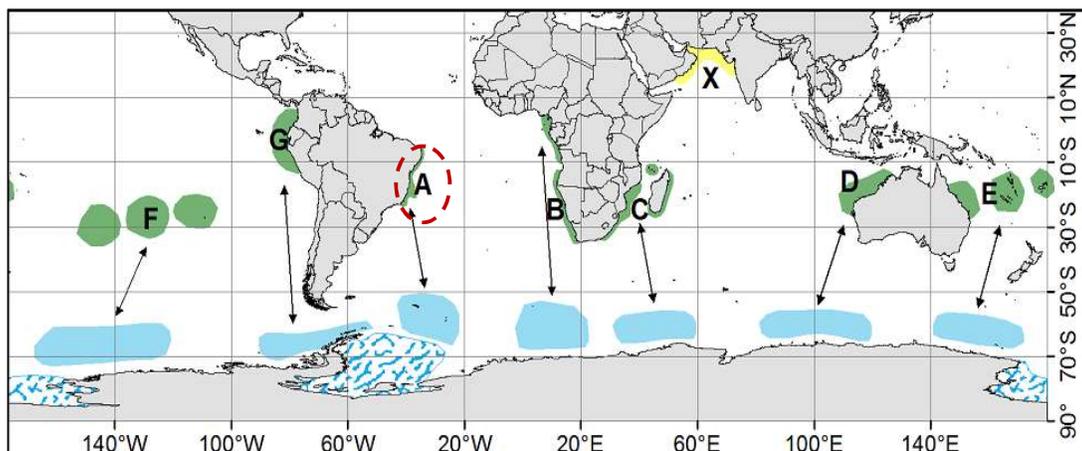
al., 2016), já que são regiões onde existe maior possibilidade de interferência em seu sistema de comunicação pela presença de atividades humanas potencialmente geradoras de ruídos (CLARK et al., 2009). O que pode conduzir a importantes impactos para a espécie tanto nas áreas de reprodução quanto nas de alimentação (PERRY, 1998).

Nessas áreas, e mais especificamente na de reprodução, os animais ficam em relativa proximidade entre si formando, segundo Clapham (1996), agregações temporárias de machos com objetivo de “cortejar” (atrair) fêmeas para o acasalamento através das emissões sonoras. Este comportamento é importante, já que ser ouvido ou não pode significar sucesso ou fracasso na estação de acasalamento (EDDS-WALTON, 1997).

Para Rossi-Santos (2012), estudar a agregações de machos cantores da baleia jubarte pode contribuir para a conservação da espécie através da compreensão do papel das interações acústicas entre ambiente e indivíduos, e indivíduos entre si. Já que sua distribuição é mediada por aspectos da ecologia acústica, relacionados por sua vez, ao meio onde os cantos são produzidos.

#### 2.1.4 A DISTRIBUIÇÃO DAS JUBARTE NO MUNDO

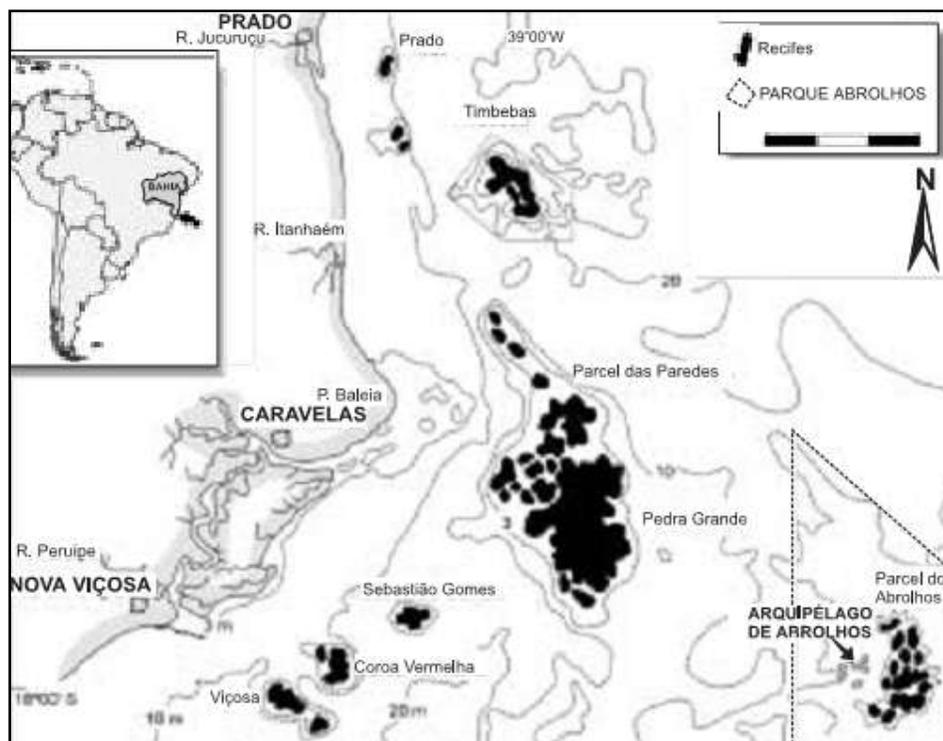
Na figura 01 é possível observar as diversas populações de baleias jubarte (estoques) no mundo (IWC - INTERNATIONAL WHALE COMMITTION, 2011; ROSENBAUM et al., 2009). Aquele designado como “A” (em destaque) tem sua área de reprodução, nos arredores do Banco dos Abrolhos, Bahia/Brasil (WEDEKIN et al., 2010).



**Figura 01: Distribuição das populações de baleias jubarte no mundo: as áreas em azul são de alimentação, e as em verde são de reprodução, as letras designam as populações e as setas são as rotas migratórias no hemisfério sul. Fonte: Wedekin, 2011.**

Este local agrega condições oceanográficas propícias para a cria de filhotes, como: águas mais rasas, limite sul voltado ao fim do corredor migratório, enquanto ao norte bancos recifais atenuam a força da corrente do Brasil, que corre do norte ao sul, paralela à costa da região nordeste (WEDEKIN, 2011).

Situado entre as coordenadas de 17°20' - 18°10'S e 38°35' - 39°20'W sobre uma projeção da plataforma continental brasileira de 50 km de extensão em média, mas que nesta localidade, excepcionalmente, possui 200 km (figura 02), com profundidade média 30m e declividade de 0°08' (TEIXEIRA et al., 2013), sendo contornado pelo complexo recifal de mesmo nome cuja extensão é da ordem de 6 000 km<sup>2</sup> (LEÃO; KIKUCHI, 2001).

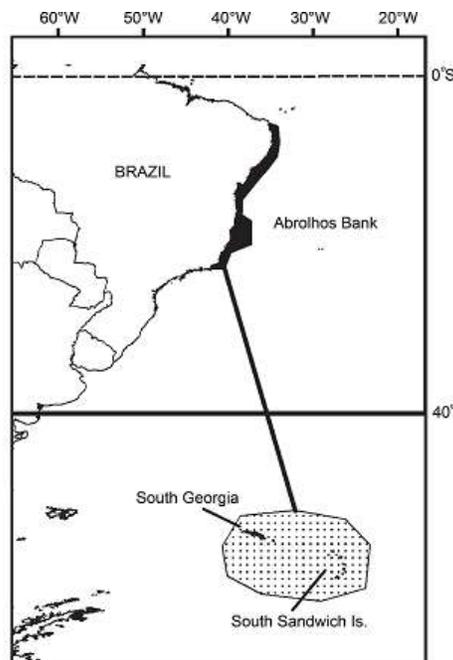


**Figura 02: Localização do arquipélago de Abrolhos e o complexo recifal do entorno. Fonte: LEÃO & KIKUCHI (2001).**

O parque Nacional dos Abrolhos foi criado nesta área, por força de lei em 1983 pelo decreto 88.218, do então presidente João Figueiredo (TEIXEIRA et al., 2013), no intuito de resguardar atributos excepcionais da natureza, preservando a área pelo seu grande valor científico, pela beleza cênica, para proteção da fauna e flora, e pela utilidade educacional e recreativa do local. Complementarmente a isso o banco de Abrolhos é a maior área de reprodução da baleia jubarte em todo o oceano Atlântico sul ocidental (ANDRADE; DOMINGUEZ, 2002; LEÃO, 2002).

Como as baleias jubarte são animais migratórios (CLAPHAM, 2008), sempre se deslocando entre os mesmo locais de alimentação e reprodução/procriação seguindo as estações do ano do hemisfério onde se encontram (ZERBINI et al., 2006). Os animais do “estoque A” chegam à Abrolhos entre os meses junho e julho e partem entre outubro e novembro, período que compreende o inverno e início da primavera no hemisfério su. (LEÃO; KIKUCHI, 2001; WEDEKIN et al., 2010).

Elas vêm dos seus locais de alimentação nas imediações das ilhas Geórgia do sul e ilhas Sandwich do sul (figura 03), próximo do círculo polar, onde permaneceram durante a primavera e verão antárticos (TYNAN, 1998). Ali, devido ao aumento dos níveis de luminosidade no verão e da zona frontal polar sul, ocorre grandes concentrações de krill (*Euphausia superba*), que compõe grande parte da dieta das baleias jubarte (BOYD, 2008).



**Figura. 03 – Croqui de localização das áreas de reprodução (parte superior) e alimentação (parte inferior) do estoque A da baleia jubarte. Fonte: IWC, 2011.**

Dentro das áreas utilizadas como área de reprodução e áreas de alimentação, os animais podem se distribuir de forma não homogênea (GARRIGUE et al., 2015). Segundo Fossette et al. (2014), a investigação do padrão de movimentação de espécies migratórias é importante para conhecer a estrutura populacional, habitat e ajudar na conservação. Pois mesmo 40 anos após o encerramento das atividades de caça nas costas brasileiras, a população de jubartes permanece em número inferior ao estimado (entre 26 a 32% de 22 000 – 28 000 baleias) antes do período de exploração (ZERBINI et al., 2011a).

Já Kennedy et al. (2014), mostram que as baleias jubarte usam áreas mais amplas do que aquelas de santuários marinhos existentes. Avaliações da movimentação das baleias têm sido realizadas em análises genéticas e por foto identificação, que posteriormente têm sido corroborados pelo rastreamento por satélite (CARVALHO et al., 2014; ROSENBAUM et al., 2009; STRINDBERG et al., 2011; ZERBINI et al., 2011b). Explicita-se desta forma a variável “localização espacial” como de importância para realização de estudos visando à proteção e conservação da espécie.

#### 2.1.5 SABER LOCALIZAR É UM PASSO PARA CONSERVAR

Análise espacial é definida, segundo Câmara e Monteiro (1999), como uma técnica de identificação de padrões de ocorrência de eventos no espaço, em que é caracterizado o tipo de relacionamento existente entre as variáveis.

Nesta linha Rosenbaum et al. (2014), utilizam o espaço como base para justaposição de informações sobre atividades humanas e de habitat da baleia jubarte, avaliando a existência da mudança no comportamento de movimentação dos animais devido a estas atividades, com achados de alto potencial de sobreposição.

Segundo Baily (2001), existem três tipos de distribuições de localizações pontuais de dados, sejam populações, doenças ou fenômenos em geral dispostos no espaço; o uniforme, onde os eventos estão dispostos a igual distância de seus vizinhos na área de estudo; o aglomerado ou agregado, onde existe uma perceptível

agregação dos eventos em torno de uma localização; e o aleatório onde não é perceptível nenhum padrão.

Dentre as análises espaciais existentes, os estudos de agregados (clusters em inglês) têm grande importância devido à possibilidade de identificação de áreas com maiores probabilidades de ocorrência de fenômenos, sem serem esperados, em meio a uma região com ocorrência aproximadamente constante. Sendo que o termo “agregado” designa a aglomeração de eventos, que pode ser de ordem espacial ou temporal (CÂMARA et al., 2004a).

Investigações têm sido realizadas utilizando variáveis das categorias espaço e tempo explicitamente na tentativa de reconhecer a distribuição da jubarte, e o uso da área por elas ocupada, recorrendo-se a diversas abordagens como: rastreamento via satélite e mapeamento (GUZMAN et al., 2015); o uso de autocorrelação espacial (OÑA; GARLAND; DENKINGER, 2017); modelagem bayesiana para aglomerados (CARVALHO et al., 2014); plotagem de resultados em mapa (FÉLIX; BOTERO-ACOSTA, 2011) e construção de superfícies (LINDSAY et al., 2016).

Em outro nível de complexidade estão os estudos que usam técnicas de estatística espacial buscando evidenciar agregações estatisticamente relevantes no espaço em estudo como a avaliação de randomicidade da distribuição de baleias jubarte em uma baía na Austrália (BRUCE et al., 2014). Ou ainda estudos que avaliam os aglomerados espaço-temporalmente (NORMAN et al., 2012; SPYRAKOS et al., 2011).

O estudo que realizamos este inserido nos métodos de detecção de cluster genérico, que diferentemente dos focados não têm uma fonte provável predefinida (BAILEY, 2001). Nesta perspectiva, a técnica de detecção de aglomerados espaciais proposto por Kulldorff, (1997), designado como uma “Varredura Estatística Espacial”, foi usada para o presente estudo.

Neste teste estatístico, concebido para avaliação ocorrências em saúde pública (COSTA; KULLDORFF, 2014; JUNG; KULLDORFF; RICHARD, 2010; PRATES; KULLDORFF; ASSUNÇÃO, 2014), e já demandado para estudos em ecologia (BOMBOSCH et al., 2014; ELITH; LEATHWICK, 2009; LEENEY et al., 2008; NICOLAU et al., 2016; NORMAN et al., 2012), é possível estimar se a probabilidade associada a frequência observada dos eventos, em cada áreas da região de estudo, supera a esperada devido a sua ocorrência ser aleatória no espaço.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 ÁREA DE ESTUDOS

A plataforma continental nas costas Leste e Nordeste do Brasil é, em geral, estreitas com 20 a 50 km de extensão, contudo o Banco dos Abrolhos ( $16^{\circ}40'$  a  $19^{\circ}30'S$ ;  $37^{\circ}25'$  a  $39^{\circ}45'W$ ) constitui uma exceção, com uma extensão de até 220 km (figura 04). O banco tem uma área aproximada de 46 000 km<sup>2</sup>, distribuída na costa sul do Estado da Bahia e norte do Estado do Espírito Santo (WEDEKIN, 2011).

