

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**ADRIANA JHOSELIN CASTELO HINOJOSA**

**TIPIFICAÇÕES DAS FUNDAÇÕES PARA PARQUES EÓLICOS OFFSHORE NO  
BRASIL**

**CAMPO MOURÃO**

**2023**

**ADRIANA JHOSELIN CASTELO HINOJOSA**

**<TIPIFICAÇÕES DAS FUNDAÇÕES PARA PARQUES EÓLICOS OFFSHORE NO  
BRASIL>**

**Types of foundations for Offshore wind Farms in Brazil**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Cristina Halmeman

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Vera Lúcia Barradas Moreira

**CAMPO MOURÃO**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**ADRIANA JHOSELIN CASTELO HINOJOSA**

**TIPIFICAÇÕES DAS FUNDAÇÕES PARA PARQUES EÓLICOS OFFSHORE NO  
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 12/Junho/2023

---

Maria Cristina Rodrigues Halmeman  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão

---

Vera Lúcia Barradas Moreira  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão

---

Radames Juliano Halmeman  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão

---

Paula Cristina de Souza  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão

**CAMPO MOURÃO**

**2023**

“Educação não transforma o mundo.  
Educação muda pessoas.  
Pessoas transformam o mundo”  
**Paulo Freire**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, agradeço pela educação, pelo apoio, pelo amor e pelo incentivo, por serem os meus maiores exemplos. Não seria quem eu sou, se não tivesse a oportunidade de ter pais como vocês. E agradeço por todas as oportunidades.

A minha irmã que sempre me incentivou e acreditou no meu potencial.

Aos meus amigos que me acompanharam em todas as alegrias e dificuldades da Universidade, Rafael e Gabriel.

As amigadas que criei no Paraná e me acolheram quando a minha família estava longe, Beatriz, Marina e Angela.

A todas as pessoas que contribuíram no meu desenvolvimento acadêmico e crescimento pessoal.

Principalmente a minha orientadora Profa.Dra. Maria Cristina Halmeman por toda ajuda e paciência, por me inspirar desde o primeiro semestre da minha vida acadêmica em seguir esta área.

## RESUMO

A crescente demanda por energia elétrica, aliada à necessidade urgente de transição para fontes de energia limpas e sustentáveis, torna necessária a exploração e utilização de parques eólicos offshore. Com intuito de promover a energia *offshore* no Brasil, Os principais objetivos deste estudo são investigar os vários tipos de fundações offshore utilizadas em parques eólicos, analisar suas características de desempenho, avaliar sua adequação a diferentes condições ambientais e implicações ambientais no Brasil, destacando as vantagens, socioeconômicas das instalações eólicas *offshore*, Através de um estudo de caso descritivo no Complexo Eólico Marítimo Alísios Potiguares , situado no município de São Miguel do Gostoso/Rio Grande do Norte. A metodologia de pesquisa empregada neste estudo envolve uma revisão abrangente da literatura de estudos existente e especificações técnicas relacionadas a fundações de parques eólicos offshore. A partir das informações obtidas conclui-se que comparado a outros tipos de energia a energia eólica *offshore* apresenta vantagens, e o potencial eólico brasileiro, principalmente do Estado do Rio Grande do Norte e deveria ser aproveitado para suprir a demanda de energia elétrica no Brasil. Atualmente, devido a falta de projetos em construção, recomenda-se o uso de fundações do tipo mono estaca e treliçada.

Palavras-chave: energia renovável; matriz energética; projetos *Offshore* aprovados

## ABSTRACT

The growing demand for electricity, combined with the urgent need to transition to clean and sustainable energy sources, makes it necessary to explore and use offshore wind farms. In order to promote offshore energy in Brazil, the main objectives of this study are to investigate the various types of offshore foundations used in wind farms, analyze their performance characteristics, evaluate their adaptation to different environmental and environmental conditions in Brazil, highlighting the socioeconomic advantages of offshore wind installations, through a descriptive case study in the Alísios Potiguares Maritime Wind Complex, located in the municipality of São Miguel do Gostoso, Rio Grande do Norte. The research methodology employed in this study involves a comprehensive literature review of existing studies and technical specifications related to offshore wind farm foundations. From the information, it was concluded that compared to other types of energy, offshore wind energy has advantages, and the Brazilian wind potential, mainly in the state of Rio Grande do Norte, is enormous and should be used to meet the demand for electricity in Brazil. Currently, due to the lack of projects under construction, the use of mono pile and jacket foundations is recommended.

Keywords: renewable energy; energetic matrix, approved offshore projects

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Turbinas eólicas <i>Onshore</i> .....	15
Figura 2– Turbinas eólicas <i>Offshore</i> .....	15
Figura 3 - Matriz Energética Brasileira .....	17
Figura 4 - Evolução da Geração Eólica, Nuclear e Biomassa no Brasil .....	18
Figura 5 - Parques Eólicos <i>Onshore</i> na América Latina .....	19
Figura 6 - Tipos de Fundações .....	20
Figura 7 - Instalação do tipo gravidade com assistência de guindaste .....	22
Figura 8 - Fundação do tipo moo estaca .....	22
Figura 9 - Tipo de fundação “Jacquet”(Treliça) .....	23
Figura 10 - Tipo de fundação de Sucção .....	24
Figura 11 – Fundação do tipo flutuante .....	25
Figura 12 - Layout de disposição das turbinas em um parque .....	26
Figura 13 - Fluxograma Metodológico .....	32
Figura 14 - Etapas e fases do planejamento de parque eólico .....	33
Figura 15 - Fatores Meteoceânicos .....	34
Figura 17 - Mapa de parques eólicos <i>Onshore</i> construídos .....	41
Figura 18 - Amplitude média de Sizígia .....	44
Figura 19 - Incrustação em Zona subaquática (UZ) .....	45
Figura 20 - Áreas de conservação uso sustentável e biodiversidade .....	46
Figura 21 - Profundidade na Região Norte Brasileira .....	47
Figura 22 - Limites Marítimos .....	48
Figura 23 - Comparação das fundações estaca única e treliça .....	51



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diferenças entre Energia Eólica Onshore e Offshore .....	16
Quadro 2 - Potência outorgada na Energia Eólica <i>Onshore</i> no Brasil .....	18
Quadro 3 - Parques Eólicos <i>Onshore</i> no Brasil .....	18
Quadro 4 - Tipos de Fundações .....	21
Quadro 5 - Processos e resultados esperados para cálculos .....	27
Quadro 6 - Exemplo dos parâmetros meteoceânicos .....	28
Quadro 7 - Fundação tipo gravidade e assistido por guindaste .....	30
Quadro 8 - Evolução da potência unitária e do rotor de nossos aerogeradores <i>Offshore</i> .....	30
Quadro 9 - Projetos de parques Eólicos <i>Offshore</i> .....	36
Quadro 10 - Potência Outorgada na Energia Eólica .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
GWEC	Global Wind Energy Council
BEM	Balço Energético Nacional
ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito)
<i>IRENA</i>	<i>InternationalRenewableEnergyAgency</i>
SCE	Superintendência de Concessões Permissões e Autorizações dos
Serviços de Energia Elétrica	
EOWC	Vattenfall's European <i>Offshore</i> Wind Deployment Centre

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>14</b>
3.1	Energia Eólica no Mundo	14
3.2	Energia Eólica no Brasil	17
3.3	Tipos de Fundações dos Parques Eólicos <i>Offshore</i>	20
3.3.1	Base de Gravidade:	21
3.3.2	Tripé	22
3.3.3	Monoestaca	22
3.3.4	Treliça	23
3.3.5	Sucção	23
3.3.6	Flutuante	24
3.4	Fatores que implicam na escolha dos tipos de fundações	25
3.4.1	Caráter geotécnico:	25
3.4.2	Layout e disposição das turbinas	26
3.4.3	Parâmetros necessários para os cálculos	26
3.4.4	Capacidade de Carga	28
3.4.5	Resistencia estrutural	29
3.4.6	Resistencia à Tração	29
3.4.7	Resistencia Lateral	29
3.5	Exemplos de Parques Eólicos <i>Offshore</i>	30
3.5.1	Gravidade	30
3.5.2	Estaca única	30
3.6	Escolha do método de pré-montagem para as turbinas	31
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>32</b>
4.1	Material	32
4.2	Investigar quais os tipos de fundações utilizadas em projetos de parques eólicos <i>Offshore</i>	32
4.3	Levantar o total de parques eólicos <i>Offshore</i> em pré-construção no Brasil no período de 2015-2023	32
4.4	Verificar qual o tipo de estrutura indicada para a cidade de São Miguel de Gostoso, parque em pré construção R. Grande do Norte	33
4.4.1	Seleção do local e Concessão	33
4.4.2	Planejamento e Desenvolvimento	33
4.4.3	Instalação e Construção	35
4.4.4	Operação e Manutenção	35
4.4.5	Descomissão	35
4.5	Apontar implicações ambientais para o funcionamento em parques eólicos <i>Offshore</i> no Brasil.	35
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>36</b>
5.1	Total de parques eólicos <i>Offshore</i> em pré-construção no Brasil no período de 2015-2023	36

<b>5.2</b>	<b>Parque Eólico em São Miguel do Gostoso .....</b>	<b>40</b>
5.2.1	Turismo: .....	42
5.2.2	Tipo de Solo: .....	42
5.2.3	Parâmetros Meteoceanográficos: .....	43
<b>5.3</b>	<b>Implicações Ambientais .....</b>	<b>47</b>
5.3.1	Legislação Ambiental .....	47
5.3.2	Pássaros: .....	48
5.3.3	Poluição Sonora .....	49
5.3.4	Poluição Visual: .....	49
5.3.5	Poluição .....	49
<b>5.4</b>	<b>Escolha do Tipo de Fundações .....</b>	<b>50</b>
5.4.1	Escolha dos tipos de fundações em São Miguel do Gostoso .....	50

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a falta de chuvas causa os piores níveis nos reservatórios das hidrelétricas sendo necessário para amenizar a crise energética e aumento da demanda de consumo de energia, utilizar as termelétricas, fontes não renováveis, as quais produzem energia com a queima dos combustíveis fósseis, essa queima é uma das causas da emissão de gás carbônico na atmosfera.

De 2012 a 2021, a participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira cresceu de 41,8% para 44,7%, enquanto a fatia das fontes não renováveis caiu de 58,2% para 55,3%, segundo o (BEN, 2022). No entanto o país passa pela pior crise hidrológica desde 1930 e nos últimos sete anos os reservatórios das hidrelétricas receberam um volume de água inferior à média histórica. A energia elétrica no Brasil apresentou aumento de consumo no ano 2021 (ONS, 2022)

A atual crise energética e o aumento no custo da energia são consequências do fato da matriz energética brasileira depender na maior parte de hidrelétricas, se mostrou necessário o investimento de tipos de energia diferentes como a energia renovável: eólica. Além de não gerar poluentes e resíduos, é gerada por um recurso infinito, o vento.

A energia eólica explorada no Brasil é formada apenas pelos parques de energia eólica *Onshore* representa 12% da matriz, já os parques eólicos *Offshore* ainda não foram implementados no Brasil, embora os parques eólicos apresentem múltiplas vantagens, os parques *Offshore* ainda estão nas fases iniciais diferentemente de outros países europeus e asiáticos, o seu potencial eólico *Offshore* ainda não foi explorado.

Com o intuito de incentivar este tipo de Energia e viabilizar os projetos é necessário esse estudo, na costa brasileira, para avaliar o potencial eólico e as implicações no Brasil. Portanto, foram analisados os mapas de ventos, impactos ambientais, parâmetros meteorológicos para verificar os tipos de estruturas necessários nos parques eólicos *Offshore* fundações adequados para a lei regulamentadora vigente no Brasil. Assim com a exploração deste tipo de fonte de energia seja possível desacelerar o aumento da temperatura global que tem crescido consideravelmente nos últimos anos.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Investigar quais os tipos de fundações utilizadas para os projetos de parques eólicos offshore no Brasil.

### 2.2 Objetivos Específicos

São necessários os seguintes passos para estudar os parques eólicos offshore e seus impactos para explorar este tipo de fonte de energia ainda não utilizada no Brasil

- I Levantar o total de parques eólicos offshore em pré-construção no Brasil no período de 2015-2023
- I Verificar qual o tipo de estrutura indicada para a cidade de São Miguel de Gostoso, parque em pré construção R. Grande do Norte
- I Apontar implicações ambientais para o funcionamento em parques eólicos offshore no Brasil.

## 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 3.1 Energia Eólica no Mundo

A energia eólica *onshore*, trata da transformação da energia cinética causada pelos ventos que sopram horizontalmente que migram de locais com alta pressão para locais de baixa pressão, essa troca de lugar que influencia na geração de energia, neste caso os parques de energia eólica *onshore*, como o nome diz Shore, na terra. Outro fator que influencia a geração de energia limpa é a temperatura, pois essa troca de posição dos ventos acontece, pois, a massa de ar quente é menos densa que uma massa de ar frio.

Representado na Figura 1 está o modelo de turbina Horizontal *Onshore*, que é comumente utilizado nos parques *Onshore*



Fonte: ABEEólica(2018)

No caso da Energia Eólica *Offshore* como a tradução do inglês diz, fora da costa, portanto os aerogeradores estão situados no alto mar.

