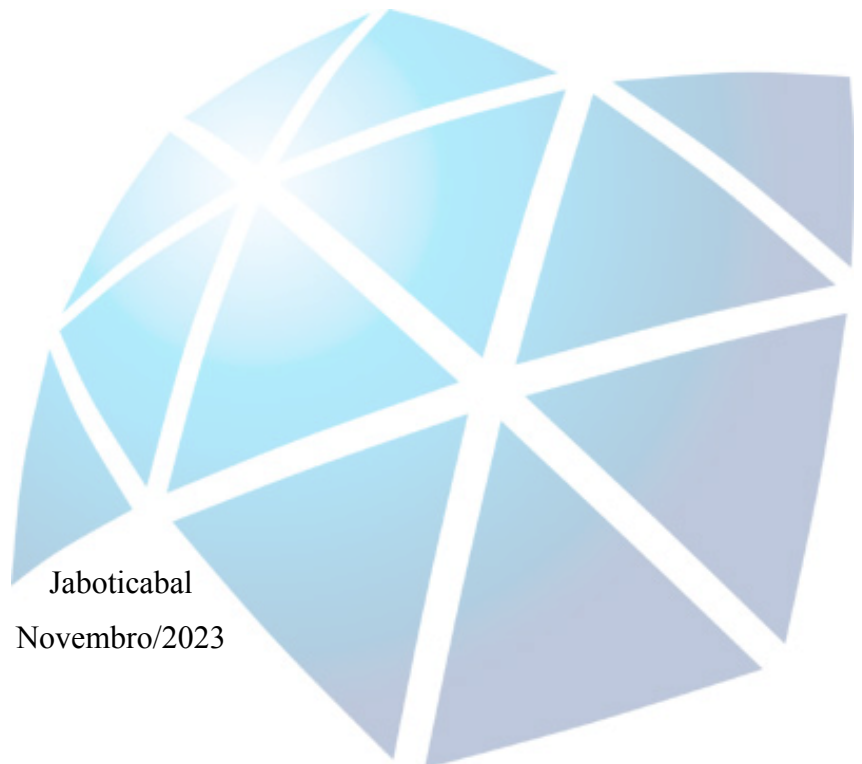


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Campus de Jaboticabal - SP

Ciências Biológicas

Os efeitos da poluição sonora sobre o comportamento dos Cetáceos

Bruna Sales de Oliveira



Jaboticabal
Novembro/2023

Bruna Sales de Oliveira

Os efeitos da poluição sonora sobre o comportamento dos Cetáceos

Orientador: Mateus José Rodrigues Paranhos da Costa

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” - Campus de Jaboticabal, para
obtenção do grau de Bacharel.

Jaboticabal

O48e

Oliveira, Bruna Sales de

Os efeitos da poluição sonora sobre o comportamento dos cetáceos /
Bruna Sales de Oliveira. -- Jaboticabal, 2024

27 p. : fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Mateus Jose Rodrigues Paranhos da Costa

1. Cetáceos. 2. Poluição sonora. 3. Ruídos. 4. Vocalização. 5.
Ecolocalização. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CÂMPUS DE JABOTICABAL



DEPARTAMENTO:

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO : Os Efeitos da Poluição Sonora no Comportamento de Cetáceos

ACADÊMICO Bruna Sales de Oliveira
:

CURSO: Ciências Biológicas

ORIENTADOR (ES): Prof. Mateus José Rodrigues Paranhos da Costa

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

(Nomes)

Presidente Prof. Mateus José R. Paranhos da Costa
Membro Prof. Elisabeth Criscuolo Urbinati
Membro Prof. Luciane Helena G. Batalhão

Documento assinado digitalmente

MATEUS JOSE RODRIGUES PARANHOS DA COS

Data: 04/01/2024 15:43:31-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

te

gov.br

ELISABETH CRISCUOLO URBINATI

Data: 04/01/2024 15:38:00-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

gov.br

Documento assinado digitalmente

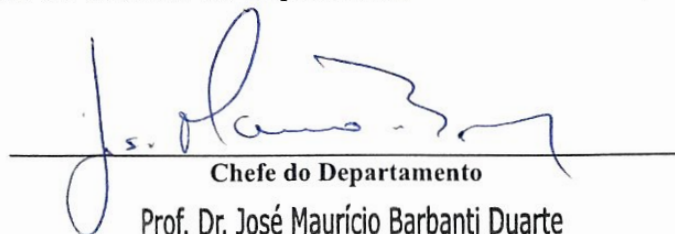
LUCIANE HELENA GARGAGLIONI

Data: 05/01/2024 09:10:39-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jaboticabal 04 01 / 2024

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento
em:



Chefe do Departamento

Prof. Dr. José Maurício Barbanti Duarte
Chefe do Departamento de Zootecnia
Matrícula nº 422332-9

SUMÁRIO

SUMÁRIO	3
Resumo	4
1. Introdução	5
2. Evolução dos Cetáceos	7
2.1 Origem da Ordem Cetacea	7
2.2 As Radiações evolutivas	8
3. Classificação dos Cetáceos	9
3.1 Subordem Mysticeti	9
3.2 Subordem Odontoceti	10
3.3 Subordem Archaeoceti	12
4. Órgãos sensoriais	12
4.1 Os sentidos	12
4.2 A audição e vocalização dos Mysticetus	13
4.3 A ecolocalização dos Odontocetos	14
5. Os sons não naturais dos oceanos	15
5.1 Como o som se propaga pela água	15
5.2 Ruídos antrópicos	15
5.3 Poluição sonora	15
5.4 Os efeitos sobre os cetáceos	16
6. Profilaxias	18
6.1 Leis e instituições nacionais	19
6.2 Instituições Internacionais	19
6.3 Mitigações propostas em literatura	20
7. Conclusão	20
Referências Bibliográficas:	21

Resumo

Os Cetáceos são mamíferos que evoluíram com a capacidade de viver integralmente em ambientes aquáticos, com características únicas e impressionantes para que possam sobreviver submersos. As principais características que contribuem para a sobrevivência dos cetáceos são a sua capacidade de vocalização e de ecolocalização, ambas associadas à sua audição. É por meio delas que os cetáceos conseguem exercer todos os seus padrões de comportamento de interações sociais, acasalamento, alimentação, fuga de predadores e migração. Entretanto, devido ao aumento de emissões de ruídos antrópicos nas últimas décadas, esses padrões de comportamento começaram a ser prejudicados. Veículos aquáticos, pesquisas sísmicas para a exploração de petróleo, gás e hidrocarbonetos, sonares e construções oceânicas são algumas das fontes sonoras que mais causam perturbação nos cetáceos, e isso está os obrigando, a mudar seus comportamentos naturais de diversas maneiras. Porém, mesmo assim, os efeitos da poluição sonora estão afetando cada vez mais a saúde e o bem-estar desses animais. Esta revisão trata dos efeitos nocivos que a poluição sonora vem causando na vida de cetáceos de vida livre, analisando trabalhos feitos por diferentes autores em diferentes épocas e locais de estudo.

Palavras-chave: Cetáceos, poluição sonora, ruídos, vocalização, ecolocalização.

1. Introdução

Nos dias de hoje, estima-se que já foram descritas cerca de 1,75 milhões de espécies de animais no mundo, e desse número, apenas 5.300 são de mamíferos. A classe Mammalia é extremamente ampla e rica, com grupos que divergem entre si em características fenotípicas, genotípicas e comportamentais, fazendo com que tenham conseguido se adaptar em quase todos os habitats do planeta ao longo de toda a sua história evolutiva.

Todas as ordens que compõem essa classe apresentam características únicas e elaboradas para a sua sobrevivência em seus respectivos ambientes, e no meio delas os mamíferos aquáticos se destacam pelas suas incríveis adaptações em um nicho tão volátil, como, por exemplo, o ambiente marinho. E dentre esses, os que mais chamam a atenção são os que englobam a ordem Cetacea.

Os cetáceos são mamíferos completamente adaptados ao ambiente aquático, vivendo em quase todos os ambientes aquáticos do mundo, como mares, rios e oceanos de forma integral. Esse grupo é representado pelas baleias, botos, golfinhos, orcas e cachalotes, possuindo cerca de 89 espécies atuais em todo o mundo. São divididos em duas subordens viventes e uma extinta: Mysticeti, Odontoceti e Archaeoceti, respectivamente.

