

EÓLICAS OFFSHORE: VIABILIDADE E PROGNÓSTICO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NO NORDESTE BRASILEIRO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.16.25.X-003>

Rai Campos dos Reis 1, Rodrigo Pereira de Lacerda

* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Camocim rai.campos07@aluno.ifce.edu.br

RESUMO

A energia eólica tem-se apresentado como uma alternativa promissora para a geração de energia elétrica com reduzidos impactos ambientais, quando comparada a fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis. Nos últimos anos, observou-se um aumento significativo na instalação de complexos eólicos onshore no Brasil, em especial na região Nordeste, que atualmente lidera a produção eólica com cerca de 92% da capacidade instalada do país, segundo o relatório do Balanço Energético Nacional de 2025. Por apresentar uma extensa faixa litorânea, que oferece ventos fortes e constantes, o litoral do Nordeste é também atualmente uma das principais regiões de interesse para o desenvolvimento de usinas eólicas offshore. Como esse tipo de empreendimento ainda não foi implementado no país, torna-se necessário a realização de pesquisas que avaliem a viabilidade de exploração da fonte eólica em ambiente marinho, levando-se em consideração as características técnicas e econômicas envolvidas e os impactos desses empreendimentos. Esta pesquisa visa estudar a viabilidade das usinas eólicas offshore e seus impactos no meio ambiente, analisando o precedente internacional e relacionando as vantagens e desvantagens para implementação no litoral do Nordeste brasileiro. Os procedimentos metodológicos adotados consistem na pesquisa bibliográfica, baseada em artigos científicos nacionais e internacionais e em publicações oficiais recentes que discorrem sobre o tema de estudo. Ao final da pesquisa, foram evidenciados o grande potencial eólico offshore que o nordeste brasileiro tem, com ventos ideais para tal tipo de geração de energia, além de impactos positivos que podem ocasionar no sócio ambiental da região em que são implementados, como a diminuição dos gases de efeito estufa. Contudo, cabe ressaltar sobre os inconvenientes encontrados. Impactos na fauna marítima tornam a sobrevivência de algumas espécies de peixes e botos, inviáveis dentro da área dos parques eólicos offshore. Já no cenário social, a paisagem natural pode ser alterada, e famílias de pescadores tendem a perder sua principal fonte de renda, a pesca.

PALAVRAS-CHAVE: Usinas Eólicas, Offshore, Nordeste, Meio Ambiente, Impacto.

INTRODUÇÃO

Desde muito tempo, a energia presente nos ventos tem sido utilizada pelos humanos. Registros históricos mostram que civilizações antigas usavam a energia eólica nas suas atividades agrícolas, aproveitando-a por meio dos moinhos de vento que eram usados na irrigação e moagem de grãos, assim como, para o transporte fluvial, nos barcos a vela. No final do século XIX, os moinhos de vento foram adaptados para a geração de energia elétrica, culminando no desenvolvimento de turbinas eólicas ou aerogeradores. Desde então, muitas pesquisas científicas têm sido desenvolvidas para aprimorar o funcionamento desses equipamentos, ampliando seu uso nos sistemas de energia elétrica atuais (PINTO, 2013).

Recentemente, tem-se dado bastante atenção aos sistemas de geração eólica, uma vez que esses sistemas se apresentam como uma alternativa promissora em termos de geração de energia elétrica a partir de uma fonte de energia limpa que não gera gases que intensificam o efeito estufa no processo de conversão de energia, mostrando-se, portanto, vantajosa em termos de impacto ambiental reduzido quando comparada com fontes de energia tradicionais baseadas no uso de combustíveis fósseis. Sendo assim, a energia eólica tem sido uma das fontes de energia renovável que tem se expandido num ritmo cada vez mais acelerado em todo o mundo.

No Brasil, segundo o Balanço Energético Nacional 2025, a produção de eletricidade a partir da fonte eólica chegou a 107,7 TWh em 2024, equivalente a um aumento de 12,4% em relação ao ano anterior, enquanto que a potência instalada para geração eólica no país teve um incremento de 3%. Esses dados demonstram a crescente expansão do uso da energia eólica no território nacional. Devido às boas características em termos de velocidade e perenidade dos ventos, disponibilidade de infraestrutura para transporte de equipamentos, acesso a usinas e conexão com a rede, incentivos governamentais, dentre outros fatores, a maior parte dos complexos eólicos têm sido instalados nas regiões Nordeste e Sul do Brasil, destacando-se a região Nordeste que lidera a produção eólica com cerca de 92% da capacidade instalada do país (EPE, 2023).

