

4.2.4 Bioindicadores

4.2.4.1 Contextualização

Por conta das ações e suas implicações na implementação e operação do empreendimento tanto onshore *como* offshore, propõe-se o monitoramento da biota, para acompanhamento da evolução das comunidades (algumas espécies aquáticas e aves) após a ação de implantação e avaliação dos possíveis impactos durante a operação, utilizando-se para isto os bioindicadores.

Os bioindicadores são espécies, grupos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença, abundância e condições são indicativos biológicos de uma determinada condição ambiental. Para a CETESB (2012) define bioindicadores como seres vivos de natureza diversa, que podem ser vegetais ou animais, utilizados para avaliação da qualidade ambiental. Os bioindicadores respondem as modificações ambientais por meio de reações comportamentais ou metabólicas que podem ser utilizadas como medidas e refletem alguma mudança no ambiente onde eles vivem (ANDRÉIA,2008). A maioria das mudanças normalmente estão associadas a fontes antropogênicas.

Esses bioindicadores são fundamentais por permitir correlacionar com um determinado fator antrópico ou um fator natural com potencial impactante, tornando-se importante ferramenta para a avaliação da integridade ecológica, envolvendo condições de “saúde” de uma área, definida pela comparação da estrutura e função de uma comunidade biológica entre a área impactada e áreas de referência (GEOCONSULT, 2010). Daí a importância e o interesse atual de incorporação da análise de bioindicadores em programas de avaliação de impactos ambientais.

De acordo com Magalhães (2012 p.76) os bioindicadores podem ser classificados em:

- **Sentinelas** – são aquelas espécies introduzidas para indicar níveis de



degradação e prever ameaças ao ecossistema;

- **Detectoras** - são espécies locais que respondem a alterações ambientais de forma mensurável;
- **Exploradoras** – são aquelas que reagem positivamente a perturbações;
- **Acumuladoras** - são as que permitem verificação de bio acumulação;
- **Bio ensaio** – são as espécies utilizadas em experimentos;
- **Sensíveis** - são as espécies que modificam seu comportamento.

Dependo do tipo de impacto, pode-se selecionar uma ou mais classe de bioindicador, no caso deste empreendimento, as duas principais classes que poderão ser utilizadas são as espécies sensíveis e as exploradoras. Tendo em vista que, estudos têm detectado que algumas espécies mudam seu comportamento com os ruídos dos parques eólicos offshore que podem ser ou de aproximação ou de afastamento.

4.2.4.2 Espécies Bioindicadores do Ambiente

Na escolha de um bioindicador, devem ser observadas algumas características importantes de acordo com o estudo que será desenvolvido. Um bioindicador ideal deve sobreviver em ambientes saudáveis, mas também apresentar resistência relativa ao contaminante ou a impactos antropogênicos que está exposto (AKAISHI, 2004). No caso do parque eólico offshore, como se trata de ambiente, aquático, plantas aquáticas, algas, crustáceos, moluscos, peixes, mamíferos, aves, entre outros, podem ser alvos de estudos, portanto são considerados bioindicadores. A partir do diagnóstico da biota da área de influência do parque eólico e de estudos do comportamento dos organismos quando submetidos a esse tipo de empreendimento (parque eólico offshore) serão consideradas as aves e mamíferos aquáticos (cetáceos) como bioindicadores.

a) Avifauna

Avifauna é um grupo relativamente definido em relação aos demais vertebrados. Nas últimas décadas, os estudos desenvolvidos com esse grupo em seus ambientes naturais têm permitido que elas se tornem ótimos indicadores biológicos, porque podem detectar as mudanças que ocorrem tanto na saúde quanto no meio ambiente. De acordo com Antas; Almeida(2003) as aves possuem características essenciais para avaliação e monitoramento da qualidade ambiental pelo fato de ser um grupo muito estudados, uma vez que a maioria das espécies já foram catalogadas cientificamente; as espécies são primordialmente diurnas, detectáveis por meio de visualização - cor, forma - ou pelo canto característico de cada espécie, sendo facilmente amostrada; já existem sistemas de trabalho em campo padronizado sem escala global; têm seu papel nos ecossistemas relativamente bem compreendido, possuindo a capacidade de responder aos diferentes estímulos do meio ambiente principalmente quando este se encontra em um processo de alteração e, ainda por serem monitoradas ao longo do tempo o que permite uma avaliação de forma mais crítica das alterações que ocorrem com o passar do tempo no meio ambiente.