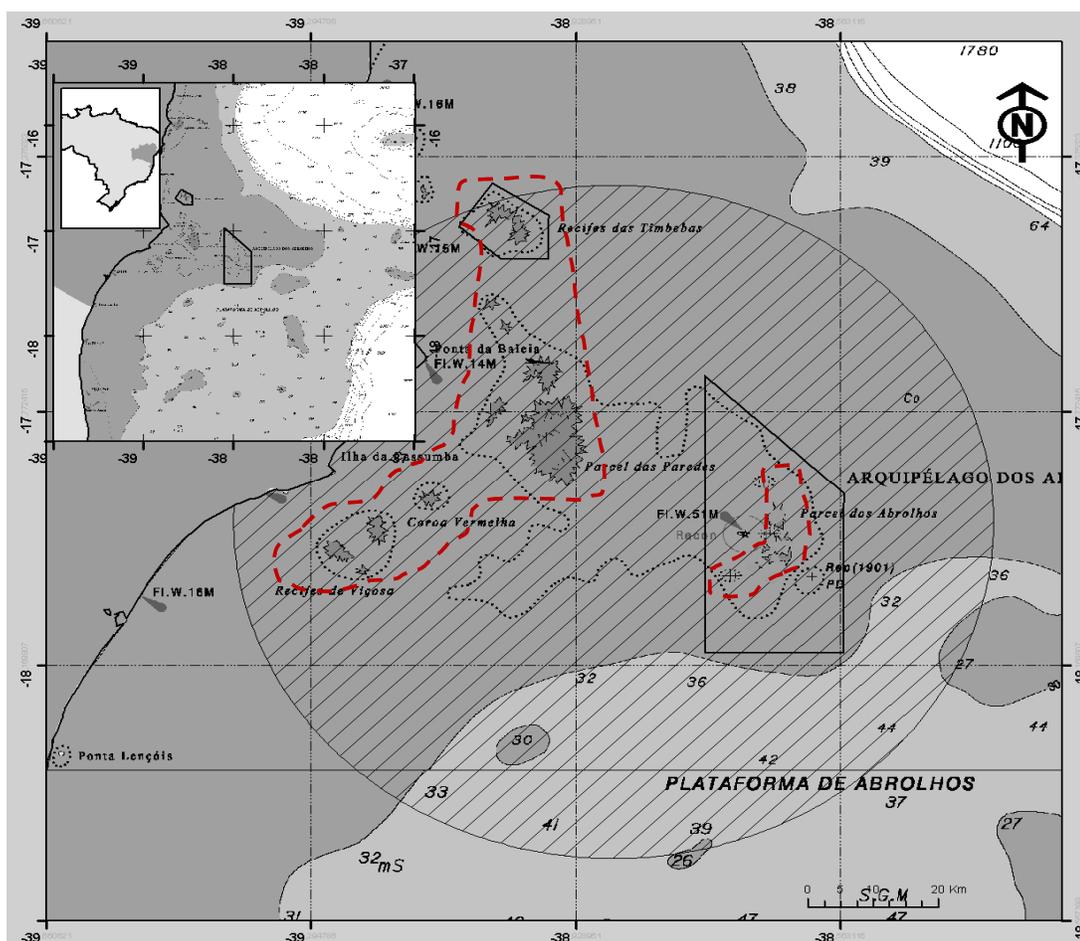


Figura. 04 – A área de estudos hachurada compreende os arcos recifais interno e externo com perímetro tracejado e as áreas do parque de Abrolhos linha de perímetro contínuo. Fonte da base cartográfica: Marinha brasileira.

Grandes formações de recifes de coral compõem dois arcos, um costeiro mais extenso, e outro mais externo e menor onde se encontra o parcel dos Abrolhos (em destaque tracejado). Seguem-se ainda as ilhas de formação vulcânica que constituem o arquipélago dos Abrolhos, à aproximadamente 70 km da costa.

Tanto o parcel como o arquipélago de Abrolhos, se encontram dentro da maior das duas poligonais que integram o Parque Nacional dos Abrolhos (em destaque contínuo). A segunda engloba parte do arco recifal costeiro denominado recife dos Timbebas. Estas delimitações buscam preservar elementos de habitat característicos dos arcos costeiro interno e externo, mantendo um canal entre as duas áreas para a passagem de embarcações (LEÃO; KIKUCHI, 2001; LEÃO, 2002; TEIXEIRA et al., 2013).

A área compreendida para este estudo foi delimitada com uma circunferência hachurada onde foram realizados os esforços de avistamento de vários anos de cruzeiros de pesquisa realizados pelo Instituto Baleia Jubarte – IBJ (figura 04). A partir dos dados coletados nos avistamentos foi construído um banco de dados com cerca de seis mil registros contendo além da localização, dados de comportamento, foto-identificação, composição de grupos, amostras teciduais e registros de atividade acústica.

### 2.2.2. COMPOSIÇÃO DO BANCO DE DADOS DO ESTUDO

O banco de dados do IBJ de início era basicamente uma compilação, em planilhas do Excel, dos dados coletados nas diversas fichas de registro do projeto. Este banco sofreu algumas adaptações e melhoramentos com o passar dos anos, isso se deveu à otimização da dinâmica de trabalho do IBJ em seus processos de coleta, com acréscimos e extinção de campos de registro, além de atualizações de hardware e software.

Uma destas atualizações foi a conversão dos registros, de planilhas, para um software para banco de dados relacional. Isso permitiu fazer uma seleção de registros e depuração do banco, eliminando registros duplicados, com campos em branco e as poucas inconsistências encontradas.

Faz-se necessário relatar que durante as 24 temporadas de trabalho registradas, sempre no período entre julho e novembro, diversos foram os contingenciamentos e adequações realizadas pelo IBJ para manter suas atividades.

Na tabela 01 encontramos uma composição resumida dos dados extraídos do banco de dados original. Os valores encontrados na tabela são sumarizações, com exceção da profundidade média que constou na média das profundidades registradas pelo equipamento de bordo no momento do avistamento.

**Tabela 01 - Consolidação de dados coletados pelo Instituto Baleia Jubarte em 24 temporadas de avistamentos de grupos de baleias jubarte no banco dos Abrolhos.**

<b>Período</b>	<b>Anos</b>	<b>Profundidade Média (m)</b>	<b>Esforço (Dias)</b>	<b>Indivíduos</b>	<b>Filhotes</b>	<b>Cantores</b>
1992 - 1995	4	12,54	177	1468	256	13
1996 - 2000	5	14,25	313	3772	620	46
2001 - 2005	5	18,19	272	3542	539	51
2006 - 2010	5	19,80	241	3453	550	15
2011 - 2015	5	17,87	133	2865	557	14
<b>Total</b>	--		<b>1.136</b>	<b>15.100</b>	<b>2.522</b>	<b>139</b>

As coordenadas geográficas dos locais de avistamento foram tomadas por equipamento de Sistema de Posicionamento Global – (GPS, sigla em inglês) de diversos fabricantes, e posteriormente plotadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica – SIG, gerado pelo software ARCGIS™ 10.1, da ESRI.

Foram extraídos os registros de localização de machos cantores e plotados em mapa para comparação com a plotagem de todos os registros, e assim realizar uma verificação visual dos padrões de distribuição.

As distancias de cada avistamento ao centro da distribuição de todos os pontos plotados foi calculada para avaliar a dispersão dos avistamentos. Para isso, a medida de uma designada “distância padrão” (LINDEN, 2009), calculada pela equação 01, permitiu gerar uma circunferência delimitadora de raio igual a um desvio padrão da distribuição das distâncias de todos os pontos a um centro. Arbitrado aqui como o conjunto de ilhas do arquipélago dos Abrolhos por ser o ponto de referencia para os cruzeiros de investigação, pois também possui um posto de observação de baleias do IBJ.

Os dados de profundidade foram tomados pelos equipamentos das embarcações (sem registro de marca ou modelo) utilizadas e registrados em ficha para cada avistamento, sendo armazenada na unidade pé (ft), e posteriormente transformada para metro (m).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n}} \quad (1)$$

**Distância padrão (SD – Standart Distance) entre  $n$  pontos distintos, de coordenadas (x,y). Fonte: (MITCHELL, 2005).**

Na equação 1,  $x_i$  e  $y_i$  são coordenadas do avistamento  $i$  de  $n$  avistamentos realizados. E  $(\bar{X} ; \bar{Y})$  são coordenadas do centro médio de todas as coordenadas.

### 2.2.3 DEPENDÊNCIA ESPACIAL DOS DADOS

Como definido por Câmara et al. (2004) quando um grupo de dados apresenta dependência espacial isto implica que estes estão relacionados espacialmente através de um processo subjacente inicialmente desconhecido, e que, a força desta relação se torna mais fraca com o aumento da distância entre eles. Este foi a abordagem inicial para a avaliação da existência de aglomerados espaciais.

As localizações geográficas dos registros de cantores se constituíram nos dados de trabalho, e foram agrupados de acordo com a sua inserção em uma célula de uma grade com aresta arbitrada em 2,8 km (10% da distancia média entre os pontos registrados) sobreposta a área de trabalho, o que compôs a matriz de dados para a análise. Conseguimos, desta forma, incluir na camada de informação da grade os dados de intensidade e dispersão da localização dos avistamentos.

Em cada célula da grade foram sumarizados os eventos que se encontravam sobrepostos através de técnicas de análise espacial (CRESSIE, 1992), criando um atributo para cada célula da camada de dado da grade contendo o somatório dos avistamentos dentro do quadrante.

Em seguida, foi empregado o índice de autocorrelação de Moran, recentemente utilizado na identificação de aglomerações de jubartes (OÑA; GARLAND; DENKINGER, 2017), e expresso na equação 02.

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (z_i - \bar{z})(z_j - \bar{z})}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2} \quad (2)$$

**Índice de Autocorrelação Espacial Global de Moran. Fonte:** (CÂMARA et al., 2004a).

Na equação 2,  $ij$  são localizações de uma matriz quadrada,  $W_{ij}$  são elementos de uma matriz normalizada de proximidade espacial,  $z_i$  valor do atributo em  $i$ ,  $z_j$  valor do atributo em  $j$ ,  $\bar{z}$  o valor médio dos atributos na região de estudo e  $n$  o número de áreas.

É preciso destacar que este índice busca quantificar o conceito de dependência espacial, avaliando se valores de um atributo de áreas que têm relação espacial de maior proximidade são mais semelhante que aqueles de mesmo atributo em áreas de menor proximidade (GRIFFITH, 2009).

Sendo este índice uma estatística inferencial ela esta estabelecida sobre a hipótese nula de aleatoriedade dos valores dos eventos estudados, no caso avistamento de machos cantores, na área de estudo (CÂMARA; MONTEIRO, 1999).

#### 2.2.4. ESTATÍSTICA DE VARREDURA E AGLOMERADOS LOCAIS

O teste proposto por Martin Kulldorff (1997) e implementado no software SaTScan™, é designado como uma “Varredura Estatística Espacial” e esta incluso na categoria dos testes de conglomerado genérico (GATRELL et al., 1996). O método estima a probabilidade de que a frequência observada dos eventos estudados, em subáreas da área total sob análise, supere a frequência esperada devido a sua ocorrência estocástica.

Todos os processos pontuais, em nosso caso a localização de machos cantores, são testados. Isso é feito através de uma “janela” de formato circular e tamanho variando entre zero até um valor arbitrado do percentual da área total que esta sob análise. Essa janela move seu centro pelas coordenadas de cada processo pontual encontrado, e para cada circulo são calculados o risco relativo e a razão de

probabilidade baseados no total de casos observados e esperados dentro do seu raio de abrangência, em comparação com seu entorno (KULLDORFF, 1997).

A hipótese nula do teste assume que  $n(A)=c(A)$ , onde  $n(A)$  é o número de avistamentos esperados na área A, levando-se em conta uma pretensa estocasticidade do fenômeno, e  $c(A)$  o número observado na mesma área A. A hipótese alternativa assume que  $n(A)<c(A)$ .

A partir daí são calculados valores de probabilidade  $c(A)/C$  e  $n(A)/C$ , em que C é o número total de avistamentos, constituindo os elementos da equação 03 de razão de probabilidade.

$$\frac{L(A)}{L_0} = \left( \frac{c(A)}{n(A)} \right)^{c(A)} \left( \frac{C - c(A)}{C - n(A)} \right)^{C - c(A)} \quad (3)$$

**Equação de probabilidade para a varredura espacial. Fonte: (KULLDORFF, 1997).**

Para que seja possível avaliar se o resultado obtido não se deu por força do acaso, associa-se um valor de significância p ( $p<0,05$ ), baseado em um grande número de simulações efetivadas pelo método de Monte Carlo, o qual permuta os valores do número de casos de todas as áreas entre si.

Para cada permutação é estimada a estatística de razão de probabilidade, assim consegue-se uma distribuição das razões para cada possível distribuição dos dados. A razão de probabilidade dos dados reais observados pertence a esta distribuição, com isso, estando o valor nas extremidades da distribuição podemos inferir que ele não acontece ao acaso (KULLDORFF, 1997).

De acordo com o método, valores com um nível de significância menor que 0,05 são identificados como clusters, pois têm mais de 95% de chance de não serem devidos ao acaso.

Para cada tamanho e posição da janela o número de pontos em seu interior é registrado e comparado com sua própria distribuição sob a hipótese nula de completa aleatoriedade de um processo de Poisson. Por definição do método, o tamanho máximo da janela circular é arbitrado de modo que englobe de 0 a 50% da população da área total em estudo (KULLDORFF, 1997).

## 2.2.5 AVALIAÇÃO DE AVISTAMENTOS INDIVIDUAIS E DE GRUPOS

Um elemento de cuidado presente neste trabalho foi levar em conta o esforço (resumido como tempo de pesquisa no mar) de investigação da equipe do IBJ, que devido a varias circunstancias ao longo dos anos, sofreu contingenciamentos de recursos e assim teve de adequar seus esforços para manter da melhor maneira o ritmo de seus trabalhos. O que poderia refletir na diferença entre os quantitativos obtidos, atuando como fator de confundimento nas análises. Assim, para avaliarmos comparativamente o quantitativo de avistamentos em cada ano entre si, foi necessário criar um indicador chamado “Índice de Sucesso” (IS), definido na equação 04.

$$IS = \frac{Nav}{Nd} \quad (4)$$

**Índice de Sucesso. Fonte:** (KOBAYASHI et al., 2016).

Este índice expressa a razão entre o número de avistamentos (Nav) registrados e o número de dias (Nd) de investigação no mar. Esta abordagem também foi utilizada em pesquisa similar para dados de longo período (KOBAYASHI et al., 2016).