Todos os complexos eólicos instalados atualmente no Brasil estão localizados em terra (onshore) e usam os ventos disponíveis no continente para gerar eletricidade. No entanto, até março de 2025, haviam 104 projetos de complexos eólicos offshore com processos de licenciamento ambiental abertos no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), sendo 50 projetos previstos para a região Nordeste (IBAMA, 2024). As usinas eólicas offshore estão localizadas em alto-mar, consistindo num conjunto de turbinas eólicas que podem ser montadas em plataformas fixas ou flutuantes ancoradas no leito marinho. Como no mar, os ventos conseguem atingir velocidade maiores e são mais perenes, esse recurso consegue ser ainda melhor aproveitado para a geração de eletricidade. Portanto, no contexto de transição energética mundial, os complexos eólicos offshore apresentam-se como uma opção promissora para a produção de eletricidade de forma sustentável.

Como os empreendimentos de energia eólica offshore nunca foram implementados no litoral do Brasil, torna-se necessário a realização de pesquisas que avaliem a viabilidade de exploração da fonte eólica em ambiente marinho, considerando as características técnicas e econômicas envolvidas e os impactos causados por tais empreendimentos, em especial na Região Nordeste, onde se concentram a maior parte dos projetos propostos. Portanto, esta pesquisa visa estudar a viabilidade técnico-econômica dos complexos eólicos offshore, analisando o precedente internacional, e relacionando as vantagens e desvantagens para implementação no litoral do Nordeste brasileiro. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, baseada em artigos científicos nacionais e internacionais e em publicações oficiais recentes que discorrem sobre o tema de estudo e se propõe a apresentar dados atualizados que demonstram os benefícios e inconvenientes dos empreendimentos eólicos offshore para a região de estudo.

OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo estudar e analisar os complexos eólicos offshore e seus impactos no meio ambiente, analisando o precedente internacional, buscando identificar as vantagens e desvantagens dessa tecnologia com vistas à sua possível implementação no litoral do Nordeste brasileiro.

METODOLOGIA

A pesquisa proposta é de natureza aplicada e utiliza a abordagem qualitativa. Quanto aos objetivos, a pesquisa é descritiva. Os dados e informações apresentados têm como base a pesquisa bibliográfica, utilizando como fontes artigos científicos nacionais e internacionais e publicações oficiais atuais que discorrem sobre o tema de estudo.

Em termos gerais, a pesquisa foi desenvolvida seguindo interativamente os seguintes procedimentos: pesquisa e análise dos trabalhos bibliográficos que tratam sobre o tema de estudo; identificação dos principais aspectos que devem ser considerados ao se analisar a avaliação da instalação e operação desses empreendimentos em âmbito internacional; descrição das vantagens e desvantagens desses empreendimentos considerando as características próprias do litoral do Nordeste brasileiro; caracterização dos impactos socioeconômicos e ambientais desses empreendimentos.

RESULTADOS

EQUIPAMENTOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA

As turbinas eólicas são utilizadas para converter a energia do vento em energia elétrica por meio de duas etapas principais. Na primeira, a turbina capta a energia cinética do vento e a transforma em energia mecânica por meio do movimento de suas pás. Em seguida, essa energia mecânica é transferida ao gerador, que a converte em energia elétrica, posteriormente encaminhada para a rede da concessionária. (PINTO, 2014).

Na geração de energia em uma usina eólica é necessário alguns componentes como pás, nacelle, rotor, sistema de controle, sistema de freios da nacelle e da aerodinâmica das pás, gerador elétrico, torre de sustentação, sensores de ventos, acoplamento elástico e caixa multiplicadora, conforme mostrado na Figura 1 retirada do portal solar, que são primordiais para essa função. Vale destacar algumas características de componentes de geração e transmissão de energia:

- Fundações: são elementos estruturais que transmitem ao solo as cargas oriundas da estrutura da turbina eólica, garantindo sua estabilidade.
- Torres: sustentam o rotor e a nacelle na altura adequada, permitindo que a turbina capte ventos mais fortes e constantes.
- Nacelle: compartimento instalado no topo da torre que abriga os principais mecanismos do aerogerador, como caixa multiplicadora, freios, embreagem, mancais, sistemas de controle eletrônico e hidráulico.
- Anemômetro: dispositivo instalado no topo da nacelle que mede a intensidade e a velocidade dos ventos, fornecendo dados para a curva de potência e estudos de produção elétrica.

