

---

ECOLOGIA

---

**RAYANE GONÇALVES TOMASELLI**

**O USO DE ANÁLISES ESPACIAIS PARA O  
ESTUDO DE SISTEMAS DE  
ACASALAMENTO DE BALEIAS-JUBARTE  
(*Megaptera novaengliae*): TESTANDO A  
TEORIA DE *HOTSPOT***

RAYANE GONÇALVES TOMASELLI

O USO DE ANÁLISES ESPACIAIS PARA O ESTUDO DE SISTEMAS  
DE ACASALAMENTO DE BALEIAS-JUBARTE (*Megaptera  
novaeangliae*): TESTANDO A TEORIA DE *HOTSPOT*

Orientadora: Renata Santoro de Sousa Lima

Co-orientadora: Laura Kyoko Honda

Supervisor: Milton Cezar Ribeiro

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Instituto de Biociências da Universidade Estadual  
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de  
Rio Claro, para obtenção do grau de Ecóloga.

Rio Claro  
2019

T655u Tomaselli, Rayane Gonçalves  
O uso de análises espaciais para o estudo de sistemas de  
acasalamento de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*):  
testando a teoria de hotspot / Rayane Gonçalves Tomaselli. -  
Rio Claro, 2019  
26 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ecologia) -  
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de  
Biotecnologia, Rio Claro

Orientadora: Renata Santoro de Sousa Lima

Coorientadora: Laura Kyoko Honda

1. baleia-jubarte. 2. sistema de acasalamento. 3. Lek flutuante

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do  
Instituto de Biotecnologia, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Dedico este trabalho à minha família:  
Principalmente aos meus maiores exemplos de vida:  
pais e avós.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a Renata pela confiança e por aceitar a me orientar mesmo sabendo da distância, por ter cedido gentilmente os dados e dizer que sem você esse sonho não teria se realizado. Aos colaboradores Chris Clarck e a Katherine Cortopassi, a minha co-orientadora Laura, que foi a ponte essencial em todas as etapas - acreditando em mim mesmo quando eu não conseguia - e ao meu supervisor Miltinho por sempre estar de portas abertas.

Um agradecimento em especial aqueles que conseguiram um tempo para me ajudar nas dificuldades encontradas: Mustache e Camilinha que foram essenciais no desenvolvimento dos mapas; ao pessoal do LEEC, em especial a Natalia e ao Karl com as análises no R e ao Bernardo Niehbur pela ajuda com os dados de movimento.

Não posso deixar de sentir uma gratidão enorme pelas pessoas responsáveis por eu ter vindo ao mundo: pai e mãe. Os melhores que alguém poderia sonhar em ter, os meus pilares de sustentação, sinônimo de perseverança, trabalho, amor e carinho. Aos progenitores da família, meus avós, meus melhores exemplos de pessoas e inspiração, meu muito obrigada: Yoriko (em memória), Jacinto, Therezinha e Rubens. E aos amigos que me acompanham há mais de uma década: Bih (irmã de coração), Má, Dani, Teddy, Bundinha e Erick. E aos que fiz na graduação, mas que levarei para a vida: Cami, Ka, Ju e Daqui.

Ao Lu, companheiro e amigo, a pessoa que mais ouviu minhas lamúrias, choros, risos e o que mais dividiu momentos comigo. Obrigada pelos abraços confortantes, pela paciência, por me apoiar em todas as decisões e sempre acreditar no meu potencial.

Não poderia deixar de citar aquelas pessoas presentes no meu dia-a-dia em Piracicaba e que dividiram a casa, as histórias e as comidinhas: República Velha Guarda, a morada dos meus sonhos e meu cantinho de alegria. Em especial a Na e a Ma por dividir o teto, as angústias, alegrias e pelo companheirismo.

"Olhe no fundo dos olhos de um animal e, por um momento, troque de lugar com ele.  
A vida dele se tornará tão preciosa quanto a sua e você se tornará tão vulnerável quanto ele.  
Agora sorria, se você acredita que todos os animais merecem nosso respeito e nossa proteção,  
pois em determinado ponto eles são nós e nós somos eles."

**OCHOA, Philip.**

## RESUMO

As baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) pertencem à família Balaenopteridae e realizam migrações sazonais. Uma das rotas de migrações é para Abrolhos (BA), conhecida como a principal área reprodutiva da espécie no Brasil. Sobre o comportamento reprodutivo vale destacar que o sistema de acasalamento é conhecido como *lek* flutuante, onde não há a centralidade dos indivíduos dentro da arena, pode haver competição pelo acesso a fêmea e os machos não oferecem cuidado parental. A comunicação das baleias-jubartes ocorre principalmente através dos sinais acústicos, tendo como principal característica as vocalizações dos machos que formam as canções e estas são mais complexas do que as das fêmeas. A canção possivelmente é utilizada para a atração de parceira, assim como para defesa e manutenção do território, também são muito comuns nas áreas de reprodução e pouco utilizadas nas áreas de alimentação, fortalecendo a hipótese de que a canção beneficia o sucesso do acasalamento. Desta forma, este trabalho teve por objetivo geral compreender os aspectos do comportamento reprodutivo dos machos cantores de baleia-jubarte através da utilização de sua localização espacial. Os dados acústicos e batimétricos foram coletados em trabalhos anteriores, assim como os pontos de localização e acompanhamento dos trajetos de alguns cantores. Para as análises deste trabalho utilizamos o software ArcGis com o método de Krigagem para realizar a interpolação da superfície batimétrica e em seguida classificamos e fizemos polígonos. A imagem foi exportada em formato raster e utilizada em ambiente R para auxiliar nas análises com o modelo *Resource selection* (RSF), através do estimador não paramétrico *Kernel 95%*. Os resultados encontrados reforçam a ideia de um *lek* flutuante, onde não há uma arena restrita e demarcada, pois 51% da área deste estudo foi ocupada por machos cantores, além de não haver forte seleção para a variável ambiental (batimetria), o que significa que a interação social da espécie parece se sobrepôr a outros fatores, como fica mais explícito ao se olhar para os *Kernels* simultâneos, os quais também mostraram a pouca sobreposição das trajetórias, salientando que estão em áreas distintas e portanto devem apresentar mecanismos de espaçamento entre machos cantores.

**Palavras-chave:** baleias-jubarte; canção; sistema de acasalamento; *lek* flutuante; batimetria, *Resource selection*; *Kernel 95%*.