Os Mysticetus abrangem o grupo dos cetáceos de barbatanas, ou sem dentes, que tem como exemplo as espécies de baleias Jubarte, Franca e Baleia Azul. Os Odontocetos correspondem aos cetáceos dentados, como os golfinhos, botos, orcas e cachalotes. Já a subordem Archaeoceti representa todos os cetáceos primordiais que já foram extintos, e que deram origem aos grupos que temos hoje em dia.

Apesar de se assemelharem mais aos peixes do que com os outros de sua classe, todos da ordem cetácea possuem as características que integram o grupo dos mamíferos: são endotérmicos, possuem glândulas mamárias e respiração pulmonar.

Esse grupo chama a atenção por seu tamanho e beleza e se destaca dos demais devido a seu comportamento particular, o de comunicação. O que para nós pode ser algo simples, para esses animais o seu canto e vocalização é algo crucial para a suas vidas. Cada espécie desse grupo é capaz de criar diferentes tipos de sons para se comunicarem em inúmeras situações, sejam por meio de sons profundos, cliques ou assobios, dependendo da família.

Apesar da crença popular, nem todas as baleias produzem cantos. Apenas os pertencentes ao grupo dos Mysticetus conseguem vocalizar, enquanto os pertencentes à subordem Odontoceti utilizam a ecolocalização para conseguir se guiar pelas águas. Cada espécie de cetáceo utiliza de seu próprio método para se comunicar com seu bando, atrair parceiros, buscar seus alimentos e se manterem alertas de predadores, fazendo dessa uma característica crucial para a sua sobrevivência.

Entretanto, assim como toda a fauna marinha, os cetáceos vêm sofrendo os efeitos devastadores das ações antrópicas nas últimas décadas, em especial os efeitos da poluição dos

oceanos. Contudo, existe um tipo de poluição invisível da qual eles vêm sendo vítimas, de maneira cada vez mais agressiva, que é a chamada poluição sonora.

Barcos, navios, submarinos, sonares, pesquisas sísmicas e até mesmo o barulho das regiões costeiras vêm sendo um dos principais inimigos dos cetáceos. Esses ruídos vêm deixando os mares cada vez mais barulhentos, o que dificulta a vocalização e a ecolocalização por emitirem sons com frequências semelhantes ou maiores do que as que esses animais utilizam, causando danos muito maiores do que os que podemos ver.

O objetivo do presente trabalho é apresentar os problemas que a poluição sonora vem causando em cetáceos de vida livre ao longo das últimas décadas. Dessa forma, analisar possíveis medidas preventivas para amenizar seus danos.

2. Evolução dos Cetáceos

2.1 Origem da Ordem Cetacea

A Ordem Cetacea está inserida no clado Cetartiodactyla juntamente com a ordem Artiodactyla, que representa os mamíferos ungulados. Por muito tempo, foi acreditado que os cetáceos eram grupo irmão dos artiodáctilos e que se originaram de um grupo de ungulados carnívoros extintos, porém, estudos genéticos recentes apontam que os cetáceos estão mais relacionados aos hipopótamos do que com o grupo proposto anteriormente.

Até os dias de hoje, ainda não se sabe qual foi o ponto onde houve a distinção entre esses dois grupos devido às poucas evidências fósseis encontradas. Por isso, supõe-se que, com os dados paleontológicos já registrados, os primeiros cetáceos se originaram de um ancestral comum artiodáctilo a aproximadamente 50 milhões de anos durante o Eoceno Médio (de 54 a 34 milhões de anos aproximadamente), onde na época existia o supercontinente Laurásia (Figura 1).

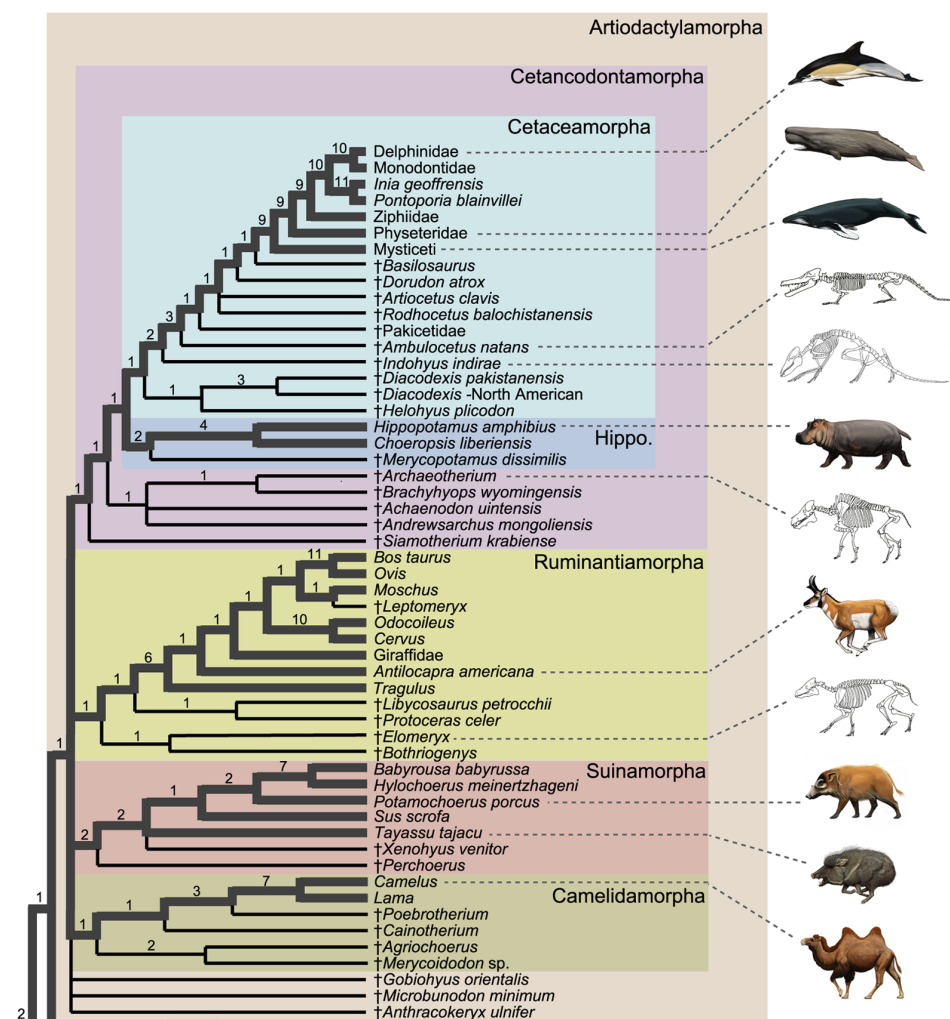


Figura 1: Clado Cetartiodactyla onde os cetáceos fazem parte junto com os mamíferos ungulados. Aqui podemos observar a proximidade que esse grupo tem com os hipopótamos. Ilustração de C. Buell e L. Betti-Nash (Spaulding et al., 2009).

O espécime mais antigo já encontrado desse grupo é o *Pakicetus*, um mamífero terrestre quadrúpede que viveu onde hoje é o território do Paquistão (Gingerich e Russell, 1981). Esse mamífero possui a aparência que se assemelhava a um lobo, com uma dieta carnívora e vivendo perto das margens do Mar de Tétis.

Embora tivesse muitas características que o distanciasse dos cetáceos que já haviam sido descobertos, o *Pakicetus* possuía algumas características primordiais das baleias, sendo um deles um dos ossos internos do ouvido com uma característica única encontrada nessa ordem, além de possuir o osso do tornozelo que o ligava aos artiodáctilos. Esse fóssil mostra que as primeiras baleias tinham hábitos semi-aquáticos, além de reforçar a hipótese de seu parentesco com artiodáctilos (Thewissen e Hussain, 1993).

2.2 As Radiações evolutivas

Com a descoberta dessa espécie se consolidou a hipótese de que os cetáceos foram pouco a pouco migrando para os ambientes aquáticos para se alimentar. Depois de milhares de anos vivendo dessa forma anfíbia, os primeiros cetáceos se adaptaram cada vez mais ao ambiente aquático, incluindo: a transformação das patas dianteiras em nadadeiras peitorais, a atrofia dos membros posteriores e depois o surgimento de uma forte nadadeira caudal bilobada, o corpo mais alongado e fusiforme e, por fim, o deslocamento da cavidade respiratória para o topo de sua cabeça.

Todas essas características surgiram no que é chamado de a primeira radiação adaptativa, que nada mais é do que um evento evolutivo onde ocorre surgimentos de novas espécies de um mesmo ancestral em comum em um determinado nicho (Santos, 2020; Jacobina. 2000). No caso dos cetáceos, ocorreram três radiações adaptativas.