- Pás: perfis aerodinâmicos projetados para captar a energia cinética do vento e convertê-la em energia mecânica de rotação.
- Hub/Rotor: componente que conecta as pás, transmitindo a energia mecânica para o eixo principal.
- Caixa de engrenagens: realiza a adequação entre a baixa rotação das pás e a alta rotação necessária ao funcionamento do gerador.
- Gerador elétrico: converte a energia mecânica recebida do eixo em energia elétrica.
- Sistema de freios: componente de segurança que pode ser acionado automaticamente pela unidade de controle em situações de emergência ou para manutenção.
- Cabos: responsáveis pela condução da energia elétrica gerada até o sistema de distribuição.

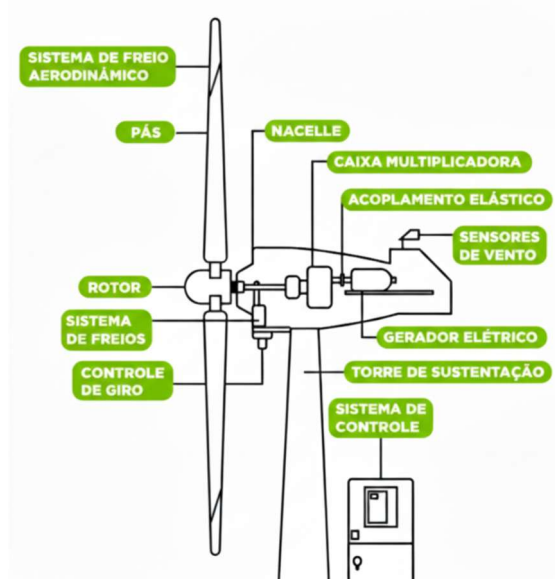


Figura 1: Equipamentos dos Aerogeradores. Fonte: Adaptada de Portal Solar.

CARACTERÍSTICAS DO VENTO

Os ventos mais adequados para uma melhor performance na geração de energia, são ventos com velocidade maiores que 10 km/h para que as pás consigam girar, numa velocidade média de 6,5 a 7,5 m/s. Se os ventos chegam a 90 km/h, as turbinas param por questão de segurança (MASTERS, 2004).

A Tabela 1 de masters (2004, p.313) mostra a relação entre a velocidade do vento e a potência disponível do vento por metro quadrado. Observa-se que, à medida que a velocidade do vento aumenta, a potência cresce de forma acelerada. Isso ocorre porque a energia transportada pelo vento é proporcional ao cubo da velocidade, ou seja, pequenos aumentos na velocidade resultam em aumentos significativos na potência. Por exemplo, ao dobrar a velocidade do vento de 5 m/s para 10 m/s, a potência não dobra, mas aumenta quase oito vezes, passando de 77 W/m² para 613 W/m². Ventos fracos, abaixo de 4 m/s, fornecem pouca energia, enquanto velocidades mais altas tornam o vento uma fonte significativa de energia, o que é especialmente relevante para a geração de eletricidade em turbinas eólicas. Esses dados demonstram a importância de locais com ventos consistentes e relativamente fortes para o aproveitamento eficiente da energia eólica.

Tabela 1: Velocidade e Potência dos Ventos. Fonte: masters, 2004.

Velocidade do vento	Potência
m/s	W/m ²
0	0
1	1
2	5
3	17
4	39
5	77
6	132
7	210
8	314

9	447
10	613
11	815
12	1058
13	1346
14	1681
15	2067

DIFERENÇAS ENTRE EÓLICA ONSHORE E OFFSHORE

Existem algumas diferenças que vão além do local onde são implementadas as eólicas onshore e offshore. As turbinas eólicas offshore possuem pás maiores que as turbinas eólicas onshore, sendo as primeiras localizadas em mar aberto em sua grande maioria, tornando-as mais complexas devido ao lugar onde são instalados os aerogeradores. É necessária uma logística mais aplicada, mais investimento e novos estudos para se entender qual a melhor maneira de serem implementadas. Assim como nos parques eólicos onshore, mas com algumas diferenças devido a falta de rugosidade do mar, os aerogeradores precisam de uma distância mínima entre eles, no momento que o vento passa por uma turbina, sua potência pode diminuir ao chegar na outra, essa intervenção é chamada de efeito esteira.