## **ABSTRACT**

Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) belong to the Balaenopteridae family and perform seasonal migrations. One of the migration routes is to Abrolhos (BA), known as the main reproductive area of the species in Brazil. The mating system is believed to be a floating *lek*, because there is no centrality of individuals inside the arena, where there can be competition for access to the female and the male do not present parental care. The communication of Humpback Whales occurs mainly through acoustic signals, and male vocalizations are more complex than that of the female whales, forming songs. The song is possibly used for attraction of the partner, as for defense and maintenance of territory, they are also common in reproduction areas and little used in feeding areas, reinforcing the hypothesis that the song benefits mating success. Thus, this work aimed at comprehending the aspects of reproductive behavior of male singers through the use of their spatial location. The acoustic and bathymetry were collected in previous works as the location points and routes. For the analysis this work, we used the ArcGis software with the Krigagem method to achieve the interpolation of the bathymetric surface, it was then classified and made polygons. The image was exported in raster format and used in the R software to assist in the analysis with the Resource selection (RSF) model, using non-parametric Kernel 95% estimator. The results found reinforce the idea of a floating *lek*, where there is no restricted and demarcated arena, because 51% of the study area was occupied by male Humpback singers, in addition to not having strong selection for the environmental variable (bathymetry), which means that the behavioral ecology of the species seems to overlap with other factors, as it is more explicit when looking at the simultaneous Kernels, which also showed little overlap of the singers' trajectories, emphasizing that they are in different areas and may have a spacing mechanism.

**Keywords:** Humpback Whales; song; mating system; floating *lek*; bathymetry, *Resource selection*; *Kernel 95%*.



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	OBJETIVOS.....	10
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	11
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
5	CONCLUSÃO .....	20
	REFERÊNCIAS .....	21
	APÊNDICE A – ANÁLISE ESTATÍSTICA INDIVIDUAL.....	25
	APÊNDICE B – KERNEL COM BUFFER INDIVIDUAL .....	26

# 1 INTRODUÇÃO

A ordem Cetacea era composta somente por organismos aquáticos, sendo dividida em três subordens: Odontoceti (exemplos: *Sotalia guianensis*, *Tursiops truncatus*, *Delphinus delphis*, *Orcinus orca* e *Physeter macrocephalus*); os Mysticeti (exemplos: *Balaenoptera musculus*, *Eubalaena* sp, *Megaptera novaeangliae*) e os Archaeoceti, que pode ser entendido como um grupo de cetáceos primitivos (NICOLSI, 2011). Atualmente a divisão mudou e se encontra em uma superordem: Cetartiodactyla, uma das mais diversificadas de mamíferos, contendo 332 espécies existentes e agrupadas em 132 gêneros (IUCN, 2016). Os membros desse grupo taxonômico foram divididos em duas ordens diferentes: Artiodactyla e Cetacea (PERRIN, 2013).

A ordem cetacea contém 14 espécies de baleias com cerdas, da subordem Mysticeti englobando 4 famílias (Balaenidae, Balaenopteridae, Eschrichtiidae e Neobalaenidae) e a sub-ordem Odontoceti inclui 71 espécies de baleias que possuem dentes, sendo pertencentes a 8 famílias (Delphinidae, Lipotidae, Monodontidae, Phocoenidae, Physeteridae, Platanistidae, Iniidae e Ziphiidae) (IUCN, 2016). A maioria são animais marinhos, mas há também espécies de golfinhos de água doce, como o *Inia geoffrensis*, *Lipotes vexillifer*, *Platanista gangetica*, *Sotalia fluviatilis* e *Orcaella brevirostris* (RUIZ-GARCI *apud* ROPIQUET *et al.*, 2012).

Dentro dos cetáceos de água salgada existe a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) que é uma espécie de misticeto muito estudada e apreciada. Embora seja a única do seu gênero é pertencente à família Balaenopteridae (CLAPHAM, 2018) e conhecida por ser uma espécie cosmopolita (CLAPHAM; MEAD, 1999). São animais que realizam grandes migrações sazonais, desempenhando aspectos marcantes na biologia desta espécie. No verão, as baleias-jubarte permanecem em locais de altas e médias latitudes e se alimentam de pequenos crustáceos e peixes, ao final do outono realizam uma longa migração até as áreas tropicais e subtropicais para realizar a reprodução e criar seus filhotes (CLAPHAM, 2002). Porém estudos indicam que há uma única população que não realiza migração, sendo esta residente no Mar da Arábia, no norte do Oceano Índico (MIKHALEV, 1997).

As baleias-jubarte formam pequenos grupos instáveis, com grande variação quando estão na área de forrageio, podendo ser encontradas desde apenas um

indivíduo até mais de 10 nestas áreas. Enquanto não se alimentam são frequentemente avistadas em pares com grupos localizando-se de 1 a 30m de distância (WHITEHEAD, 1983).

A seleção sexual foi descrita por Edward Selous que utilizou o termo *lek* para definir o sistema de acasalamento poligínico do tipo arena. Os machos promíscuos se agrupam em um local e as fêmeas o visitam para que ocorra a cópula. Já segundo o modelo de evolução do *lek*, o agrupamento é formado pela preferência das fêmeas de acordo com BRADBURY, 1981 (*apud* BEEHLER; FOSTER, 1988). Em seguida foi proposto o modelo *hotspot*, onde a aglomeração dos machos é resultado dos locais ou caminhos que são preferencialmente utilizados pelas fêmeas (GIBSON; BRADBURY, 1985). Há também o modelo *hotshot* onde os machos menos bem-sucedido se aglomeram em torno do macho mais atraente e podem obter como resultado mais acasalamentos do que se estivessem sozinhos sugerindo que o sistema de acasalamento não é baseado em recursos, mas sim dos atributos comportamentais ou morfológicos (BEEHLER; FOSTER, 1988).

O modelo do macho mais atraente (ou *hotshot*) é caracterizado pela combinação de quatro fatores: o primeiro é o da competição de dominância masculina; o segundo é o princípio da desigualdade do sucesso de acasalamento dos machos; o terceiro são os padrões simples e conservadores de acasalamento das fêmeas; o quarto e último são as estratégias secundárias reprodutivas dos machos podendo produzir deslocamentos espaciais, demográficos e comportamentais para o desenvolvimento do sistema *lek*, onde o macho mais atraente possui comportamento dominante e copula mais vezes se comparados aos não dominantes (BEEHLER; FOSTER, 1988).

O sistema de acasalamento específico das baleias-jubarte pode ser definido como poligínico com formação de *lek* flutuante, pois há a maioria das características do *lek* clássico (citados acima), porém sem a rígida distribuição espacial dos machos geralmente encontrada nos demais sistemas de *lek*, possuindo como principal característica a não centralidade dos indivíduos na arena. O sistema reprodutivo das baleias-jubarte também é caracterizado pela ausência de cuidado parental por parte dos machos, os displays característicos realizados pelos machos e o envolvimento na competição direta pelo acesso às fêmeas (CLAPHAM, 1996).