A segunda radiação ocorreu no Oligoceno (de 34 a 22 milhões de anos aproximadamente), onde gerou a divisão entre as espécies em que se especializaram na predação de animais pequenos, selecionando aqueles que surgiram com a adaptação de filtragem especializada de alimentos, as barbatanas - placas de queratina e cerdas dispostas na mandíbula superior que permite a captura simultânea de pequenas presas em grandes quantidades (Lambert, 2016) - ao invés de dentes (*Mysticetus*), daqueles que continuavam a apresentar dentes (*Odontocetes*). Além disso, os *Odontocetes* também tiveram uma adaptação importante naquela época, a ecolocalização.

Na terceira e última radiação adaptativa, que ocorreu no Mioceno (de 22 a 11 milhões de anos aproximadamente), ocorreu o gigantismo do grupo dos misticetos devido a sua adaptação de filtrar seu alimento por meio de suas barbatanas, tendo mais comida com menos esforço. No caso dos odontocetos, houve uma grande diversificação entre os seus representantes, fazendo com que novas espécies surgissem em diferentes nichos.

Durante os 43 milhões de anos que ocorreram a origem e a diferenciação dos cetáceos, várias espécies desse grupo surgiram e desapareceram, tendo um determinado período de tempo em

que diversas espécies coexistiram simultaneamente. Foi no final do Mioceno em que grande parte das famílias modernas já haviam se originado, enquanto as famílias mais antigas já estavam extintas. O ápice da diversificação das baleias ocorreu por volta do final do Mioceno Médio, para depois decair gradativamente até chegar aos dias de hoje (Uhen, 2010).

Dessa forma, os cetáceos representam um grupo de mamíferos que sofreram adaptações extraordinárias ao longo de sua história evolutiva por meio da sua transição da terra para os ambientes aquáticos, incluindo os oceanos, fazendo deles um importante modelo de evolução sensorial em massa (Figura 2), no qual as mudanças anatômicas relacionadas à sua percepção sensorial inserem-se com os seus padrões evolutivos moleculares (McGowen et al., 2014).

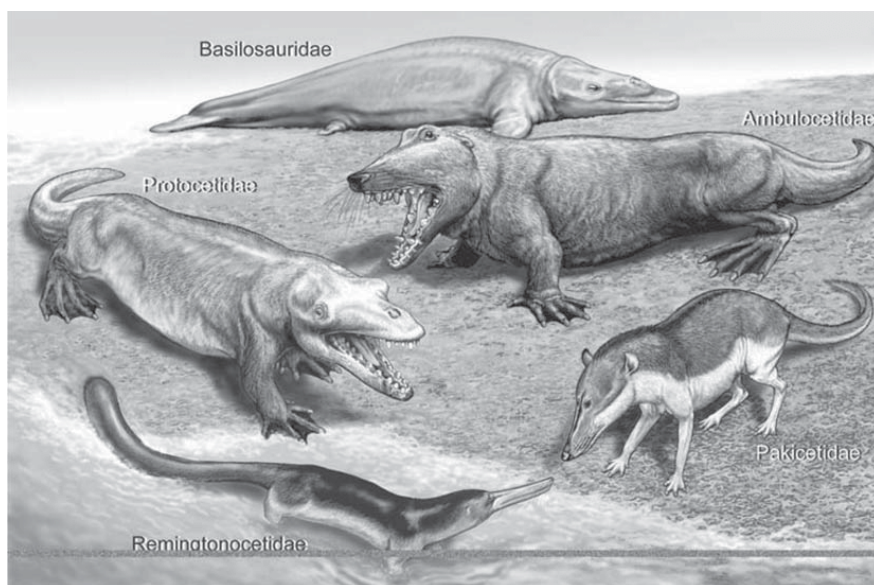


Figura 2: Mudanças fisiológicas dos primeiros cetáceos (Almeida e El-Hani, 2010)

3. Classificação dos Cetáceos

Após milhões de anos de mudanças, os cetáceos se tornaram um grupo bastante diversificado, contendo singularidades entre cada família.

Devido a isso, houve uma necessidade de classificar a Ordem Cetacea em três subordens de acordo com suas características específicas, como já explicado anteriormente. São elas Mysticeti, Odontoceti e Archaeoceti.

3.1 Subordem Mysticeti

Como já dito, os Mysticetos abrangem o grupo das baleias desdentadas, também conhecidas como “Baleias verdadeiras”. Ao todo são 4 famílias, 6 gêneros e 14 espécies dentro dessa subordem, tendo como as representantes mais famosas a Baleia Jubarte (*Megaptera novaeangliae*) (Figura 3) e a Baleia-Azul (*Balaenoptera musculus*).

Esses gigantes se alimentam basicamente de zooplâncton, pequenos crustáceos e pequenos peixes, capturados por meio de filtração através de suas barbatanas. As barbatanas das baleias

são estruturas córneas queratinizadas que ficam enraizadas na porção superior da sua mandíbula, tendo a forma de um triângulo reto comprido, com a parte de fora macia e a de dentro possuindo a forma de franjas para poder filtrar os alimentos (Jacobina, 2000). Além de serem bem maiores que os odontocetos, os misticetos possuem um crânio mais simétrico, com uma mandíbula robusta para a sustentação de suas barbatanas e dois orifícios respiratórios na parte dorsal de suas cabeças (Santos, 2020).

São animais solitários, se reunindo em bandos apenas em época de acasalamento. Os machos dessa subordem emitem canções para atrair as fêmeas que, diferente dos odontocetos, são maiores que os machos.



Figura 3: Baleia Jubarte e filhote | Foto: Adobe Stock

3.2 Subordem Odontoceti

Os odontocetos são de longe o grupo mais numeroso e diversificado dos cetáceos, sendo 10 famílias, 34 gêneros e 75 espécies, sendo as espécies mais famosas os golfinhos, em especial do Golfinho-Nariz de Garrafa (*Tursiops truncatus*) e as Orcas (*Orcinus orca*). Por ser uma subordem bastante ampla, pode-se encontrar representantes de odontocetos nos oceanos, em sistemas fluviais e costeiros.

Sua alimentação é bastante variada, de peixes, aves marinhas e até mesmo outros mamíferos aquáticos (no caso das orcas). Portanto, todos são carnívoros, possuindo dentições que variam em quantidade, mas que geralmente são semelhantes em formato, além de terem apenas uma dentição durante a vida (Jacobina, 2000).

Como dito acima, os odontocetos são bastante diversificados, e isso se reflete em seu tamanho também, indo de 1,5 metros até 17 metros de comprimento. O crânio dos odontocetos é assimétrico devido a presença do seu sistema de ecolocalização, por causa disso, em algumas espécies, as regiões rostral e frontal são bastante desenvolvidas, possuindo

crânios mais curtos. Já em outras espécies, seus crânios são mais alongados com a presença de bicos longos e agudos. No caso desse grupo, podemos observar a presença de apenas um orifício respiratório.

Diferente dos misticetos, são animais sociais que vivem em bandos (que podem chegar a ter dezenas de indivíduos, como no caso dos golfinhos) com uma hierarquia complexa e bem estruturada.



Figura 4: Orcas, uma das espécies que compõem a subordem odontoceti
(Fotografia de Tony Wu, NPL/Minden Pictures)

3.3 Subordem Archaeoceti

A subordem Archaeoceti é representada pelos primeiros cetáceos, tornando essa uma subordem extinta. Essas espécies arcaicas deram origem aos cetáceos dos quais convivemos nos dias de hoje.

Por meio de registros fósseis, podemos observar que os arqueocetos eram bastante variados, sendo que os exemplares mais antigos ainda preservavam seus quatro membros. A dentição das espécies dessa subordem era bastante diversa, e seu orifício respiratório ficava localizado entre a ponta do bico e a região dorsal da cabeça (Jacobina, 2000).