As torres offshore precisam ser mais altas e robustas, pois além de somarem a altura submergida, as fundações são mais difíceis de construir e instalar, pois a salinidade e maresia podem danificar seus componentes (SILVA, 2021). Além de tudo isso, os parques offshore precisam ser projetados e protegidos, tanto contra o efeito da corrosão quanto contra a ação das ondas e marés. Geralmente a estrutura das fundações e torres são feitas em aço com uma proteção a mais como já citado. Os materiais mais utilizados na fabricação das pás eólicas são o poliéster ou epóxi reforçado com fibra de vidro. Outro material utilizado como reforço é a fibra de carbono ou aramidas. Já as onshore situam-se em terra firme, com uma logística mais fácil de ser trabalhada e com equipamentos bem menos robustos que as eólicas offshore.

IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS OFFSHORE EM OUTROS PAÍSES

O efeito que os parques eólicos offshore causa já é estudado desde que o primeiro foi implementado em 1991 na Dinamarca, denominado *Vindeby Offshore Wind Park*. Atualmente, com diversos países pelo mundo com PEOs em operação, continuam com grande demanda em tecnologias e estudos que visam diminuir os efeitos negativos que os parques geram nos locais instalados. Os países europeus como Alemanha, Bélgica, Dinamarca, Espanha, França e Portugal são alguns dos primeiros que decidiram investir nesse modelo de energia renovável, tendo em vista a minimização dos gases de efeito estufa, determinando metas para cada um dos países que estão atualmente com parques eólicos offshore em operação. Segundo o Estudo sobre Avaliação de Impactos da UE e IBAMA, que selecionou alguns países da Europa para estudo sobre o tema, é preciso sempre buscar aprimorar e diminuir os potenciais efeitos negativos que podem ser adquiridos na área de um parque eólico offshore, durante toda sua vida útil e após o seu descomissionamento, fazendo comparações de como era e como está no presente.

Diante do retratado no relatório do Estudo sobre Avaliação de Impacto de Vasconcelos (2019), pode-se perceber a existência de impactos positivos e negativos nos países estudados (Alemanha, Bélgica, Dinamarca, Espanha, França e Portugal), entretanto apenas um dos impactos positivos manifestou-se em todos os países, outros como evasão de aves, recifes de corais artificiais, aumento de espécies de peixes na área das fundações, luz das turbinas que servem como guia para aves e o aumento da aprovação por parte da população aparecem em 5, 3, 4, 1 e 1 países respectivamente. O impacto positivo que figurou em todos os países, sendo este a proibição da pesca de arrasto, ainda sim, pode ser considerado negativo se olhando pelo lado socioeconômico, visto que a grande demanda da pesca industrial suprime muito da economia local e nacional.

Os impactos negativos, apesar de superarem os positivos, são mais dispersos entre os países avaliados, onde apenas 3 dos 18 encontrados foram observados em todos os países. Mas não se pode descartar a possibilidade de ocorrer quando os parques eólicos offshore forem construídos na costa brasileira, mesmo os que tiveram menos notoriedade. O gráfico apresentado na Figura 2 mostra a porcentagem de cada impacto do valor total acumulado. Quatro deles se comparando com todas as adversidades encontradas somam juntos mais da metade da porcentagem, mostrando que há grande probabilidade de ocorrer em novos parques eólicos offshore.