A produção de som é utilizada para a comunicação de muitos animais, sendo similar entre os cetáceos e os mamíferos terrestres, pois ambos produzem som

quando o ar passa sob pressão nas membranas responsáveis pela produção de som, causando sua vibração. Os animais terrestres quando vocalizam, normalmente abrem a cavidade bucal para melhor propagação do som no ar e durante a expiração esvaziam seus pulmões para a próxima inalação. Porém, os cetáceos não abrem sua cavidade bucal e sua vocalização depende das vibrações do som em seus tecidos, fenômeno que ocorre embaixo da água, o que significa que muitos cetáceos não respiram enquanto vocalizam, como as baleias-jubarte, que ficam aproximadamente de 10 a 20 minutos sem respirar (TYACK *et al.*, 2000).

As baleias-jubarte também se comunicam principalmente através dos sinais acústicos, os quais são bem mais marcantes nos indivíduos do sexo masculino, tornando possível ressaltar as diferenças intraespecíficas (TEN CATE, 2004). Esses sinais envolvem várias técnicas comportamentais, como atração e seleção de parceiros, manutenção e defesa de território, além de apresentar aspectos diferentes de acordo com o grupo observado (CHU; BLUMSTEIN, 2011).

Os machos de baleias-jubarte possuem um repertório vocal complexo, conhecido como canção. O cantar nesta espécie é raro nas áreas de alimentação e muito comum durante a área de reprodução. As canções constituem-se em notas individuais que formam frases, as quais são repetidas e formam os temas que, por conseguinte formam a canção. A canção varia de 05 a 20 minutos de duração aproximadamente, com sequências organizadas e a série é formada de 05 a 07 temas diferentes que se repetem muitas vezes sem interrupção (PAYNE; MCVAY, 1971). Este fenômeno torna a espécie conhecida como “baleia cantora” por possuir características únicas de canto em seu comportamento. Os estudos e a descrição da estrutura acústica em baleias-jubarte ocorrem desde 1970, como por exemplo, por Payne e McVay, 1971, Arraut e Vielliard, 2004 e Sousa-Lima, 2007. Sobre o comportamento reprodutivo das jubartes, Herman e Tavorga (1980 *apud* DARLING; JONES; NICKLIN, 2006) foram os primeiros a propor um modelo para explicar e caracterizar o canto como um sinal intersexual.

Além do canto ser considerado um sinal intersexual, as canções das baleias-jubarte evoluem conforme o tempo, como já descrito para as populações do Pacífico Norte (PAYNE; GUINEE, 1984) e do Atlântico Norte (PAYNE, K.; PAYNE, R. S., 1985) demonstrando que as canções se modificam rapidamente e progressivamente ao longo do tempo (MATILLA; GUINEE; MAYO, 1987; CHOLEWIAK, SOUSA-LIMA,

CERCHIO, 2012). Sendo relatado a possibilidade de a canção ser utilizada como ferramenta para atração de fêmeas (SMITH *et al.*, 2008) e/ou para distanciar outros machos (TYACK; WHITEHEAD, 1983).

A principal área de reprodução das baleias-jubarte do Atlântico Sul Ocidental, se encontra próximo ao Banco de Abrolhos, localizado no litoral sul da Bahia (ENGEL, 1996; SICILIANO, 1995) a qual possui o Parque Nacional Marinho (PaNaMar) de mesmo nome. Nesta área, os grupos com filhotes preferem as águas mais rasas, não havendo evidências de preferências por uso dessas áreas pelos demais (MARTINS *et al.*, 2001). As áreas ao sul do Banco de Abrolhos e ao redor do arquipélago foram instituídas como as principais áreas de concentração de baleias-jubarte na costa leste no Brasil, entre 1,6 a 2,3 indivíduos m<sup>2</sup> milha náutica (MARTINS, 2004). Observando-se durante toda a temporada os padrões comportamentais de reprodução, tais como grupos competitivos ativos e o cantar (MARTINS *et al.*, 2001).

As baleias-jubarte foram frequentemente avistadas sozinhas ou em pares no início da temporada de reprodução, diminuindo em agosto e aumentando a proporção para mães com filhotes, já os grupos competitivos foram observados em toda a temporada (MARTINS *et al.*, 2001), também foi constatado que o número de baleias-jubartes em Abrolhos não possui estabilidade (MORETE, 2007). O mesmo padrão foi encontrado nas águas da Índia (CLAPHAM *et al.*, 1992), onde a distribuição dos grupos estava fortemente relacionada com a profundidade da água, os grupos competitivos em maiores profundidades e os grupos com filhotes foram encontrados em águas mais rasas (MARTINS *et al.*, 1992).

As unidades de conservação (UC's) como o PaNaMar de Abrolhos, são áreas com recursos ambientais que inclui as águas jurisdicionais e possuem aspectos naturais relevantes, seu principal objetivo é a conservação da natureza, seja ela da fauna ou da flora (SNUC, 2000). As áreas de proteção marinhas estão sendo introduzidas em todo o mundo e apresentam números expressivos para auxiliar na proteção de animais migratórios, como por exemplo, a baleia-jubarte. E há aumento dos benefícios se houver conexão dos habitats com os corredores marinhos, amparando assim as espécies em suas viagens (WOMBLE; GENDE, 2013), explícito com os resultados encontrados por HONDA (2016) onde o canto das baleias-jubarte foram mais frequentemente gravados em áreas não englobadas pelo PaNaMar de Abrolhos, demonstrando que essa espécie frequenta áreas não protegidas e que as

pesquisas nessa área são fundamentais. Como resultado, caso a área do parque aumentasse, traria grandes consequências positivas para essa e outras espécies.

Com o avanço da tecnologia foi possível acompanhar estes animais sem interferir no seu comportamento através de metodologias não-invasivas, como é o caso do monitoramento acústico passivo. Através deste método é possível desvendar aspectos do comportamento vocal do animal, como é o caso deste estudo com baleias-jubarte, entendendo a interação entre machos na época reprodutiva, assim como verificar alguns pressupostos da hipótese de acasalamento da espécie através do lek flutuante.

## 2 OBJETIVOS

Este trabalho possui como objetivo inferir aspectos do comportamento reprodutivo de baleias jubarte através da localização espacial dos machos cantores, assim como o aprimoramento da gestão, conservação marinha e contribuir para futuras pesquisas.