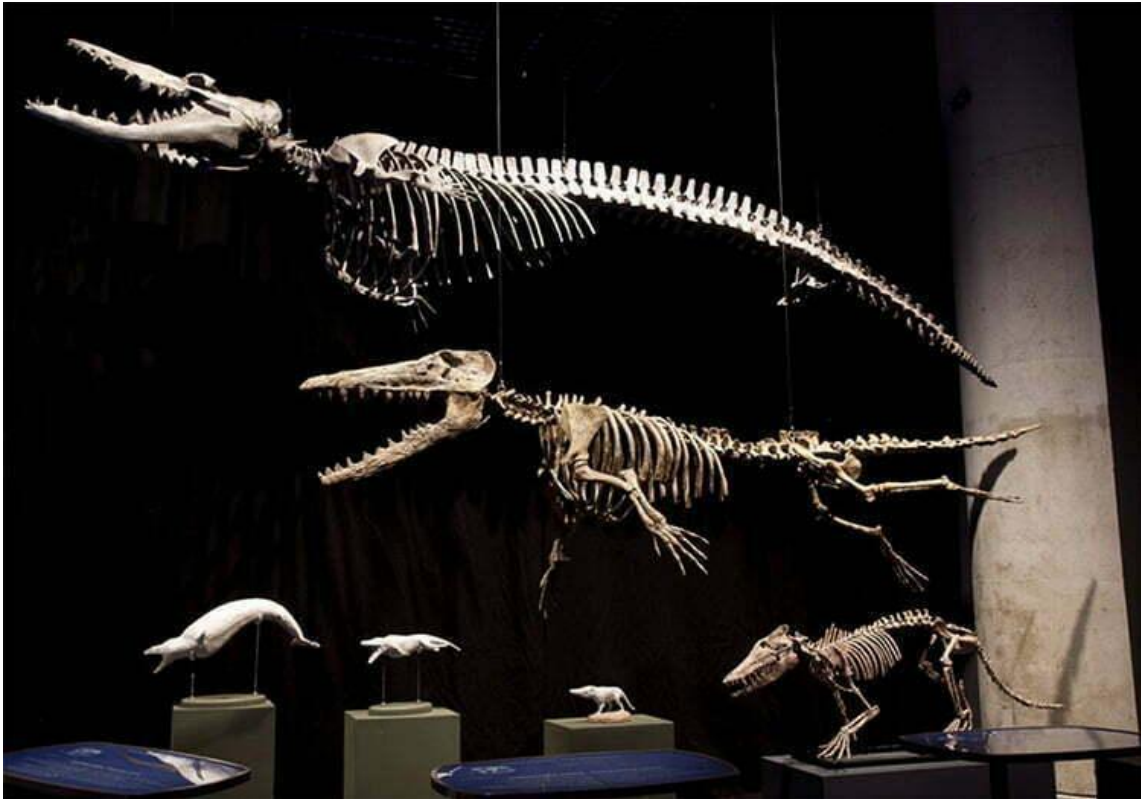


Figura 5: Registros fósseis de cetáceos da subordem Archaeoceti. *Fotografia Andrew Frolows/Australian National Maritime Museum).*

4. Órgãos sensoriais

Com a conquista do meio aquático, várias mudanças ocorreram para que os cetáceos conseguissem viver de forma eficiente debaixo d'água, como vimos anteriormente. Adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais garantiram a vitória desse grupo, e seus sentidos não ficaram de fora.

Assim como toda a sua estrutura corporal, os órgãos dos sentidos dos cetáceos se modificaram para se adequar ao novo meio e seu novo estilo de vida. Todavia, assim como muitos outros animais, os cetáceos dependem mais de alguns sentidos específicos do que dos outros.

4.1 Os sentidos

Começando pelo olfato, não é um sentido que os cetáceos utilizam muito, já que suas cavidades nasais se deslocaram para a porção dorsal da cabeça, além de permanecerem fechadas durante o mergulho. Apesar de possuírem papilas gustativas, esse grupo não degusta seus alimentos e sim apenas os engolem, especialmente os mysticetos que filtram o alimento por meio das barbatanas, como vimos anteriormente.

No caso do sentido da visão, esta varia de acordo com cada subordem: para os mysticetos, a visão é importante e bastante utilizada, apesar de seus olhos estarem localizados nas laterais

de suas cabeças. Entretanto, para os odontocetos, a visão não é tão relevante, sendo que em alguns grupos seus olhos são reduzidos, com a função apenas de captar a luz, isso porque esse grupo desenvolveu uma forma mais eficaz de enxergar, da qual trataremos mais à frente. O tato também se apresenta como um sentido importante para esses grupos. Sendo animais sociais, o tato é uma das formas que eles possuem para se comunicar, seja por toques de suas barbatanas, esfregando seus corpos e até mesmo mordidas (Santos, 2020)

Contudo, o sentido que, certamente, é o mais importante para todos os cetáceos é a audição. Tanto os misticetos quanto os odontocetos dependem exclusivamente de sua capacidade de produzir e interceptar sons, que é muito maior do que a que o ouvido humano pode captar (Hetzl e Lodi, 1993), apresentando uma audição muito eficiente. Esse grupo produz diversos sons subaquáticos que variam não apenas entre as espécies como também entre seus grupos de convivência, sendo esses sons de extrema importância para a localização de alimentos, comunicação entre os indivíduos do mesmo bando ou de bandos diferentes e também para localizar e escapar de possíveis predadores.

A evolução da audição dos cetáceos decorreu de forma completamente diferente, e de uma forma extraordinária, em relação aos seus ancestrais terrestres. À medida que os cetáceos eram transformados em mamíferos aquáticos completos, os seus ouvidos acompanhavam essas mudanças se tornando altamente eficazes em identificar frequências sonoras pela água (Ketten, 1992).

4.2 A audição e vocalização dos Mysticetus

Como já citado, há divergências entre as formas como os cetáceos utilizam sua audição para se orientar no meio subaquático, e a diferença mais notável é a entre as subordens. Os misticetos possuem um sistema de vocalização proveniente de seus canais respiratórios que geram canções graves e profundas que se propagam por quilômetros em mar aberto, geralmente esse grupo se comunica em frequências de até 50 Hertz (Weston e Black, 1965; Watkins et al., 1987; Edds, 1988; Clark, 1990), englobando a escala dos infrassons, que são de 20 Hz para baixo, e o início da escala dos sons audíveis para os seres humanos (20-2.000 Hz). A produção dos sons de baixa frequência dos misticetos é devido a uma dobra em U no lúmen da laringe, que aparentemente possui uma função semelhante de regulação do fluxo de ar e na geração de sons pneumáticos. Dessa forma, as canções dos misticetos provém de vibrações dessa dobra em U, seguida pela modificação da qualidade do som por meio da variação dos parâmetros laríngenos, por meio de contrações musculares, e pela transdução do som por meio de vibração da parede do saco laríngeo até pulsações das pregas ventrais da garganta que colidem com a água (Reidenberg e Laitman, 2007). Em outras palavras, os misticetos propagam suas canções pela água através de tecidos moles de sua garganta ao redor da laringe (Reidenberg e Laitman, 2018).

4.3 A ecolocalização dos Odontocetos

Diferente de sua subordem irmã, os odontocetos não vocalizam canções complexas de baixa frequência, ao invés disso eles possuem um mecanismo muito mais sofisticado, a ecolocalização.

A ecolocalização é o uso ativo de chamados e interpretações de ecos no intuito de detectar, localizar e classificar objetos (Griffin, 1944; Jones e Rydell, 2005). Tendo isso em vista, ao produzir um som, o emissor analisa seus ecos que refletem no ambiente, percebendo a direção, o tempo que leva para as ondas voltarem e a composição espectral dos objetos, possibilitando que o animal perceba, identifique e reconheça tudo ao seu redor (Pollak e Casseday, 1989). Esse tipo de adaptação surgiu de forma independente em diferentes grupos de vertebrados e invertebrados que vivem onde a visão é limitada. No caso dos cetáceos, a turbidez da água e a tendência a mergulhar em profundidades onde pouca luz permeia contribuíram para a evolução da ecolocalização (Maltby et al., 2010).

O surgimento da ecolocalização em espécies marinhas foi algo bastante útil para esses animais, já que a propagação do som na água é cinco vezes mais rápida do que em relação ao ar. Até onde se sabe, os odontocetos são os únicos cetáceos ecolocalizantes, tendo desenvolvido essa característica durante a segunda radiação evolutiva do grupo, no Oligoceno. Posteriormente, a evolução da audição dos odontocetos divergiu da dos mysticetos, fazendo com que a deste primeiro fosse bem mais complexa.

Os odontocetos emitem a ecolocalização por um órgão especializado chamado Bursa Dorsal, que fica na porção superior de suas cabeças próximo ao espiráculo (Langley, 2021). Nessa região, há um depósito de gordura chamado Melão, que tem a função de diminuir a impedância ou a resistência das ondas sonoras, tornando o som mais claro, como explica o oceanógrafo sênior do Laboratório de Física Aplicada da Universidade de Washington Wu-Jung Lee. Ainda há um outro depósito de gordura que se estende do maxilar inferior até a orelha, que possui a função de elucidar os ecos que retornam de uma potencial presa (Langley, 2021).