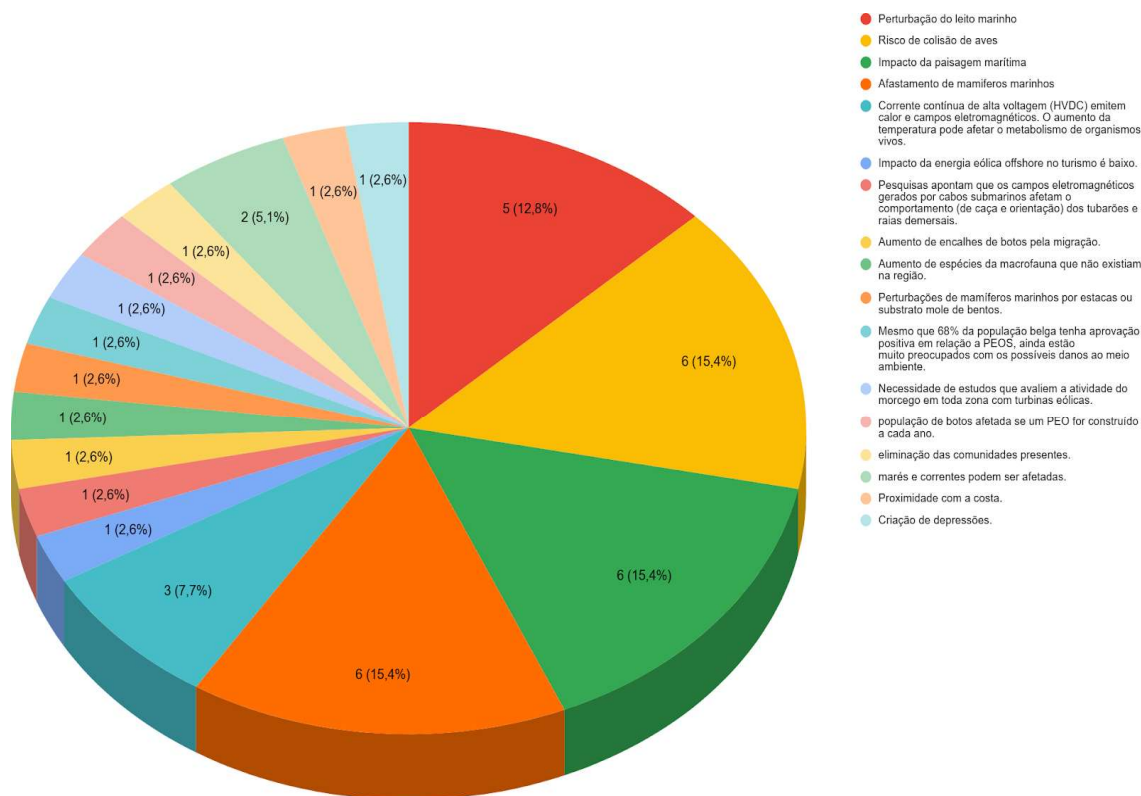


Figura 2: Impactos negativos de PEOs na Europa. Fonte: Autoria própria, 2025.

IMPACTOS AMBIENTAIS DOS COMPLEXOS EÓLICOS OFFSHORE

O setor industrial trouxe inúmeros problemas consequentes de produção de Gases de Efeito Estufa que afetam o equilíbrio do processo natural do meio ambiente, favorecendo fortemente a impactos ambientais diversos. A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um instrumento da política ambiental que visa identificar, prever e comunicar as consequências futuras de atividades propostas ou projetos de empreendimentos (GORAYEB et al., 2024). Com base nesse tipo de estudo pode se ter uma noção de possíveis impactos ao meio ambiente que o empreendimento seja capaz de vir a gerar no futuro, favorecendo uma tomada de decisão mais eficiente e eficaz, mostrando se a execução do projeto tem potencial a ser validada e posta em prática.

No artigo de Cox e Nogueira (2023) se fala da relação causal das atividades feitas em cada fase do empreendimento das eólicas offshore nas fases de planejamento, instalação e operação de Complexos Eólicos Offshore (CEOs) na costa brasileira. Na fase de planejamento é feito a escolha do local, preocupando-se em saber que tipo de fauna existe no local, quais espécies, que tipo de leito marítimo está contido no possível local, qual profundidade, a distância até a faixa de areia entre outros. Na fase de instalação tudo que irá fazer parte do parque eólico será transportado por embarcações. As fundações e subestações offshore podem ser transportadas diretamente do fabricante para o local do parque eólico. No entanto, os componentes das turbinas eólicas são geralmente transportados para o local de montagem onshore no porto e, em seguida, carregados em embarcações para que sejam instalados (COX, NOGUEIRA, 2023). No decorrer desse transporte é possível ocorrer alguns aspectos que modifiquem o convívio local nesse período, como geração de resíduos sólidos e oleosos, ocupação do espaço marítimo pelo tráfego de embarcações. Ocorre também maiores demandas de cursos técnicos relacionados à área de energia eólica offshore, assim como um repertório bibliográfico maior e mais aprofundado sobre esses empreendimentos, seus benefícios, aspectos e impactos negativos. Medidas mitigadoras ou compensatórias são viáveis e de grande valia para o licenciamento de parques eólicos offshore, pois com o auxílio de pesquisas feitas são analisadas as possíveis formas de mitigar os impactos causados pelos mesmos, sendo essa a forma mais eficaz em diminuir os efeitos negativos nas regiões próximas ao parque se comparado com medidas compensatórias.