As aves estão amplamente distribuídas em diversos habitat com grande diversidade e apresentam uma relação evolutiva íntima com o meio ambiente, pois muitas espécies têm exigências específicas quanto ao ambiente em que sobreviver, havendo espécies que se beneficiam de alterações ambientais e outras que são prejudiciais com essas ações (DAJOZ, 2005; ATCHINSON & RODEWALD, 2006).

As aves marinhas também são excelentes bioindicadores dos ecossistemas marinhos. São espécies que se adaptaram com grande eficiência ao meio marinho e têm como habitat e fonte de alimento o mar (Ceia, 2013). Essas aves podem ser divididas em aves marinhas costeiras - encontradas geralmente próximas aos continentes, e aves marinhas oceânicas ou pelágicas - costumam ser encontradas em alto-mar. Pedraz (2015) afirma que o acesso as aves são relativamente mais fácil quando comparado com outros grupos, como peixes ou mamíferos marinhos. A autora ressalta ainda que a utilização das aves marinhas tem inúmeras vantagens para

aplicações de gestão práticas e imediatas, permitindo monitorizar a saúde dos ecossistemas marinhos e as suas mudanças ao longo do tempo causadas por a fatores ambientais como a mudança do clima ou a ação antrópica.

Corroborando com Pedraz, Ceia (2013 p. 70) destaca que as aves marinhas são provavelmente, de entre os grandes predadores marinhos, os mais acessíveis, por não está constantemente na água como os peixes. Além disso, elas têm, necessariamente, de se deslocar para a terra para se reproduzirem, facilitando muito o seu estudo; e também “podem cobrir grandes áreas do mar na procura de alimento em um tempo relativamente curto, constituindo excelentes ferramentas de amostragem”. Portanto, as aves marinhas são bastante visíveis no ambiente, são fáceis de identificar, a maioria das espécies são coloniais e reproduzem-se anualmente em grandes números e em locais determinados, são relativamente fáceis de capturar durante a época de reprodução e apresentam grande longevidade.

As aves marinhas são também consideradas espécies “guarda-chuva”, ou seja, para proteger certas espécies é necessário conservar os recursos dos quais dependem, geralmente diversas espécies que estão mais abaixo na cadeia alimentar, como peixes, lulas ou crustáceos. Portanto, elas oferecem boas pistas sobre a saúde dos recursos marinhos face aos grandes desafios como as alterações climáticas ou a sobrepesca, assim elas as aves marinhas podem ajudar a entender melhor o que está a acontecer nos oceanos, uma vez que são elas, as primeiras a sentirem os efeitos de tais consequências (PEDRAZ, 2015).

De acordo com Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2014) o Brasil registra em seu território 1.919 espécies de aves. No Ceará, foram catalogadas 463 diferentes espécies de aves que tem o espaço cearense como morada ou apenas como rota migratória (Major Sales Júnior, 2008). Na área de influência direta do empreendimento foram registradas 101 espécies de aves, distribuídas em 18 ordens e 40 famílias, dentre elas uma que está na lista oficial extinção (Portarias MMA nº 444/2014 e nº 445/2014) que é o Maçarico-de-papo-vermelho (*Calidris canutus* - Linnaeus, 1758). As espécies raras, ameaçadas ou especialistas são geralmente selecionadas como indicadores de conservação do ambiente.

A presença das aves migratórias provindas do hemisfério boreal no ambiente na área de influência direta (áreas de praias e dunas) do empreendimento proposto, demonstram que essa região se mantém preservada, apesar da forte ação antrópica local e regional.

Um outro fato que deve ser considerado para avaliação e monitoramento dos impactos ambientais do parque eólico offshore é o impacto negativo nas aves marinhas causado por mudança de seus habitats, perde de habitat, o efeito barreira e a colisão, sendo as principais preocupações (COOK, et al. 2012; DEGRAER et al., 2012).