Esse grupo utiliza de sua cavidade nasal para produzir sons de alta frequência, semelhantes a cliques e assobios que, na maioria das vezes, não conseguimos escutar por serem de uma frequência que nossos ouvidos não conseguem captar, mas há exceções como no caso das orcas, algumas espécies de golfinhos e do cachalote (Reidenberg e Laitman, 2018; Liz Langley, 2021). O mecanismo de sua região nasal é altamente derivado, apresentando uma anatomia única onde o fluxo de ar causa vibrações em suas estruturas, e essas são transferidas para o Melão que emite o som em alta frequência (Reidenberg e Laitman, 2018)

Apesar de ser um sistema bastante elaborado, ao contrário do infrassom, o ultrassom não se propaga por longas distâncias, pois o sinal se atenua rapidamente com a distância. Não são todas as frequências ultrassônicas que as espécies de odontocetos conseguem captar, cada espécie possui seu próprio repertório de escala. Como exemplo, as toninhas-comuns que emitem sinais rápidos e de alta frequência os quais as suas predadoras, as orcas, não são capazes de ouvir.

5. Os sons não naturais dos oceanos

Desde o início da civilização, nós humanos sempre construímos nossas cidades perto de rios ou da costa, tanto que, até os dias de hoje, a maioria das regiões mais desenvolvidas e populosas são as que ficam perto de tais locais. Isso, para nós, é uma grande vantagem para o desenvolvimento econômico, já que os principais meios de exportação sempre foram feitos pelos oceanos.

Nas últimas décadas, com o aumento da economia global, houve a necessidade de também aumentar a frota de embarcações, além de inúmeras outras atividades antropogênicas marinhas cada vez mais sofisticadas. Entretanto, essas atividades acabaram trazendo diversos perigos para os oceanos, e uma das quais poucas pessoas dão importância é a poluição sonora.

5.1 Como o som se propaga pela água

Os sons se propagam de forma diferente no oceano, se propagando de forma mais rápida do que o ar. Isso ocorre devido a sua natureza mecânica, as ondas sonoras percorrem mais rapidamente pelo meio aquático devido a leveza das moléculas de água. Quando um som é produzido dentro da água, há a criação de ondas de pressão sonora que possuem a natureza de comprimir e descomprimir as moléculas de água na proporção que se propaga pelo meio, irradiando para todas as direções. Essas mudanças de compressão e descompressão são captadas como mudanças de pressão (Nieukirk, 2020).

5.2 Ruídos antrópicos

Os ruídos antrópicos são todos e quaisquer sons provenientes das ações humanas, como o tráfego de veículos marinhos, pesquisas sísmicas, dragagens e construções, minerações, sonares, explosões e pesquisas científicas. Todas essas atividades, e consequentemente os sons causados por elas, afetam o ambiente marinho.

Para descrever uma fonte sonora, são usados três parâmetros: intensidade, frequência e padrão temporal. A intensidade do som relaciona-se a certas quantidades de energia sonora transmitida de uma certa frequência e distância específicas (Richardson et al., 1995). Todos os sons podem ser avaliados por dois meios: por níveis de espectro, que representam o nível de som, que é o mesmo que intensidade de som, por unidade de frequência ou por bandas de frequência (Honda, 2010).

Esses ruídos antrópicos são classificados em dois tipos: transientes, de curta duração, e contínuos, de longa duração. Richardson et al. (1995) agruparam as atividades antrópicas de acordo com o tipo de som que ele emite. Dessa forma, temos que os sons de natureza transiente são os emitidos por pesquisas sísmicas e explorações marinhas. Já os sons de natureza contínua são os provenientes de transportes, dragagens e construções, pesquisas científicas e sonares.

5.3 Poluição sonora

Os diversos ruídos causados pelas ações antrópicas fizeram com que os oceanos ficassem cada vez mais barulhentos, causando muitos problemas. A poluição sonora é todo ruído que cause alterações nas condições normais de audição de um ambiente específico, podendo causar danos físicos e mentais na população que o está sujeita (Junior, 2020).

Pesquisas sísmicas que utilizam navios com canhões de ar que emitem ondas sonoras ao fundo do oceano com a finalidade de encontrar depósitos de petróleo, gás e hidrocarbonetos; barulho dos motores de embarcações comerciais, mas em especial as turísticas, pois não apenas passam perto dos animais como também os perseguem para que possam ser vistos por seus tripulantes e, por fim, testes militares com o uso de sonares de baixa e média frequência, são exemplos de atividades que constantemente causam perturbação sonora nos oceanos (Pavan, 2002; Würsig e Evans, 2001; Santos Alves e Guimarães, 2017).

Os principais prejuízos que tais atividades podem manifestar na biota marinha ocorrem em níveis comportamental, fisiológico e acústico (Nowacek et al., 2007), sendo que em diversas pesquisas encontramos constante reconhecimento dos efeitos de curto a longo prazo causados pela incessante exposição sobre tais ruídos (Tyack, 2008).

Ruídos de alta intensidade e curta duração, como levantamento sísmico e estaqueamento, vem demandando mais atenção pelos possíveis danos físicos e da perda da sensibilidade auditiva em mamíferos marinhos (Bailey et al., 2010). Já os ruídos de menor intensidade como o motor de barcos podem provocar alterações comportamentais (Richardson e Würsig, 1997).

5.4 Os efeitos sobre os cetáceos

Atividades antrópicas vêm causando impactos explícitos em toda a fauna marinha, confundindo e prejudicando sua saúde e bem-estar. No caso dos cetáceos, que dependem muito de sua capacidade auditiva e de sua ecolocalização, a poluição sonora é um grande inimigo da sua sobrevivência já que afeta sua habilidade de relações sociais, busca de alimentos, migração, reprodução, fuga de predadores e até mesmo em sua distribuição (Pavan, 2002).

Um estudo feito em Angola sobre os impactos sonoros nos cetáceos mostrou o afastamento dos cetáceos em uma área de pesquisas sísmicas. Foi relatado que os animais evitavam os navios sísmicos quando os canhões estavam ligados (Brinca e Domingos, 2009), e depois de um tempo voltavam aquela área quando os mesmos estavam desligados, indicando que o comportamento dos cetáceos era associado às atividades de pesquisas sísmicas.

Um estudo de Parks et al. (2016) demonstrou que houve alterações na vocalização do tipo “upcall”, relacionada com a distribuição de frequência de ruídos de fundo, em Baleias-franca-austrais (*Eubalaena australis*). Foram observadas variações significativas na frequência mínima, na frequência de pico e na duração das vocalizações em resposta tanto para ruídos antropogênicos quanto também para os ruídos biológicos. Dessa forma, demonstrou-se que as baleias-franca estão alterando seus padrões de comunicação, além de

demonstrar sua grande sensibilidade ao ambiente marinho sonoro (Machado e Sanches, 2022).

De acordo com Brito (2012), houve mais respostas neutras em relação a aproximação de barcos em Golfinhos-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), porém ele relacionou essa resposta ao fato de que esses animais poderiam perceber a presença desses barcos a uma grande distância, fazendo com que mudassem seu comportamento muito antes deles chegarem mais perto, o que dificulta muito na compreensão dos reais efeitos dos sons dos motores nesses animais.

Inúmeros sons antropogênicos possuem uma frequência similar à que os cetáceos emitem como parte de seu complexo comportamento reprodutivo (Santos, 2012). Os efeitos causados pela exploração de petróleo e gás, por exemplo, podem acarretar impactos sobre a reprodução dos cetáceos, já que esses sons podem mascarar os que são feitos por eles ou confundi-los, causando assim uma baixa em suas taxas de natalidade.

Canhões pneumáticos no oeste do Mar Mediterraneo causaram um efeito negativo nas atividades de canto de baleias-comuns (*Balaenoptera physalus*) (Castellote et al., 2012), sucedendo uma diminuição significativa no número desses animais, além dos níveis recebidos pelas unidades de canto, o que sugeriu que elas decidiram sair daquela área. Esses efeitos perduraram por 14 dias após o término das pesquisas sísmicas (Cerchio et al., 2014). Um caso parecido aconteceu com as Cachalotes (*Physeter catodon*), que permaneceram em silêncio quando estavam expostas a diferentes fontes de sons, como pesquisas sísmicas e sonar militar de média frequência (Watkins et al., 1985), dispositivos acústicos de dissuasão chamados pingers (Watkins e Schevill, 1975) e sons de baixa frequência (Bowles et al., 1994).