Em poucas pesquisas bibliográficas é falado sobre o impacto que causam na vida das tartarugas marinhas. Em seu processo de reprodução esses quelônios do sexo feminino saem do mar para desovar na areia da praia e muitos fatores podem contribuir para que esse processo não aconteça. As tartarugas podem desfazer seu percurso por interferências humanas ou animais que estiverem na praia, por sons e ruídos altos que por estressar o animal e fazer com que ele volte para o mar sem desovar. Em outros casos quando já depositaram seus ovos é capaz de ocorrer de veículos passarem por cima desses ninhos fazendo com que a areia seja compactada sem a possibilidade de nascerem os filhotes, além disso,

quando esses filhotes nascerem e forem para o mar no seu processo natural, carros na faixa de areia ou embarcações podem ocasionar acidentes com a espécie apresentada. Para tal situação é pensada estratégias com o auxílio de dados que já se tem através de ONGs e projetos que trabalham para a preservação dessa espécie na natureza. O monitoramento desses quelônios na costa brasileira teve maior incentivo por conta de vazamentos de petróleo das plataformas de O&G, sendo um dos motivos pelos quais se tem um banco de dados relevantes para ser levando em consideração em estratégias a serem postas em prática sobre os impactos a espécie advindos das eólicas offshore. Além da coleta dos dados, é essencial realizar uma análise global e periódica dos registros, transformando essas informações em ferramentas para tomada de decisão, como a criação de mapas detalhados das áreas de desova (MARCONDES, 2015).

Já na fase de operação, além de alguns aspectos que continuam sendo exercidos nessa fase como transporte de trabalhadores, de ferramentas, componentes da usina que precisam ser trocados, terão também a manutenção de equipamentos, modificação da paisagem natural, e os aerogeradores se tornando barreiras físicas para espécies de aves migratórias, morcegos, incluindo o tráfego de pescadores locais que faziam sua rota onde serão instalados os aerogeradores, fazendo com que esses possam traçar outras rotas possivelmente maior do que a habitual.

POTENCIAL EÓLICO OFFSHORE DO NORDESTE BRASILEIRO

Com grandes demandas de parques eólicos offshore a serem previstos para a costa marítima brasileira, o país vem buscando se aprimorar e estabelecer diretrizes específicas para o setor, além de estudos técnicos voltados para áreas de melhor potencial eólico offshore na costa do Brasil. Vários são os motivos pelos quais o Brasil tem grande potencial para geração de energia eólica offshore, dentre eles podemos citar a extensa faixa de zona costeira. O litoral brasileiro possui ventos marítimos fortes, contínuos, com baixa variabilidade e menor turbulência, características ideais para esse tipo de geração de energia. A baixa rugosidade do mar favorece ainda mais a eficiência dos aerogeradores, já que há menos obstáculos para a propagação do vento. Com o aumento dos estudos e tecnologias voltadas para o setor energético eólico offshore pode se observar características que o Brasil, mais especificamente na região do Nordeste, possui sendo favorável para o mercado dos empreendimentos eólicos offshore (CAMPOS MELLO ADVOGADOS; PIPER; ABEEÓLICA, 2024).

A baixa rugosidade na superfície do mar eleva o potencial eólico, uma vez que não existem barreiras para o vento se dispersar. O Nordeste brasileiro se destaca em diversos quesitos do setor eólico. A zona marítima do nordeste, principalmente nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte sofrem influência direta da junção dos ventos alísios do hemisfério norte (alísios nordeste) e ventos alísios do hemisfério sul (alísios sudeste) como representado na Figura 3. Embora seja uma região muito promissora, há diversos percalços a serem analisados, como a presença de comunidades tradicionais e até mesmo cidades que podem ser convergentes aos parques, trazendo desconfortos para o social nas intermediações dos empreendimentos.