Segundo a Global Wind Power Capacity (GWPC, 2021) a capacidade global de energia eólica é de mais de 837 GW. "Um crescimento exponencial principalmente do Ásia que somente a sua produção auxilia ao evitar 1.1 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> anualmente equivalente a emissão anual de carbono na América do Sul." Apesar da Ásia ser um dos grandes destaques de crescimento na Energia eólica, a Europa ainda é o maior gerador dessa energia limpa, sendo os pioneiros deste tipo de energia.

A Figura 2 está representando uma turbina *Offshore*, com o tipo de fundação tripode



Fonte: EQUINOR (2021)

Para verificar as vantagens da Energia Eólica *Offshore*, no Quadro 1 é apresentado as diferenças entre a Energia Eólica *Onshore* e *Offshore*

**Quadro 1 - Diferenças entre Energia Eólica Onshore e Offshore**

<b>Diferenças</b>		<b>Onshore</b>	<b>Offshore</b>
Local		Terra	Mar
Base		Torre de aço, Torre de Treliça, Torre de Concreto	Base de Concreto Armado
Capacidade de Turbinas		4,8 MW	10 MW
Turbinas		Eixo Vertical e Horizontal	Turbina de eixo Vertical
Modelos		n/e	SG 10.0-193 DD,V164-10.0 MW
Diâmetro do rotor		n/e	120 m, 130 m
Tempo	Desenvolvimento	2 a 5 anos	3 a 5 anos
	Pré-Construção	1 a 2 anos	2 a 4 anos
	Construção	Até 1 ano	Até 2 anos
Jurisdição		Predominantemente terrenos privados	Estado Brasileiro

**Fonte: ABEEólica (2022)**

Nota= n/e = não encontrado

Os dados indicaram que o Brasil está, entre os cinco países do mundo que mais produzem energia eólica *Onshore* (terrestre), E os países que mais investem na instalação de parques eólicos *Onshore*, são: China, Estados Unidos, Brasil, Vietnam e o Reino Unido, alcançando 72,5 GW capacidade instalada em eólicas *onshore* e os cinco países com maior capacidade instalada de parques eólicos *Offshore* (no mar) foram, China, Reino Unido, Dinamarca, Vietnam e Países Baixos, totalizando 21,1 GW. (GWEC, 2021) Atualmente China é o país que lidera tanto na capacidade instalada de parques eólicos *onshore* quanto *Offshore*, totalizando 80% da capacidade global instalado na *Offshore*.

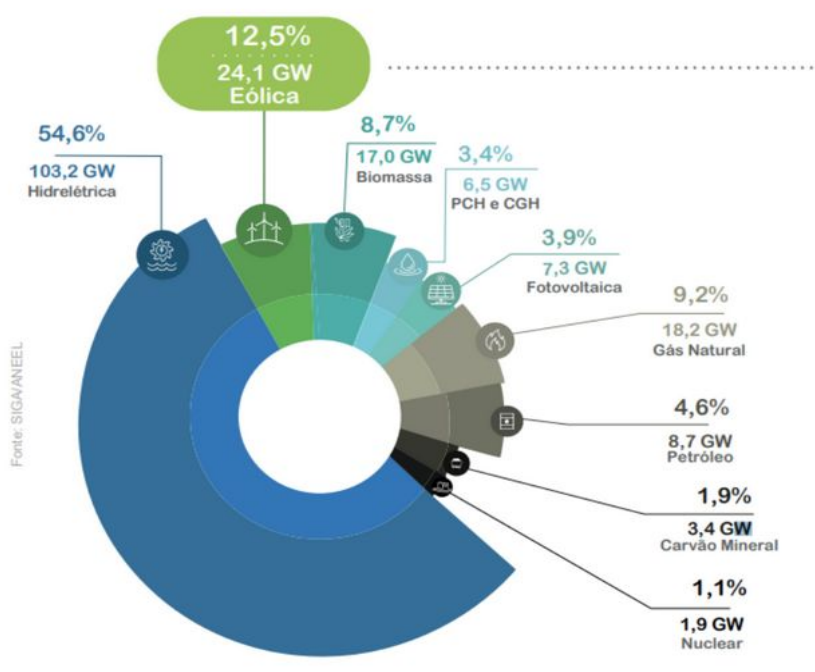


### 3.2 Energia Eólica no Brasil

A matriz energética Mundial difere da Matriz no Brasil na porcentagem de Energias renováveis utilizadas pois mais de 40% da geração de energia brasileira tem origem de Energias renováveis.

Na Figura 3 observa-se que mais de 50% da energia provém das hidrelétricas, em segundo lugar a energia eólica hoje representa 12,5% da matriz elétrica brasileira e a expectativa é que chegue a 13,6% ao fim de 2025, segundo os dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ANEEL,2023)

**Figura 3 - Matriz Energética Brasileira**



Comparando os dados conforme a informação do Balanço Energético Nacional(BEN, 2022), representado na Figura 4 a geração eólica teve um crescimento de 26,7% em relação a 2020, se tornando em 2021 a líder entre as outras fontes de energia, Biomassa e Energia Nuclear.

Mais de 15 TWh adicionais em relação a 2021 se devem à evolução da geração eólica (GWh), que teve sucessivos incrementos ao longo dos anos.



A geração eólica teve um crescimento de 26,7% em relação à 2020, consolidando a liderança entre as três fontes.

**Quadro 2 - Potência outorgada na Energia Eólica Onshore no Brasil**

Tipo	Quantidade de parques	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada(kW)
Eólica	1523	50,742,388,86	25.682,523.86

Fonte: ANEEL (2023)

Segundo dados da ANEEL (2023) o Brasil possui 886 parques eólicos *Onshore* instalados em 12 estados com 19 GW de potência e segundo o Global Wind Energy Council (GWEC, 2023) ocupa o sexto lugar no ranking mundial, a qual representa 12,5% da matriz elétrica brasileira. No entanto, no país não há parques eólicos *Offshore* instalados e existem 22 projetos em desenvolvimento, com pedidos de licenciamento ambiental.

No Quadro 3 estão representados os 10 maiores parques *Onshore* no Brasil, onde estão localizados e a sua capacidade instalada em Megawatt(MW).

**Quadro 3 - Parques Eólicos Onshore no Brasil**

Parque	Cidade	Estado	Capacidade Instalada
Complexo Lagoa dos Ventos	Lagoa do Bairro do Piauí	Bahia	716,5 MW
Campo Largo	Sento Sé	Bahia	687,9 MW

Chuí	Chuí e Santa Vitória do Palmar	Rio Grande do Sul	582,8 MW
Oitis	Dom Inocêncio e Casa Nova	Piauí e Bahia	517 MW
Rio do Vento	Bento Fernandes, Caiçara do Rio do Vento, Riachuelo e Ruy Barbosa	Rio Grande do Norte	504 MW
Chafariz	Areia de Baraúnas, São Mamede e Santa Luzia	3.3 Paraíba	471,2 MW
Chapada do Piauí	Simões, Caldeirão Grande do Piauí e Marcolândia	Piauí	438 MW
Alto Sertão	Igaporã, Caetité e Riacho de Santana	Bahia	438 MW
Delta do	Barreirinhas e Paulino	Maranhão	426 MW

...ins de visualização e consultas acerca dos parques eólicos existentes no Brasil, bem como daqueles em perspectiva. Essa ferramenta, de caráter intuitivo, sintetiza em um só ambiente mapas, gráficos e indicadores, além de nota explicativa e glossário.

► Para conhecer melhor essa ferramenta e explorar todas as suas funcionalidades, é só clicar na imagem abaixo ou acessar o [Link](#).



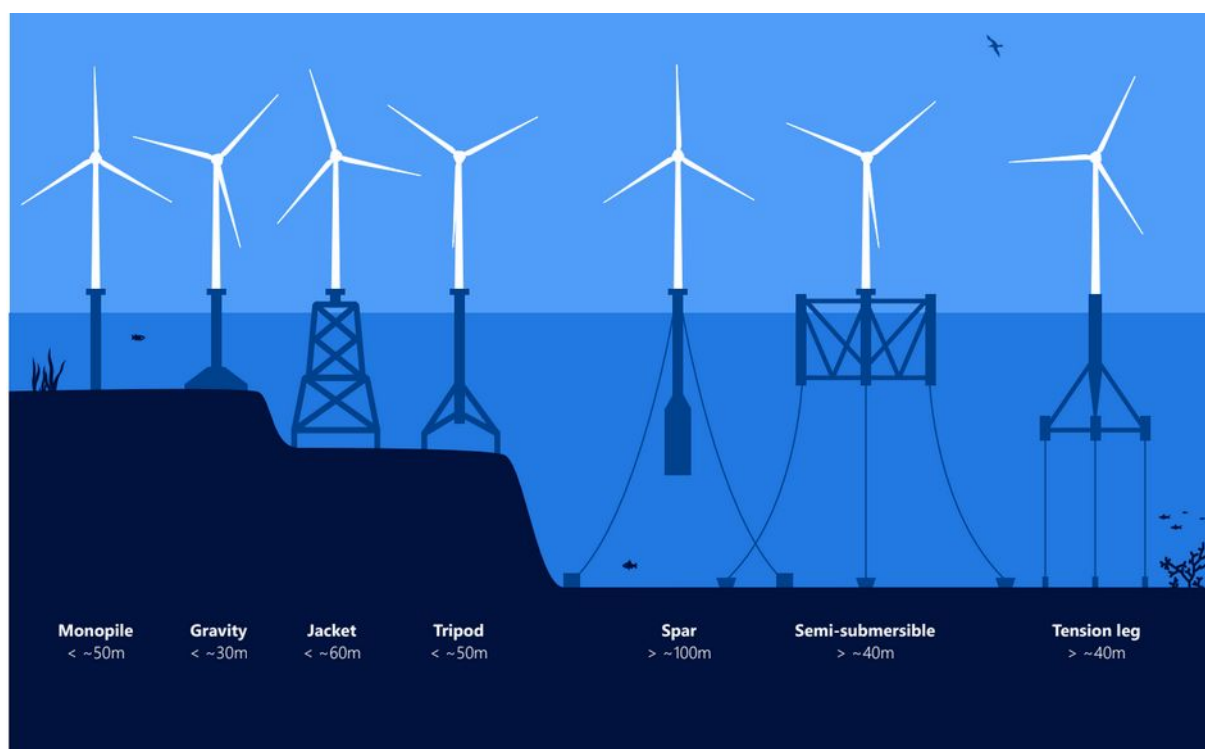
### 3.4 Tipos de Fundações dos Parques Eólicos *Offshore*

A fundação é a estrutura que recebe as cargas da turbina e a conecta ao solo. Recebendo não só as cargas mecânicas (próprias da estrutura do aerogerador) como também as cargas dinâmicas geradas com o movimento das pás.

No caso de parques eólicos *Offshore* os principais aspectos para a seleção de um tipo de fundação incluem a profundidade da água, as condições do solo marinho, as características da turbina, as massas do rotor e da nacela, a velocidade do rotor, a experiência e capacidade da cadeia de suprimentos tanto na fabricação quanto na instalação das fundações (IRENA, 2016a)

Fundações constituem a parte mais importante do design e frequentemente determinam a viabilidade de um projeto. Tipicamente, fundações custam em torno de 25-34% de um projeto (BHATTACHARYA, 2019). Existem seis tipos de fundações principais, como a Figura 6 apresenta a seguir:

Figura 6 - Tipos de Fundações



No Quadro 4, para melhor visualização os tipos de fundação estão classificados de acordo com seu sistema, o nível de profundidade e as suas principais características.

Existem os sistemas aterrados utilizados em águas rasas, cuja característica principal é transmitir toda a carga na sua base e as flutuantes utilizam sistemas com cabos.