Vários estudos feitos com espécies de golfinhos observaram praticamente as mesmas mudanças de comportamentos daqueles vistos nas baleias na presença de embarcações: alterações ou paralisação de seus comportamentos naturais, afastamento e mergulhos mais longos. Além de todos esses efeitos, Cruz (2012) observou também uma diminuição na vocalização dos golfinhos na presença de embarcações.

Observações feitas na costa de Massachusetts registraram uma diminuição nas detecções diárias do canto de baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*) em uma região onde antes elas se alimentavam. Essa diminuição se dá em resposta a uma fonte sonora na costa, onde são retiradas imagens de cardumes de peixes, tendo um alcance de uma região de 100 km de diâmetro, alcançando a área onde as jubarte se alimentavam (Risch et al., 2012). Além disso, um estudo (Dunlop, 2019) demonstrou que os ruídos de embarcações têm diminuído em até 78% os níveis de comunicação vocal das baleias jubarte, o que corrobora as pesquisas feitas por Sprogis et al. (2020) que utilizaram playbacks de sons de embarcações turísticas de observações de baleias, simulando sua aproximação, e o resultado foi a retração instantânea das baleias em relação ao som, mostrando sua notável perturbação.

Como já citado acima, muitos sons possuem a mesma frequência (hertz) do que aqueles vocalizados por muitos cetáceos, mascarando os sons produzidos por estes e reduzindo o seu

alcance e qualidade. Para conseguir superar essas interferências, os cetáceos têm tentado vencer os persistentes sons aumentando suas vocalizações sobre esses ruídos de fundo. Esse é o caso das Baleias-belugas (*Delphinapterus leucas*) que estão aumentando as frequências de suas vocalizações quando há a presença de barcos (Lesage et al., 1999), exatamente como as belugas do Rio São Lourenço (Scheifele et al., 2005).

No caso das Orcas, quando há a presença de tráfego de embarcações, elas aumentam a duração de seu canto (Foote et al., 2004). O mesmo efeito pode ser visto em baleias-piloto (*Globicephala melas*), que emitiram mais assobios em resposta ao sonar militar de média frequência (Rendell e Gordon, 1999).

Um caso que repercutiu muito e que mostrou o efeito preocupante dos sonares militares de média frequência foi o encalhe induzido acusticamente das baleias-bicuda-de-cuvier (*Ziphius cavirostris*), em 2000, nas Bahamas, que ocorreu juntamente com um exercício militar naval que envolvia um sonar de frequência média (Weilgart, 2007). Depois dessa triste tragédia, não foram avistados grupos de baleias-bicuda-de-cuvier, no decorrer de 20 meses após o encalhe. Devido aos vários animais mortos encontrados na costa com lesões em seus órgãos auditivos, o Governo dos EUA se pronunciou em uma nota:

“... Os navios da Marinha... foram a fonte mais plausível deste trauma acústico ou de impulso.”
(NOAA, 2001).

Ainda que muitas pesquisas venham expondo os diversos impactos que a poluição sonora vem causando no modo de vida dos cetáceos, outros afirmam que esses animais estão começando a se habituar com os ruídos. Pereira et al. (2007) afirmam que houve uma diminuição nas respostas negativas e um aumento nas respostas neutras no decorrer de suas observações de dez anos de botos-cinzas (*Sotalia guianensis*), e que isso pode ser devido a uma habituação ou por problemas auditivos causados pelos barcos. Wedekin et al. (2010) relacionaram a capacidade de tolerância desses animais ao tráfego de embarcações devido a grande quantidade de comida que aquele local oferecia. Os mesmos aspectos foram observados por Valle e Melo (2006), que associaram as respostas neutras com a necessidade desses animais de permanecerem no local.

Porém, outras pesquisas identificaram o comportamento de habituação em cetáceos, que é a aprendizagem não associativa quando ocorre a diminuição automática da intencionalidade de uma resposta a um estímulo repetitivo, fazendo com que o animal acabe por ignorar o que lhe é familiar e focar apenas no que lhe é novo (Reis e Carmo Silveira, 2014; IBAMA, 2003). Isso poderia explicar o porquê de algumas espécies já não se afastarem de embarcações, demonstrando neutralidade.

Apesar das controvérsias, é indiscutível que, para muitas espécies, os efeitos contínuos dos ruídos antrópicos são nocivos. Alguns até tentam evitar tais ruídos por meio das mudanças de seus comportamentos, mas outros que não conseguem evitar ou são mais sensíveis, acabam tendo fins trágicos.

6. Profilaxias

Embora este não seja um assunto que vemos com frequência, as consequências desastrosas que a poluição sonora está causando na vida marinha são de suma importância. Vários governos já se comprometeram a diminuir as emissões de ruídos pelo oceano ou ao menos já assumiram suas responsabilidades, entretanto nenhuma ação tem sido feita de forma efetiva para ao menos suavizar os efeitos.

6.1 Leis e instituições nacionais

Muitas leis protegem os cetáceos contra toda ou qualquer perturbação que eles possam sofrer. No caso do Brasil, essas leis de proteção são: Decreto Nº 6.698, 17 de dezembro de 2008 que estabelece as águas judiciais brasileiras como um Santuário de Baleias e Golfinhos; e a Lei Nº 7.643, 18 de dezembro de 1987 que proíbe a caça e qualquer atividade que possa ser prejudicial aos cetáceos.

Além dessas leis, várias instituições nacionais e ONGs têm a finalidade de proteção e preservação dos cetáceos que vivem no nosso território, seja na costa ou nos rios. O mais famoso em nosso país é o Instituto Baleia Jubarte:

“Criado em 1988 como parte das ações de Implantação do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, com a missão de estudar e proteger a população remanescente de baleias-jubarte que se reproduzem em águas brasileiras, que naquela época ainda estavam ameaçadas de extinção. Graças aos mais de 35 anos de esforços, as jubartes hoje se recuperaram quase que totalmente no Brasil... e trabalha em três frentes – pesquisa, educação e políticas para a conservação – para assegurar a recuperação plena da espécie.” (Projeto Baleia Jubarte, 2023)

6.2 Instituições Internacionais

Nos EUA, há a Agência de Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA), que foi criada em 1970 para determinar como a atmosfera e os oceanos devem ser desenvolvidos, regulamentados, analisados, formados e extraídos. Junto ao NOAA, há a The Ocean Foundation, uma fundação comunitária para o oceano que apoia, fortalece e promove organizações que contribuem para a preservação marinha global. diz:

“The Ocean Foundation está trabalhando com a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos EUA (NOAA) para cooperar em esforços científicos nacionais e internacionais para promover a pesquisa, a conservação e nossa compreensão do oceano global. A missão da NOAA é: Compreender e prever mudanças no clima, clima, oceano e costas, compartilhar esse

conhecimento e informações com outras pessoas e conservar e gerenciar ecossistemas e recursos costeiros e marinhos.” (The Ocean Foundation, 2023)

Outra organização de alcance mundial é a The International Whaling Commission (IWC), um órgão global criado em 1946 com a missão de preservação de cetáceos.

“... Hoje a IWC tem 88 países membros. O mandato não mudou, mas existem muitas novas preocupações de conservação e o programa de trabalho da IWC inclui agora também capturas acidentais e emaranhamento, colisões com navios, ruído oceânico, poluição e detritos, e observação sustentável de baleias.” (IWC, 2023)

6.3 Mitigações propostas em literatura

Várias medidas de mitigação já foram propostas por vários pesquisadores que estudaram o tema na tentativa de conscientizar e aplacar os efeitos nocivos dos ruídos antrópicos.

Foi proposta a demarcação de tempo para as pesquisas sísmicas, quando estas não poderiam exercer suas atividades em determinado período do dia e do ano para que assim se evitasse interferir na migração ou no horário de alimentação dos cetáceos e, no caso de avistamento, deveriam interromper as atividades imediatamente (Cato et al., 2013; Monaco et al., 2016). No caso da legislação brasileira a Instrução Normativa Conjunta IBAMA/ICMBIO N° 2, de 21 de Novembro de 2011, determina um espaço de tempo para as pesquisas sísmicas.