### 2.1 Objetivos específicos

- a) Testando a teoria de *hotspot*, existe áreas preferidas pelos machos cantores de baleias jubartes dentro do sítio reprodutivo?
- b) Existe uma correlação destes *hotspots* com fatores ambientais que favoreça a presença de baleias-jubarte como a batimetria?

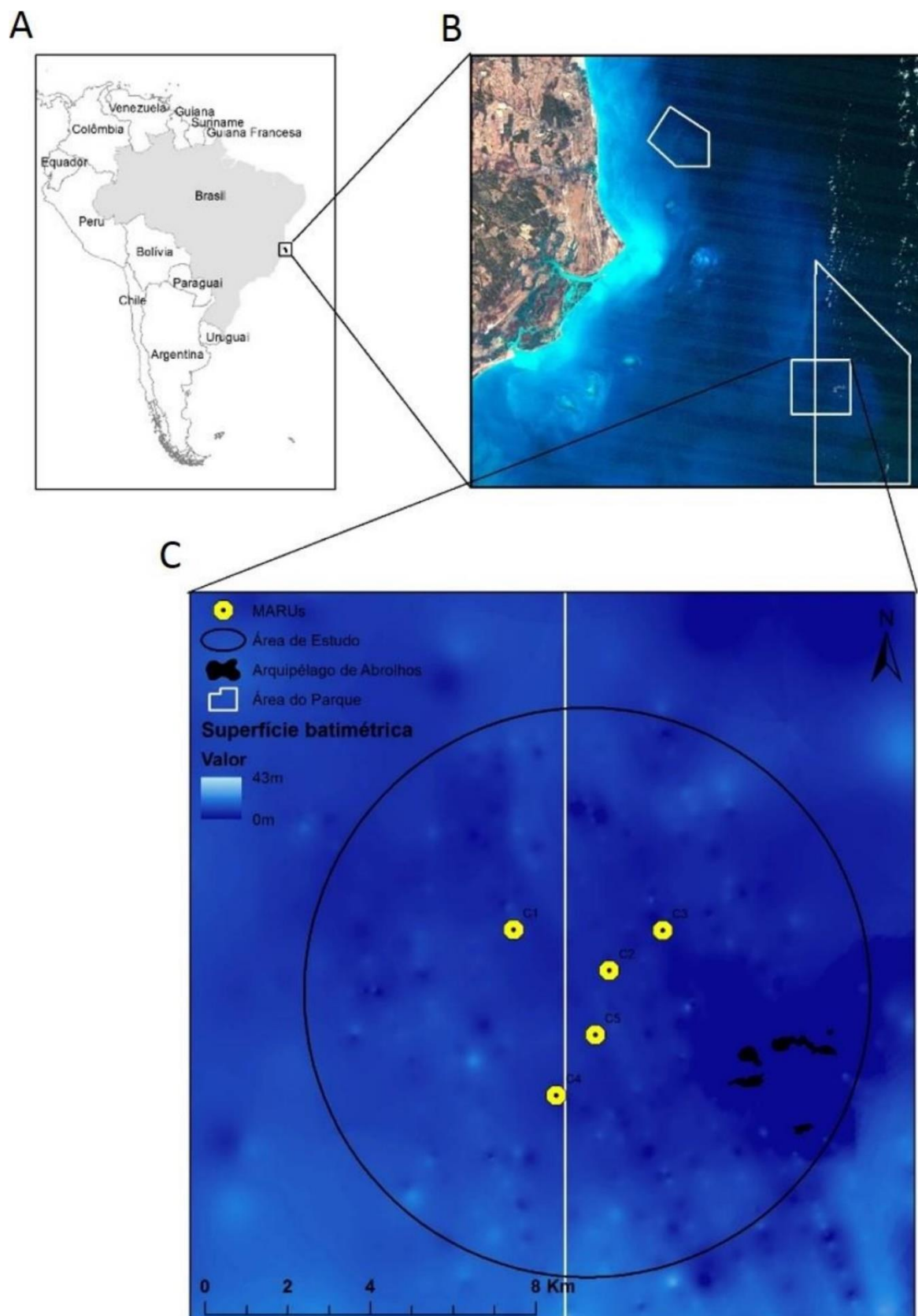
## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Área de estudo

O sítio reprodutivo de Abrolhos (16°50', 19°45'S) constitui uma extensão da plataforma continental com aproximadamente 46.000km<sup>2</sup>, profundidade raramente superior a 30m (AMADO-FILHO *et al.*, 2012) localizada no litoral sul da Bahia, onde se encontra o Parque Nacional Marinho de Abrolhos. A temperatura média anual da água de superfície varia entre 23°C à 25,4°C em agosto, e em janeiro estabiliza próximo a 27°C, porém em grandes profundidades ocorre a diminuição de 2°C. O clima é tropical com propensão à semiaridez (IBAMA, 1991).



**Figura 01** – Representação do Brasil (A); de Abrolhos – BA (B); do Buffer (C).



Fonte: SOUSA-LIMA (2005); HONDA (2016).

### **3.2 Coleta de dados**

Os pontos de localização foram coletados previamente pela triangulação dos sinais acústicos adquiridos através da acústica passiva, utilizando-se os gravadores desenvolvidos pelo Programa de Pesquisas em Bioacústica do Laboratório de Ornitologia da Universidade de Cornell – EUA. A partir de análises de movimento foram geradas 37 trajetórias realizadas por machos cantores de Jubarte (HONDA, 2016). Os pontos de batimetria foram coletados previamente por Renata S. Sousa-Lima em campanhas de embarcação realizadas em 2003 (Sousa-Lima, 2007).

### **3.3 Mapeamento**

O canto das baleias jubarte remetem a complexidade estrutural e permite diferenciar com precisão os indivíduos, mesmo que haja diferença de poucos minutos entre algumas trajetórias. Estas podem ter sido interrompidas por ruídos de outras origens ou pela subida do indivíduo à superfície para respirar. A trajetória foi considerada diferente apenas para sequências de vocalização com intervalo superior a 30 minutos. A individualidade das trajetórias foi realizada através da triangulação dos sinais e da vocalização de um mesmo indivíduo, o qual foi identificado a partir da sequência da canção ao longo da frase no canto, contabilizando o intervalo mínimo de 60 segundos (HONDA, 2016).