Foi arbitrado uma periodicidade em torno de 15 dias para a agregação dos dias de trabalho dentro da estação reprodutiva (de julho a novembro), sempre do dia primeiro do mês até o dia quinze e de dezesseis ao último dia do referido mês.

Também, em um esforço investigativo do comportamento dos grupos de baleias quanto ao seu momento de maior ocorrência, profundidade ao momento do avistamento e distância ao arquipélago de Abrolhos, foi realizada a composição de grupos utilizada por Zerbini et al. (2004) em importante pesquisa acerca da distribuição e abundancia da espécie na costa nordeste do Brasil. Assim temos: MF (Mãe com filhote), MFEsc3 (três indivíduos mãe, filhote e Escort<sup>1</sup>), GCF (grupo

---

<sup>1</sup> Escort : Baleia macho que nada mais próximo da mãe e filhote, acompanhando-a e evitando que outros machos se aproximem.

competitivo<sup>2</sup> com filhote), GC (grupo competitivo), Pares (dupla de animais adultos) e Solitários (animal adulto) .

Neste sentido, foi realizado o levantamento da distribuição temporal dos dados dos diversos agrupamentos de animais avistados nos meses que compreendem a estação de reprodução. A partir daí foi efetuada uma reclassificação e sumarização dos dados do banco de dados inicial para que fosse possível destacar os meses da estação de reprodução nos Abrolhos.

Foram criadas faixas de profundidade e distância sempre definidas pelos quartis da distribuição de valores registrados, sendo:  $F1 < 1^{\circ}$  quartil,  $1^{\circ}$  quartil  $< F2 < 2^{\circ}$  quartil,  $2^{\circ}$  quartil  $< F3 < 3^{\circ}$  quartil e  $F4 > 3^{\circ}$  quartil. Isso tornou possível discretizar os dados.

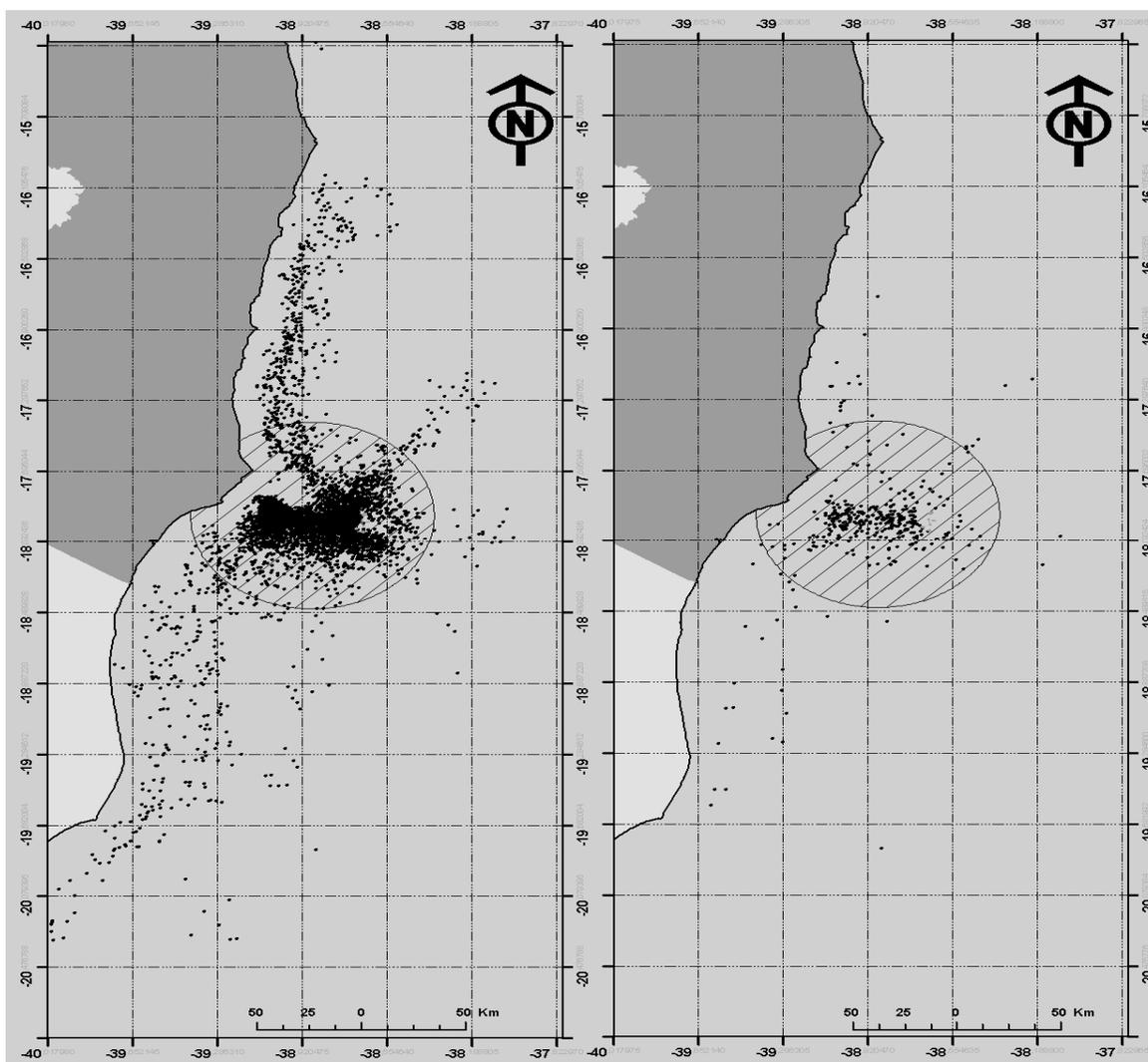
---

<sup>2</sup> Dois ou mais animais adultos machos com comportamento agressivo entre si para se colocar mais próximo à fêmea.

## 2.3 RESULTADOS

### 2.3.1 APROXIMAÇÃO INICIAL AOS DADOS

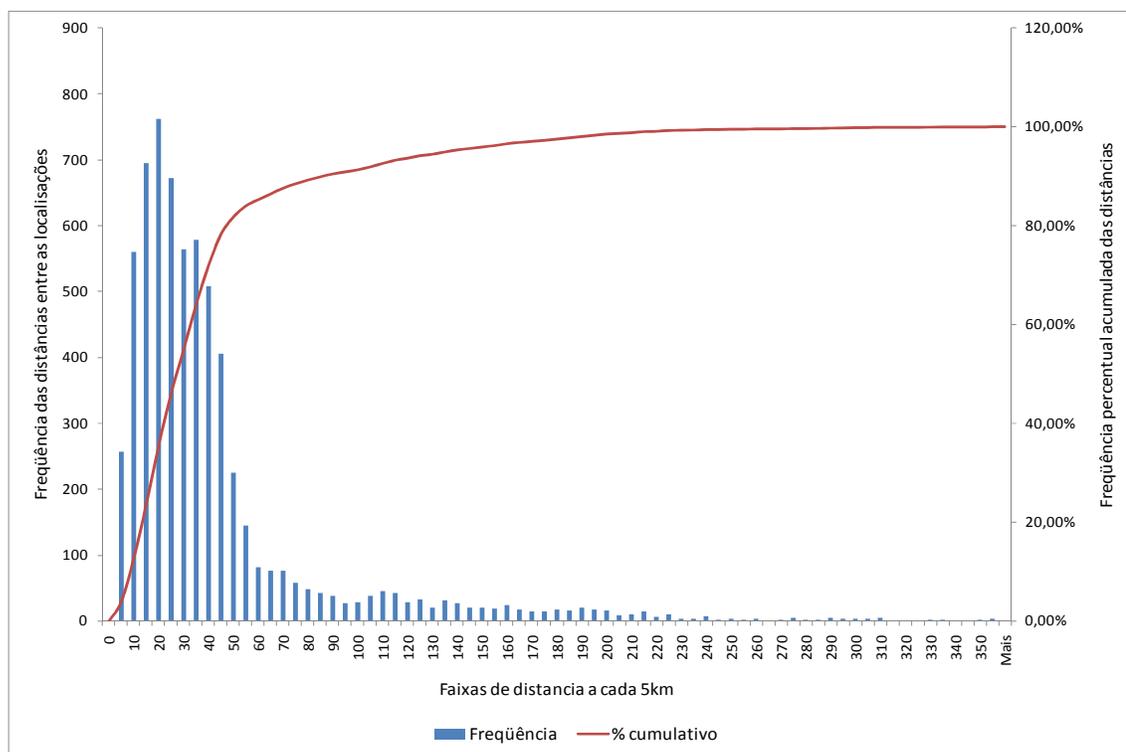
A figura 05a apresenta a distribuição espacial da totalidade dos avistamentos sumarizando as 24 temporadas. Os eventos de registro de machos cantores tiveram que ser filtrados dentro do rol de avistamentos total registrados no banco. Os registros sonoros que identificam o animal foram captados através de microfones subaquáticos. Então, o resultado da filtragem foi plotado na figura 05b, para uma visualização-exploratória comparativa da distribuição espacial.



**Figura 05: Distribuição das localizações dos grupos de baleias jubarte registrados nas 24 temporadas de pesquisa (a), e distribuição das localizações somente dos registros de cantores (b) na região da área de estudos hachurada.**

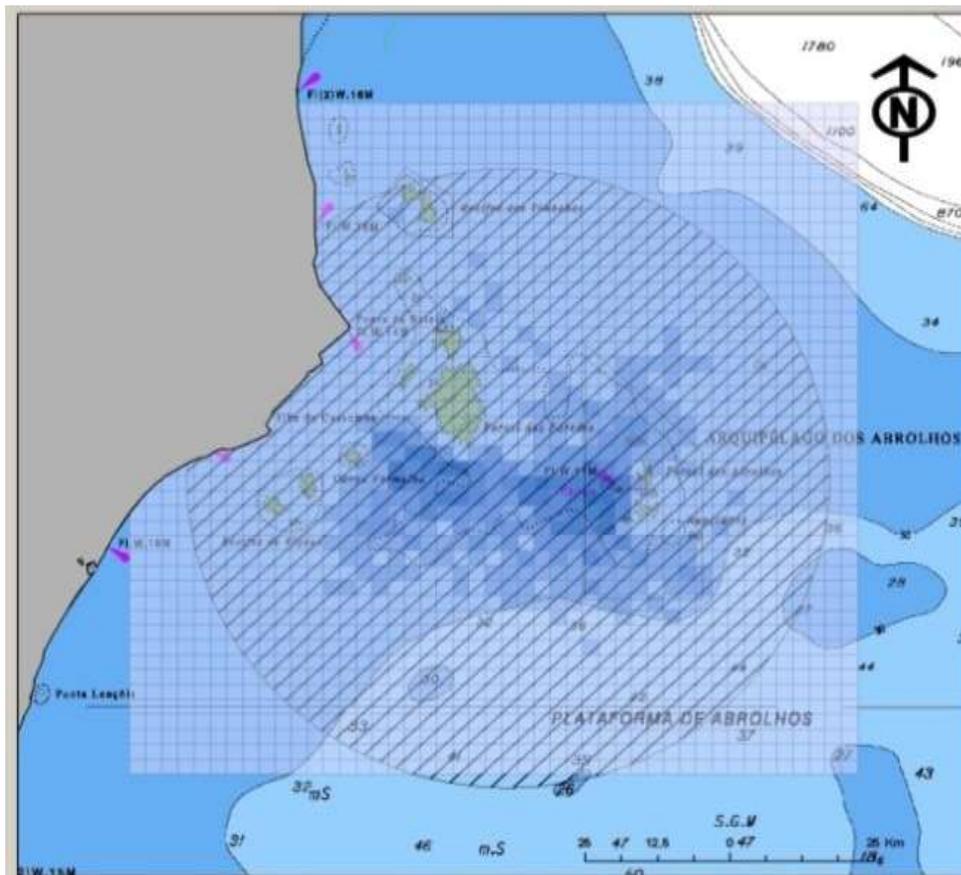
A distribuição dos avistamentos totais e registros de cantores foram percebidos como uma concentração de pontos entre as latitudes -17,00 e 18,00 graus. Nesta faixa encontramos o banco dos Abrolhos e as poligonais do parque dos Abrolhos. Há também registros ao longo da faixa costeira do sul do estado da Bahia e norte do Espírito Santo, isso se deve ao fato de que alguns cruzeiros realizados pelo IBJ se distanciaram, de forma exploratória, para outros estudos. Contudo, pôde ser percebido também que a grande maioria dos avistamentos no geral e de cantores mais especificamente estavam restritos a uma parte da costa.

Na avaliação das distâncias encontradas pode-se observar uma agregação de ocorrências na faixa de 10 a 45 km das ilhas, com acréscimos decrescentes a partir deste ponto. Como resultante temos 5001 (78,21%) dos avistamentos dentro deste escopo, como pode ser verificado pela figura 06.



**Figura 06 – Distribuição de frequências das distâncias entre as localizações dos avistamentos de baleias jubarte nas 24 temporadas de pesquisa.**

Para avaliação da dependência espacial foi gerada uma grade com arestas de 2,8 km (figura 07), que foi sobreposta a camada de informação dos pontos de localização dos avistamentos para agrupamento e sumarização dos dados.