**Quadro 4 - Tipos de Fundações**

<b>Tipo de Fundação</b>	<b>Sistema</b>	<b>Profundidade</b>	<b>Tipo</b>
1.Gravidade	Sistemas aterrados	10m	Águas Rasas
2.Estaca Única	Sistemas aterrados	<30m	Águas Rasas
3.Tripod e Tri-pile	Sistemas aterrados	30m-60m	Transição
4.Treliça	Sistemas aterrados	30m-60m	Transição
5.Sucção	Sistemas aterrados	30m-60m	Transição
6.Flutuante	Sistema Flutuante	>60m	Águas profundas

**Fonte: (BHATTACHARYA, 2019)**

#### 3.4.1 Base de Gravidade:

Este tipo de fundação tem esse design para evitar com que a turbina rotacione no seu próprio eixo, não existindo carga de tensão entre a estrutura e o leito do mar. Isto se logra por aplicar a carga fixa certa para estabilizar a estrutura (BHATTACHARYA, 2019)

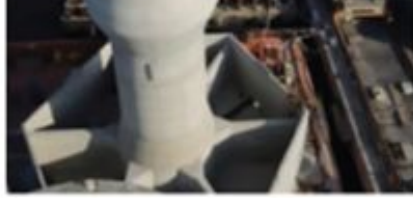
Atualmente existem bases em concreto armado, minério de ferro ou aço. E se dividem em 2 tipos de Fundação de base de gravidade:

- *“Crane-free solution”*(Sem guindaste) ou *“Float and Sink Solution”* (que escorre e afunda): Este tipo de fundação será preenchida toda a base para afundar até o leito do mar. Ideal para solos rochosos (BHATTACHARYA, 2019)
- *“Crane assisted solution”*(Com assistência de guindaste)

A Figura 7 ilustra a instalação de uma fundação do tipo gravidade com o auxílio de um guindaste.



n does not  
s known as a



(a)

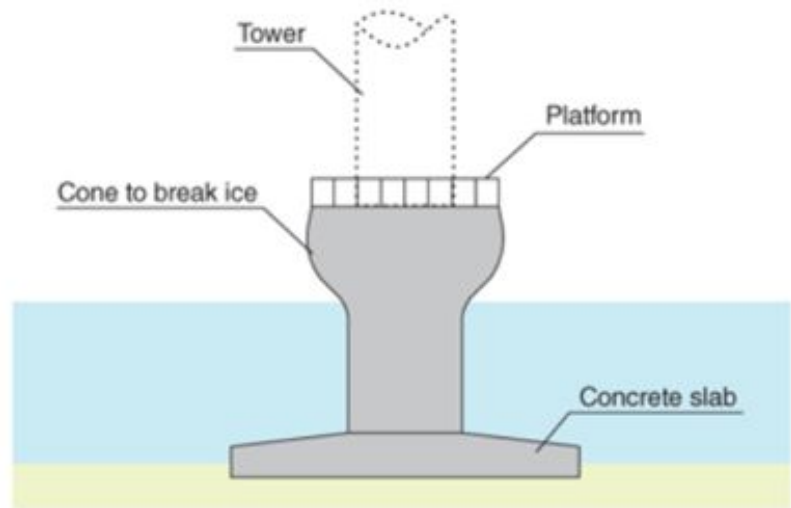
these  
s have the  
erefore  
d a vessel.  
wered to the  
xample is  
n in [Figure](#)  
the gravity-  
mpared to a  
[1.3](#) provides  
-based



(b)



(c)



(d)



Fonte: SILVA(2014, p. 19)

### 3.4.4 Treliça

A Treliça é comumente utilizada pela indústria petrolífera, porém na área de o *Offshore* não foi totalmente explorada. Esta fundação tem a vantagem de ter maior

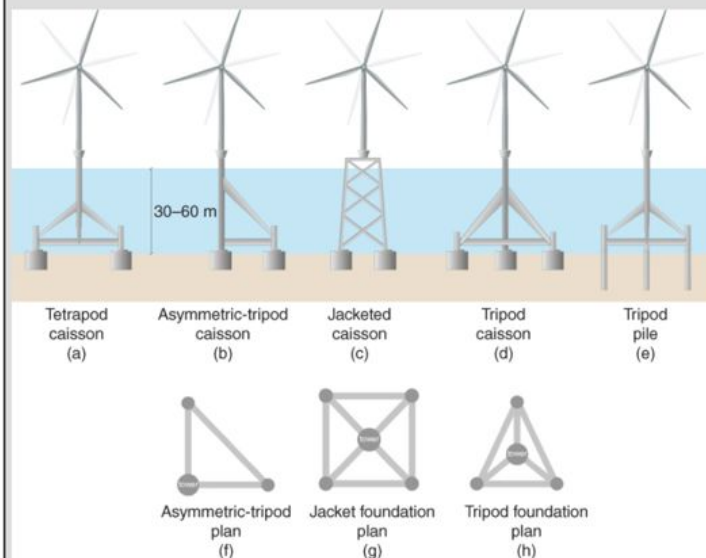
resist

de gr

transp

treliça

[Figures 1.21–1.25](#) show a schematic of a three-legged jacket inspired by some recent offshore developments.



[Figure 1.21](#) Multipod foundations and various proposed and existing multi-foundation arrangements to support WTG; (a) tetrapod substructure supported by four suction caisson foundations; (b) asymmetric tripod

### 3.4.5

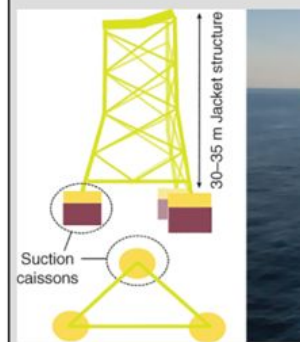
na es

base,

(MME, 2012). Este tipo pode ser usado e instalado na Figura 20(a), (b) e (c).

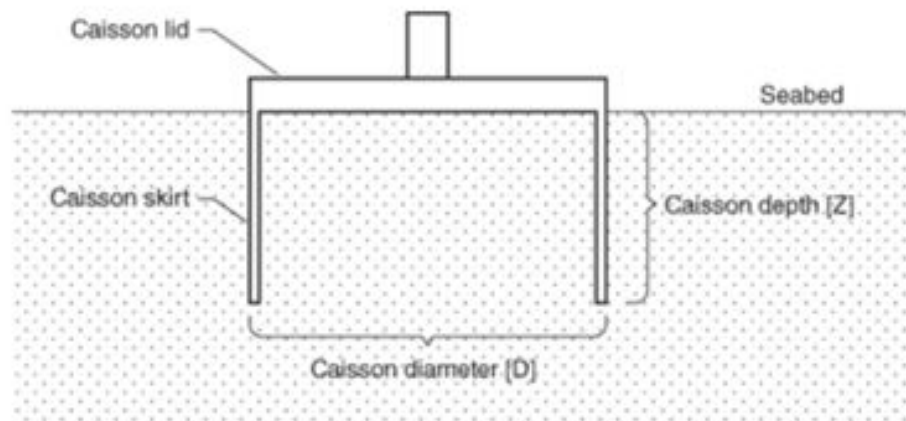
1 minute left in chapter

substructure sup  
suction caissons  
substructure sup  
caisson foundati  
tripod substruct  
suction caisson f  
pile substructure  
plan view of an a  
substructure; (g)  
substructure; an  
symmetric tripod



[Figure 1.22](#) Schematic of a jacket supported by suction caissons

into use around 30 years ago as a foundation structure for offshore oil and gas production platforms.



(a)



(b)



(c)

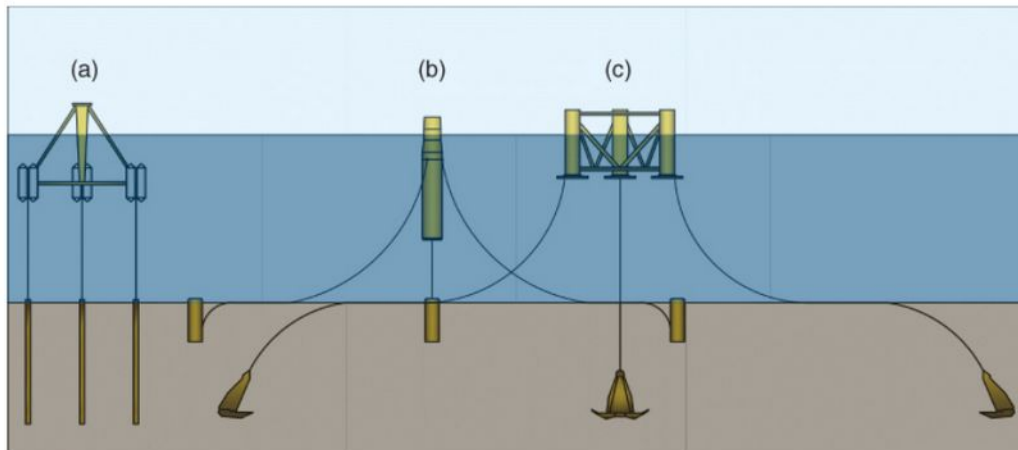


(d)

1 minute left in chapter



the  
 the centre  
 of gravity  
 simple  
 cost,  
 deeper  
 shallow  
 used to  
 system, see



[Figure 1.26](#) Three main types of floating system to support WTG (wind turbine generator).

[Photo Courtesy: Dr Lazlo Arany]

versible.  
 of  
 principle and  
[Figure 1.26c](#).

There are varieties of anchors that can be used to moor the floating system, and they can be classified into surface anchors and embedded anchors. An example of surface anchors is a large, heavy box containing rocks or iron ore, and the holding capacity depends on the weight of the anchor itself and the friction between the base of the

3.5.1 Caráter geotécnico:

- Capacidade de suporte;
- Cargas das turbinas (dependendo do tamanho e peso);

- Degradação da resistência do solo por conta dos carregamentos cíclicos;
- Consolidação dos Recalques;
- Recalques Diferenciais;
- Escoamento e erosão.

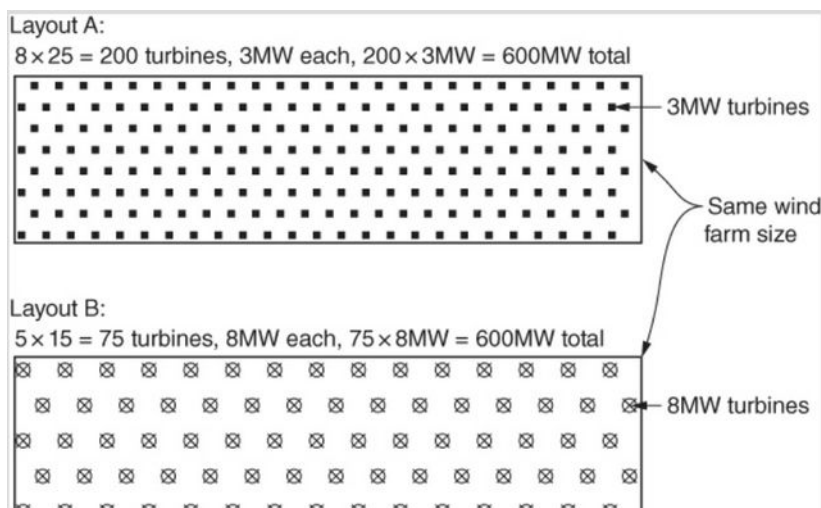
### 3.5.2 *Layout* e disposição das turbinas

O número de fundações varia entre 75 e 200, dependendo do número de turbinas. É importante ressaltar que parques podem variar o tipo de fundação. (BHATTACHARYA, 2019)

Utilizando o mesmo tamanho de um parque eólico pode ter diferentes *layouts* e produzir a mesma capacidade. Por exemplo um parque de 6000 MW, ilustrado na Figura 12. Pode ser montado de 2 formas. Por exemplo, pode ser arranjado como o *Layout A*, no qual são utilizadas 8 colunas de 25 turbinas de 3 MW cada, totalizando em 200 turbinas de 3 MW.

Além disso o parque de 6000 MW pode ser arranjado como o *Layout B*, em 5 colunas com 15 turbinas de 8 MW, gerando 6000 MW com 75 turbinas de 8 MW.

**Figura 12 - Layout de disposição das turbinas em um parque**



Fonte: BHATTACHARYA (2019, p.45)

### 3.5.3 Parâmetros necessários para os cálculos

Para escolher o tipo de fundação correto, são necessários cálculos baseados em parâmetros específicos, descritos no Quadro 5, os fatores que influenciam, os testes realizados para encontrar os mesmos e o motivo para obter esses parâmetros.

**Quadro 5 - Processos e resultados esperados para cálculos**

<b>Parâmetro</b>	<b>Processos e resultado</b>	<b>Motivo</b>
Descrição e Propriedades do solo	Limite de Atterbergh, mínimo e máximo , quantidade de vazios, de água da amostra	Esta é uma propriedade fundamental
Propriedades de resistência do solo	Ângulo de fricção (escolher o ângulo de pico crítico)	Cálculo do (ULS) Limite Último de Serviço, gráficos de tensão para cálculo de FLS
Rigidez do solo	Coluna ressonante, Ciclo triaxial com elemento dobrador ou clico de cisalhamento	Rigidez em pequenas deformações(Gmax)
Permeabilidade e consolidação dos Parâmetros	CPT ou testes cíclicos tri axial	Avaliação da drenação
Potencial de liquefação	Requerido para estudos de locais suscetíveis a terremotos. Testes de ciclo triaxiais	São utilizados para encontrar os ciclos e comportamento de liquefação e pós-liquefação
Condutividade Térmica	Métodos Farouki 1981	Isolamento do cabo
Composição química	Encontrar a quantidade de solos gasosos e outros produtos químicos que podem causar corrosão para diversos componentes	Design para proteção dos cabos
Propriedades de amortecimento	Através dos seguintes aparelhos: coluna ressonante e aparelho de carga cíclica (Ciclo triaxial e)	Medição do amortecimento

**Fonte: BHATTACHARYA (2019, p. 161)**

O Quadro 5 representa os métodos utilizados para estudar o solo dos parques, já o Quadro 6 ilustra os parâmetros meteoceânicos que são necessários para terminar o cálculo estrutural.