As aves marinhas, após a instalação do parque eólico, podem evitar as enormes estruturas verticais em grande parte, da mesma maneira que elas evitam a costa ou ficam assustadas com o tráfego de navios, mudando seu habitat, outras podem colidir com as estruturas, especialmente as pás e turbinas dos aerogeradores, causando mortalidade, e ainda a forma como for posta as torres pode torna-se uma barreira, principalmente, para as aves migratórias ou de alto mar (Vanermen, et al., 2013). Por essa razão, elas serão consideradas bioindicadores e serão avaliadas e monitoradas.

Para evitar estes impactos nas aves, o avanço da tecnologia, como, por exemplo, o aumento do tamanho das pás a redução proporcional da velocidade de rotação e outras formas e cores da pintura destas têm acarretado maior possibilidade de serem evitadas por aves, tornando os aerogeradores menos nocivos a esses grupos animais (SOVERNIGO, 2009)

No caso deste empreendimento serão tomadas as devidas precauções antes de iniciar a operação dos parques eólicos tais como evitar a instalação das turbinas em áreas importantes de hábitat, como as de repouso, alimentação e reprodução; evitar áreas de corredores de migração; arranjar adequadamente as turbinas no layout do parque, sendo a melhor forma a de um conjunto denso para espécies locais e em linha paralela à rota de migração para aves migratórias; usar torres tubulares e com pás em materiais sintéticos, implantar sistema de transmissão subterrâneo. Sendo estas medidas recomendadas por vários estudos. Além de um programa de

monitoramento que permite igualmente compreender e avaliar as características ecológicas subjacentes, bem com o monitoramento das aves, em especial as que estão em extinção.

b) Mamíferos Aquáticos (cetáceos)

De acordo com o IBMA (2001), no Brasil os mamíferos aquáticos estão distribuídos em três ordens: Cetacea (baleias, botos e golfinhos), Sirenia (peixes-boi) e Carnivora (Pinnipedia: focas, lobos, leões e elefantes marinhos; Mustelidae: lontras e ariranhas), sendo que apenas os dois primeiros táxons estão presentes no estado do Ceará, e na área costeira do município de Caucaia, de acordo com o diagnóstico realizado.

Os cetáceos são componentes essenciais no controle da biodiversidade aquática pela sua grande importância ecológica para o meio ambiente devido, contribuído para a manutenção e integridade da estrutura trófica (Parsons, 1992). A diminuição do número de espécies, assim como desaparecimento em algumas áreas pode provocar alterações drásticas na estrutura da biodiversidade (PARENTE et al, 2017).

Os mamíferos marinhos (cetáceos) são considerados bons bioindicadores da qualidade ambiental por suas características comuns ao grupo tais como grande longevidade, altos níveis na cadeia trófica e a espessa camada subcutânea de gordura, permitindo a acumulação de contaminantes carregados para os oceanos, tornando-os melhores indicadores dessa contaminação (Pereira, 2017; Jefferson et al., 2008). Portanto, são espécies consideradas como sentinelas dos oceanos, alertando para condições de risco no meio ambiente marinho (MOURO, 2009; BOSSART, 2006; PARENTE et al, 2017).

Além contaminantes, as atividades antrópicas também podem ocasionar diferentes fontes de estresse, afetando o comportamento dos cetáceos, dentre estas fontes físicas a interação negativa como a pesca estão a pesca, as mudanças

climáticas e a influências acústicas ocasionadas por parques eólicos offshore, embarcações podem interferir na comunicação e socialização destes animais (WELLS et al., 2004; BRITO, 2009).

