



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E CIÊNCIAS CONTÁBEIS
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO

Victor Brandão de Araujo
DRE: 116110440

Offshore Wind

**Uma análise do porquê o Brasil ainda não ingressou no mercado de
geração de energia eólica *offshore*.**

RIO DE JANEIRO

2021

OFFSHORE WIND – Uma análise do porquê o Brasil ainda não ingressou no mercado de geração de energia eólica offshore.

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Administração à Faculdade de Administração e Ciências Contábeis da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FACC/UFRJ)

Orientador: Alexis Cavichini

Rio de Janeiro – RJ

2021

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipo de fundação.....10

LISTA DE TABELAS

Gráfico 1 - Expansão prevista para o SIN por fonte (Quantidade de Usinas).....	07
Gráfico 2 - Capacidade Instalada de geração elétrica no Brasil (MW).....	08
Gráfico 3 - Potencial Energético de Offshore Wind no Brasil.....	09
Gráfico 4 – Mudança nas emissões de CO2 e emissões evitadas globais.....	10
Gráfico 5 – Evolução do fator de capacidade anual por modal renovável.....	13
Gráfico 6 – Capacidade Instalada de Offshore Wind no mundo.....	20
Gráfico 7 – Geração por fontes alternativas no mundo.....	25
Gráfico 8 – Capacidade de geração elétrica no Brasil.....	26
Gráfico 9 – Adições na capacidade de geração.....	28

SUMÁRIO

Resumo.....	5
1. O PROBLEMA.....	6
1.1. Introdução.....	6
1.2. Objetivo Principal.....	8
1.3. Delimitações.....	9
1.4. Relevância.....	10
1.5. Principais variáveis a serem analisadas.....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1. Energia Renovável.....	13
2.1.1. Energia Eólica.....	14
2.1.2. Hidroeletricidade.....	15
2.1.3. Solar fotovoltaica.....	16
2.1.4. <i>Offshore Wind</i>	17
3. METODOLOGIA.....	23
3.1. Tipo de Pesquisa.....	23
3.2. Universo e Amostra.....	24
3.3. Coleta de Dados.....	24
3.4. Limitações do Método.....	25
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	26
4.1. O cenário energético renovável.....	26
4.2. Análise das hipóteses iniciais.....	30
4.2.1. Hipótese 1 – Altos custos e dificuldade de acesso a capital.....	30
4.2.2. Hipótese 2 – Inviabilidade tecnológica e geográfica.....	31
4.2.3. Hipótese 3 – Falta de demanda da ampliação da matriz energética.	31
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32

Resumo

O mercado de usinas elétricas a base de *Offshore wind* vem crescendo nos últimos dez anos, tendo praticamente quadruplicado de capacidade instalada no mundo. O Brasil, apesar de ser o país com uma das maiores costas do mundo em extensão e ter um potencial já analisado em relação as tecnologias existentes de mais de 50 vezes a capacidade instalada no mundo inteiro em 2018, ainda não possui nenhum projeto em fases avançadas. Através da análise do mercado global de *Offshore Wind* e mais especificamente de que fatores os empreendimentos nessas usinas tendem a ter em comum, e comparando com o atual mercado brasileiro de energia renovável, espera-se encontrar possíveis motivos que influenciem a decisão de não ingresso ou ingresso tardio no mercado de *offshore wind* no Brasil.

Palavras-chave: *Offshore Wind*, Energia Renovável, Usina eólica *Offshore*, energia eólica, *Wind Farm*.

1. O PROBLEMA

1.1. Introdução

Offshore Wind é o nome dado para o método de captação e geração de energia elétrica que utiliza turbinas de vento, muito similares tanto na prática quanto no conceito, as “fazendas” de turbinas de energia eólica que já conhecemos. A principal diferença é a localização dessas fazendas, sendo localizadas no mar, fora da costa. (DELUCCHI; JACOBSON, 2009)¹.

Apesar de não ser um dos métodos de captação de energia mais conhecidos pela população em geral, o mercado de *Offshore Wind* segue em crescimento. De acordo com estatísticas publicadas em relatório por um dos principais órgãos internacionais do setor (WIND EUROPE, 2019)² o total estimado de investimentos em nova capacidade de *Offshore Wind* foi de 10.3 bilhões de Euros (aproximadamente 11.33 bilhões de dólares), se provando um grande mercado.

Usando dados publicados no último relatório de renováveis da ONU, no qual é apresentado um total de 288.9 bilhões de dólares investidos em energias e combustíveis renováveis em 2018, podemos concluir que o valor de apenas novos projetos em *Offshore Wind*, sumarizam aproximadamente 4% do investimento total do mundo em energias renováveis. Enquanto o total de investimentos considerando instalações já existentes, chegou a 24.6 bilhões de dólares ou 8,5% do investimento total em energia renovável do mundo (RENEWABLES NOW, 2019).³

No entanto, o Brasil, apesar de possuir quase 8 mil quilômetros de extensão de margens rasas, não possui nenhum investimento ativo e atual nesse mercado. Quais seriam então os fatores que influenciam o não-ingresso ou ingresso tardio, das empresas brasileiras no mercado de *Offshore Wind*?

¹ JACOBSON, Mark. Z.; DELUCCHI, Mark. A. A path to sustainable energy by 2030, **Scientific American**. v. 301, n. 5, p. 58-65, Nov 2009.