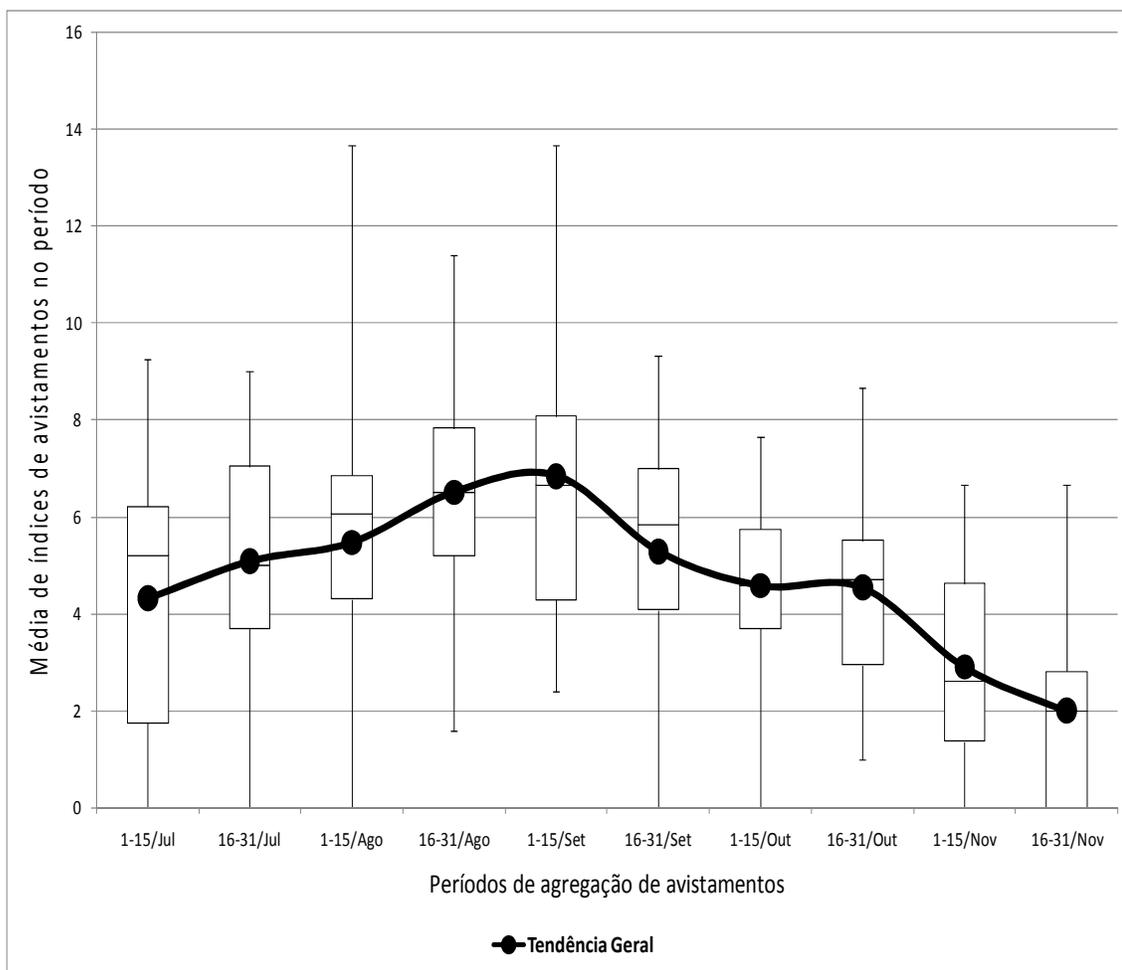
**Figura 07: Grade de sumarização de dados sobreposta a área de estudos, em que o gradiente de cores no quadriculado evidencia a concentração de avistamentos.**

**Fonte da base cartográfica: Carta náutica da marinha do Brasil.**

### 2.3.1.1 Observações de indivíduos

Foram encontrados valores crescentes de índice de sucesso de avistamentos, com apenas 4 anos (1992, 1993, 1994 e 2015) abaixo e um ano acima (2006) do desvio padrão. Foi estimado um índice de sucesso anual médio de 4,76 ( $\pm 1,14$ ) avistamentos/dia para o conjunto total de dados.

Dentro da estação de reprodução foram constatados índices de sucesso maiores no período de agosto a setembro, como pode ser visto na figura 08 pela evolução da tendência geral.



**Figura 08 – Tendência do índice de sucesso médio dos avistamento de grupos de baleias jubartes entre julho e novembro durante as 24 temporadas registradas.**

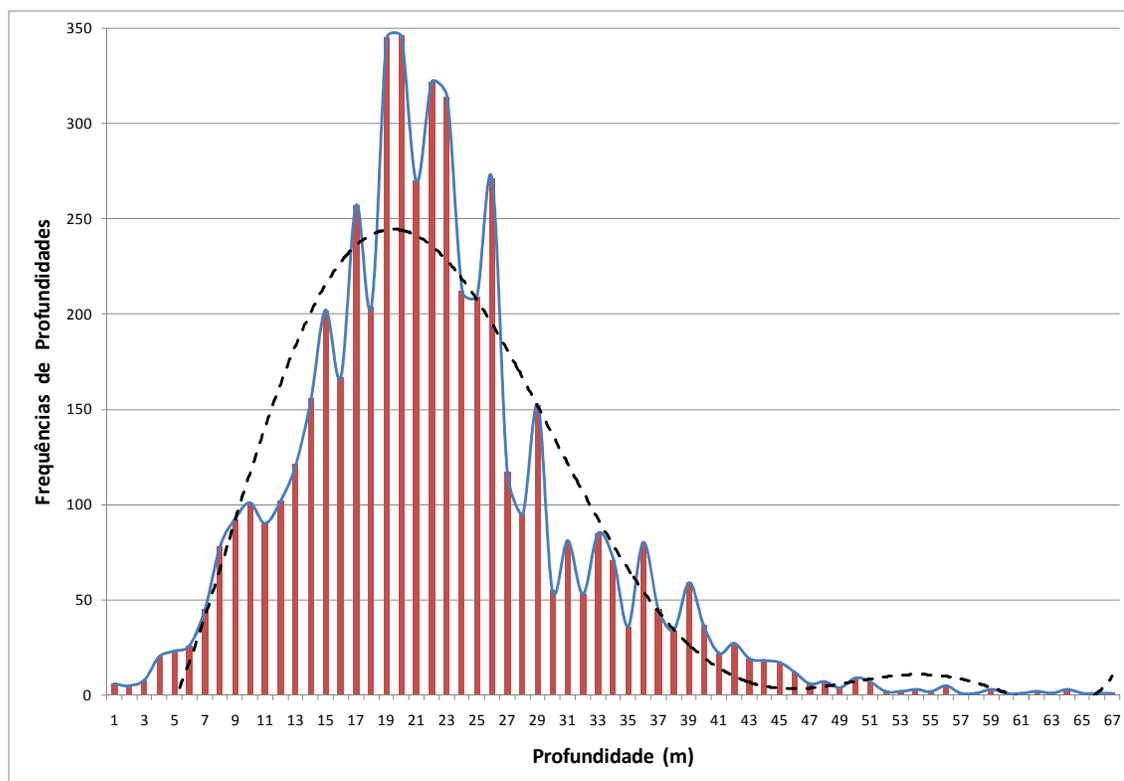
Neste período se apresentam anualmente os maiores índices médios, como mostrados na tabela 02, com  $5,39 (\pm 0,96)$  e  $4,85 (\pm 0,92)$  respectivamente como médias gerais para agosto e setembro, numa tendência crescente para as 24 temporadas analisadas.

A totalização dos índices para cada faixa resultou nos valores: 1992 a 1995 = 9,84; 1996 a 2000 = 11,52; 2001 a 2005 = 12,44; 2006 a 2010 = 14,02 e 2011 a 2015 = 21,25. Os valores mostram índices médios anuais crescentes.

**Tabela 02 - Índices de sucesso médios anuais para cada mês da estação de reprodução.**

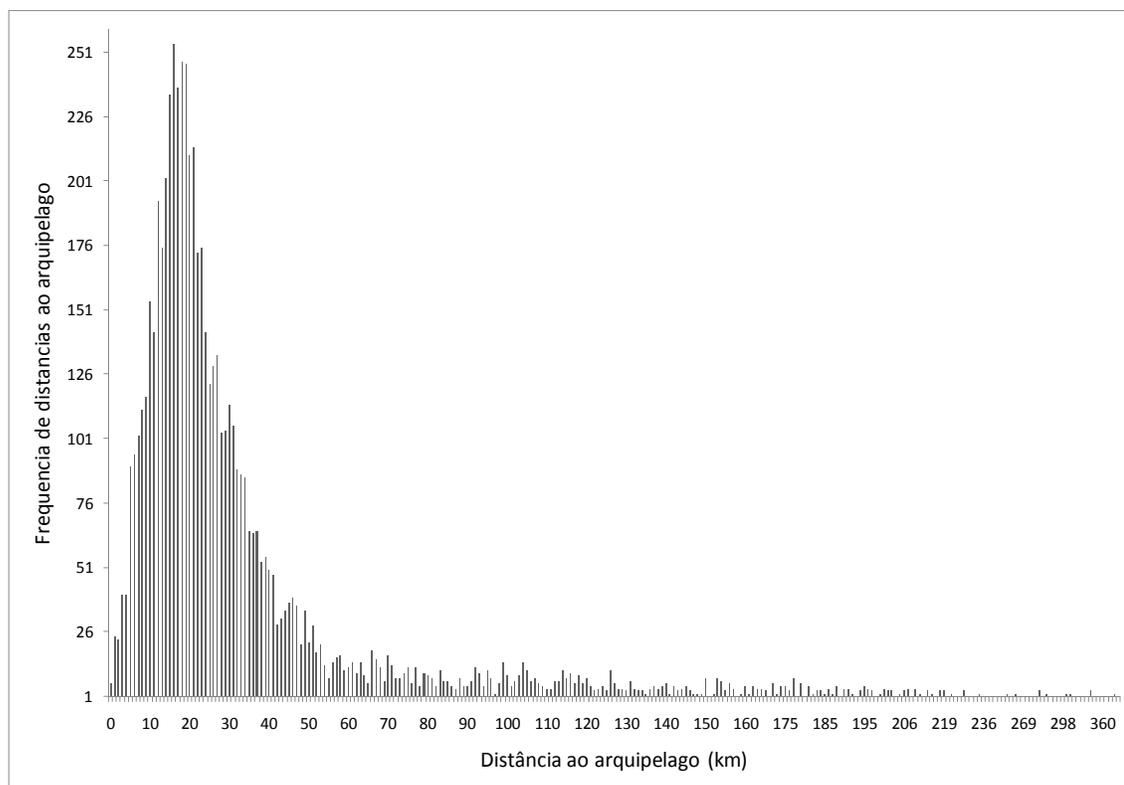
Faixas	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
1992-1995	1,94	2,91	2,15	1,76	1,08
1996-2000	2,37	3,24	2,63	2,00	1,28
2001-2005	2,61	2,79	3,18	2,25	1,62
2006-2010	2,87	3,25	3,56	2,42	1,91
2011-2015	4,30	5,39	4,85	3,91	2,80

A figura 09 apresenta a distribuição de freqüências das profundidades registradas no momento do avistamentos dos grupos de baleias. A profundidade média foi de 22,35 ( $\pm 7,31$ ) m, com 3 896 (75%) avistamentos na faixa de 14 e 32 m de profundidade. Para uma faixa de profundidade de 5 a 41 .m foram registrados 4 916 (95,09%) avistamentos.



**Figura 09: Distribuição de freqüência das profundidades registradas nos avistamentos de baleias jubarte durante as 24 temporadas de pesquisa.**

Os grupos de baleias jubarte tiveram 86,60% dos avistamentos registrados a uma distância de até 63 km do arquipélago dos Abrolhos (figura 10). Com o aumento da distância menores percentuais foram registrados, sendo que: entre 63 e 127 km, 8,12%; entre 127 e 195 km, 3,60%; entre 195 e 360 km, 1,60%; e para distâncias maiores que 360 km, 0,08%.



**Figura 10: Distribuição de freqüência das distancias ao arquipélago de Abrolhos registradas nos avistamentos de baleias jubarte durante as 24 temporadas de pesquisa.**

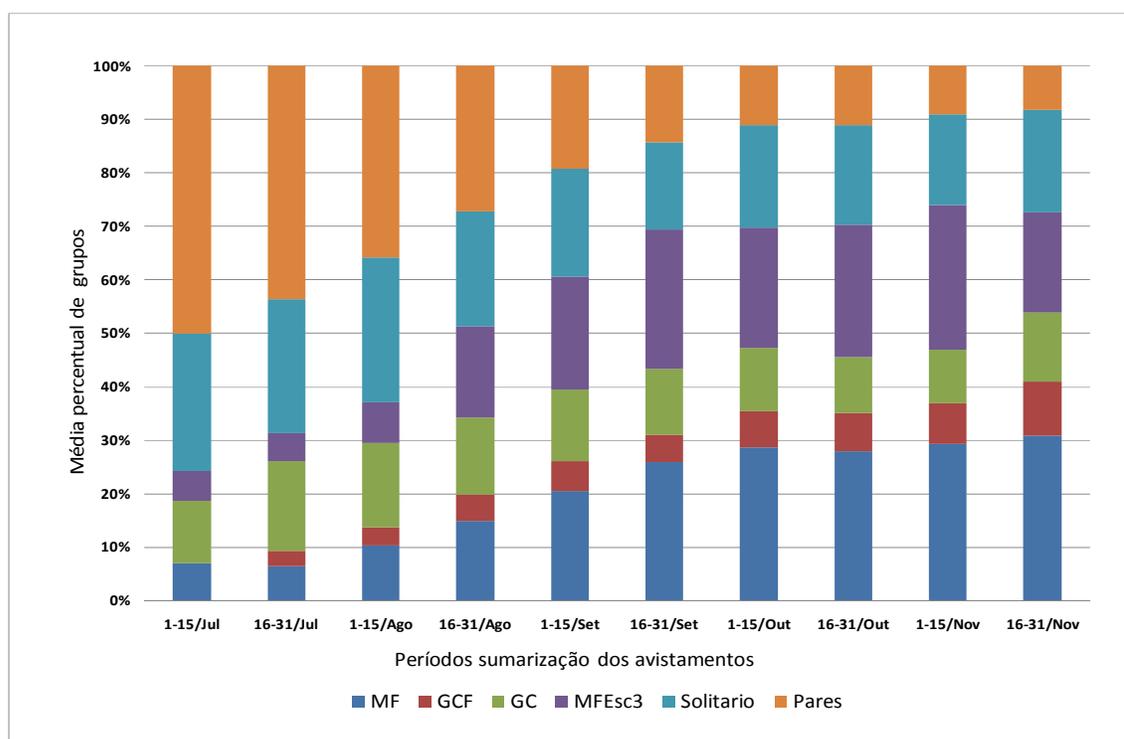
### 2.3.1.2 Observações de grupos

A tabela 03 mostra as freqüências de tipos de grupos registrados nos avistamentos. A coluna “Total” sumariza as 24 temporadas por tipo de grupo, e a “Média Geral Anual” mostra o número médio de grupos por ano.