**Quadro 6 - Exemplo dos parâmetros meteoceânicos**

Parâmetro	Símbolo	Unidade
Parâmetro de forma de distribuição Weibull de velocidade do vento	s	[-]
Parâmetro de escala de distribuição Weibull de velocidade do vento	K	m/s
Intensidade de turbulência de referência	I	%
Escala de comprimento integral de turbulência	Lk	m
Densidade do ar	Pa	kg/m <sup>3</sup>
Altura de onda significativa com período de retorno de 50 anos	Hs	m
Período de pico de onda	Ts	s
Período máximo de pico da onda	Tm	s
Profundidade máxima da água (nível alto da água em 50 anos)	S	m
Densidade da água do mar	Pw	kg/m <sup>3</sup>

Fonte: BHATTACHARYA (2019, p. 303)

#### 3.5.4 Capacidade de Carga

Capacidade de carga e um elemento de fundação por estaca é a carga máxima necessária para que o conjunto resista ao ser aplicado uma força antes que seja provocada a ruptura do solo, conjunto esse definido como o elemento estrutural e geotécnico formando entre os dois uma interação solo e estrutura. (WITTEMBERG, 2021 apud VELLOSO). Representado na Equação 1

$$\text{RadN} = \frac{Q_u}{F_{\text{SegGlobal}}}$$

Eq(1)

Onde:

$RadN$  = Resistência admissível em cada estaca [kN];

$Qu$  = Resistência calculada [kN];

$FSegGlobal$  = Fator de segurança global.

Para encontrar a capacidade de carga podem ser utilizados os seguintes métodos:

- Aoki-Velloso (1975);
- Décourt-Quaresma (1978);

### 3.5.5 Resistencia estrutural

Ela é obtida multiplicando-se a resistência de trabalho do concreto pela seção da estaca, no caso de compressão. Já para a tração, deve-se dimensionar a armadura e verificar o esforço resistente por ela. (WITTEMBERGH, 2021)

### 3.5.6 Resistencia à Tração

Para determinação da resistência à tração é calculado a resistência geotécnica da estaca da mesma forma que a compressão por Décourt-Quaresma com o diferencial que a resistência de ponta não é considerada, somente a resistência lateral ( WITTEMBERGH apud MILITITSKI, 2019 )

### 3.5.7 Resistencia Lateral

A capacidade de resistência horizontal da estaca o comportamento é controlado pela camada superior. Em torno de 3 – 5 m abaixo da superfície (SIMONS e MENZIES, 1975), ou um terço do comprimento da estaca (LAUTENSCHLAGER, 2010), ou três vezes o diâmetro do respectivo elemento estrutural. (WITTEMBERGH, 2021)

Os seguintes métodos são utilizados:

- Método de Broms (1964);
- Método das molas ou Teoria da Reação Horizontal do Solo.

### 3.6 Exemplos de Parques Eólicos *Offshore*

#### 3.6.1 Gravidade

No Quadro 7 foram analisados parques eólicos do tipo Gravidade diferentes distancias da costa e profundidades alcançadas

**Quadro 7 - Fundação tipo gravidade e assistido por guindaste**

Ano	Projeto	Profundidade(m)	Distância (Km)
2001	Middelgrunden - 40 MW	3-5	2
2003	Nysted 1 (Rodsand I)	6-10	10.8
2009	Thornton Bank fase 1	12-27	26

Fonte: BHATTACHARYA(2019)

#### 3.6.2 Estaca única

Foram analisados alguns projetos de diferentes países do tipo flutuante e anos para demonstrar no Quadro 8 a evolução da potência unitária e do rotor de nossos aerogeradores *Offshore* e notasse um aumento de 100 m no diâmetro do rotor em 9 anos de evolução.

**Quadro 8 - Evolução da potência unitária e do rotor de nossos aerogeradores *Offshore***

Ano	Projeto	País	Potência (MW)	Diâmetro do rotor(m)
2014	West od Duddon Sands	Reino Unido	3,6	120
2017	Nysted 1 (Rodsand I)	Alemanha	5	135
2020	Thornton Bank fase 1	Reino Unido	7	154
Em construção	Saint-Brieuc	França	8	167
Em construção	Baltic Eagle	Alemanha	9,5	174
Em construção	Vineyard Wind 1	EUA	13	220

Fonte: Adaptado de IBERDROLA (2023)

### 3.7 Escolha do método de pré-montagem para as turbinas

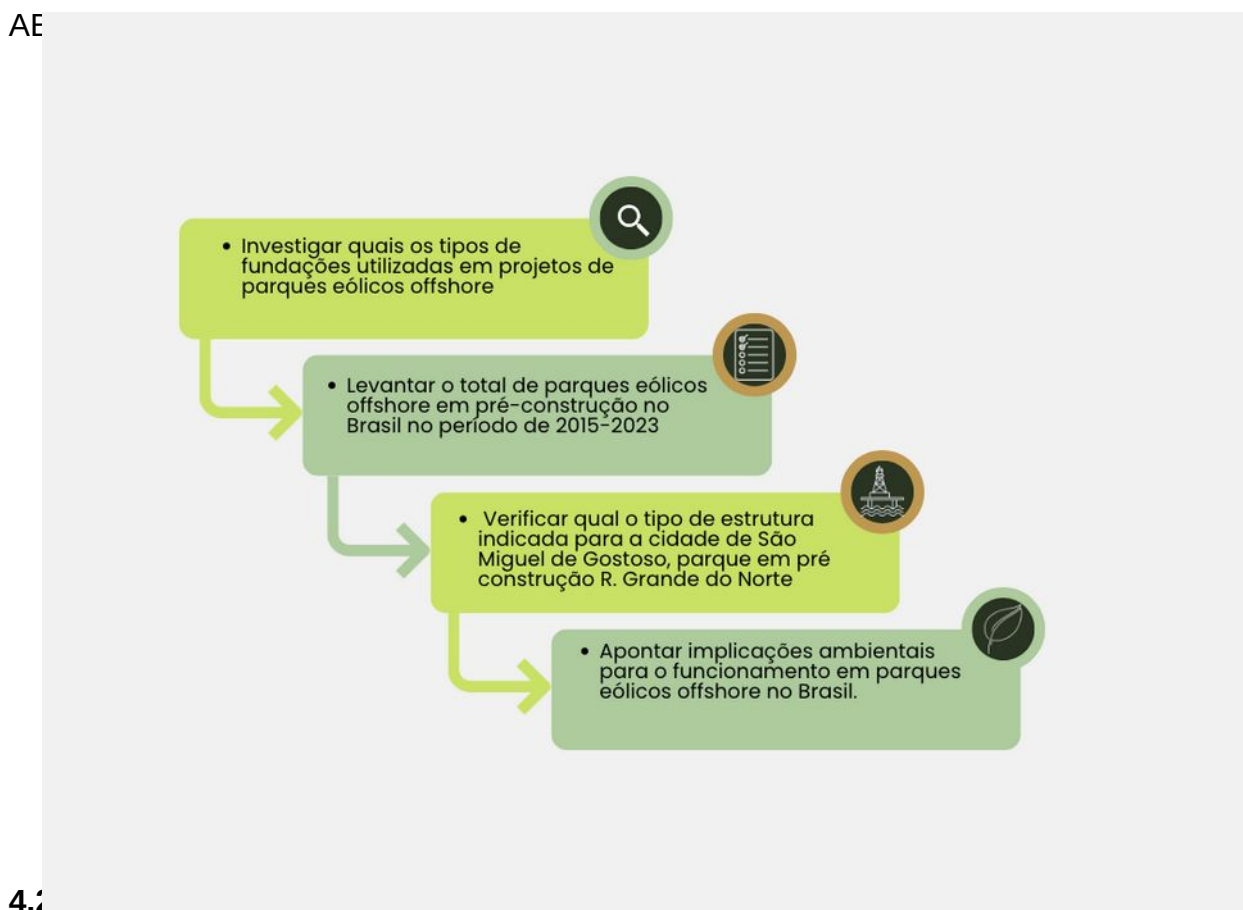
Durante a instalação de usinas eólicas *Offshore* são usadas estratégias logísticas que minimizem os custos e/ou tempos de instalação. Entendendo como logística a movimentação e armazenamentos dos componentes (DO NASCIMENTO, 2021 apud POULSEN, 2017)

- a seleção do porto de instalação;
- a seleção da frota de embarcação;
- a escolha da estratégia de transporte;
- a escolha do método de pré-montagem;
- o tipo de abordagem para o planejamento agregado;
- a abrangência do cronograma de instalação;
- a estratégia de armazenamento dos componentes; e
- o grau de compartilhamento de informações.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Material

A pesquisa é de coleta de dados e informações dos seguintes órgãos:



### eólicos Offshore

A pesquisa foi realizada através da revisão bibliográfica do livro de BHATTACHARYA, Subhamoy: Design of Foundations for Offshore Wind Turbines, 2019.

### 4.3 Levantar o total de parques eólicos *Offshore* em pré-construção no Brasil no período de 2015-2023

A informação do total de parques e suas respectivas fases de desenvolvimento foram sondados através de vários Órgãos, por exemplo: BEN 2022, ANEEL, Roadmap Eólica *Offshore*, SCE 2023, Portal Energético da América Latina. Após, os resultados foram compatibilizados.



#### 4.4 Verificar qual o tipo de estrutura indicada para a cidade de São Miguel de Gostoso, parque em pré construção R. Grande do Norte

Para escolher o tipo de estrutura indicada para um projeto é realizado um estudo e cálculo minucioso desde a primeira etapa das 5 etapas de construção de um Parque Eólico *Offshore* demonstrado na Figura 14.

Figura 14 - Etapas e fases do planejamento de parque eólico



Fonte: Adaptado de DHI (2021)

##### 4.4.1 Seleção do local e Concessão

O desenvolvimento do projeto ocorre em torno de 5 anos, compreendendo atividades de planejamento, pesquisas abrangentes do meio ambiente e geográfico, gerenciamento de projeto e autorizações legais (DO NASCIMENTO, SHAFIEE; BRENNAN; ESPINOSA, 2016) Esta fase tem duração entre 3-5 anos(MME, 2020)

##### 4.4.2 Planejamento e Desenvolvimento

Segundo o DHI os fatores Meteocéânicos, estes são os fatores responsáveis por determinar a fundação escolhida, investigados na fase 1 e analisados na fase 2, estes estão ilustrados na Figura 15.

#### 4.4.2.1 Atmosfera

No qual são monitorados os dados de variação de temperatura, pressão; umidade, chuva, visibilidade.

#### 4.4.2.2 Vento:

Através da média dos ventos, é possível estimar o potencial eólico do local e fator de capacidade gerado.

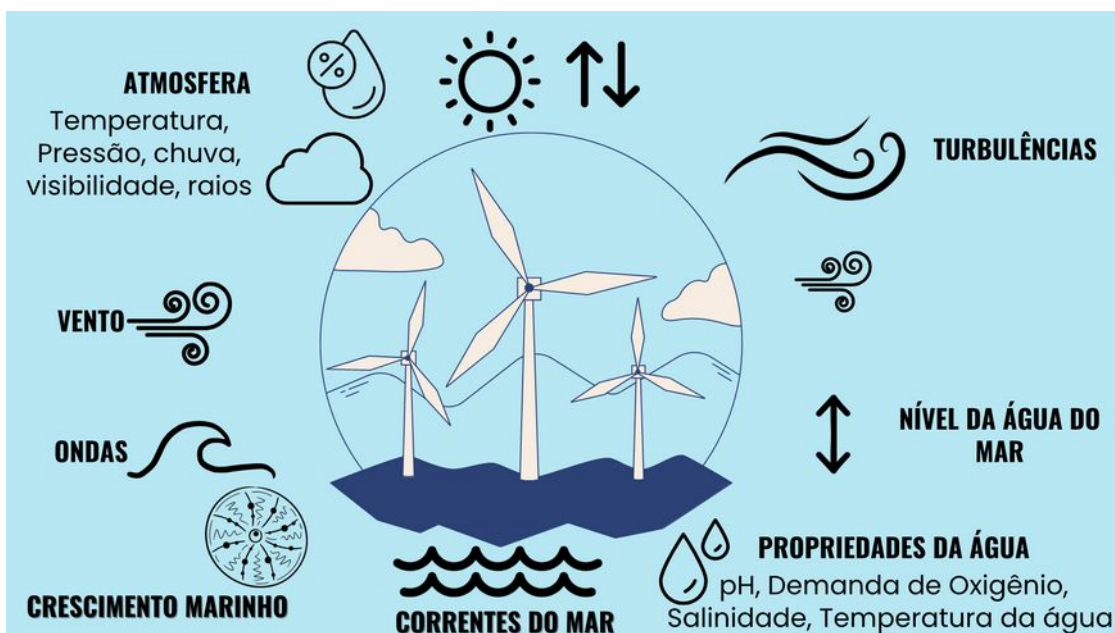
#### 4.4.2.3 Ondas:

São monitorados a variação do nível de água, as correntes marítimas, a duração das ondas e o tipo de maré do local.

#### 4.4.2.4 Propriedades da Água,

O pH e salinidade influenciam no design de proteção dos cabos e também para acompanhar a ação de degradação das fundações.