Estudos têm demonstrado que os sons ou ruídos subaquáticos provenientes das atividades antrópicas têm causado diversos efeitos, de acordo com a espécie. Em alguns casos, a poluição sonora afeta os animais, deixando-os extremamente estressados, atrapalhando sua reprodução e interferindo em sua comunicação. Os animais marinhos principalmente os cetáceos são os mais prejudicados dado que nos ambientes subaquáticos o som se propaga com mais rapidez (PARENTE et. Al, 2006)

Conforme já citado, foram realizados diversos estudos sobre os impactos dos parques eólicos offshore nos mamíferos marinhos. É provável que os níveis de ruído do funcionamento desse tipo de parque sejam audíveis para mamíferos, particularmente em cenários onde a velocidade do vento aumenta, observando que algumas espécies (baleias e outros tipos de golfinho) mudam de comportamento, afastando-se da área do parque (Hildebrand, 2008; Marmo, et al. 2013; Degraer et al, 2013; Peng; Liu, 2015; Heupel,2016) Porém, alguns estudos detectaram que focas cinzas e golfinhos nariz de garrafa não apresentam risco de deslocamento por conta do parque eólico, mas que precisam ser avaliados e monitorados(Thomsen, et al, 2006; Degraer et al, 2013 Marmo, et al. 2013;). Assim, o monitoramento e os estudos direcionados dos ecossistemas podem ajudar a minimizar os impactos indesejáveis em peixes e mamíferos marinhos.

No Brasil, a distribuição dos mamíferos marinhos ocorre de forma contínua ao longo dos seus 8.000 km de litoral. Fato comprovado pelos registros de avistagens e encalhes (IBAMA, 2005).

São conhecidas 40 espécies de cetáceos no país que são divididos em nove gêneros. Destas 40 espécies, 30 são classificadas como insuficientemente conhecidas, sete com risco de extinção e uma em perigo crítico de extinção (baleia azul) (IBAMA, 2001; SICILIANO et al., 2006). No Ceará, levantamento realizado em 2009, por pesquisadores do Laboratório de Biologia Marinha- LABOMA, demonstrou que os cetáceos de menor porte estão presentes em quase todo o litoral cearense

(Meirelles et al, 2009). Segundo, dados do site Mar do Ceará (2017) foram registradas no Estado 23 espécies de mamíferos marinho, duas quais 22 são de cetáceos e 1 de sirênio (peixe-boi- marinho). A espécie que mais chama atenção é boto-cinza (*Sotalia guianensis*), que representam quase 60% desses registros.

De acordo com Barreto, (2010) o boto-cinza (*Sotalia guianensis*), ainda carece de estudos, pois há ausência de dados populacionais fato que levou ao IUCN (2011) considerar esta espécie como

Insuficientemente conhecida (DD). Apesar disso, ela consta lista das espécies ameaçadas de extinção (IBAMA, 2001) por conta da intensa pressão antrópica sofrida pela espécie ao longo de sua distribuição sugere-se que seu status de conservação, sugerindo que essa espécie seja criteriosamente avaliada. Portanto, sua avaliação e monitoramento é imprescindível.

Peixes são também uma importante ferramenta de avaliação da qualidade ambiental. Portanto, indicadores biológicos da qualidade da água em programas de monitoramento ambiental. A observação das características específicas, hábitos alimentares, ou de atributos da taxocenose como o número de indivíduos por amostra, número de espécies ocorrentes, pode ser utilizada como informações reveladoras da organização de formação de assembleias de peixes em determinados locais como atividades antropogênicas (LOPES; MALABARBA, 2007). No caso dos parques eólicos offshore, vários estudos também apontaram para os potenciais benefícios desses parques para peixes. Por estes incluem maior diversidade biológica e melhoria conectividade ecológica devido à exclusão de arrasto e ao funcionamento de estruturas eólicas offshore como recifes artificiais (DEGRAER et al, 2013; PENG; LIU, 2015; HEUPEL,2016). Ou seja, são espécies exploradoras que reagem positivamente a perturbações, portanto, são bioindicadores que devem ser monitorados.

A implantação desse tipo de empreendimento no mar pode resultar em impactos ao ecossistema marinho e sua biodiversidade, caso não sejam adotadas medidas de gestão ambiental como o monitoramento sistemático de sua biota. Enfim, é essencial desenvolver um programa de monitoramento de sua fauna e flora, dentro de um prazo mais amplo e identificar as flutuações naturais a longo prazo.