Grupos	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2015	Total
GCF	26	40	47	36	37	186
MF	218	330	267	202	182	1199
MFesc3	140	197	279	201	252	1069
Pares	264	454	437	323	148	1626
Solitários	282	423	323	244	135	1407
GC	79	142	158	132	106	617
Média Geral Anual	201,8 ± 94,5	317,2 ± 150,16	302,2 ± 123,21	227,6 ± 89,4	215 ± 65,95	

**Tabela 03 – Frequência quinzenal dos tipos de grupo de baleia jubarte durante a estação de reprodução nos Abrolhos nas 24 temporadas de pesquisa.**

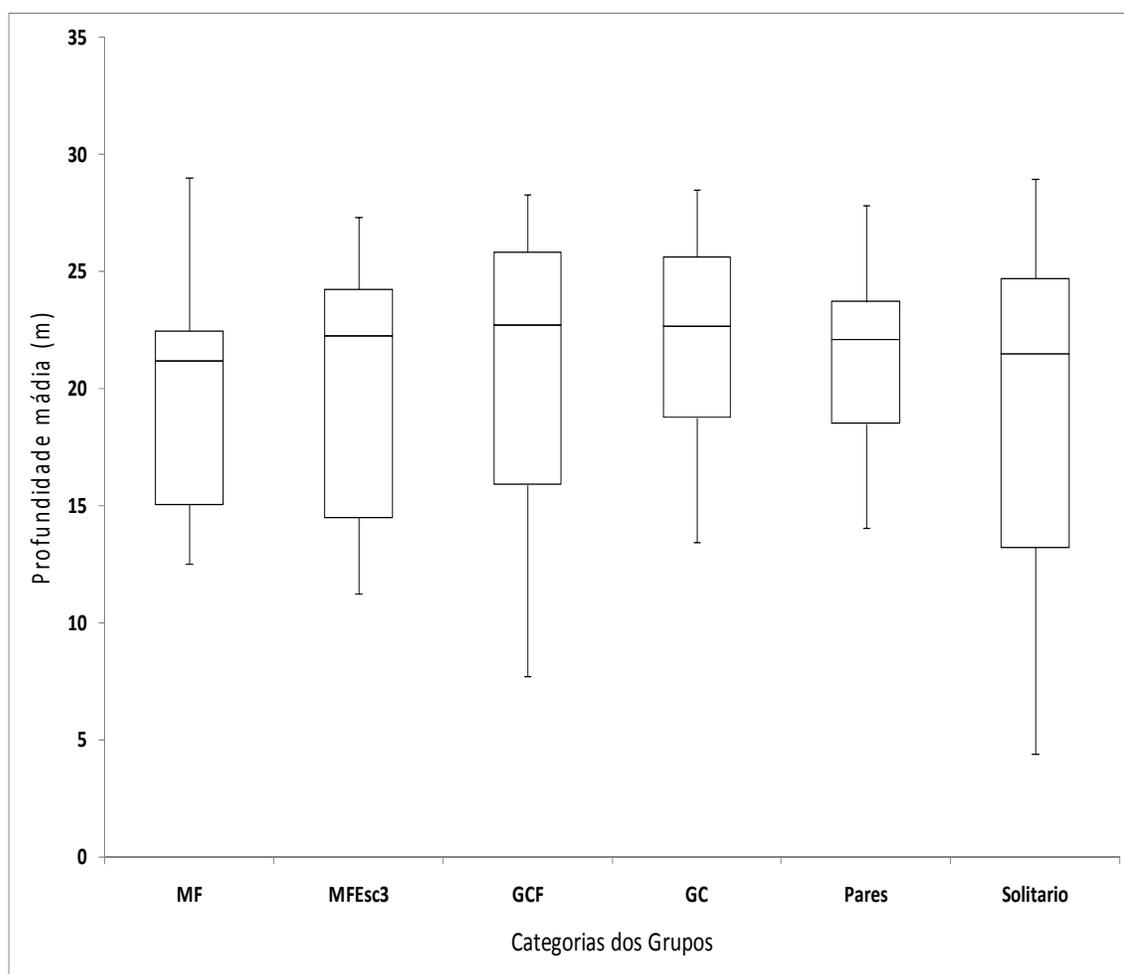
Quando avaliamos os diversos grupos de baleias avistados no período de estudo entre 1992 e 2015 durante a estação de reprodução (figura 11), encontramos para MF o período entre setembro e outubro como de maior sucesso de avistamento, com em média 8,75 ( $\pm 5,59$ ) avistamentos. Para GCF destaca-se a inexistência de avistamentos no começo da estação e a permanência em níveis baixos em média de 2,07 ( $\pm 1,08$ ). Para o grupo GC a frequência média de avistagem no mês de agosto foi de 6,17 ( $\pm 3,66$ ).



**Figura 11 – Variação relativa de cada tipo de grupo na estação de reprodução nos Abrolhos durante as 24 temporadas de pesquisa.**

A análise das profundidades registradas no momento dos avistamentos dos grupos de animais é mostrada na figura 12. Para todos os grupos a faixa de profundidade entre 15 e 25 m concentra mais de 50% das profundidades registradas. A maior variabilidade dos registros se deu para o grupo solitário, com amplitude de 24,56 m, e a menor para o grupo pares com 13,76 m.

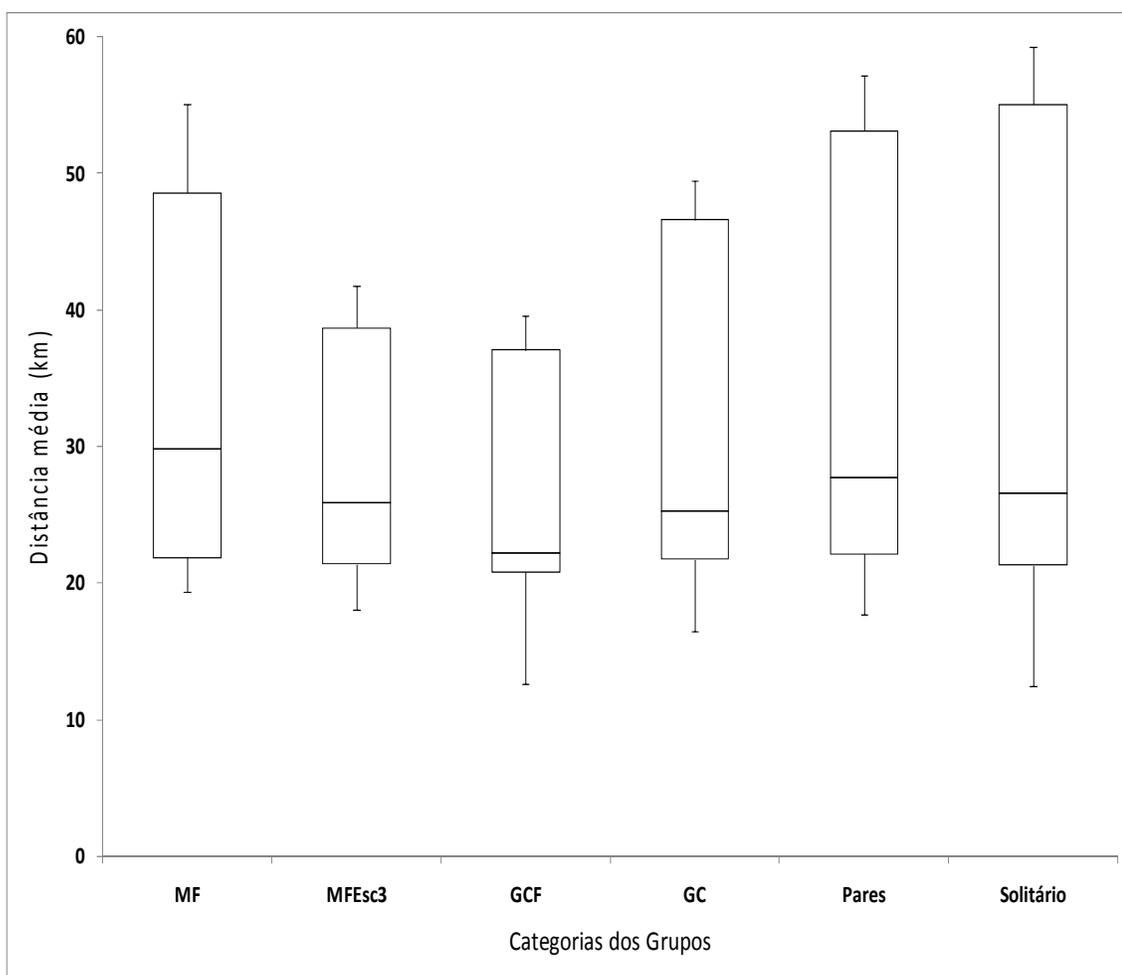
Para MF foi estimada uma profundidade média de 19,97 m ( $\pm 4,60$ ), MFesc de 20,00 m ( $\pm 5,34$ ), GCF de 20,86 m ( $\pm 5,98$ ), Pares de 21,39 ( $\pm 4,31$ ), Solitário 19,01 m ( $\pm 7,59$ ) e GC 21,98 m ( $\pm 4,39$ ).



**Figura 12 – Variação da profundidade média dos avistamentos para cada grupo no decorrer da estação de reprodução nos Abrolhos durante 22 temporadas de pesquisa.**

Na figura 13 são mostrados os registros dos diversos grupos de baleias e suas distâncias ao centro do arquipélago. Encontra-se 92% das ocorrências na faixa de distâncias entre 20 e 50 km. A maior amplitude na variabilidade de dados também foi, como na profundidade, para o grupo solitários com 74,84 km. A menor amplitude ficou com o grupo MFesc3 com 47,03 km.

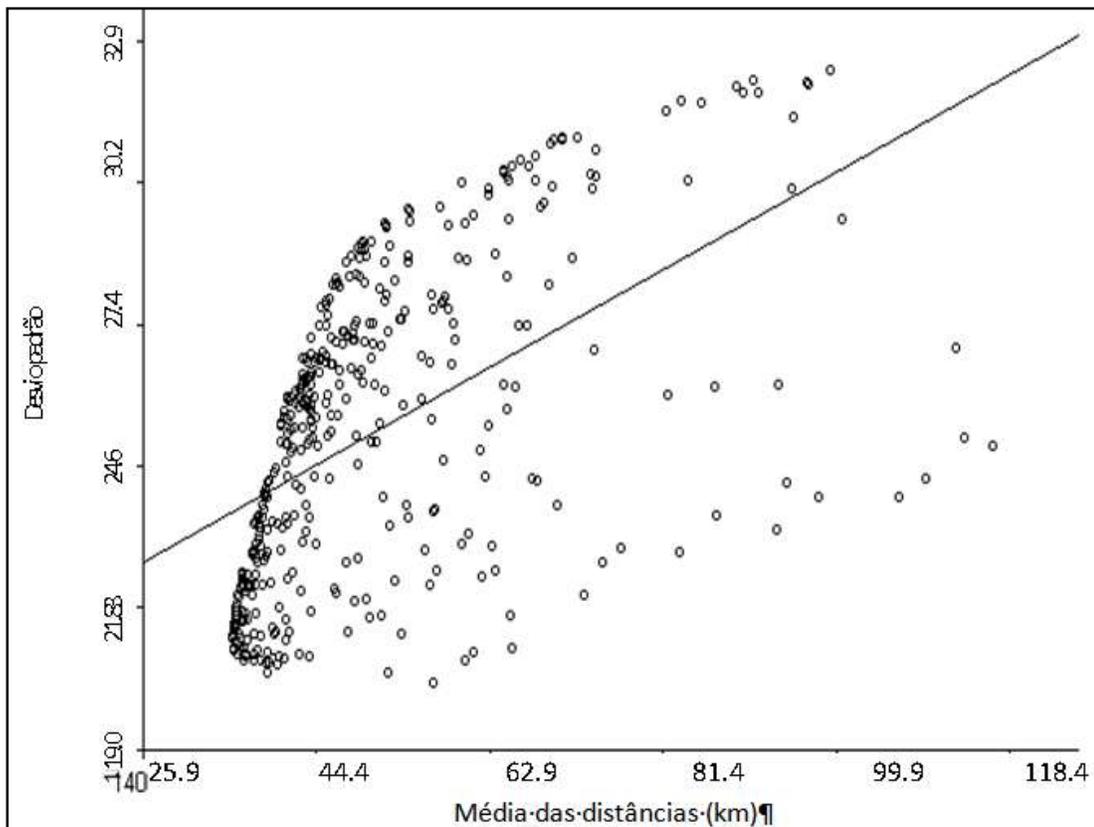
Para o grupo MF obteve-se distância média de 37,00 km ( $\pm 17,50$ ), MFesc de 32,82 km ( $\pm 15,57$ ), GCF de 27,98 km ( $\pm 11,65$ ), Pares de 38,31 km ( $\pm 19,48$ ), Solteiro 40,13 km ( $\pm 23,21$ ) e GC 33,36 km ( $\pm 16,17$ ).



**Figura 13 – Variação da distância média dos avistamentos ao centro do arquipélago para cada grupo no decorrer da estação de reprodução nos Abrolhos durante 24 temporadas de pesquisa.**

### 2.3.1.3 Observações de machos cantores.

A relação gráfica entre a média das distâncias de um determinado ponto a todos os outros pontos de registro de localização, e seus respectivos desvios padrão é mostrada na figura 14. Observa-se uma relação positiva crescente, com acúmulo de pequenos desvios em distâncias menores. Portanto, a maioria dos registros de machos cantores está próxima entre si.



**Figura 14 – Dispersão das localizações dos registros de machos cantores entre si no decorrer da estação de reprodução nos Abrolhos durante 24 temporadas de pesquisa.**

A percepção visual do resultado sugere uma agregação de relativa baixa variabilidade para distâncias em torno de 30 km entre pontos registrados, com crescimento acentuado à medida que os pontos têm distâncias maiores entre si. Esse resultado aponta para a existência de dependência espacial entre os registros de localização dos machos cantores.

### 2.3.2 AVALIAÇÃO DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL DOS REGISTROS DE LOCALIZAÇÃO DE MACHOS CANTORES

O resultado para o índice de autocorrelação de Moran foi de  $I=0,567$ , com um z-score de 35,99 e p-valor associado menor que 0,01 (baixa probabilidade de ação do acaso). O valor encontrado do índice de Moran, que pode variar de 0 a +1, mostra uma relação direta e positiva de dependência espacial.

A distribuição espacial de valores no conjunto de dados está mais agrupada espacialmente do que seria esperado se os processos espaciais subjacentes fossem aleatórios. As localizações dos grupos de cantores estão mais agrupadas que esperado no caso de uma distribuição espacial aleatória

Desta forma conseguimos evidências que os dados realmente têm influencia uns sobre outros, ou sejam, são dependentes entre si no espaço da área avaliada. Portanto, qualquer análise posterior deve levar em conta este fato explicitamente, avaliando-os de forma conjunta.