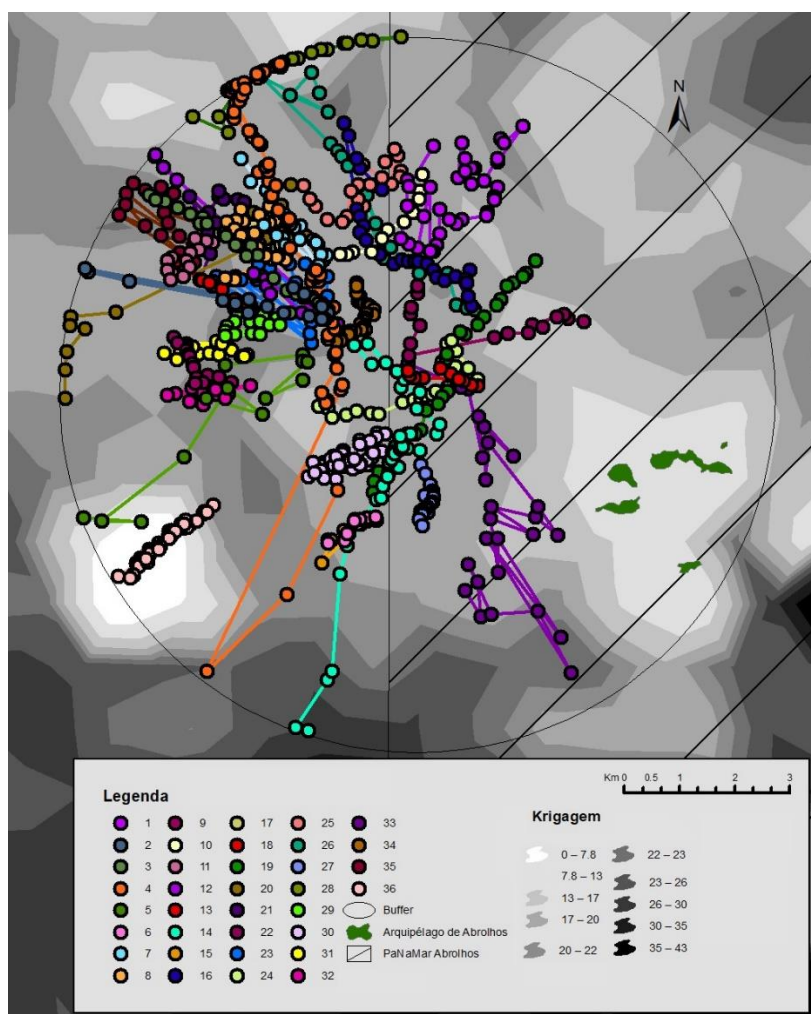
O mapeamento foi realizado através do método de Krigagem simples, feita no Software ArcGis, com o uso dos pontos de batimetria previamente coletados por Sousa-Lima (2007). Este modelo gera uma superfície contínua de batimetria a partir da interpolação dos dados tabulares e das coordenadas, utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, onde as unidades mais próximas são consideradas mais semelhantes do que as unidades mais distantes (JAKOB, 2002).

Este modelo assume que a média é estatisticamente constante para toda a área, sendo assim, os pontos foram previamente filtrados de forma que nossa amostragem fosse constante para toda área do arranjo. O tipo de modelo escolhido foi o de covariância utilizado e ajustado para o tipo estável. Também foi realizada a validação cruzada para especificar o variograma e sua vizinhança, obtendo como resultado uma

reta de regressão linear permitindo checar as suposições sobre o modelo utilizado na Krigagem e eliminando os erros grosseiros comparando-os com os valores reais (ANDRIOTTI, 2004), o qual se apresentou muito próximo do verdadeiro, identificando que o modelo foi bem representado. Dividimos o modelo em 10 classes batimétricas, as quais foram manualmente reclassificadas como polígonos e salvas em formato *raster* para que posterior análise em ambiente R 3.5 (R, 2019).

As trajetórias foram plotadas através das coordenadas, em cima do mapa da krigagem, em seguida identificada individualmente por cor para que se consiga verificar visualmente as diferentes trajetórias.

**Figura 02** – Mapa com a distribuição de sons de machos cantores de baleia-jubarte dentro da área de estudo, onde cada ponto representa uma parte da trajetória enquanto vocalmente ativos, cada indivíduo diferenciado pela cor. Os tons de branco a cinza ao fundo representam o resultado da Krigagem.



Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.4 Análise de dados

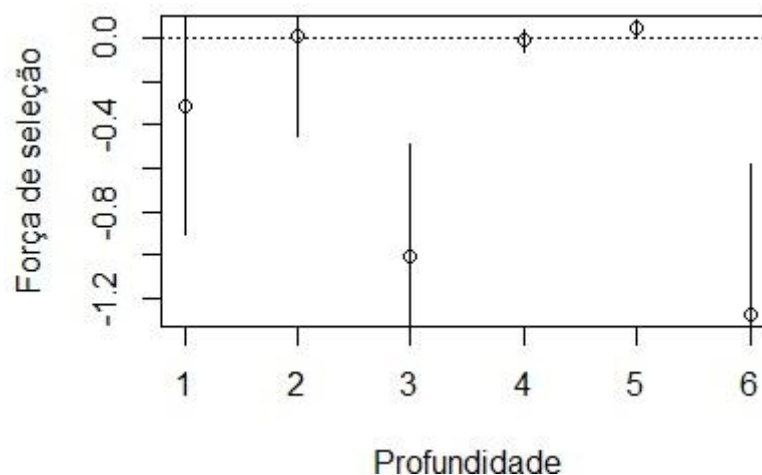
O mapa classificado foi utilizado para realizar a análise de dados através da seleção de habitat com o modelo *Resource selection* (RSF), cujo intuito é utilizar a batimetria (variável ambiental) para entender se os indivíduos selecionaram, ao longo da sua trajetória, alguma classe batimétrica como recurso ambiental, ou se não houve preferência (NORTHRUP *et al.*, 2013). Para estimar o RSF foi utilizada a regressão logística de acordo com os pontos de localização de cada trajetória e a variável ambiental da área de uso, utilizando o estimador não paramétrico *Kernel* (95%), cuja função é delimitar a presença dos registros mais próximos entre si e verificar diferentes locais onde os indivíduos se concentraram em maior quantidade (WORTON 1989, KENWARD, *et al.* 2001), excluindo as áreas usadas com pouca frequência (HEMSON *et al.*, 2005).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de previamente classificadas em 10 classes, a área do estudo contemplada para o modelo RSF conteve somente 6 categorias batimétricas, sendo a classe 1 (-14 a 0.5m), 2 (0.5 a 9.1m), 3 (9.1 a 14.5), 4 (14.5 a 18.3m), 5 (18.3 a 22.7), 6 (22.7 a 28.1m). A classe 01 conteve uma categoria negativa, embora não seja possível, mas que foi a melhor opção para que todas as classes possuíssem intervalos iguais, sendo assim, houve diferenças desta análise para o a Figura 02.