Figura 15 - Fatores Meteoceânicos



Fonte: Adaptado de DHI (2021)

#### 4.4.3 Instalação e Construção

Devido a dificuldade de instalação nos ambientes *Offshore*, algumas construções ou atividades de pré-comissionamentos são realizadas *Onshore* e depois transportadas para o lugar de instalação para minimizar riscos a segurança(DHI, 2021)

#### 4.4.4 Operação e Manutenção

É a fase mais longa, variando entre os 20 e 25 anos, é a fase na qual o parque está totalmente operacional e gerando energia, sempre requerendo inspeções de manutenção e corrigindo falhas, com o fim de maximizar o uso das turbinas(DO NASCIMENTO, 2021 apud POULSEN; HASAGER; JENSEN, 2017; POULSEN; LEMA, 2017; SHAFIEE; BRENNAN; ESPINOSA, 2016 )

#### 4.4.5 Descomissão

É importante deixar o local em condições similares ao que era antes do projeto. A descomissão é única pois cada local depende do tipo de estrutura que foi utilizado, equipamento, condições naturais, leis regulamentadoras(DHI, 2021)  
Tem duração de 2 anos(ROADMAP, 2020)

### **4.5 Apontar implicações ambientais para o funcionamento em parques eólicos *Offshore* no Brasil.**

Através da lei nº10.946/2022 decretada no mês de janeiro de 2022 que entrou em vigor em 15 de junho de 2023 os projetos *Offshore*

Foi utilizado o RoadMap Eólica *Offshore*, 2020. Com o fim de analisar os tipos de limitações ambientais, socioeconômicas e financeiras da viabilidade dos projetos.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Total de parques eólicos *Offshore* em pré-construção no Brasil no período de 2015-2023

Até o mês de maio de 2023 totalizasse 57 projetos de do tipo *Offshore*, dos quais 35 apenas foram anunciados, 11 projetos se encontravam na fase de pré-construção e 4 projetos estavam na Fase 2 de Construção.

Os projetos anunciados estão representados no Quadro 9 em ordem da maior capacidade a menor, evidenciando o local de construção e a empresa proprietária.

**Quadro 9 - Projetos de parques Eólicos *Offshore***

Nome	Capacidade	Localização	Coordenada	Proprietária
Complexo Eólico Marítimo Ventos do Sul	6507 MW	Balneário Pinhal, Rio Grande do Sul	-30.3069,-50.0301	EDP Renováveis [50%]; ENGIE Brasil [50%]
Complexo Eólico Marítimo Alpha	6000 MW	Ceará	-2.9066, -38.9909	Veritas Renewables
Complexo Eólico Marítimo Ventos do Atlântico	5009 MW	Farol De São Thomé (Campos Dos Goytacazes), Rio De Janeiro,	-22.1847, -40.9432	EDP Renováveis [50%]; ENGIE Brasil [50%]
Complexo Eólico Marítimo Costa Nordeste	3800 MW	Ceará	-2.9066, -38.9909	Geradora Eólica Brigadeiro
Complexo Eólico Marítimo Turmalina	3180 MW	El Aduar, Rio Grande do Sul	-32.6187, -52.06	Bluefloat Energy
Complexo Eólico Marítimo Águas Claras	3000 MW	Xangri-Lá (Capão Da Canoa), Rio Grande Do Sul	-29.7797, -49.9085	Neoenergia
Complexo Eólico Marítimo Amazonita	3000 MW	Atlântico, Rio Grande do Sul	-33.925, -52.932	Bluefloat Energy

Complexo Eólico Marítimo Beta	3000 MW	Macau, Rio Grande do Norte	-4.476, -36.4912	N.E
Complexo Eólico Marítimo Jangada	3000 MW	Trairi, Ceará	-3.0154, -39.2664	Neoenergia
Complexo Eólico Marítimo Maravilha	3000 MW	São João Da Barra, Rio De Janeiro	-21.7826, -40.6696	Neoenergia
Complexo Eólico Marítimo Acu	3000 MW	Acu	-21.8433, -40.9494	Shell Wind Energy INC
Complexo Eólico Marítimo Projeto Ceará 1	3000 MW	Ceará	-2.9066, -38.9909	Shizen Energy Group
Complexo Eólico Marítimo Projeto Ceará 2	3000 MW	Ceará	-2.9066, -38.9909	Shizen Energy Group
Complexo Eólico Marítimo Pecém	3000 MW	Ceará	-2.9066, -38.9909	Shell Wind Energy INC
Complexo Eólico Marítimo Galinhos	3000 MW	Galinhos	-5.0861, -36.2776	Shell Wind Energy INC
Complexo Eólico Marítimo Projeto Rio Grande do Sul 1	3000 MW	Rio Grande do Sul	-31.7346, -50.6296	Shizen Energy Group
Complexo Eólico Marítimo Projeto Rio Grande do Sul 2	3000 MW	Rio Grande do Sul	-31.7346, -50.6296	Shizen Energy Group
Complexo Eólico Marítimo Projeto Rio Grande do Sul 3	3000 MW	Rio Grande do Sul	-31.7346, -50.6296	Shizen Energy Group
Complexo Eólico Marítimo Projeto Rio Grande do Sul 4	3000 MW	Rio Grande do Sul	-31.7346, -50.6296	Shizen Energy Group
Complexo Eólico Marítimo White Shark	3000 MW	Luís Correia, Piauí,	-2.704, -41.5056	Shell Wind Energy INC
Complexo Eólico Marítimo Sopros de Rio de Janeiro	3000 MW	Rio de Janeiro,	-23.0694, -43.3939	Total Energies SE

Complexo Eólico Marítimo Águas Claras	3000 MW	Xangri-Lá (Capão Da Canoa), Rio Grande Do Sul, Brasil	-29.7797, -49.9085	Neoenergia
Complexo Eólico Marítimo Quaresmeira	2960 MW	Barra da Boa Vista, Espírito Santo, Brasil	-21.3524, -40.2324	n/e
Fazenda Eólica Offshore Ventos Fluminenses	2820 MW	Macaé, Rio De Janeiro	-22.5216, -41.5993	Bosford Participações
Complexo Eólico Marítimo Piau	2820 MW	Piau,	-6.1901, -35.0623	Shell Wind Energy INC
Complexo Eólico Marítimo Ubu	2500 MW	Ubu	-20.7912, -40.567	Shell Wind Energy INC
Complexo Eólico Marítimo Ventos Potiguar	2484 MW	São Bento Do Norte, Rio Grande Do Norte	-4.9329, -35.9688	IER (Internacional Energias Renováveis)
Complexo Eólico Marinho Ventos do Açú	2160 MW	Barra Do Açú, Rio De Janeiro	-22.0489, -40.7135	Prumo Logística
Complexo Eólico Marítimo Maral	2012 MW	São Bento Do Norte, Rio Grande Do Norte	-4.8569, -36.0519	EDP Renováveis [50%]; ENGIE Brasil [50%]
Complexo Eólico Marítimo Colibri	2012 MW	Ceará,	-2.9066, -38.9909	Equinor ASA
Complexo Eólico Marítimo Ibitucatu	2000 MW	Ceará	-2.9066, -38.9909	Equinor ASA
Complexo Eólico Marítimo Aracatu 1	1920 MW	São João da Barra, Rio de Janeiro,	-21.5333, -40.7384	Equinor ASA; Petróleo Brasileiro SA (Petrobras)
Complexo Eólico Marítimo Aracatu 2	1920 MW	Presidente Kennedy, Espírito Santo,	-21.4041, -40.7314	Equinor
Complexo Eólico Marítimo Alísios Potiguares	1845 MW	São Miguel Do Gostoso, Rio Grande Do Norte	-5.0438, -35.601	Bosford Participações
Complexo Eólico Marítimo Bromélia	1700 MW	Rio de Janeiro	-23.0694, -43.3939	BlueFloat Energy
Complexo Eólico Marítimo Água	1700 MW	São Bento do Norte, Rio	-4.8155, -36.0018	BlueFloat Energy

Marinha		Grande do Norte		
Complexo Eólico Marítimo Palmas do Mar	1395 MW	Pedra Do Sal, Piauí	-2.7782, -41.68	Bosford Participações
Complexo Eólico Marítimo Ventos Litorâneos	1245 MW	Tramandaí, Rio Grande do Sul	-29.9961, -50.0033	Bosford Participações
Complexo Eólico Marítimo Quesnelia	1240 MW	Marataízes, Espírito Santo	-21.1462, -40.513	BlueFloat Energy
Complexo Eólico Marítimo Dragão do Mar	1216 MW	Aranaú (Acaraú), Ceará	-2.5926, -40.3247	Air Marine Brasil
Parque Eólico Offshore Camocim	1200 MW	Camocim, Ceará, Brasil	-2.8135, -40.9688	BI Energia Ltda
Complexo Eólico Marítimo Cassino	1200 MW	Querência, Rio Grande do Sul, Brasil	-32.2001, -52.1436	Corio Generation
Complexo Eólico Marítimo Cattley	1200 MW	Rio Grande do Norte, Brasil	-4.925, -36.1171	BlueFloat Energy
Complexo Eólico Marítimo Costa Nordeste (Corio)	1200 MW	Flecheiras, Ceará, Brasil	-2.9066, -38.9909	Corio Generation
Complexo Eólico Marítimo Guarita (Corio)	1200 MW	Querência, Rio Grande do Sul	-32.2001, -52.1436	Corio Generation
Complexo Eólico Marítimo Rio Grande	1170 MW	Querência, Rio Grande do Sul	-32.2001, -52.1436	Corio Generation
Complexo Eólico Marítimo Bravo Vento	1155 MW	Rio Grande, Rio Grande Do Sul	-32.1688, -52.0739	João Amílcar Roehrs
Complexo Eólico Marítimo Asa Branca	400 MW	Icaraí, Ceará,	-2.985, -39.6479	Eólica Brasil
Complexo Eólico Marítimo Vento Tupi	999 MW	Pedra Do Sal, Piauí	-2.7333, -41.5838	EDP Renováveis [50%]; ENGIE Brasil [50%]
Complexo Eólico Marítimo Tramandaí	702 MW	Tramandaí, Rio Grande Do Sul	-30.0276, -50.0613	EDP Renováveis [50%]; ENGIE Brasil [50%]
Complexo Eólico Marítimo Pedra Grande	624 MW	São Miguel Do Gostoso, Rio Grande Do Norte	-5.0493, -35.6549	BI Energia Ltda

Parque Eólico Offshore Caucaia	576 MW	Caucaia, Ceará	-3.6469, -38.6581	BI Energia Ltda
Complexo Eólico Marítimo Votu Winds	480 MW	Marataízes	n/e	Votu Winds
Complexo Eólico Marítimo Votu Winds	480 MW	Itapemirim, Espírito Santo	-21.2018, -40.6209	Votu Winds
Complexo Eólico Marítimo Votu Winds	480 MW	n/e	n/e	Votu Winds

Fonte: PORTAL ENERGÉTICO (2023); Global Wind Power Tracker (2023)

Nota= n/e = não encontrado

## 5.2 Parque Eólico em São Miguel do Gostoso

Para começar um projeto eólico *Offshore* são necessários várias etapas, licenciamentos e análises, porém o destaque é o potencial eólico. Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m<sup>2</sup>, a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (GRUBB; MEYER, 1993).

A primeira vez que o potencial de energia eólica *offshore* para toda a margem do Brasil foi avaliado entre agosto de 1999 e dezembro de 2009, com dados obtidos pelo satélite QuikSCAT, estimou-se que o potencial energético *offshore* na ZEE brasileira é cerca de 12 vezes maior que na área continental do país, sendo capaz de alavancar o desenvolvimento sustentável do Brasil em longo prazo. (ORTIZ, 2011)