### 2.3.3 LOCALIZAÇÃO DOS AGLOMERADOS DE MACHOS CANTORES

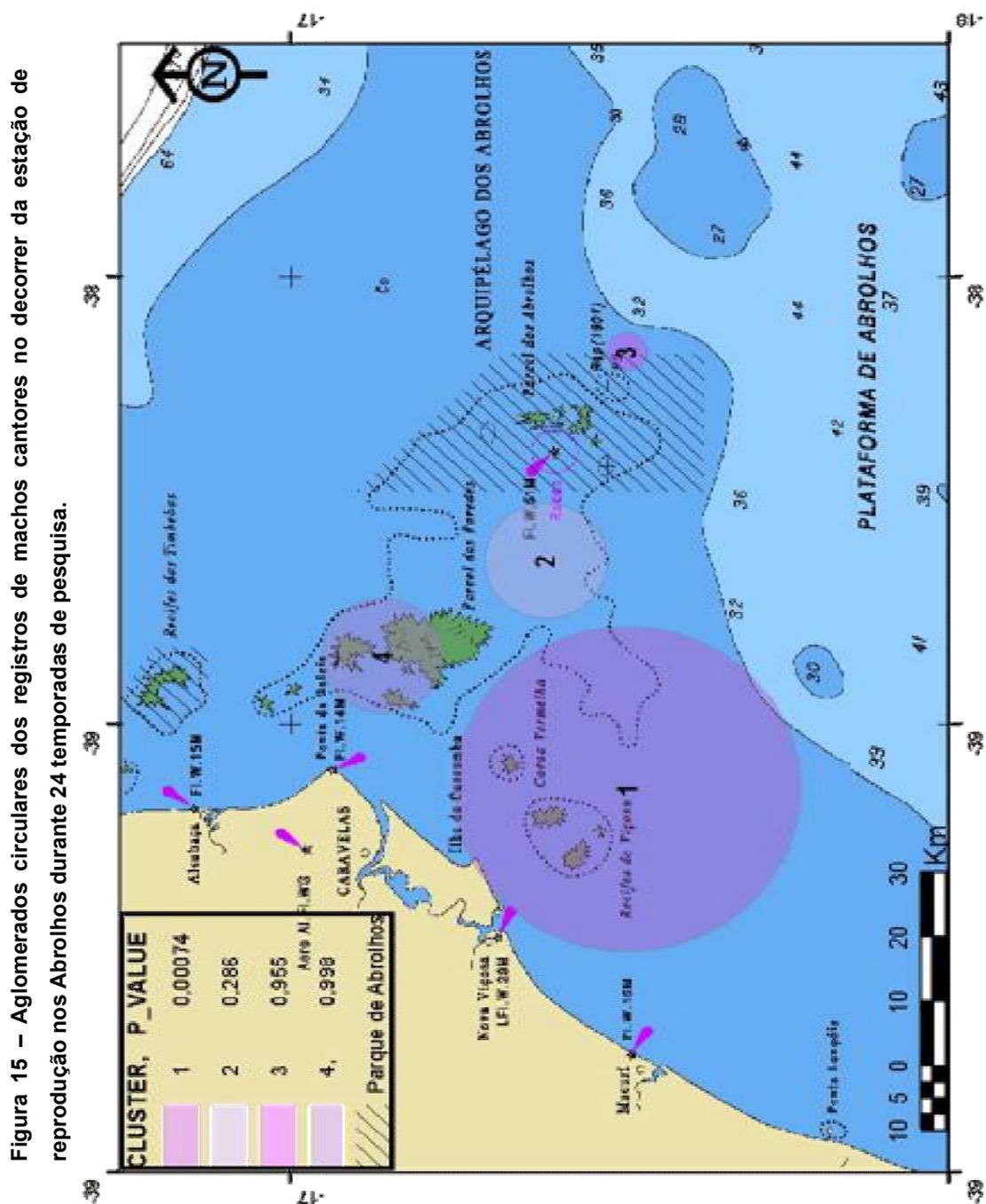
A tabela 03 é resultante do processamento dos dados no software statscan™, nela encontramos quatro possíveis aglomerados espaciais circulares com respectivas localizações geográficas e raios. Contudo, apenas o primeiro tem valor significativo ( $p= 0,0007$ ) para o valor da estatística de razão de probabilidade de 14,64. Uma área de aproximadamente 1800 km<sup>2</sup> conteve 138 registros de machos cantores. Este valor foi 53% maior que o esperado de 90,1 devido à aleatoriedade.

**Tabela 03 – Aglomerados de registros para machos cantores no decorrer da estação de reprodução nos Abrolhos durante 24 temporadas de pesquisa.**

<b>Aglomerado</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Raio (km)</b>	<b>Estatística</b>	<b>Valor p</b>	<b>Observado</b>	<b>Esperado</b>
1	-18,054	-39,165	23,90	14,6426	0,0007	138	90,01
2	-17,953	-38,848	8,44	7,2626	0,2860	81	53,31
3	-18,054	-38,557	2,81	4,6549	0,9550	7	1,70
4	-17,750	-38,980	8,39	3,9811	0,9980	4	0,64

Os 138 registros encontrados no aglomerado significativo tiveram como profundidade média 22,79 m ( $\pm 4,55$ ) e distância média ao arquipélago 38,94 km ( $\pm 8,54$ ).

A figura 15 ilustra os aglomerados encontrados, suas relações de tamanho e distância entre si, e com as poligonais do parque nacional dos Abrolhos. A área do círculo hum, de aproximadamente 24 km de raio, é a única com maior significância estatística de não ocorrer ao acaso.



## 2.4 DISCUSSÃO

### *Dos resultados gerais*

O longo período dos dados de pesquisa analisados, 24 anos, proveu um modelo coerente para a distribuição das baleias jubarte da população do estoque A em seu local de reprodução. O que inspira novas abordagens em vários campos de pesquisa sobre a espécie como sugerido por Wedekin et al. (2010). A confiabilidade dos dados refletiu a consistência e o aprimoramento metodológico da equipe do IBJ em seus cruzeiros de pesquisa ao longo dos anos.

A população investigada em sua estação de reprodução se distribui ao longo da plataforma continental sul prioritariamente em uma grande projeção da mesma, denomina de plataforma dos Abrolhos (MARTINS et al., 2013). Isso foi evidenciado também neste trabalho.

Este padrão se repete ano após ano como característica da espécie (GUZMAN; CAPELLA, 2017), com o comportamento reprodutivo costeiro no período de inverno polar austral sendo também documentado nas costas do Equador para a população do estoque G (FÉLIX; BOTERO-ACOSTA, 2011; FÉLIX; NOVILLO, 2015).

As distâncias dos avistamentos em relação ao arquipélago de abrolhos também são ditadas pelo comportamento característico das jubartes no período de reprodução, variando para fêmea protetora do seu filhote, o macho em busca de fêmeas receptivas, e a conseqüente competição que se estabelece (CRAIG; HERMAN, 2000; FINDLAY et al., 2011; PRETTO et al., 2009).

Em uma vista temporal da estação de reprodução, estratificada quinzenalmente, e considerando uma sumarização dos dados de 1992 a 2015, encontramos maiores índices de sucesso nos avistamentos entre agosto e setembro, no meio da estação. O que também foi encontrado por Kobayashi et al. (2016). Isso tornaria estes meses preferíveis para estudos de tamanho populacional (BORTOLOTTI et al., 2016).

Esse aumento relativo do índice de sucesso no avistamento é respaldado por evidências que indicam que a chegada das baleias e também sua saída das áreas de reprodução e alimentação se dá de maneira escalonada (CRAIG et al.,

2003; DAWBIN, 1997). E que, portanto seu número absoluto tende ao crescimento durante a estação até um momento em que saídas precoces ocorrem, fazendo este número adquirir certa estabilidade e posteriormente decrescer com o decorrer da estação. Os resultados mostrados são similares aqueles encontrados por Martins et al. (2001).

O aumento nos valores do índice de sucesso médio anual parece representar um quadro de crescimento da população de baleias jubarte, o que já havia sido encontrado por Ward et al. (2011). Este achado também está em consonância com resultados de estudos que levaram à mudança do status de ameaça da espécie no mundo (IUCN RED LIST, 2008), e também com o mais recente censo realizado (IBJ, 2015).

Ao avaliarmos os registros de profundidade dos avistamentos em geral evidencia-se a preferência pelas águas costeiras de baixa profundidade relativa. Isso está de acordo com a necessidade dos animais nesta fase de reprodução, pois as fêmeas prenhas buscam proteção tanto contra intempéries quanto predadores e machos agressivos entre si, que vêm em busca das fêmeas (CLAPHAM, 2008; DARLING, 2001).

### *Dos resultados de grupos*

Do número médio de grupos encontrados já no início da temporada de pesquisas, depreende-se que a chegada das baleias se dá em momento anterior, pois encontramos números significativos no início do período. Para os grupos de duplas e solitários isso fica bastante evidente, seguindo-se dos grupos competitivos - GCs (GUIDINO et al., 2014).

Os solitários e pares são mais avistados no começo da estação declinando no decorrer da estação, assim como o GC. O contrário ocorre quando existem grupos com composições com mãe e filhote – MF. Kobayashi et al. (2016) também evidencia isto, e ainda sugere que a composição de MFGC tem crescimento por toda a estação devido ao comportamento ligado ao acasalamento.

Em um estudo sobre o comportamento e distribuição de MF realizado no Equador (FÉLIX; BOTERO-ACOSTA, 2011), evidenciou-se que o número de grupos com essa composição tem crescimento lento, mas progressivo durante o período. O que pode ser traduzido também para nosso estudo.

Também é corroborada a baixa existência de mãe e filhote em GCs (MFGC), e a crescente associação de mãe e filhote com Escort no decorrer da estação (MFEsc3), com conseqüente mudança de distância e profundidade para faixas maiores. Estas estratégias de comportamento social visam minimizar os riscos para os filhotes (GUIDINO et al., 2014).

Os grupos compostos por mãe e filhote perfazem 50,03% de todos os grupos avistados, de forma semelhante ao encontrado por Rasmussen; Calambokidis; Steiger (2012) com 54%, e com semelhanças também para os grupos pares e solteiros 26% e 23% respectivamente.

Grupos com a presença de mãe e filhote foram sistematicamente mais encontrados em águas menos profundas, como registrado também por Bruce et al. 2014. No entanto, esse padrão se altera quando outra composição se forma, MFGC, mas com índices de avistamentos ainda bem mais baixos, isso foi descrito também por Félix; Botero-Acosta (2011). Já as outras composições de grupos têm uma descrição de profundidade sistematicamente maior.

De forma particular, o grupo MFEsc3 tende a maiores distâncias, parecendo destoar do quadro geral, contudo devemos perceber que este fenômeno é preponderante do meio para o final da estação de reprodução (CRAIG; HERMAN; PACK, 2002).

Para grupos de mãe e filhote e suas composições temos a distâncias próximas ao arquipélago e com baixa variabilidade relativamente aos outros grupos. Essa busca de proximidade pode ser explicada pela busca de ao menor gasto de energia pelo filhote, já que o mesmo necessita “aprender” a nadar para buscar ar na superfície e se alimentar. Essa distância tende a aumentar com o passar da estação e cresce o número de avistamentos das composições com mãe e filhote (FÉLIX; BOTERO-ACOSTA, 2011; FERREIRA; MAIA-NOGUEIRA; JESUS, 2011).

### *Dos resultados de cantores*

Os registros de cantores se concentraram a pequenas distâncias médias entre si e com baixa variabilidade nos dados. À medida que as distâncias cresciam a variabilidade dos dados também aumentou. Isso é um indício de agregação espacial dos do fenômeno analisado (CÂMARA; MONTEIRO, 1999).

Ainda considerando os dados de distâncias, mas agora em relação ao arquipélago, encontramos uma distribuição com baixa variabilidade concentrada em torno dos 25 km com tendência à dispersão crescente quanto maior seja a distância ao arquipélago. Os grupos GC, MFEsc3 e MF tiveram valores médios de distância até o arquipélago equivalentes entre si.

As profundidades registradas pelo grupo de cantores em geral se encontraram em torno de 25 m. Estas profundidades são relativamente pequenas em comparação a faixa de profundidades entre 20 e 70 m encontrada na projeção da plataforma costeira do arquipélago dos abrolhos (LEÃO, 2002). Esse achado corresponde à tendência encontrada por Oña; Garland; Denkinger (2017).

A dependência espacial encontrada para o conjunto de registros de cantores demonstra que cada uma das localizações não pode ser explicada “*per se*”, mas é necessário avaliar de forma conjunta todos os dados (CÂMARA et al., 2004b).

Os resultados também mostram que há uma aglomeração das localizações de cantores na área em estudo, que pode ser decorrente de características tanto do habitat: declividade e rugosidade do solo marinho (LINDSAY et al., 2016), e as profundidades abaixo de 20 m e o substrato de fundo do tipo misto. (OÑA; GARLAND; DENKINGER, 2017), quanto de um fator social como o ordenamento social para o acasalamento ao atrair a fêmea (DARLING; BÉRUBÉ, 2001).

Foram encontradas quatro possíveis áreas circulares de aglomeração, contudo apenas uma se revelou estatisticamente significativa, a de maior raio, que compreendeu uma área de aproximadamente 1 800 km<sup>2</sup>, nas proximidades da costa, em uma faixa de menor profundidade da plataforma dos abrolhos. Esse comportamento de proximidade, de acordo com Kavanagh et al. (2016) deve ser mais estudado, pois é preciso saber se distúrbios antropogênicos no contexto ambiental da região podem afetar em algum grau a capacidade de comunicação dos indivíduos.

### 3 CONCLUSÃO

Ao retomarmos aos objetivos ao começarmos este trabalho observa-se uma estratificação espacial dos grupos de baleias jubarte, com a discriminação de uma área de maior probabilidade de encontrarem-se machos cantores dentro da área de reprodução do stock A no atlântico sul. Esta estratificação pode estar baseada nos padrões sociais da espécie para deslocamento dentro da área de reprodução (KOBAYASHI et al., 2017), e preferência por diferentes profundidades para desempenhar suas atividades (RASMUSSEN; CALAMBOKIDIS; STEIGER, 2012).

O crescimento populacional indicado pelo índice de avistamento e verificado pelo último censo realizado conduz a expansão da área utilizada no período de reprodução. Desta forma existe maior probabilidade de sobreposição com atividades humanas sempre crescentes (MARTINS et al., 2013), sendo que a ameaças mais presente e progressiva é a de colisão (BEZAMAT; WEDEKIN; SIMÕES-LOPES, 2015).