Após essa classificação a análise de *Resource selection* constatou que não houve forte seleção, o que significa não haver preferência significativa da batimetria pelas baleias-jubarte, porém vale destacar que para as classes 3 e 6 houve uma seleção negativa, ou seja, os machos de baleias-jubarte parecem evitar essa profundidade.

**Figura 03.** Força de seleção simultânea para cada classe de batimetria. A linha pontilhada representa a força de seleção 0 e os números negativos representam a força de seleção contrária.

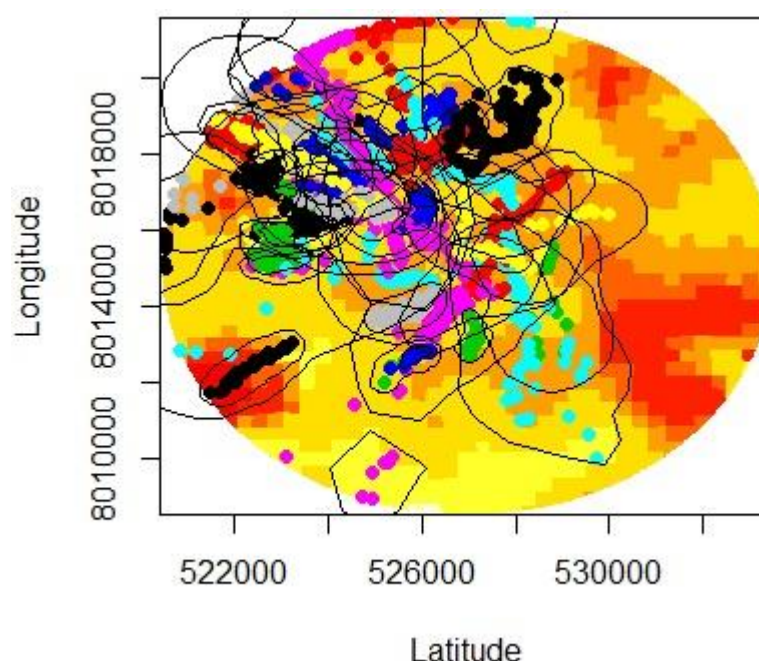


Fonte: Elaborado pela autora.

O estimador não paramétrico Kernel 95% analisado para as trajetórias em conjunto exemplifica o resultado encontrado para a força de seleção da população, onde parece não ter uma classe batimétrica preferida pelas baleias-jubarte para realizar o *lek*, pois utilizaram diferentes classes simultaneamente por mais de um indivíduo, corroborando a formação do *lek* flutuante, onde não há uma distribuição espacial marcante dos machos dentro da arena (CLAPHAM, 1996). Porém, também

é preciso considerar que apesar de haver sobreposição, não há muitos indivíduos que utilizam o mesmo espaço simultaneamente (Fig 05), o que pode significar que apesar de não haver uma área específica para realizar o *lek*, ou que o tamanho da área amostrada não foi suficiente para testar a hipótese, há indícios de competição entre a espécie e que para este caso, a interação social das baleias-jubarte foi mais evidente do que a variável ambiental, pois utilizam todo o arranjo, corroborando o modelo de *hotshot* (BEEHLER; FOSTER, 1988). A figura 04 demonstra as trajetórias com os Kernels em cima da batimetria:

**Figura 04.** Área do buffer com a classificação batimétrica com as trajetórias diferenciadas por cor e delimitada pelos Kernels 95% simbolizado pelas linhas pretas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Quando analisamos a porcentagem da área de sobreposição dos indivíduos dentro do arranjo, foi possível a identificação de 51,69% (73,93km<sup>2</sup>), ou seja, mais da metade do arranjo foi ocupado pelos machos de baleias-jubarte, o que parece não ter um tipo de arena a ser defendido.

Uma espécie parecida com a baleia-jubarte é a baleia-franca (*Eubalaena australis*), cuja biologia e ecologia comportamental é semelhante, resultado encontrado na pesquisa realizada no mês de Novembro para os anos de 2004, 2007, 2008 e 2011,

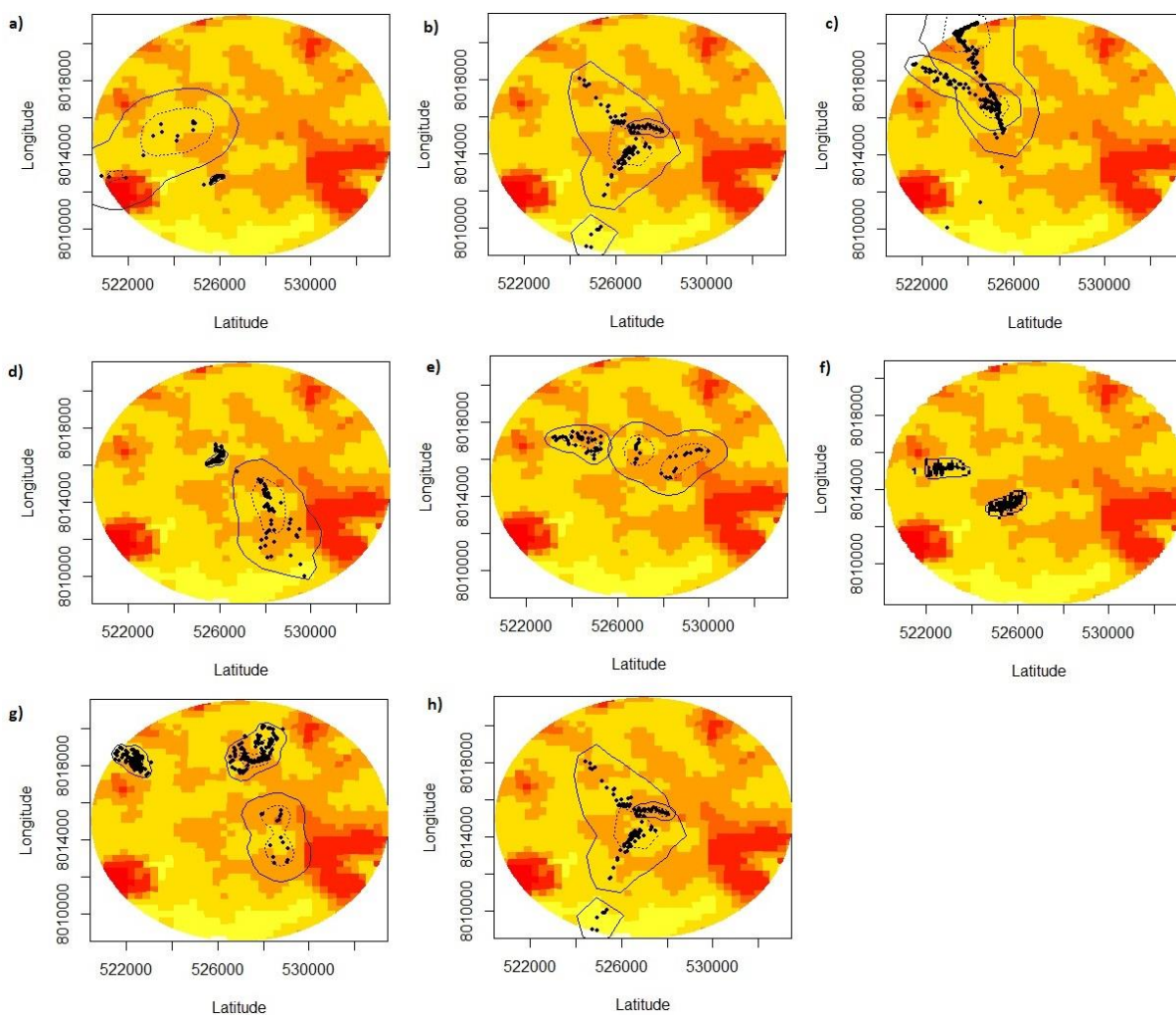
com a área estimada pelo Kernel 95% de 185,62km<sup>2</sup> e a área sobreposta foi de 94,06% (BRAGA, 2014), próximo do encontrado para este trabalho.