Para as embarcações, uma forma de evitar o estresse que o barulho do motor pode causar é evitar rotas das quais há avistamento de cetáceos, ou se não for possível diminuir a intensidade do motor enquanto estiverem passando para que assim o ruído seja menor. Já no caso das embarcações de turismo, foi aconselhado evitar aproximações bruscas, reduzindo para apenas 3 barcos por vez, mantendo uma distância mínima de 100 metros do grupo de cetáceos avistados, além de evitar mudanças abruptas na direção (Würsig e Evans 2001).

Em relação às atividades militares com o uso de sonares, Pavan (2002) propôs que antes haja um estudo criterioso na área onde será feita a atividade para que se saiba se ali há ocorrências de cetáceos. Alguns autores ainda propõem a contratação de uma equipe especializada que fique de prontidão para avisar sobre qualquer avistamento (Santos Alves e Guimarães, 2017).

7. Conclusão

Os crescentes e incessantes ruídos antropogênicos vem, ao longo de décadas, causando graves prejuízos à vida marinha, em especial aos cetáceos de vida livre. Modificação de seus comportamentos naturais, interferência de sua vocalização e ecolocalização que, em consequência disso, alteram seus padrões de interações sociais, busca de alimento,

identificação e fuga de predadores e abandono de seus habitats são alguns dos diversos efeitos dessa ameaça invisível.

A disputa de espaço com as embarcações, principalmente as de turismo e de pesquisas sísmicas, podem levar a alterações em seus padrões de natação, mergulho e, conseqüentemente, em suas taxas de respiração e seu tempo de descanso, fazendo com que gastem mais energia do que o normal. Além disso, várias espécies acabam mudando suas rotas de migração na tentativa de fugir dos ruídos.

Testes militares utilizando sonares de média frequência já foram a causa de encalhes de baleias que tentavam escapar dos ruídos que lhes causavam desorientação. Ademais, a intensa exposição a ruídos pode causar lesões nos órgãos auditivos dos cetáceos, podendo causar perdas auditivas de curta a longa duração, dependendo da natureza do ruído ao qual estão expostos.

Todas essas informações elucidam como os ruídos antrópicos são um problema de importância crítica, e como há carência de ações mitigadoras efetivas para refrear seus efeitos prejudiciais. Apesar de haver várias leis e instituições que buscam a segurança tanto dos oceanos quanto de sua fauna, ainda não é o suficiente para que haja de fato ações reparadoras efetivas.

Diversos autores relataram a dificuldade de se obter dados concretos sobre este tema por abranger muitas espécies em um campo demasiadamente amplo como os oceanos, porém não podemos descartar a importância que essas pesquisas têm em relação a preservação dos cetáceos, e sugerir que novas pesquisas devem ser feitas para maior compreensão dos problemas e para a busca de soluções.

Referências Bibliográficas:

ALMEIDA, A. M. R.; EL-HANI, C. N. Um exame histórico-filosófico da biologia evolutiva do desenvolvimento. **Scientiae Studia**, v. 8, p. 9-10, 2010.

BAILEY, H. et al. Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, n. 6, p. 888-897, 2010.

BOWLES, A. E. et al. Relative abundance and behavior of marine mammals exposed to transmissions from the Heard Island Feasibility Test. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 96, n. 4, p. 2469-2484, 1994.

BRINCA, P.; DOMINGOS, J. **Observação de mamíferos no Bloco 31, durante a actividade de aquisição de dados sísmicos 3-d a bordo M/V Toisa Crest**, BP Angola offshore Norte, Angola, 2009. Disponível em: <https://cenedcursos.com.br/meio-ambiente/observacao-de-mamiferos-marinhos/>. Acesso em 4 de dezembro de 2023.

BRITO, I. M. B. **Utilização do estuário do Sado pela população residente de roazes (*Turisops truncatus*) e interacções com a navegação**. Tese de mestrado. Biologia (Ecologia Marinha). Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/7432>. Acesso em 19 de novembro de 2023.

CASTELLOTE, M.; CLARK, C. W.; LAMMERS, M. O. Acoustic and behavioural changes by fin whales (*Balaenoptera physalus*) in response to shipping and airgun noise. **Biological Conservation**, v. 147, n. 1, p. 115-122, 2012.

CATO, D. H. et al. Behavioral responses of humpback whales to seismic air guns. **Proceedings of Meetings on Acoustics**, v. 19, p. 010052, 2013.

CERCHIO, S. et al. Seismic surveys negatively affect humpback whale singing activity off northern Angola. **PloS One**, v. 9, n. 3, p. e86464, 2014.

CHEMWATCH. **Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA)**. Chemwatch ©. Disponível em:

<https://chemwatch.net/pt/resource-center/national-oceanic-and-atmospheric-administration-noaa/>. Acesso em: 19 de novembro de 2023.

CLARK, C. W. Acoustic behavior of mysticete whales. In: THOMAS, J.A.; KASTELEIN, R.A. (Eds.) **Sensory Abilities of Cetaceans: Laboratory and Field Evidence**. Boston, MA: Springer US, 1990. p. 571-583.

CRUZ, E. M. **Caracterização do ruído subaquático produzido pelo tráfego marítimo no estuário do Sado e potenciais impactos sobre a população residente de *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821)**. 2012. Tese de Doutorado.

DUNLOP, R. A. The effects of vessel noise on the communication network of humpback whales. **Royal Society Open Science**, v. 6, n. 11, p. 190967, 2019.

EDDS, P. L. Characteristics of the vocalizations of *Balaenoptera physalus* in the São Lourenço Estuary. **Bioacoustics**, v. 1, no. 2-3, pg. 131-149, 1988.

FOOTE, A. D.; OSBORNE, R. W.; HOELZEL, A. Rus. Whale-call response to masking boat noise. **Nature**, v. 428, n. 6986, p. 910-910, 2004.

GINGERICH, P. D.; RUSSELL, D. E. *Pakicetus inachus*, a new archaeocete (Mammalia, Cetacea) from the early-middle Eocene Kuldana Formation of Kohat (Pakistan). 1981.

GRIFFIN, D. R. Echolocation by blind men, bats and radar. **Science**, v. 100, n. 2609, p. 589-590, 1944.

HETZEL, B.; LODI, L. **Baleias, Botos e Golfinhos: Guia de Identificação para o Brasil**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Nova Fronteira, 1993.

HONDA, L. K.. **Impactos de atividades de exploração de petróleo e gás natural sobre a comunicação acústica de Mysticeti (ordem Cetacea): uma revisão**. 2010. vii, 57 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado e Licenciatura - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2010.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Informação Técnica ELPN/IBAMA N°12/03. Rio de Janeiro: Ministério do Meio Ambiente, 2003.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Lei N° 7.643, de 18 de dezembro de 1987. Lei de Proibição à Caça e Pesca de Cetáceos nas Águas Jurisdicionais Brasileiras**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 dez. 1987. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cma/legislacao.html>. Acesso em: 19 de novembro de 2023.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Decreto N° 6.698, 17 de dezembro de 2008. Lei do Santuário de Baleias e Golfinhos do Brasil**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 dez. 2008. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cma/legislacao.html>. Acesso em: 19 de novembro de 2023.

IWC - International Whaling Commission. **The International Whaling Commission - IWC**. Disponível em: <https://iwc.int/home>. Acesso em: 19 de novembro de 2023.

JACOBINA, A. M. S. et al. Os cetáceos. Brasília: Repositório UNICEUB - Centro Universitário de Brasília Faculdade de Ciências da Saúde, 2000. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/123456789/2396>. Acesso em 2 de novembro de 2023.

JONES, G.; RYDELL, J. **Attack and Defense: Interactions Between Echolocating Bats and their Insect Prey**. Chicago IL: Chicago University Press, 2005.

JUNIOR, A. A. A., **Série Socializando Saberes Silêncio! Poluição Sonora é Crime**. Bahia, 2020. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Programa de Educação Tutorial. Disponível em: https://www2.ufrb.edu.br/petsocioambientais/images/Polui%C3%A7%C3%A3o_Sonora.pdf. Acesso em 01 de janeiro de 2023.

KETTEN, D. R. The cetacean ear: form, frequency, and evolution. In: THOMAS, J.A.; KASTELEIN, R.A.; SUPIN, A.Y. (Eds.) **Marine Mammal Sensory Systems**. Boston, MA: Springer, 1992. p. 53-75.

LAMBERT, O. Evolution: fossil ears and underwater sonar. **Current Biology**, v. 26, n. 16, p. R758-R760, 2016.

LANGLEY, L. **Veja como funciona a ecolocalização – o sonar inerente da natureza**. **National Geographic Brasil**. 10 de fevereiro de 2021. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/animais/2021/02/veja-como-funciona-a-ecoloc-alizacao-o-sonar-inerente-da-natureza>. Acesso em: 9 de novembro de 2023.