A proximidade da costa e a baixa profundidade registrada expõem os animais a ameaças físicas diretas, mas também a estressores como a poluição proveniente da produção de petróleo e gás, bioacumulação de elementos nocivos e barulhos de baixa frequência (DE VOS et al., 2016), que se traduziriam em distúrbios de comportamento (HERRA-MIRANDA et al., 2016). Isto terá seu peso no sucesso ou fracasso reprodutivo de indivíduos (ROLLAND et al., 2012), portanto devem ter suas dimensões mais estudas para a área em questão.

Grupos compostos com mãe e filhote foram percebidos como mais vulneráveis a interação humana devido à preferência a baixas profundidades e conseqüentes menores distâncias da costa. Tal exposição a atividades humanas pode afetar o balanço energético dos animais (BRAITHWAITE; MEEUWIG; HIPSEY, 2015; CRAIG et al., 2014), afetando suas reservas de energia para um retorno seguro aos seus locais de alimentação.

A elaboração instrumentos de avaliação rápida para os riscos a que estejam expostas as baleias jubarte em determinada área permite a tomada de decisão por parte das instancias governamentais e instituições de conservação. Os mapas de risco se prestam a este fim, e vêm se desenvolvendo com o uso de geotecnologias, análises espaciais e estatística espacial (ANDRIOLO et al., 2010; BRUCE et al.,

2014; MARTINS et al., 2013). Estes mapas ainda permitem a facial sobreposição de zonas de diferentes riscos, e assim compreender suas possíveis sinergias e impacto resultante para a vida marinha em geral, e mais especificamente para a baleia jubarte (FÉLIX; BOTERO-ACOSTA, 2011; GUZMAN et al., 2015; NORMAN et al., 2012).

Ruídos de origem antropogênica são novos estímulos acústicos que alteram o ambiente acústico de um habitat por se alterarem ou sobreporem aos estímulos naturais, influenciando a resposta biológica animal (MCKENNA; SHANNON; FRISTRUP, 2016). Nosso estudo identificou uma área de aglomeração significativa de baleias jubarte cantoras. Esta área parece se sobrepor àquelas de atividades antropogênicas evidenciadas por Martins et al. (2013), Isto resultaria em elevado risco à necessária comunicação destes animais (HERMAN, 2016), por degradar seu ambiente acústico (REDFERN et al., 2017). Portanto, nossos resultados mostram uma subárea da área de estudos original onde seria necessário serem desenvolvidos estudos em ecologia acústica.

Também estudos inferenciais para avaliação de hipóteses para a origem do aglomerado encontrado se mostrariam promissores. Lindsay et al. (2016) já propõem como resultado de um estudo de modelagem de características essenciais para o habitat da jubarte, que a declividade e rugosidade do leito marinho possa influenciar a presença de cantores e sua atuação. Assim como, Oña; Garland; Denkinger (2017) quando avaliam o substrato do leito marinho no estudo de preferência de habitat para o grupo populacional G da baleia jubarte na costa do Equador.

A área evidenciada neste estudo não correspondeu, nem parcialmente, ao espaço geográfico delimitado pelas poligonais do parque marinho dos Abrolhos. Em recente estudo de De Castro et al. (2014) evidenciou-se essa não correspondência ao ser avaliada a efetiva proteção do habitat da baleia jubarte pelas áreas de proteção existentes nos Abrolhos. Nosso resultado mostra o aglomerado de cantores fora do parque de Abrolhos. Desta forma, novas pesquisas neste campo, o que poderiam resultar em propostas de rearranjo das áreas de proteção.

À vista dos resultados, consideramos que este estudo cumpriu o propósito inicial de descrever no espaço e tempo os dados históricos sobre a baleia jubarte nos Abrolhos. Provendo a gestores e conservacionistas material para pensarem em possíveis adequações nas ações de manejo das áreas de conservação.

## REFERÊNCIAS

- ACTMAN, J. **Exxon Valdez Oil Spill Devastated Killer Whales**. Disponível em: <<http://news.nationalgeographic.com/2016/01/160126-Exxon-Valdez-oil-spill-killer-whales-Chugach-transients/>>. Acesso em: 1 mar. 2016.
- ANDRADE, A. C. DA S.; DOMINGUEZ, J. M. L. Informações Geológico-Geomorfológicas Como Subsídios À Análise Ambiental : O Exemplo Da Planície Costeira De Caravelas – Bahia Geologic-Geomorphological Informations As Subsides for Environmental Analysis : the Example of Caravelas Coastal Plain – Bahia. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 51, n. 10, p. 9–17, 2002.
- ANDRIOLO, A. et al. Humpback whales within the Brazilian breeding ground: Distribution and population size estimate. **Endangered Species Research**, v. 11, n. 3, p. 233–243, 2010.
- ANDRIOLO, A. et al. What do humpback whales *Megaptera novaeangliae* (Cetartiodactyla: Balaenopteridae) pairs do after tagging? **Zoologia**, v. 31, n. 2, p. 105–113, 2014.
- ARRAUT, E. M. **Estrutura e contexto eto-ecológico do canto da população brasileira de Baleia-jubarte *Megaptera noaeangliae*, no ano 2000**. [s.l.] Universidade Estadual de Campinas, 2002.
- ARRAUT, E. M.; VIELLIARD, J. M. E. The song of the Brazilian population of Humpback Whale *Megaptera novaeangliae*, in the year 2000 : individual song. **An Acad Bras Cienc**, v. 76, n. 2, p. 373–380, 2004.
- BAILEY, T. C. Spatial statistical methods in health. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 5, p. 1083–1098, 2001.
- BARTHOLOMEW, K.; BLACKMORE, R. **Humpback whale population increasing “like crazy”**. Disponível em: <<http://www.abc.net.au/news/2016-09-23/humpback-whale-population-increasing-like-crazy-say-scientists/7872122>>. Acesso em: 15 mar. 2017.
- BEJDER, M. et al. Embracing conservation success of recovering humpback whale populations: Evaluating the case for downlisting their conservation status in Australia. **Marine Policy**, v. 66, p. 137–141, 2016.
- BETTRIDGE, S. et al. Status Review of the Humpback Whale (*Megaptera Novaeangliae*) Under the Endangered Species Act. **NOAA Technical Memorandum NMFS**, n. March, p. 240, 2015.
- BEZAMAT, C.; WEDEKIN, L. L.; SIMÕES-LOPES, P. C. Potential ship strikes and density of humpback whales in the Abrolhos Bank breeding ground, Brazil. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 25, n. 5, p. 573–586, 2015.

BOMBOSCH, A. et al. Predictive habitat modelling of humpback (*Megaptera novaeangliae*) and Antarctic minke (*Balaenoptera bonaerensis*) whales in the Southern Ocean as a planning tool for seismic surveys. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 91, p. 101–114, set. 2014.

BORTOLOTTI, G. A. et al. Whale, Whale, Everywhere: Increasing Abundance of Western South Atlantic Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) in Their Wintering Grounds. **PLOS ONE**, v. 11, n. 10, p. e0164596, 13 out. 2016.

BOS, C. **George Pollard - Captain of the Essex**. Disponível em: <<https://www.awesomestories.com/asset/view/George-Pollard-Captain-of-the-Essex>>. Acesso em: 1 maio. 2016.

BOYD, I. L. Arctic Marine Mammals. In: PERRIN, W.; WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. (Eds.). . **Encyclopedia of MARINE MAMMALS**. 2. ed. London, UK: Elsevier Ltd, 2008. p. 42–46.

BRAITHWAITE, J. E.; MEEUWIG, J. J.; HIPSEY, M. R. Optimal migration energetics of humpback whales and the implications of disturbance. **Conservation Physiology**, v. 3, p. 1–15, 2015.

BRUCE, E. et al. Distribution patterns of migrating humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Jervis Bay, Australia: A spatial analysis using geographical citizen science data. **Applied Geography**, v. 54, p. 83–95, out. 2014.

CÂMARA, G. et al. Análise Espacial de Áreas. In: DRUCK, S. et al. (Eds.). . **Análise Espacial de Dados Geográficos**. 1ª ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004a. p. 209.

CÂMARA, G. et al. Análise Espacial e Geoprocessamento. In: CÂMARA, G. et al. (Eds.). . **Análise Espacial de Dados Geográficos**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2004b. p. 209.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Eds.). . **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São Jose dos Campos: INPE, 1999.

CARVALHO, I. et al. Does temporal and spatial segregation explain the complex population structure of humpback whales on the coast of West Africa? **Marine Biology**, v. 161, n. 4, p. 805–819, 2014.

CERCHIO, S. et al. Paternity in humpback whales, *Megaptera novaeangliae*: Assessing polygyny and skew in male reproductive success. **Animal Behaviour**, v. 70, n. 2, p. 267–277, 2005.

CLAPHAM, P. J. The social and reproductive biology of humpback whales: an ecological perspective. **Mammal Review**, v. 26, n. 1, p. 27–49, 1996.

CLAPHAM, P. J. Humpback Whale *Megaptera novaeangliae*. In: PERRIN WILLIAM, WÜRSIG BERND, T. J. (Ed.). . **Encyclopedia of Marine Mammals**. 2. ed. London, UK: Elsevier Ltd, 2008. p. 582–584.

CLARK, C. W. et al. Acoustic masking in marine ecosystems: intuitions, analysis, and implication. **Marine Ecology Progress Series**, v. 395, p. 201–222, 3 dez. 2009.

COSTA, M. A.; KULLDORFF, M. Maximum linkage space-time permutation scan statistics for disease outbreak detection. **International Journal of Health Geographics**, v. 13, n. 1, p. 20, 2014.

CRAIG, A. S. et al. Migratory timing of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Central North Pacific varies with age, sex and reproductive status. **Behaviour**, v. 140, n. 8/9, p. 981–1001, 2003.

CRAIG, A. S. et al. Habitat segregation by female humpback whales in Hawaiian waters: Avoidance of males? **Behaviour**, v. 151, p. 613–631, 2014.

CRAIG, A. S.; HERMAN, L. M. Sex differences in site fidelity and migration of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to the Hawaiian Islands. **Canadian Journal of Zoology**, v. 75, n. 11, p. 1923–1933, 1997.

CRAIG, A. S.; HERMAN, L. M. Habitat preferences of female humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Hawaiian Islands are associated with reproductive status. **Marine Ecology Progress Series**, v. 193, n. February, p. 209–216, 2000.

CRESSIE, N. Statistics for spatial data. **Terra Nova**, v. 4, n. 5, p. 613–617, set. 1992.

DALLA ROSA, L. et al. Movements of satellite-monitored humpback whales on their feeding ground along the Antarctic Peninsula. **Polar Biology**, v. 31, n. 7, p. 771–781, 6 jun. 2008.

DARLING, J. D. **CHARACTERIZATION OF BEHAVIOR OF HUMPBACK WHALES IN HAWAIIAN WATERS**. Vancouver: [s.n.]. Disponível em: <[www.whaletrust.org](http://www.whaletrust.org)>.

DARLING, J. D. Low frequency, ca. 40 Hz, pulse trains recorded in the humpback whale assembly in Hawaii. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 138, n. 5, p. EL452-EL458, 2015.

DARLING, J. D.; ACEBES, J. M. V; YAMAGUCHI, M. Similarity yet a range of differences between humpback whale songs recorded in the Philippines, Japan and Hawaii in 2006. **Aquatic Biology**, v. 21, n. 2, p. 93–107, 2014.

DARLING, J. D.; BÉRUBÉ, M. Interactions of Singing Humpback Whales With Other Males. **Marine Mammal Science**, v. 17, n. 3, p. 570–584, 2001.

DARLING, J. D.; SOUSA-LIMA, R. S. Songs indicate interaction between humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) populations in the western and eastern South Atlantic Ocean. **Marine Mammal Science**, v. 21, n. July, p. 557–566, 2005.

DARLING, J.; NICKLIN, C.; JONES, M. Humpback whale songs: Do they organize males during the breeding season? **Behaviour**, v. 143, n. 9, p. 1051–1101, 2006.

DAWBIN, W. H. Temporal segregation of humpback whales during migration in southern hemisphere waters. **Memoirs of the Queensland Museum**, v. 42, n. 1, p. 105–138, 1997.

DE CASTRO, F. R. et al. Are marine protected areas and priority areas for conservation representative of humpback whale breeding habitats in the western South Atlantic? **Biological Conservation**, v. 179, n. October, p. 106–114, 2014.

DE VOS, A. et al. Anthropogenic Threats and Conservation Needs of Blue Whales, *Balaenoptera musculus indica*, around Sri Lanka. **Journal of Marine Biology**, v. 2016, 2016.

DOLMAN, B. S. et al. **Vessel collisions and cetaceans: What happens when they don't miss the boat** WDCS Science Report. [s.l.: s.n.].

DUNLOP, R. A. The effect of vessel noise on humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, communication behaviour. **Animal Behaviour**, v. 111, p. 13–21, 2016a.

DUNLOP, R. A. Changes in vocal parameters with social context in humpback whales: considering the effect of bystanders. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 70, n. 6, p. 857–870, 2 jun. 2016b.

EDDS-WALTON, P. L. Acoustic Communication Signals of Mysticete Whales. **Bioacoustics**, v. 8, p. 47–60, 1997.

ELITH, J.; LEATHWICK, J. R. Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, n. 1, p. 677–697, dez. 2009.

FÉLIX, F.; BOTERO-ACOSTA, N. Distribution and behaviour of humpback whale mother-calf pairs during the breeding season off Ecuador. **Marine Ecology Progress Series**, v. 426, p. 277–287, 2011.

FÉLIX, F.; NOVILLO, J. Structure and Dynamics of Humpback Whales Competitive Groups in Ecuador. **Animal Behavior and Cognition**, v. 2, n. 1, p. 56–70, 2015.

FERREIRA, M. E. C.; MAIA-NOGUEIRA, R.; JESUS, A. H. DE. Surface observation of a birth of a humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) on the northeast coast of Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 9, n. 2, p. 160–163, 2011.

FINDLAY, K. P. et al. Distribution and abundance of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, off the coast of Mozambique. **Cetacean Resource Manage**, n. 3, p. 163–174, 2011.

FOSSETTE, S. et al. Humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) post breeding dispersal and southward migration in the western Indian Ocean. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 450, p. 6–14, jan. 2014.

GARRIGUE, C. et al. Satellite tracking reveals novel migratory patterns and the importance of seamounts for endangered South Pacific humpback whales Subject Areas : **Royal Society open science**, v. 2, n. 11, p. 150489, 25 nov. 2015.

GATRELL, A. C. et al. Point Spatial application pattern analysis geographical epidemiology. **Transactions of the Institute of British Geographers**, v. 21, n. 1, p. 256–274, 1996.