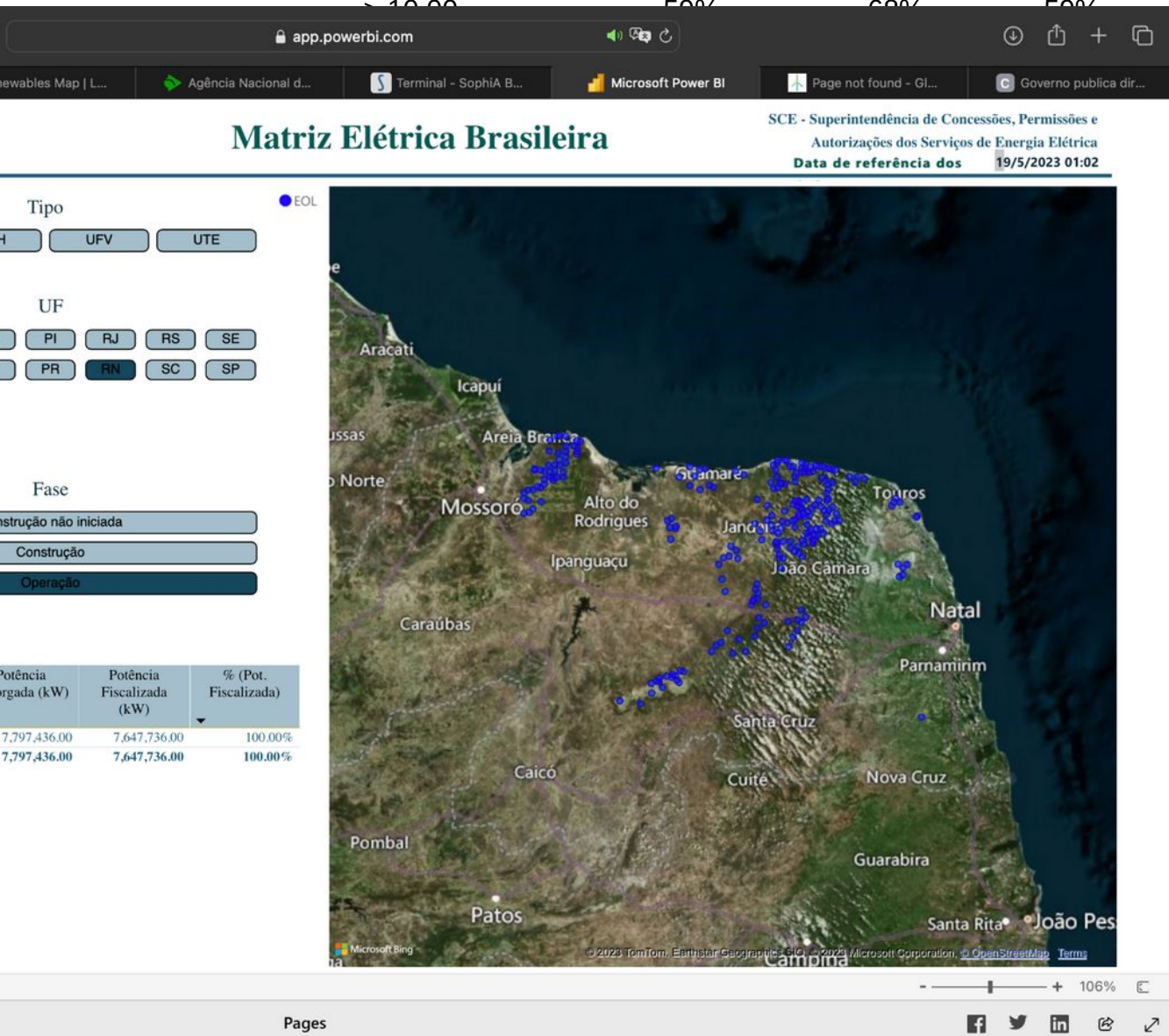
Por isso foi analisado a faixa de velocidade e o fator de Capacidade, o qual é calculado pela divisão da Energia Anual pela potência e foram encontrados os valores das regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul. Ilustrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Faixa de velocidade dos Ventos

Faixa de velocidade(m/s)	Fator de Capacidade			
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul
6,0 - 6,5	22%	23%	23%	23%
6,5 - 7,0	25%	30%	32%	31%
7,0 - 7,5	32%	37%	38%	37%
7,5 - 8,0	36%	42%	43%	43%
8,0 - 8,5	40%	46%	47%	46%



8,5 - 9,0	47%	54%	49%	49%
9,0 - 9,5	53%	63%	53%	53%
9,5 - 10,00	56%	65%	56%	56%
> 10,00	50%	60%	50%	59%



o do  
torgada  
ques em

energia  
possui

sfera

(JUNIOR; 2013. Amarante *et al.*, 2013)

**Quadro 10 - Potência Outorgada na Energia Eólica**

Fase	Quantidade	Potência Outorgada(kW)	Potência Fiscalizada(kW)
Anunciada	82	3482300	
Construção	56	2.130.200	
Operação	247	7.797.436	77.647.736

Fonte: Adaptado de ANEEL (2023)

Até o mês de maio de 2023 possui no total 82 parques eólicos *Onshore* anunciados e 56 projetos *Offshore* em fase de construção. Entre os projetos de parques eólicos *Offshore* anunciados estavam as cidades de: São Bento, Macau e São Miguel do Gostoso, das quais a cidade São Miguel do Gostoso foi selecionada para estudo de caso.

#### 5.2.1 Turismo:

A economia municipal gira em torno de três pilares básicos: agricultura, pesca e turismo. A partir dos anos 1990, a atividade turística se iniciou trazendo retorno econômico e se desenvolvendo lentamente. De 2000 em diante, a cidade ganhou fama internacional por sua tranquilidade e ventos ideais para a prática de modalidades de esportes aquáticos, kitesurf e windsurf. Hoje, o turismo claramente impulsiona a economia da cidade. (Prefeitura de São Miguel do Gostoso, 2023)

#### 5.2.2 Tipo de Solo:

“O setor Touros, por sua vez, configura uma região a qual apresenta uma ampla cobertura sedimentar predominantemente carbonática, de origem biogênica, caracterizada pela ocorrência, principalmente, de algas calcárias verdes e vermelhas. Apesar de ocorrer em menor quantidade, os sedimentos siliciclásticos provenientes de fontes continentais, que são essencialmente quartzosos, também constituem depósitos relevantes para a região. Desta forma, o setor Touros abriga uma sedimentação, em grande parte, com altos teores de  $\text{CaCO}_3$  (acima de 75%), ao passo que nos locais onde os teores de  $\text{CaCO}_3$  estão abaixo de 20%, a concentração de  $\text{SiO}_2$  é alta.”

“Basicamente, três coberturas sedimentares podem ser evidenciadas ao longo da plataforma, sendo que a caracterização das fácies se baseia, principalmente, em sua composição, com a definição da porcentagem de componentes bióticos e de carbonato de cálcio (FRANÇA; COUTINHO; SUMMERHAYES, 1976). Estas são caracterizadas como:

Fácies Terrígenas: a maior parte é constituída por areias quartzosas, com poucos fragmentos orgânicos. Compõem uma mistura de material terrígeno e biodetrítico. Subfácies arenosas, lamosas foram definidas preliminarmente.

Fácies de Transição: ocorre onde as fácies terrígenas e de algas calcárias apresentam-se misturadas em proporções mais ou menos iguais. Por exemplo: areia quartzosa e material biodetrítico ou de algas.

Fácies de Algas Calcárias: formada de sedimentos compostos quase que exclusivamente (> 90%) pelas algas calcárias vermelhas não articuladas e Halimeda Lamouroux, 1816.” (Acervo do Projeto Rasa do Brasil, 2020)

### 5.2.3 Parâmetros Meteoceanográficos:

#### 5.2.3.1 Clima Característico:

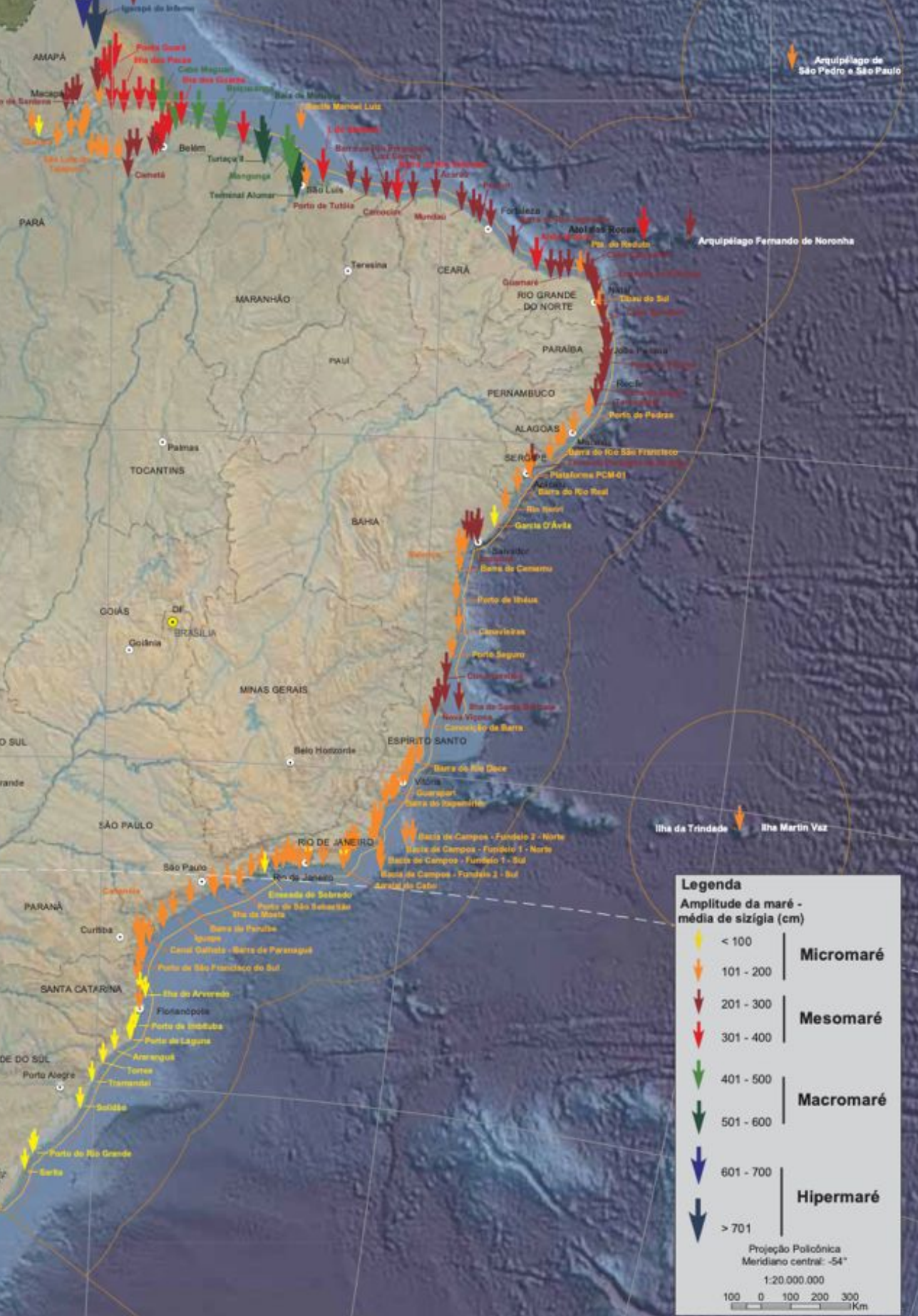
Estipulado pelo Ministério de Minas e Energia no Levantamento Geológico, Oceanográfico e Ambiental do Potencial Mineral do espaço marinho e Costeiro, da Plataforma Continental do Setor Touros, localizado a 25,4 km da cidade São Miguel do Gostoso, o clima característico da área é do tipo Tropical com chuvas de inverno-outono.

As alterações sazonais no clima na região Nordeste estão, em grande parte, associadas à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Tais alterações são originadas pela oscilação em ciclos anuais, a qual atinge o território potiguar durante os meses de março a maio, provocando a sua principal e, muitas vezes, única estação chuvosa, cujos ventos atingem sua intensidade mínima anual. Nos meses subsequentes, a ZCIT retorna às latitudes equatoriais, resultando no predomínio do período seco, e a existência de grandes regiões com clima semiárido. É neste período seco que os ventos atingem seu máximo, com intensidades e constâncias notáveis (LOBO, 1982). (Programa Oceanos, 2009)

#### 5.2.3.2 Ondas:

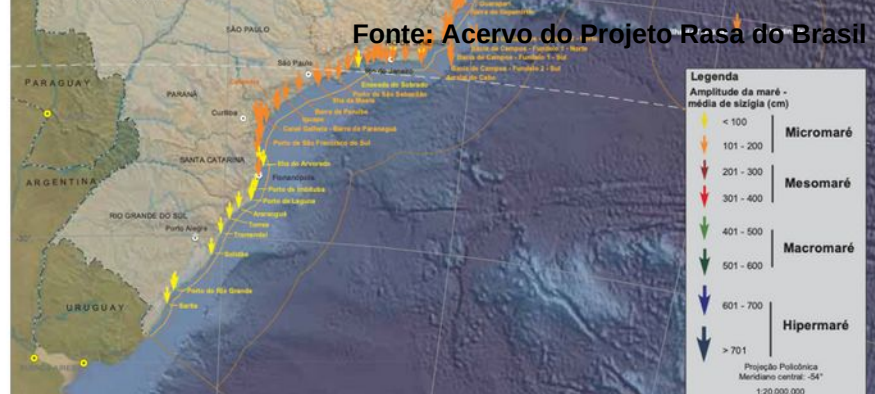
Obtida através de dados de reanálise do modelo operacional NWW3 (NOAA WAVEWATCH-III). o apresentaram direção dominante de E durante o verão, outono e primavera, enquanto no inverno predominaram ondas a partir de SE. As alturas oscilaram entre 1 e 3 m, sendo observadas ondas de até 4,3 m originadas de SE. (MME, 2020) . Ondas de tamanho mínimo que não requerem de uma fundação reforçada.