Se comparar as áreas de Kernel 95% com outras espécies de mamíferos aquáticos, como por exemplo para o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) que utilizou 28,24km<sup>2</sup> (MOURA, 2017), o tamanho do Kernel é considerado amplo para a espécie, assim como os resultados encontrados para o golfinho nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) e golfinho-de-hector (*Cephalorhynchus hectori*) (BEJDER; DAWSON, 2001; GUBINS, 2002), mas a área de Kernel 95% para as baleias-jubartes são maiores, pois além da espécie ser maior, é cosmopolita.

Os Kernels simultâneos estão representados abaixo, como é possível perceber, houve pouca sobreposição da área. Apenas na figura 05 c) conseguimos destacar a sobreposição de Kernel evidente, mas para as outras figuras os Kernels aparecem de forma não sobressaliente, confirmando a ideia de que apesar de haver machos cantores na mesma área, estes cantam em local distinto. É possível perceber que os cantores não vocalizam no mesmo tempo e no mesmo grupo, pois quando o cantor secundário começa a cantar, o cantor inicial para a sua interação (SMITH *et al.*, 2008) resultado encontrado neste trabalho também.



**Figura 05** – Kernels simultâneos plotados em cima do mapa de batimetria.



Fonte: Elaborado pela autora.

Quando se analisa as trajetórias individuais é possível perceber também que não houve forte seleção por uma classe definida de batimetria e os resultados foram semelhantes entre si, porém quando se trata das áreas de Kernel para cada trajetória, houve uma diferenciação expressiva (ver em Apêndice). Tratando-se de trajetórias distintas e em espaço de tempo curto, pode representar o estado comportamental do cantor no momento em que estava cantando, ou seja, a motivação que encontrou para cantar e nadar, a qual pode ser de comportamentos associados à reprodução, como a amamentação de filhotes, competição em grupo e o canto, corroborado pelos resultados de Darling e Sousa-Lima (2005).



## 5 CONCLUSÃO

As baleias-jubartes parecem não selecionar as classes batimétricas para realizar suas canções, significando que há provavelmente uma maior influência social com a determinação dos locais utilizados para o display vocal do que variável ambiental avaliada, como explicado pelo modelo de *lek* flutuante, onde a arena não é um local determinado com afinco.

Como a área do estudo é pequena se comparada as migrações sazonais que a espécie realiza, será de grande importância que estudos como estes sejam realizados em outros sítios reprodutivos, para assim, conseguir entender melhor sobre o comportamento de acasalamento das baleias-jubarte.

É possível fazer uma análise ainda mais refinada, chamada de *Step selection* (SSF), cujo objetivo é entender cada “passo” da trajetória, o que traria maior entendimento sobre os locais que os machos cantores de baleias-jubarte utilizaram.

## REFERÊNCIAS

AMADO-FILHO, G. M. *et al.* Rhodolith beds are major CaCO<sub>3</sub> BIO-factories in the tropical south West Atlantic. **Plos One**, [s.l.], v. 7, n. 4, p. 5–10, 2012.

ANDRIOTTI, J.L.S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. Editora UNISINOS, 2004.

ARRAUT, E. M.; VIELLIARD, J.M.E. The song of the Brazilian population of Humpback Whale *Megaptera novaeangliae*, in the year 2000: individual song variations and possible implications. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s.l.], v. 76, n. 2, p. 373-380, 2004.

**ARCGIS**. How kriging to work. Disponível em: [http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm#ESRI\\_SECTION1\\_E112B7FAED26453D8DA4B9AEC3E4E9BF](http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm#ESRI_SECTION1_E112B7FAED26453D8DA4B9AEC3E4E9BF). Acesso em 05 set. 2016.

BEJDER, L.; DAWSON, S. Abundance, residency, and habitat utilisation of Hector's dolphins (*Cephalorhynchus hectori*) in Porpoise Bay, New Zealand. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, [s.l.], v. 35, n. 2, p. 277-287, 2001.

BEEHLER, B.M; FOSTER, M.S. Hotshots, Hotspots, and Female Preference in the Organization of Lek Mating Systems. **The American Naturalist**, Chicago, v. 131, n.02, p.203-219, Fev., 1988.

CHU, W.; BLUMSTEIN, D.T. Noise robust bird song detection using syllable pattern-based hidden Markov models. *In*: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), 2011, [s.l.]: IEEE Xplore. p. 345-348. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/ICASSP.2011.5946411> Acesso em: 05 set. 2016.

CLAPHAM, P.J. Age at attainment of sexual maturity in humpback whales, *Megaptera novaeangliae*. **Canadian Journal of Zoology**, [s.l.], vol. 70, n.07, p.1470-1472, 1992.

CLAPHAM, P.J. **Humpback Whale**: Encyclopedia of Marine Mammals. San Diego, CA: Academic Press, 2002. p. 589-592.

CLAPHAM, P.J.; MEAD, J.G. ***Megaptera novaeangliae***: Mammalian Species. 1999. v. 604, p. 01-09.

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

CHOLEWIAK, D. M.; SOUSA-LIMA, R. S.; CERCHIO, S. Humpback whale song hierarchical structure: Historical context and discussion of current classification issues. **Marine Mammal Science**, [s.l.], v. 29, n. 3, p. E312-E332, 2013.