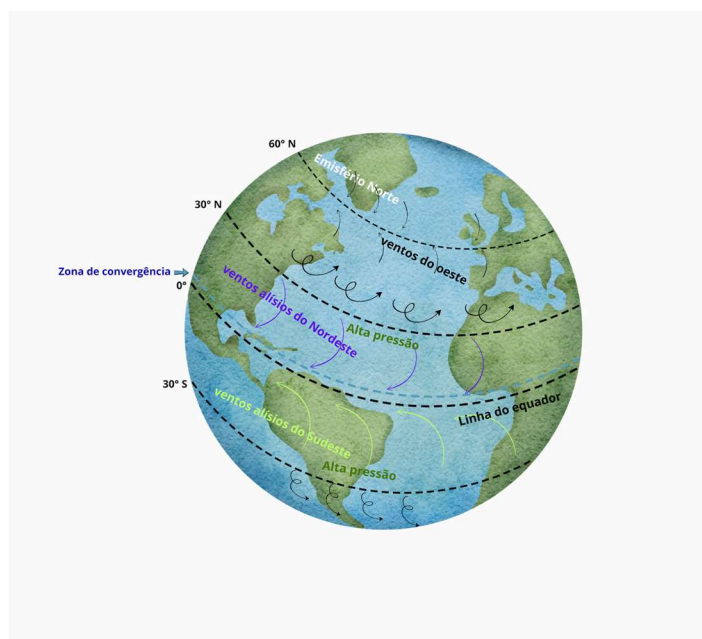


Figura 3: Zonas de alta e baixa pressão e ventos alísios de Nordeste e Sudeste. Fonte: Autoria própria, 2025.

Concentrado na região metropolitana de Fortaleza, o porto do Pecém é um indicativo promissor para o setor eólico offshore, nele já se encontra uma empresa fabricante de pás eólicas, chamada Aeris. O Porto do Pecém embarcou 20 pás eólicas em uma balsa T7S para o Porto Rio Grande do Sul (RS) em uma operação pioneira no Brasil. As pás, produzidas pela Aeris, foram transportadas para o Porto do Pecém ao longo de duas semanas (OPERAÇÃO, 2023). Toda essa estrutura e expertise mostra o quanto já temos de logística no setor, e sendo aperfeiçoadas trará inovação e novos métodos de estudos para garantir desempenho tecnológico, financeiro e ambiental. Outro estado com projetos futuros de parques eólicos é a Bahia, concentrando um dos maiores complexos portuários do país, desenvolvida pelos portos públicos de Salvador, Aratu-Candeias e Ilhéus, fora os cinco Terminais de Uso Privado (TUPs). Os portos desempenham um papel essencial em todas as etapas, desde a sua instalação até o descomissionamento. A Tabela 2 apresenta algumas das funções desempenhadas em cada uma dessas fases.

O acúmulo de conhecimento técnico na operação de plataformas offshore também representa um diferencial estratégico e atrativo para o desenvolvimento da energia eólica offshore na região Nordeste. Atualmente, o Brasil conta com cerca de 150 plataformas offshore distribuídas ao longo da costa. Dessas, aproximadamente 69 operam de maneira flutuante nas bacias de Santos e Campos, na região Sudeste, onde as águas são mais profundas (INAFLEX, 2024). Na região Nordeste, onde predominam águas rasas, ideais para plataformas fixas, existem pelo menos 60 plataformas nas bacias de Sergipe, Potiguar, Ceará e Camamu (INAFLEX, 2024).

Tabela 2: Papel dos portos nas fases de desenvolvimento de um parque eólico offshore. Fonte: Cenários Para O Desenvolvimento de Eólica Offshore no Brasil, 2024.