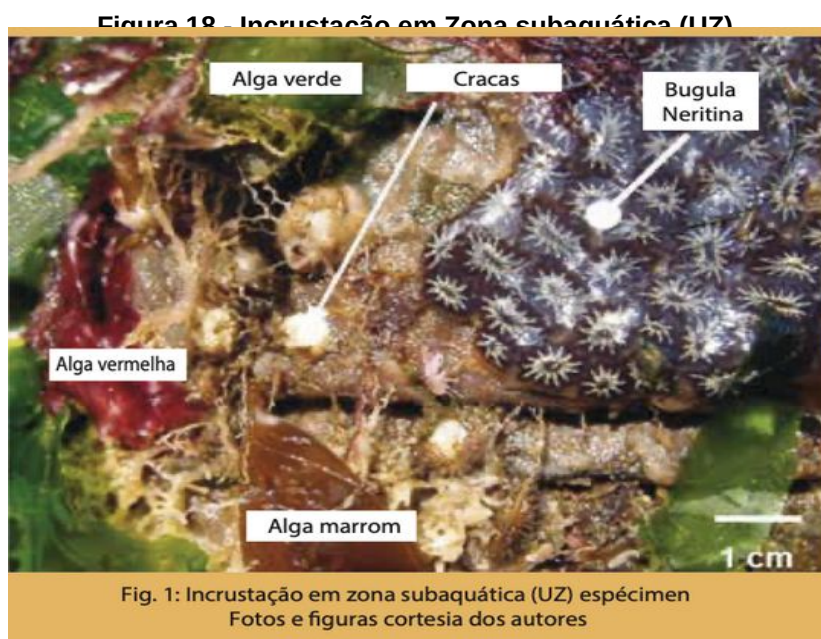
ais e da  
de costa,  
(0)  
, 0,4 e 0,8  
rente (entre  
15 e 20  
resentaram  
  
costoso é  
estrutura de

Fonte: Acervo do Projeto Rasa do Brasil (2020)



### 5.2.3.5 Vida marinha

A análise realizada no setor Touros: estado do Rio Grande do Norte, constatou a presença desses principais agentes bentônicos: alga verde, Alga vermelha, Alga Marrom, Cracas e *Bugula Neritina*, ilustrados na Figura 18.



### 5.2.3.6 Área de Preservação ambiental

A extensão do mar brasileiro abrange uma área de aproximadamente 3,5 milhões de km<sup>2</sup>, integrada pelo mar territorial, com 12 milhas náuticas de largura equivalente a 22,2 km; pelas ilhas costeiras e oceânicas; pela plataforma continental e pela zona econômica exclusiva, medidas a partir do limite fora das 12 milhas do mar territorial até as 200 milhas náuticas da costa (370 km). (OLIVEIRA, 2019)

O Brasil contesta perante a Comissão de Limites da Plataforma Continental (CLPC) da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar a incorporação de mais 712 mil km<sup>2</sup> de extensão da plataforma continental para além das 200 milhas náuticas já garantidas por lei, se aprovada, esta incorporação transformaria a área marinha brasileira, em mais da metade do território terrestre e maior do que a Amazônia (OLIVEIRA, 2019 *apud* JURAS e GONÇALVES, 2014).

O Brasil usufrui de grande parte do ambiente marinho devido sua extensão costeira, e por possuir características tropicais e subtropicais em toda costa, é dono de uma biodiversidade altamente distinta, fazendo com que a quantidade de espécies que habitam ou migram para o mar brasileiro seja enormes (OLIVEIRA, 2019 *apud*



AMARAL e JABLONSKI, 2005). Por isso foi consultado o mapa fornecido pelo IBGE, na Figura 19, para analisar se a área do projeto se encontra com um índice alto de necessidade de conservação ambiental.

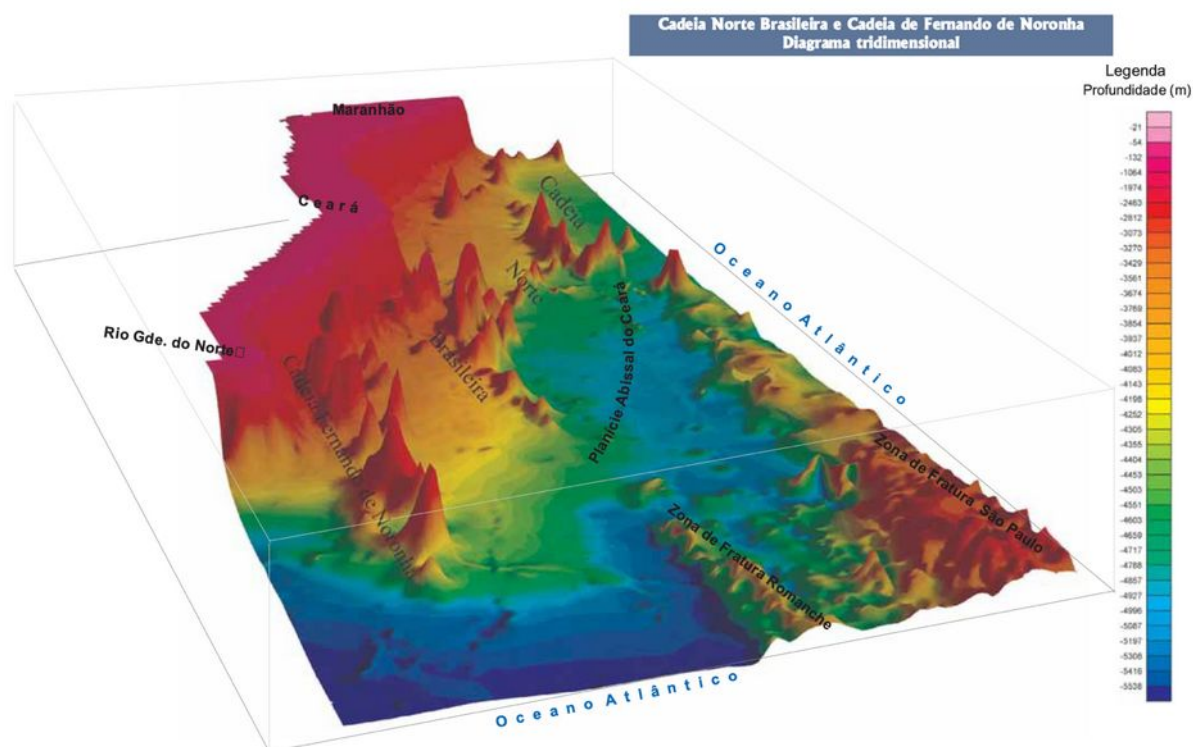
**Figura 19 - Áreas de conservação uso sustentável e biodiversidade**



**Fonte: IBGE(2011)**

### 5.2.3.7 Profundidade

Para escolher o sistema da fundação, se é aterrado ou flutuante, é necessário saber a profundidade do local, por isso a Figura 20 ilustra um mapa 3D para visualizar a profundidade em metros na Região Norte Brasileira, na qual notasse que a profundidade das praias de São Miguel do Gostoso varia em torno de 54 -132 m



Fonte: Marinha do Brasil, Diretoria de Hidrografia e Navegação, Centro de Hidrografia da Marinha, Seção de Geomorfologia. Modelo digital de terreno confeccionado com dados do Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira - LEPLAC e outros dados de domínio público em 2004. Modificado e formatado pela Coordenação de Geografia do BGE.

Nota: Para melhor representação o modelo 3D foi construído com um exagero de sua escala vertical.

## 5.3 Implicações Ambientais

### 5.3.1 Legislação Ambiental

A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) de 1982 apresenta um papel importante ao se referir às normas a respeito da preservação e proteção do mar. Ela reconhece a importância de se estabelecer uma ordem jurídica para os mares e oceanos, a fim de facilitar a utilização adequada e eficiente dos recursos existentes, conservando assim as espécies vivas, mas também protegendo e preservando o ambiente marinho (OLIVEIRA, 2019 *apud* ÁLVAREZ e ANDRADE, 2012).

Segundo a Lei nº 8.617/1993, os conceitos abaixo são aplicados atualmente no Brasil:

“zona costeira brasileira (...) corresponde ao espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre”, constituindo aquela como a totalidade do mar territorial (inciso I). O mar territorial, nos termos do art. 1o, caput da Lei nº 8.617/1993 é definido como a “faixa de doze milhas marítimas de largura, medidas a partir da linha de baixa-mar do litoral continental e insular, tal como indicada nas cartas náuticas de grande escala, reconhecidas oficialmente no Brasil”.

Na sequência, o art. 6º da Lei nº 8.617/1993 define que a zona econômica exclusiva brasileira “compreende uma faixa que se estende das doze às duzentas

### Roadmap Eólica Offshore Brasil

(Decreto nº 24.643/1994), podem ser consideradas igualmente bens da União. As Figuras Figura 44 e Figura 45 a seguir têm como objetivo facilitar a visualização dos limites marítimos ora comentados.



Figura 44 – Limites marítimos conforme definido na legislação<sup>23</sup>.

de €3.000.000,00, este estudo foi realizado um radar com uma câmera 3D e auxiliado



por uma Inteligência Artificial na qual foram analisados 10.000 vídeos de 11 turbinas e o estudo mostrou que nenhum pássaro colidiu com as turbinas( EOWC, 2023)

A empresa afirma que as aves estudadas, que as gaivotas-de-patas-amarelas e caravelas mostraram uma evasão horizontal mais afastada das pás dos rotores, a 90-110 metros e 140-160 metros, respectivamente, enquanto as gaivotas-de-asa-escura só apresentaram comportamento de evasão a 40 e 50 metros das pontas das pás dos rotores. (Vattenfall, 2023)

### 5.3.3 Poluição Sonora

O ambiente marinho permite uma área vasta de desenvolvimento, pouco uso de áreas e distância das áreas urbanas. Por isso, existe pouca competência com outros setores, existe uma grande área para os projetos de parques onde trazem pouco impacto visual e sonoro (DO NASCIMENTO, 2021 apud CHARTRON, 2018;IRAWAN; JONES; OUELHADJ, 2017; URSAVAS, 2017; VERMA; VEDVIK; GAO,2019).

### 5.3.4 Poluição Visual:

Contudo, ao mesmo tempo que o impacto pode ser minimizado com a distância da costa, as turbinas *Offshore* tendem a ser maiores e em maior número que as *Onshore* e, o mais importante, a paisagem em que estão inseridas geralmente é extremamente valorizada pela sociedade (KALDELLIS et al., 2016; LAGO et al., 2009).

Após a construção do parque eólico, na fase 4, é utilizado o MUSE “*Multi-sensor Bird detection*” (Multi sensor detector de pássaros) aliado com tecnologias de radar e câmeras, é possível monitorar de forma contínua a migração das aves e proteger a área para evitar e diminuir riscos de colisões.(DHI, 2021)

### 5.3.5 Poluição

A energia eólica se destaca pelo fato de ser uma fonte renovável que não produz emissões atmosféricas “se observa um menor impacto ambiental, por possuir uma baixa taxa de emissões de gases que aumentam o efeito estufa, e por ser uma fonte sustentável, também conta com uma baixa interferência na flora e na fauna do local

onde se encontra.” Silva, M. C. R. D. (2021). Geração de energia eólica offshore e sua relação frente à geração *Onshore*.

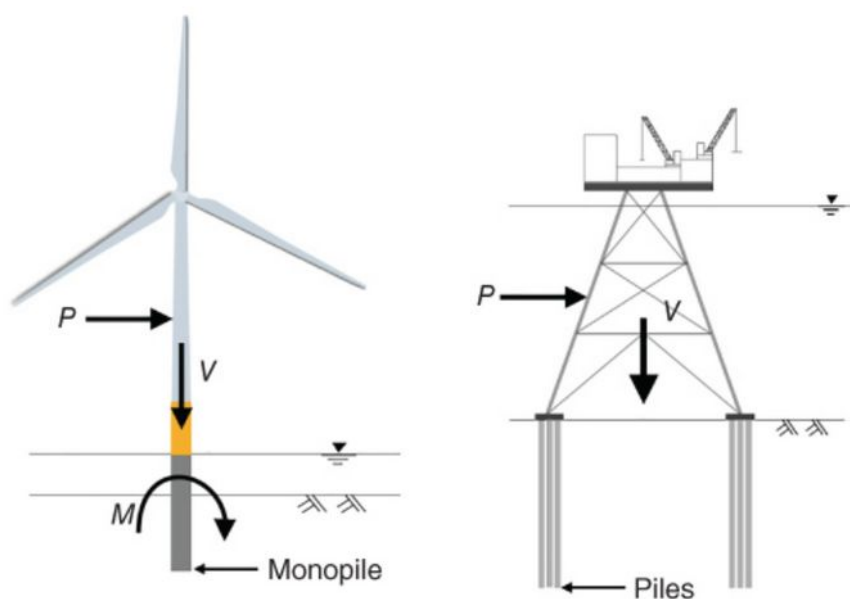
#### **5.4 Escolha do Tipo de Fundações**

Como apresentado anteriormente, a maioria das fundações com características em comum com o nosso tipo de solo, profundidade e média dos ventos, fazem o uso de fundações do estilo estaca única cuja característica é ser usada em profundidade de até 30 m, porém monopolizar o tipo de estrutura pode restringir o mercado, por comprometer a estabilidade das fundações das turbinas. Além disso, os cabos no fundo do mar podem correr o risco de exposição devido a erosão ao redor da moe estaca. (DHI, 2021)

##### **5.4.1 Escolha dos tipos de fundações em São Miguel do Gostoso**

O modelo estaca única como mencionado anteriormente, é geralmente utilizado pela sua simplicidade de montagem. Já que o modelo treliça é usado nas estações de exploração de óleo e gás foi realizado uma comparação dos dois tipos, mostrado na Figura 23 e notasse que a carga horizontal e vertical no mono estaca é maior que as cargas na treliça, é por isso que a mono estaca é resistente aos momentos. Enquanto o modelo treliça, é sensível ao movimento gerado pela rotação das pás. Estes tipos de fundação foram considerados devido a seu histórico em outros parques eólicos no cenário mundial, foi considerado também o ambiente e características do local São Miguel de Gostoso

Figura 22 - Comparação das fundações estaca única e treliça



Fonte: BHATTACHARYA (2019, p. 49)

Os dois tipos possuem as seguintes diferenças:

- As plataformas *Offshore* possuem um diâmetro de 1.8 – 2.7 metros chegando a ter altura 60 -110 metros, de enquanto a estaca única possui 3,5 – 6 metros de diâmetro e de altura entre 30 e 40 metros;
- A condição de contorno das estacas das plataformas são muito diferentes das monoestacas, pois as estacas da plataforma podem transladar as cargas laterais na lateral e não giram. Portanto a degradação das camadas superiores do solo resultante do carregamento cíclico é menos severa para a estaca *Offshore*, pois é restringido da rotação da cabeça, enquanto as monoestacas são “free-headed” (Cabeça livre) então permitem mais deformação no solo;

## 6 CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho foi analisar regiões na costa brasileira e exemplificar os processos e pesquisas necessários para a construção de parque eólicos *Offshore* no Brasil. Entre os projetos e cidades anunciadas até maio de 2023, foi selecionada a cidade de São Miguel do Gostoso devido seu potencial eólico e histórico de geração de energia *onshore*.