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**, [s.l.], v.21, n.3, p.557-566, 2005.

DARLING, J.D; JONES, M. E.; NICKLIN, C.P. Humpback whale songs: Do they organize males during the breeding season? **Behaviour**, Leida, [s.l.], v.143, p.1051-1101, 2006.

ENGEL, M. H. Comportamento reprodutivo da baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*) em Abrolhos. **Anais de Etologia**, [s.l.], v. 14, p. 275-284, 1996.

GIBSON, R.M; BRADBURY, J.W. Sexual selection in lekking sage grouse: phenotypic correlates of male mating success. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, Califórnia, [s.l.], v.18, p.117-123, Dez., 1985.

GUBBINS, C. Use of home ranges by resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in a South Carolina estuary. **Journal of Mammalogy**, [s.l.], v. 83, n. 1, p. 178-187, 2002.

HEMSON, G.; JOHNSON, P.; SOUTH, A.; KENWARD, R.; RIPLEY, R.; MACDONALD, D. Are kernels the mustards? Data from global positioning system (GPS) collars suggests problems for Kernel home-range analyses with least-square cross-validation. **Journal of Animal Ecology**, [s.l.], v.74, p.455-463, 2005.

HONDA, Laura Kyoko. **Ecologia do movimento de machos cantores de baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) no sítio reprodutivo de Abrolhos-BA**. 2016. 72 f. Dissertação (Mestrado em Psicobiologia) - Centro de Biologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

IUCN. **Red list of threatened species**. [2016]. Disponível em <http://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 15 maio 2016.

JAKOB, A.A.E. Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos. XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais [Online]. UNICAMP/NEPO. Historical and Practical Perspectives. In: MILLSPAUGH, J. J.; MARZLUFF, J. M. (ed.). **Radio Tracking and Animal Populations**. [S.l.]: Academic Press, 2002. p. 3-12.

MARTINS, C.C.A. *et al.* Aspects of habitat use patterns of humpback whales in the Abrolhos Bank, Brazil, breeding ground. **Memoirs Queensland Museum**, [s.l.], v. 47, p. 563-570, 2001.

MARTINS, C.C.A. **O uso do Sistema de informações geográficas como ferramentas na identificação de áreas prioritárias para a conservação da população de baleia jubarte, *Megaptera novaeangliae*, em seu sítio reprodutivo na costa leste do Brasil.** 2004. 119 p. Dissertação (mestrado em Ecologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2004.

MATILLA, D.K., GUINEE L.N., MAYO C.A. Humpback whale songs on a North Atlantic feeding ground. **Journal of Mammalogy**. [s.l.], v.68, n. 4, p. 880–883, nov., 1987.

MIKHALEV, Y.A. Humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Arabian Sea. **Marine Ecology**, Odessa, v. 149, p. 13-21, abril, 1997.

MOURA, S. P. G. de. **Uso do habitat pelo boto-cinza (*Sotalia guianensis*) no entorno de unidades de conservação no complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, sul do Brasil.** 57p. Dissertação (mestrado em Biologia e Ecologia de Sistemas Costeiros e Oceânicos), Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2017.

NICOLOSI, P. **Variabilità intraspecifica in Delphino comune, *Delphinus delphis* (Linnaeus, 1758). L'utilizzo della morfometria geometrica bi- e tridimensionale come strumento diagnostico e conoscitivo.** 2011.118 f. Tese (Doutorado em Ambiente e Território) - Università Degli Studi del Molise. Isernia, 2011.

NORTHRUP, J. M.; HOOTEN M. B.; ANDERSON C. R. Jr.; WITTEMYER G. Practical guidance on characterizing availability in resource selection functions under a use – availability design. **Ecological Society of America**, [s.l.], v. 94, n. 7, p. 1456–1463, 2013.

PAYNE, K.; PAYNE, R.S. Large Scale Changes over 19 Years in Songs of Humpback Whales in Bermuda. **Ethology**, [s.l.], v.68, n.2, p.89-114, 1985.

PAYNE, R.S; GUINEE, L.N. Humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) songs as an indicator of “stocks”. In: PAYNE, R. **Communication and behavior of whales**. [S.l.]: Advancement of Science, 1984, p. 333-358.

PAYNE, R. S.; MCVAY, S. Songs of humpback whales. **Science**, [s.l.], v.173, n. 3997, p. 585–597, ago., 1971.

PERRIN, W.F. **Banco de Dados Mundial Cetacea**. Disponível em: <http://www.marinespecies.org/cetacea>. Acesso em 09 dezembro 2019.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019. URL <http://www.R-project.org/>.

RUIZ-GARCIA, M.; SHOSTELL, J. M. **Biology, Evolution and Conservation of River Dolphins within South America and Asia**. Nova York: Nova Science Publishers, 2010.

SICILIANO, S. Preliminary report on the occurrence and photo-identification of humpback whales in Brasil. **Reports of the International Whaling Commission**, [s.l.], v.45, p.138-140, 1995.

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

SNUC. Sistema nacional de unidades de conservação da natureza. **Série Conservação e Áreas Protegidas**, [s.l.], v. 38, n. 214668, p. 2011, 2000.

SOUSA-LIMA, R.S. **Acoustic ecology of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Abrolhos National Marine Park, Brazil**. 2007. 205p. Tese (Doutorado em Zoologia) - Universidade de Cornell Cornell, Nova York, 2007.

TEN CATE, C. **Birdsong and Evolution: Nature's music: the science of birdsong**. 1ed. San Diego, Elseviers Academic Press, 2004.

TYACK, P.L.; WHITEHEAD H. Male competition in large groups of wintering humpback whales. **Behaviour**, [s.l.], v. 83, n.01, p. 132-154, 1983.

TYACK, P.L. *et al.* **Cetacean societies: Field studies of dolphins and whales**. Chicago: University of Chicago Press, 2000.

WHITEHEAD, H. Structure and stability of humpback whale groups off Newfoundland. **Canadian Journal of Zoology**, Canada, v. 61, n. 06, p. 1391 - 1397, jun, 1983.

WOMBLE, J. N.; GENDE, S. M. **Post-Breeding Season Migrations of a Top Predator, the Harbor Seal (*Phoca vitulina richardii*), from a Marine Protected Area in Alaska**. Plos One, [s.l.], v. 8, n. 2, 2013.

WORTON, B. J. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home range studies. **Ecology**, [s.l.], v.70, p.164-168, 1989.

## APÊNDICE A – ANÁLISE ESTATÍSTICA INDIVIDUAL



## APÊNDICE B – KERNEL COM BUFFER INDIVIDUAL