LESAGE, V. et al. The effect of vessel noise on the vocal behavior of belugas in the St. Lawrence River estuary, Canada. **Marine Mammal Science**, v. 15, n. 1, p. 65-84, 1999.

MACHADO, J. S.; SANCHES, L. T. Os impactos do tráfego de embarcações em mysticetos. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 3, n. 1, p. 1-7, 2022.

MALTBY, A.; JONES, K. E.; JONES, G. Understanding the evolutionary origin and diversification of bat echolocation calls. In: BRUDZINSKI, S.M. (Ed.) **Handbook of Behavioral Neuroscience**. Amsterdam, NL: Elsevier, 2010. p. 37-47.

MCGOWEN, M. R.; GATESY, J.; WILDMAN, D. E. Molecular evolution tracks macroevolutionary transitions in Cetacea. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 29, n. 6, p. 336-346, 2014.

MONACO, C. et al. Cetacean behavioral responses to noise exposure generated by seismic surveys: how to mitigate better?. **Annals of Geophysics**, v. 59, n. 4, p. S0436-S0436, 2016.

NIEUKIRK, S. **Compreendendo a acústica oceânica**. Ocean Explorer. 2022. Disponível em:

<https://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/sound01/background/acoustics/acoustics.html>.

Acesso em: 19 de novembro de 2023.

NOAA - National Oceanographic and Atmospheric Administration. Joint Interim Report: Bahamas Marine Mammal Stranding Event of 15-16 March 2000. 2001. Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, 59 pp. Disponível em: https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/16198/noaa_16198_DS1.pdf. Acesso em 2 de dezembro de 2023.

NOWACEK, D. P. et al. Responses of cetaceans to anthropogenic noise. **Mammal Review**, v. 37, n. 2, p. 81-115, 2007.

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. (Ed.)r **The Effects of Noise on Aquatic Life II**. Springer: New York, 2016. p. 809-813.

PAVAN, G. Effects of underwater noise on marine mammals. **Accobams Bulletin**, v. 4, p. 11-14, 2002.

PEREIRA, M. G.; BAZZALO, M.; DE CARVALHO FLORES, P. A. Reações comportamentais na superfície de *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) durante encontros com embarcações na Baía Norte de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 9, n. 2, 2007.

PETROBRAS. **Pesquisas Sísmicas Marítimas. Comunicação Bacia De Santos**, 2023. Disponível em: <https://comunicabaciadesantos.petrobras.com.br/empreendimentos/pesquisa-sismica-maritima#:~:text=Para%20realiza%C3%A7%C3%A3o%20das%20atividades%20de,refletidas%20e%20captadas%20por%20receptores>. Acesso em: 19 de novembro de 2023.

POLLAK, G. D.; CASSEDAY, J. H. **The Neural Basis of Echolocation in Bats**, Berlin: Springer Verlag, 1989.

PROJETO BALEIA JUBARTE. O Projeto Baleia Jubarte. Disponível em: <https://www.baleiajubarte.org.br/o-projeto>. Acesso em 19 de novembro de 2023

REIDENBERG, J. S.; LAITMAN, J. T. Discovery of a low frequency sound source in Mysticeti (Baleen whales): anatomical establishment of a vocal fold homolog. **The Anatomical Record**, v. 290, n. 6, p. 745-759, 2007.

REIDENBERG, J. S.; LAITMAN, J. T. Anatomy of underwater sound production with a focus on ultrasonic vocalization in toothed whales including dolphins and porpoises. In: BRUDZINSKI, S.M. (Ed.) **Handbook of Behavioral Neuroscience**. Amsterdam: Elsevier, 2018. p. 509-519.

REIS, J. C.; CARMO SILVEIRA, G. As técnicas de prospecção sísmica e seus possíveis efeitos na alteração comportamental e diversidade dos cetáceos. **Interação-Revista de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 16, n. 16, p. 43-60, 2014.

RENDELL, L. E.; GORDON, J. C. D. Vocal response of long-finned pilot whales (*Globicephala melas*) to military sonar in the Ligurian Sea. **Marine Mammal Science**, v. 15, n. 1, p. 198-204, 1999.

RICHARDSON, W. J.; GREEN C. R. J; MALME, C. I.; THOMPSON, D. H. **Marine Mammals and Noise**. San Diego: Academic Press. 576 p. 1995.

RICHARDSON, W. J.; WÜRSIG, Bernd. Influences of man-made noise and other human actions on cetacean behaviour. **Marine & Freshwater Behaviour & Physiology**, v. 29, n. 1-4, p. 183-209, 1997.

RISCH, D. et al. Changes in humpback whale song occurrence in response to an acoustic source 200 km away. **PloS One**, v. 7, n. 1, p. e29741, 2012.

SANTOS ALVES, B.; GUIMARÃES, J. P. Influência de ruídos antropogênicos em mamíferos aquáticos. **Anais do Encontro Nacional de Pós-graduação**, v. 1, n. 1, p. 16-20, 2017.

SANTOS, D. **Guia Prático dos Mamíferos Aquáticos: Origem, Diversidade e Conservação**. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo - MZUSP, 2020. Disponível em:

<https://mz.usp.br/wp-content/uploads/2020/09/Guia-pratico-mamiferos-aquaticos-PARTE-I.pdf>. Acesso em: 5 novembro 2023.

SANTOS, D. **Guia Prático dos Mamíferos Aquáticos: Diversidade, Morfologia e Adaptação**. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo - MZUSP, 2020. Disponível em:

<https://mz.usp.br/wp-content/uploads/2020/10/Guia-de-Mamiferos-Aquaticos-PARTE-II.pdf>. Acesso em: 5 novembro 2023.

SCHEIFELE, P. M. et al. Indication of a Lombard vocal response in the St. Lawrence River beluga. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 117, n. 3, p. 1486-1492, 2005.

SPAULDING, M.; O'LEARY, M.A.; GATESY, J. Relationships of Cetacea (Artiodactyla) among mammals: increased taxon sampling alters interpretations of key fossils and character evolution. **Plos One**, v. 4, n. 9, p. e7062, 2009.

SPROGIS, K. R.; VIDESEN, S.; MADSEN, P. T. Vessel noise levels drive behavioural responses of humpback whales with implications for whale-watching. **Elife**, v. 9, p. e56760, 2020.

THE OCEAN FOUNDATION. **National Oceanic and Atmospheric Administration**. The Ocean Foundation, 2020. Disponível em:

<https://oceanfdn.org/pt/?supporter=national-oceanic-and-atmospheric-administration>. Acesso em: 19 de novembro de 2023.

THEWISSEN, J. G. M.; HUSSAIN, S. T. Origin of underwater hearing in whales. **Nature**, v. 361, n. 6411, p. 444-445, 1993.

TYACK, P. L. Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. **Journal of Mammalogy**, v. 89, n. 3, p. 549-558, 2008.

UHEN, M. D. The origin (s) of whales. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 38, p. 189-219, 2010.

VALLE, A. L.; MELO, F. C. C. Alterações comportamentais do golfinho *Sotalia guianensis* (Gervais, 1953) provocadas por embarcações. **Revista Biotemas**, v. 19, n. 1, p. 75-80, 2006.

WATKINS, W. A.; SCHEVILL, W. E. Sperm whales (*Physeter catodon*) react to pingers. In: **Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts**, v. 22, n. 3, p. 123-129. Elsevier, 1975. p. 123-129.

WATKINS, W. A. MOORE, K. E., and TYACK, P., Investigations of sperm whale acoustic behaviors in the southeast Caribbean. **Cetology**, v. 49, p. 1-15, 1985.

WATKINS, W. A. et al. The 20-Hz signals of finback whales (*Balaenoptera physalus*). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 82, n. 6, p. 1901-1912, 1987.

WEDEKIN, L. L.; DAURA-JORGE, F. G.; SIMÕES-LOPES, P. C. Habitat preferences of Guiana dolphins, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in Norte bay, southern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 90, n. 8, p. 1561-1570, 2010.

WEILGART, L. S. A brief review of known effects of noise on marine mammals. **International Journal of Comparative Psychology**, v. 20, n. 2, 2007.

WESTON, D. E.; BLACK, R. I. Some unusual low-frequency biological noises underwater. **Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts**, v.12, n. 3, p. 295-298, 1965.

WÜRSIG, B.; EVANS, P. GH. **Marine Mammals: Biology and Conservation**. Boston, MA: Springer, 2001.