Levando em consideração a difícil implantação e a inexperiência nos projetos *Offshore* no Brasil e considerando os parâmetros evidenciados na cidade escolhida, o nível da profundidade da praia, a distância de 3,5 km - 20 km da costa Nordestina e a legislação ambiental vigente, após análise da distância da costa marinha até o projeto foi descartado o tipo de fundação por gravidade, e as fundações do tipo flutuante foram descartadas pelo seu alto custo em aço e por serem aplicadas em águas profundas. Recomendasse a implantação de fundações com um arranjo do tipo monoestaca, por sua facilidade de instalação, e de treliça pelo seu uso na indústria petrolífera.

Apesar de conseguir dados cruciais para a análise do local de um parque *Offshore* a análise realizada foi superficial pois o acesso a todos os parâmetros necessários, para o cálculo e dimensionamento completo, é restrito. Logo, os cálculos para escolher o tipo de fundação, os quais são minuciosos, não foram realizados.

Observando todas as vantagens da energia *Offshore* não só a em relação a energia *Onshore* quanto as outras fontes da matriz energética brasileira. Conclui-se que o Brasil possui um grande potencial eólico, principalmente na região Nordeste pelos ventos alísios e deveria explorar mais esse mercado de energia *Offshore*.

## REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA.. Disponível em:<<https://abeeolica.org.br>>. Acesso em 24 de março de 2023

AIRSWIFT, **A energia eólica bate recordes gera empregos**. Disponível em: <<https://www.airswift.com/pt/blog/wind-energy-projects-brazil>> Acesso em 16 abril 2023

AMARAL, Ricardo Farias do, et al. **Potencialidades dos granulados marinhos da plataforma continental do setor Touros: estado do Rio Grande do Norte**. 2020.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Superintendência de concessões, permissões e autorizações dos serviços de energia elétrica**. . 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljo-iNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwidCI6ljQwZDZ-mOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 15 de maio de 2023

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Desafios para expansão da energia eólica**. 2018. Disponível em:<<https://gwec.net/global-wind-report-2021/>> Acesso em 16 abril de 2023

BAILEY, Helen; BROOKES, Kate L.; THOMPSON, Paul M. **Assessing environmental impacts of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future**. Aquatic biosystems, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2014.

BHATTAVHARYA, SUBHAMOY. **Design of foundations for offshore wind turbines**. 2019.

Bozio D de M. **Perspectivas das energias renováveis e não renováveis nas matrizes energéticas e elétricas**. 2018. Disponível em:<<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ir00661a&AN=roca.1.15662&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>> Acesso em 16 abril 2023

BRASIL. **Lei n. 8.617/1993, de 04 de janeiro de 1993**. DISPÕE SOBRE O MAR TERRITORIAL, A ZONA CONTIGUA, A ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA E A PLATAFORMA CONTINENTAL BRASILEIROS, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8617.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8617.htm)> Acesso em: 11 maio de 2023.

BRASIL. **Lei n. 10.946/2022, de 25 de janeiro de 2022.** DISPÕE SOBRE A CESSÃO DE USO DE ESPAÇOS FÍSICOS E O APROVEITAMENTO DOS RECURSOS NATURAIS EM ÁGUAS INTERIORES DE DOMÍNIO DA UNIÃO, NO MAR TERRITORIAL, NA ZONA ECONÔMICA EXCLUÍVA E NA PLATAFORMA CONTINENTAL PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE EMPREENDIMENTO OFFSHORE. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9610.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9610.htm)> Acesso em: 10 fevereiro de 2023.

CANAL ENERGIA, **Meta global para eólica offshore é de 308GW até 2030.** Disponível em: <<https://canalenergia.com.br/noticias/53193734/meta-global-para-eolica-offshore-e-de-308gw-ate-2030>> Acesso em 16 abril 2023

CASTRO, Rui MG; **Energias; Renováveis, e produção descentralizada, Produção. Introdução à energia eólica.** Lisboa: Portugal: Universidade Técnica de Lisboa, 2004. Disponível em: <[http://ead2.ctgas.com.br/a\\_rquivos/Pos\\_Tecnico/Especializacao\\_Energia\\_Eolica/Medicao\\_Anemometrica/Material%20de%20Consulta/Livros/Introdução%20a%20Energia%20Eólica.pdf](http://ead2.ctgas.com.br/a_rquivos/Pos_Tecnico/Especializacao_Energia_Eolica/Medicao_Anemometrica/Material%20de%20Consulta/Livros/Introdução%20a%20Energia%20Eólica.pdf)> Acesso em 16 de abril de 2023

DHI Group, **A quick guide to offshore wind development overcoming engineering and environmental challenges.** 2021

DUTRA, Joísa Campanher; BATISTA, Romário. Contribuição para Consulta Pública sobre normas e procedimentos complementares relativos à **cessão de uso onerosa para exploração de central geradora offshore, de que trata o Decreto nº 10.946/2022.** 2022.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **BEN - Balanço Energético Nacional: Relatório final.** 2022. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2022\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf)> Acesso em 24 mar 2023

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Sistema de informações Geográficas, do setor energético Brasileiro,** Disponível em <<https://gisepe-prd2.epe.gov.br/WebMapEPE/>>

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, **Roadmap Eólica Offshore Brasil,** 30 de abril de 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap\\_Eolica\\_Offshore\\_EPE\\_versao\\_R2.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf)

EQUINOR, Equinor plans to launch GW-size floating wind concept in Scotland, 1 de novembro de 2022. Disponível em: <<https://www.equinor.com/en/news/20211101-gw-size-floating-wind-concept-scotland.html>> Acesso em 16 nov. 2023

GALDINO, Marco AE et al. **O contexto das energias renováveis no Brasil.** Revista da DIRENG, p. 17-25, 2000. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/direng.pdf>>

GEM – Global Energy Motor. **PORTAL ENERGETICO AMÉRICA LATINA.** Disponível em <<https://portalenergetico.org/pt/renewables-map/>> Acesso em 23 mar 2023

GWPT - *Global Wind Power Tracker*. Ranking dos países com maior capacidade(MW) Disponível em:<<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Nu7gKnGnoLX-sHKvqX14z049S53n4U-CnWXNKVjMppgs/edit#gid=1701986995>>

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis Complexos Eólicos Offshore: **Estudo sobre Avaliação de Impactos**, 2022. Disponível em:<<https://www.ibama.gov.br/phocadownload/licenciamento/publicacoes/2019-Ibama-UE-Estudo-Eolicas-Offshore.pdf>>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. 2011. Disponível em:<[http://www.geografia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/destaques\\_2015/Atlas\\_zonas\\_costeiras\\_Brasil.pdf](http://www.geografia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/destaques_2015/Atlas_zonas_costeiras_Brasil.pdf)>

IRENA,*International Renewable Energy Agency*. Disponível em:<<https://www.irena.org/publications/2016/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2016>>Acesso em 22 de abril de 2023

JUNIOR, Francisco, 2013. **Curvas de carga típicas, velocidade do vento e energia eólica no nordeste do Brasil**. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/18288/1/FRANCISCO%20LUIZ%20DE%20LIVEIRA%20JUNIOR%20-%20TCC%20ENG.%20ELÉTRICA%202013.pdf>>

KALDELLIS, J. K. et al. **Environmental and social footprint of offshore wind energy. Comparison with onshore counterpart**. *Renewable Energy*, v. 92, p. 543–556, 2016.

LUPINACCI, Gustavo Cardoso et al. **Análise do potencial eólico offshore da costa brasileira em plataformas de petróleo e gás**. Graduação. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Engenharia Elétrica. Santa Catarina 2022.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. AMARAL, Ricardo Farias do et al. **Potencialidades dos granulados marinhos da plataforma continental do setor Touros: estado do Rio Grande do Norte**. 2020.

MOMBER, W, et al. **Investigação de Proteção contra Corrosão em torres eólicas offshore - Parte1**, JPCL, PAINTSQUARE. p. 31, Abril, 2008 Disponível em:<<https://issuu.com/prodweb/docs/investigacao-de-protecao-contracor>>

MOMBER, W, et al, **Investigação de Proteção contra Corrosão em torres eólicas offshore - Parte 2**. JPCL. PAINTSQUARE. p. 25 – 34, Abril, 2009

MORAIS, Luciano Cardoso de. **Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras**. 127 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2015

NASCIMENTO, Gabriela Soares do. **Logistics decisions in the installation of off-shore wind farms: framework proposal**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

OLIVEIRA JÚNIOR, Francisco Luiz de et al. Curvas de cargas típicas, velocidade do vento e energia eólica no Nordeste do Brasil. 2013.

ONS, OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Análise da carga consolidada para os estudos do Plano de Ampliações e Reforços da Rede básica -Ciclo 2008-2010. Disponível em: <[http://www.ons.org.br/analise\\_carga\\_de-manda/carga\\_par.aspx](http://www.ons.org.br/analise_carga_de-manda/carga_par.aspx)> Acesso em 05 de julho de 2023.

ORTIZ, G.P.; KAMPEL, M. Potencial de energia eólica offshore na margem do Brasil. V Simpósio Brasileiro de Oceanografia. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE OCEONAGRAFIA

RAMOS, Ademilson. **Um novo estudo sobre aves marinhas e turbinas eólicas offshore pode te surpreender**. Engenharia, 2023. Disponível em: < <https://engenhariae.com.br/meio-ambiente/um-novo-estudo-sobre-aves-marinhas-e-turbinas-eolicas-offshore-pode-te-surpreender>>. Acesso em: 15 de março de 2023.

Rui M.G. Castro. Energias Renováveis e Produção Descentralizada: Introdução a Energia Eólica. Universidade Técnica de Lisboa Instituto Superior Técnico. 2009.

SALES, Matheus Uchoa. **Aplicação de Monoestacas Cravadas em Fundações de Aerogeradores Offshore**. Fortaleza, 2018.

Serviços e informações do Brasil, **Energia renovável chega a quase 50% da matriz energética brasileira**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/08/energia-renovavel-chega-a-quase-50-da-matriz-eletrica-brasileira-1>> Acesso em 19 nov.2023

SILVA, Marina Costa Rodrigues da. **Geração de energia eólica offshore e sua relação frente à geração onshore**. 2023.

STEINER, et al, 20..**conservação da biodiversidade marinha como problema político Internacional e suas implicações para as políticas públicas no Brasil**. Programa de Pós-Graduação em Ciência Política da Universidade Federal de Pernambuco.

TRENCH ROSSI WATANABE, Decreto que regulamenta a construção e operação de projetos de geração de energia elétrica offshore é publicado. Disponível em: <[https://insightplus.bakermckenzie.com/bm/attachment\\_dw.action?attkey=FRbA-NEucS95NMLRN47z%2BeeO-gEFct8EGQJsWJiCH2WAUTleh6%2BAJHri70bLWewoBd&nav=FRbA-NEucS95NMLRN47z%2BeeOgEFct8EGQbuwypnpZjc4%3D&attdocparam=pB7HEsg%2FZ312Bk8OlUOIH1c%2BY4beLEAereIjTwKaKAc%3D&fromContentView=1](https://insightplus.bakermckenzie.com/bm/attachment_dw.action?attkey=FRbA-NEucS95NMLRN47z%2BeeO-gEFct8EGQJsWJiCH2WAUTleh6%2BAJHri70bLWewoBd&nav=FRbA-NEucS95NMLRN47z%2BeeOgEFct8EGQbuwypnpZjc4%3D&attdocparam=pB7HEsg%2FZ312Bk8OlUOIH1c%2BY4beLEAereIjTwKaKAc%3D&fromContentView=1)>. Acesso em 24 de maio de 2023



WIND FARM CAPACITY BY INSTALLATION TYPE AND REGION. Disponível em:  
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1fHLOEdP0Py-6S5NcnN-mPWovydbtwuQJI5cR1BkcaE7Y/edit#gid=43661596>

WITTEMBERGH, 2021. **Estudo de caso sobre fundação de torre eólica do complexo eólico Pontal e principais partes da infraestrutura civil.** Disponível em:<<https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22480> > Acesso em: Maio de 2023