GERVAISE, C. et al. Shipping noise in whale habitat: Characteristics, sources, budget, and impact on belugas in Saguenay-St. Lawrence Marine Park hub. **Journal of the Acoustical Society of America** <10, v. 132, n. 11, 2012.

GRIFFITH, D. A. **Spatial autocorrelation** Elsevier. Richardson, TX, USA: [s.n.].

GUIDINO, C. et al. Patterns of Spatial and Temporal Distribution of Humpback Whales at the Southern Limit of the Southeast Pacific Breeding Area. **PLoS ONE**, v. 9, n. 11, p. e112627, 12 nov. 2014.

GUZMAN, H. M. et al. Population size and migratory connectivity of humpback whales wintering in Las Perlas Archipelago, Panama. **Marine Mammal Science**, v. 31, n. 1, p. 90–105, 2015.

GUZMAN, H. M.; CAPELLA, J. J. Short-term recovery of humpback whales after percutaneous satellite tagging. **The Journal of Wildlife Management**, p. 1–6, fev. 2017.

HERMAN, E. Y. K. et al. When Whales Collide: Crittercam Offers Insight into the Competitive Behavior of Humpback Whales on Their Hawaiian Wintering Grounds. **Marine Technology Society Journal**, v. 41, n. 4, p. 35–43, 2007.

HERMAN, L. M. The multiple functions of male song within the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) mating system: Review, evaluation, and synthesis. **Biological Reviews**, 2016.

HERRA-MIRANDA, D. et al. Análisis espacial de los hábitats críticos del delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en el Golfo Dulce, Costa Rica: Consideraciones acerca de un proyecto de construcción de marina. **Rev. Mar. Cost**, v. 8, n. 1, p. 9–27, 2016.

HUDMAN, S.; GOTELLI, N. Intra- and intersexual selection on male body size are complimentary in the fathead minnow (*Pimephales promelas*). **Behaviour**, v. 144, n. 9, p. 1065–1086, 2007.

IBJ. **CENSO AÉREO REGISTRA AUMENTO NA POPULAÇÃO DE BALEIAS JUBARTE**. Disponível em: <<http://baleiajubarte.org.br/noticia.php?id=423>>. Acesso em: 5 fev. 2017.

IUCN RED LIST. **Megaptera novaeangliae (Bunch, Humpback Whale, Hump Whale, Hunchbacked Whale)**. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T13006A3405371.en>>. Acesso em: 5 fev. 2017.

IWC - INTERNATIONAL WHALE COMMITION. **Humpback Whales: Status in the Southern Hemisphere**. 3. ed. Cambridge: [s.n.].

JANIK, V. M. **Whale song** **Current Biology**, fev. 2009. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960982208015418>>. Acesso em: 11 maio. 2016

JUNG, I.; KULLDORFF, M.; RICHARD, O. J. A spatial scan statistic for multinomial

data. **Statistics in Medicine**, v. 29, n. 18, p. 1910–1918, 7 maio 2010.

KAVANAGH, A. S. et al. Factors driving the variability in diving and movement behavior of migrating humpback whales (*Megaptera novaeangliae*): Implications for anthropogenic disturbance studies. **Marine Mammal Science**, p. 1–27, 2016.

KENNEDY, A. S. et al. Local and migratory movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) satellite-tracked in the North Atlantic Ocean. **Canadian Journal of Zoology**, v. 92, n. 1, p. 9–18, jan. 2014.

KOBAYASHI, N. et al. Peak Mating and Breeding Period of the Humpback Whale — (*Megaptera novaeangliae*) in Okinawa Island, Japan. **Open Journal of Animal Sciences**, v. 6, n. 6, p. 169–179, 2016.

KOBAYASHI, N. et al. Distribution and Local Movement of Humpback Whales in Okinawan Waters Depend on Sex and Reproductive Status. **Zoological Science**, v. 34, n. 1, p. 58–63, 2017.

KOT, B. W.; BORDA, E. Rorqual whale (*Balaenopteridae*) surface lunge-feeding behaviors: Standardized classification, repertoire diversity, and evolutionary analyses. **MARINE MAMMAL SCIENCE**, v. 30, n. 4, p. 1335–1357, 2014.

KULLDORFF, M. A spatial scan statistic. **Communications in Statistics - Theory and Methods**, v. 26, n. 6, p. 1481–1496, 27 jan. 1997.

LEÃO, Z. M. A. N.; KIKUCHI, R. K. P. The Abrolhos Reefs of Brazil. In: SEELIGER, U.; KJERFVE, B. (Eds.). . **Coastal Marine Ecosystems of Latin America**. [s.l.] Springer Berlin Heidelberg, 2001. p. 83–96.

LEÃO, Z. M. DE A. N. Abrolhos, BA. In: SCHOBENHAUS, C. et al. (Eds.). . **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. [s.l.] Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. p. 345–359.

LEENEY, R. H. et al. Spatio-temporal analysis of cetacean strandings and bycatch in a UK fisheries hotspot. **Biodiversity and Conservation**, v. 17, n. 10, p. 2323–2338, 25 set. 2008.

LINDEN, R. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, v. 4, p. 18–36, 2009.

LINDSAY, R. E. et al. Characterising essential breeding habitat for whales informs the development of large-scale Marine Protected Areas in the South Pacific. **Marine Ecology Progress Series**, v. 548, p. 263–275, 2016.

MARTINS, C. C. A. et al. Aspects of habitat use patterns ou humpback whales in the abrolhos bank, Brazil, breeding ground. **Memoirs of the Queensland Museum**, v. 47, n. 2, p. 563–570, 2001.

MARTINS, C. C. A. et al. Identifying priority areas for humpback whale conservation at Eastern Brazilian Coast. **Ocean and Coastal Management**, v. 75, n. April, p. 63–71, 2013.

MCKENNA, M.; SHANNON, G.; FRISTRUP, K. Characterizing anthropogenic noise to improve understanding and management of impacts to wildlife. **Endangered Species Research**, v. 31, n. 28, p. 279–291, 28 nov. 2016.

MELVILLE, H. **Moby-Dick; or, The Whale**. Disponível em: <<http://americanliterature.com/author/herman-melville/book/moby-dick-or-the-whale/summary>>. Acesso em: 1 maio. 2016.

MITCHELL, A. **The ESRI Guide to GIS Analysis, volume 2**. [s.l.] ESRI, 2005.

NICOLAU, L. et al. Sea turtle strandings along the Portuguese mainland coast: spatio-temporal occurrence and main threats. **Marine Biology**, v. 163, n. 1, p. 21, 8 jan. 2016.

NORMAN, S. A. et al. The application of GIS and spatiotemporal analyses to investigations of unusual marine mammal strandings and mortality events. **Marine Mammal Science**, v. 28, n. 3, p. E251–E266, 2012.

OÑA, J.; GARLAND, E. C.; DENKINGER, J. Southeastern Pacific humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) and their breeding grounds: Distribution and habitat preference of singers and social groups off the coast of Ecuador. **Marine Mammal Science**, v. 33, n. 1, p. 219–235, 2017.

PACK, A. A. et al. Male humpback whales in the Hawaiian breeding grounds preferentially associate with larger females. **Animal Behaviour**, v. 77, n. 3, p. 653–662, 2009.

PAPADOPOULOS, J. K.; RUSCILLO, D. A Ketos in Early Athens : An Archaeology of Whales and Sea Monsters in the Greek. **American Journal of Archaeology**, v. 106, n. 2, p. 187–227, 2002.

PARKS, S. E. et al. Humans, Fish, and Whales: How Right Whales Modify Calling Behavior in Response to Shifting Background Noise Conditions. In: POPPER, A. N.; HAWKINS, A. (Eds.). **The effects of noise on aquatic life II**. Advances in Experimental Medicine and Biology. New York, NY: Springer New York, 2016. v. 730p. 809–813.

PARSONS, E. C. M.; WRIGHT, A. J.; GORE, M. A. The nature of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) song. **Environmental Research**, v. 1, n. 1, p. 22–31, 2008.

PAYNE, R. S.; MCVAY, S. Songs of humpback whales. **Science (New York, N.Y.)**, v. 173, n. 3997, p. 585–97, 13 ago. 1971.

PERRY, C. A review of the impact of anthropogenic noise on cetaceans. **Report for the environmental Investigation Agency, London, UK**, p. 1–27, 1998.

PRATES, M. O.; KULLDORFF, M.; ASSUNÇÃO, R. M. Relative risk estimates from spatial and space-time scan statistics: are they biased? **Statistics in Medicine**, v. 33, n. 15, p. 2634–2644, 10 jul. 2014.

PRETTO, D. J. et al. First record of a humpback whale, *Megaptera novaeangliae*

(Borowski, 1781), stranding in Pará State, Northern coast of Brazil. **Brazilian journal of biology = Revista brasileira de biologia**, v. 69, n. 4, p. 1207–1208, 2009.

RASMUSSEN, K.; CALAMBOKIDIS, J.; STEIGER, G. H. Distribution and migratory destinations of humpback whales off the Pacific coast of Central America during the boreal winters of 1996-2003. **Marine Mammal Science**, v. 28, n. 3, p. 267–279, 2012.

REDFERN, J. et al. Assessing the risk of chronic shipping noise to baleen whales off Southern California, USA. **Endangered Species Research**, v. 32, p. 153–167, 2017.

REILLY, S. B. et al. **Megaptera novaeangliae**. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/13006/0>>. Acesso em: 26 maio. 2016.

ROLLAND, R. M. et al. Evidence that ship noise increases stress in right whales. **Proceedings. Biological sciences / The Royal Society**, v. 279, n. 1737, p. 2363–8, 2012.

ROSENBAUM, H. C. et al. Population Structure of Humpback Whales from Their Breeding Grounds in the South Atlantic and Indian Oceans. **PLoS ONE**, v. 4, n. 10, p. 1–11, 2009.

ROSENBAUM, H. C. et al. Long-range movement of humpback whales and their overlap with anthropogenic activity in the South Atlantic Ocean. **Conservation Biology**, v. 28, n. 2, p. 604–615, abr. 2014.

ROSSI-SANTOS, M. R. **Comportamento e ecologia acústica da baleia jubarte (Megaptera novaeangliae) na região Nordeste do Brasil**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012.

ROSSI-SANTOS, M. R. Oil Industry and Noise Pollution in the Humpback Whale ( *Megaptera novaeangliae* ) Soundscape Ecology of the Southwestern Atlantic Breeding Ground. **Journal of Coastal Research**, v. 299, n. 1, p. 184–195, 4 jan. 2015.

ROTHENBERG, D. Whale Music: Anatomy of an Interspecies Duet. **Leonardo Music Journal**, v. 11, p. 47–53, 2008.

SKIDMORE, A. K. et al. Geospatial tools address emerging issues in spatial ecology: a review and commentary on the Special Issue. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 25, n. 3, p. 337–365, 2011.

SMITH, J. N. et al. Songs of male humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, are involved in intersexual interactions. **Animal Behaviour**, v. 76, n. 2, p. 467–477, 2008.

SOUSA-LIMA, R. S.; CLARK, C. W. Modeling the Effect of Boat Traffic on the Fluctuation of Humpback Whale Singing Activity in The Abrolhos National Marine Park, Brazil. **Canadian Acoustics**, v. 36, n. 1, p. 174–181, 2008.

SPYRAKOS, E. et al. Spatiotemporal patterns of marine mammal distribution in coastal waters of Galicia, NW Spain. **Hydrobiologia**, v. 670, n. 1, p. 87–109, 6 jul.

2011.

STEVICK, P. T. et al. A quarter of a world away: female humpback whale moves 10,000 km between breeding areas. **Biology letters**, v. 7, n. 2, p. 299–302, 2011.

STRINDBERG, S. et al. Line transect estimates of humpback whale abundance and distribution on their wintering grounds in the coastal waters of Gabon. **Journal of Cetacean Research and Management**, n. SPEC. ISS. 3, p. 153–160, 2011.

TEIXEIRA, C. E. P. et al. The inner shelf circulation on the Abrolhos Bank, 18°S, Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 70, p. 13–26, 2013.

THOMPSON, P. O.; CUMMINGS, W. C.; HA, S. J. Sounds, source levels, and associated behavior of humpback whales, Southeast Alaska,. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 80, n. 3, p. 735–740, 1986.

TYNAN, C. T. Ecological importance of the Southern Boundary of the Antarctic Circumpolar Current. **Nature**, v. 392, n. 6677, p. 708–710, 1998.

VERISSIMO, D.; MACMILLAN, D. C.; SMITH, R. J. Toward a systematic approach for identifying conservation flagships. **Conservation Letters**, v. 4, n. 1, p. 1–8, fev. 2011.

VIELLIARD, J. M. E. a Diversidade De Sinais E Sistemas De Comunicação Sonora Na Fauna Brasileira. I **Seminário Música, Ciência e Tecnologia**, p. 145–152, 2004.

VILAS-BOAS, M.; DIAS, R. Biodiversidade e turismo: o significado e importancia das espécies-bandeira. **Turismo & Sociedade**, v. 3, n. 1, p. 91–114, 2010.

WARD, E. J. et al. 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 Special**, v. December, n. 3, p. 145–149, 2011.

WEDEKIN, L. L. et al. Site fidelity and movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the Brazilian breeding ground, southwestern Atlantic. **Marine Mammal Science**, v. 26, n. 4, p. 787–802, 2010.

WEDEKIN, L. L. **Ecologia populacional da baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae* Borowski, 1871) em sua área reprodutiva na costa do Brasil, Oceano Atlântico Sul CURITIBA 2011**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2011.

WOODWARD, B. L.; WINN, J. P.; FISH, F. E. Morphological Specializations of Baleen Whales Associated With Hydrodynamic Performance and Ecological Niche. **Journal of Morphology**, v. 267, p. 1284–1294, 2006.

ZERBINI, A. N. et al. Winter distribution and abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off Northeastern Brazil. **Journal of Cetacean Research and Management**, v. 6, n. 1, p. 101–107, 2004.

ZERBINI, A. N. et al. Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera*

novaeangliae in the Southwest Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, v. 313, p. 295–304, 11 maio 2006.

ZERBINI, A. N. et al. A Bayesian assessment of the conservation status of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the western South Atlantic Ocean. **Journal of Cetacean Research and Management**, v. special is, n. 3, p. 131–144, 2011a.

ZERBINI, A. N. et al. Migration and summer destinations of humpback whales ( *Megaptera novaeangliae* ) in the western South Atlantic Ocean. **Journal of Cetacean Research and Management (Special Issue)**, v. 3, p. 113–118, 2011b.