Fase de desenvolvimento do PEO	Papel do porto
Instalação	• Armazenamento de componentes, incluindo carga e descarga das instalações de produção; • Triagem de turbinas e fundações; • Pré-montagem de turbinas e fundações
Operação e Manutenção O&M	• Armazenamento de componentes, incluindo carga e descarga das instalações de produção; • Localização da base de O&M (sala de controle, escritórios e outras instalações); • Atracação de embarcações de O&M
Descomissionamento	• Armazenamento de componentes, incluindo carga e descarga do parque eólico descomissionado; • Reciclagem

CONCLUSÕES

A análise dos complexos eólicos offshore evidencia que, apesar do grande potencial do Nordeste brasileiro para esse tipo de empreendimento, sua implementação requer planejamento cuidadoso, conhecimento técnico consolidado e estratégias eficazes de mitigação de impactos, especialmente sobre a fauna marinha e as comunidades costeiras. Ao se considerar tecnologias capazes de mitigar a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), é fundamental analisar todo o ciclo de vida do empreendimento. Toda obra implica algum nível de impacto, e por isso é necessário investigar com profundidade quais soluções e logísticas podem ser adotadas para garantir o menor impacto ambiental possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMPOS MELLO ADVOGADOS; DLA PIPER; ABEEÓLICA. Workshops CMA-DLA Piper e ABEEólica: Grupo de Trabalho Eólicas Offshore 2023. Rio de Janeiro: Campos Mello-DLA Piper, 2024.
2. COX, Roberta Mota Cavalcanti de Albuquerque; NOGUEIRA, Jorge Madeira. **Avaliação de impacto de eólicas offshore no Brasil**. Revista Tempo do Mundo (Rtm): n. 32, ago. 2023, [S.L.], n. 32, p. 319-341, 26 mar. 2024. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. <http://dx.doi.org/10.38116/rtm32art10>.

3. EPE (Brasil). Empresa de Pesquisa Energética. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>. Acesso em: 29 setembro 2025.
4. GORAYEB, Adryane; BRANNSTROM, Christian; XAVIER, Thomaz; SOARES, Marcelo de Oliveira; TEIXEIRA, Carlos Eduardo Peres; SANTOS, Ana Maria Ferreira dos; CARVALHO, Rodrigo Guimarães de. **Emerging challenges of offshore wind energy in the Global South: perspectives from Brazil**. Energy Research & Social Science, [S.L.], v. 113, p. 103542, jul. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2024.103542>.
5. IBAMA (Brasil). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Processos de licenciamento ambiental de eólicas offshore abertos no Ibama**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/laf/consultas/mapas-de-projetos-em-licenciamento-complexos-eolicos-offshore>. Acesso em: 29 de setembro de 2025.
6. INAFLEX. **Plataformas Offshore: o que são e como funcionam**. 2024. Disponível em: <https://inaflex.com.br/plataformas-offshore-o-que-sao-e-como-funcionam/>. Acesso em: 07 abr. 2025.
7. MARCONDES, Ana Cláudia J.. **Estratégias de proteção das áreas reprodutivas de tartarugas marinhas em casos de vazamento de óleo na costa brasileira**. 2015. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Pós Graduação em Engenharia de Campo - Sms, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.
8. MASTERS, Gilbert M. **Renewable and efficient electric power systems**. Hoboken: John Wiley, 2004. No prelo.
9. NOGUEIRA, Erika Carvalho; MORAIS, Rafael Cancelli; PEREIRA, Amaro Olimpio. **Offshore Wind Power Potential in Brazil: complementarity and synergies**. Energies, [S.L.], v. 16, n. 16, p. 5912, 10 ago. 2023. MDPIAG. <http://dx.doi.org/10.3390/en16165912>.
10. PINTO, Milton de Oliveira. **Fundamentos de energia eólica**. Rio de Janeiro: Grupo Gen - LTC, 2013.
11. **OPERAÇÃO pioneira no Porto do Pecém embarca 20 pás eólicas em balsa para o Rio Grande do Sul**. Complexo Pecém. Fortaleza, 28 nov 2023. Disponível em: <<https://www.complexodopecem.com.br/operacao-pioneira-no-porto-do-pecem-embarca-20-pas-eolicas-em-balsa-para-o-rio-grande-do-sul/#>>. Acesso em: 29 julho de 2025.
12. SILVA, Célio Nery da. **PANORAMA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E PERSPECTIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS ONSHORE E OFFSHORE**. 2021. 47 f. Monografia (Especialização) - Curso de Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética., Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Usp, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.
13. VASCONCELOS, Rafael Monteiro de. **Complexos eólicos offshore: estudo sobre avaliação de impactos**. Natal - Rn: Centro Nacional de M