² Wind Europe. **Key trends and statistics 2018**. Fev, 2019.

³ Renewables Now. **Global Status Report 2019**. 2019.

É possível que um desses fatores seja o alto custo de implantação desse modelo de geração de energia, que de acordo com a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA – *International Renewable Energy Agency*) pode chegar a ter custos em média, aproximadamente 41% maiores que o das usinas em terra. Sendo o custo total médio de implantação de energia eólica *onshore* (terrestre) no Brasil de 1,559 dólares por Kilowatt de capacidade, comparados com a média global do custo de uma *Offshore* de 3,800 dólares por Kilowatt. A agência também identificou que cerca de 70% desse valor acaba tendo de ser custeado no momento zero de implantação, sendo a maior parte do custo proveniente da aquisição das turbinas e pás (IRENA, 2020).⁴ Sendo assim, por uma visão puramente de custos, ela não seria mais barata do que o que já temos *onshore*, no entanto, existem pesquisas que defendem que devemos levar em conta o risco de oposição social dos projetos, que no caso do *Offshore* é menos por estar removido da vista da sociedade (ENEVOLDSEN; VALENTINE, 2016).⁵ Nessa pesquisa, os autores também chegaram a conclusão, de que a vantagem do *Offshore Wind* seria a da produção agregada de energia por usina, levando em conta que por turbina, a produção *Offshore* tem em média 81% a mais de capacidade, sendo 6.5 MW por turbina contra 3.59 MW do modal *onshore* e que em média, por conta da disponibilidade de espaço, no *Offshore* uma usina produz cerca de 4 vezes mais energia que no *onshore*, o que seria uma informação vital para entender a viabilidade, dado a maior necessidade de investimento.

Um outro possível fator seria o do impacto no meio ambiente, que por conta da característica de ser uma tecnologia relativamente nova, com presença relevante apenas a partir de 2010, ainda não existe literatura profunda analisando o impacto ambiental. Não há evidências sérias que indiquem que o *onshore* afeta mais ou menos que a modalidade *offshore* o meio ambiente, e no geral ambas têm um baixo impacto ambiental, especificamente quando comparadas com outras opções de geração de energia (KALDELLIS et al., 2016).⁶

⁴ International Renewable Energy Agency. **Renewable Power Generation Costs in 2019**. Jun, 2020.

⁵ ENEVOLDSEN, Peter; VALENTINE, Victor Scott. Do onshore and offshore wind farm development patterns differ? **Energy for Sustainable Development** v. 35, p. 41-51, out. 2016.

⁶ KALDELLIS, J.K. et al. Environmental and social footprint of offshore wind energy. Comparison with onshore counterpart. **Renewable Energy**. v. 92, p. 543-556, fev. 2016.

No entanto, por se tratar de um empreendimento que independente do tamanho impacta o meio ambiente, licenças por parte do governo são também um possível fator negativo. Em 2014, em resolução publicada pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) os empreendimentos de energia eólica se apresentam como empreendimentos de baixo potencial poluidor e tem um papel imprescindível na contribuição para uma matriz energética nacional mais limpa, tendo o seu licenciamento simplificado, ou seja, tem o incentivo do governo para acontecer. Contudo, o fato de a regulação ser generalizada quanto a "projetos de energia eólica" e não específica para projetos de *offshore wind*, pode ser algo que afaste possíveis investidores, visto que historicamente o Brasil é um país com excessiva burocracia para negócios (CONAMA 462, 2014).⁷

1.2. Objetivo Principal

O objetivo dessa pesquisa será identificar fatores que influenciem o não-ingresso ou ingresso tardio, das empresas brasileiras no mercado de *Offshore Wind* tendo como universo da pesquisa o mercado de energias renováveis que tem expansão prevista de acordo com o gráfico 1.

Gráfico 1 – Expansão prevista para o SIN por fonte (Quantidade de Usinas)

Fonte	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Sem previsão	Total
UTE	97	22	13	7	2	1	6	148
UHE	-	1	-	1	-	-	7	9
CGH	3	2	-	-	-	-	-	5
PCH	17	31	35	20	5	1	28	137
UTN	-	-	-	-	-	-	1	1
UFV	16	33	100	20	7	-	-	176
EOL	56	56	39	23	32	-	30	236
Total	189	145	187	71	46	2	72	712

Fonte: FGV⁸

Quando falamos da amostra, o objetivo será se ater ao mercado de energia eólica no geral, visto que as estatísticas se entrelaçam na maior parte quando falamos de *onshore* e *offshore*.

⁷ Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO Nº 462, DE 24 DE JULHO DE 2014**. 2014.

⁸ FGV Energia. **Boletim de Conjuntura do setor energético. Janeiro 2020**. 2020.

1.3. Delimitações

Intenções ou planos para ingressar no mercado de *Offshore Wind* podem estar sendo traçadas neste momento por empresas brasileiras do ramo, no entanto, por motivos de confidencialidade e competitividade as mesmas não divulgariam tais planos. Dessa forma, a pesquisa irá se ater a informações que são de livre acesso do público e será feita uma análise mais generalista dos fatores influenciadores.

Dentre o universo das energias renováveis, temos hoje a presença no Brasil, dos modais, hidroelétrico, eólico e solar, que já compõe em grupo cerca de 75% da capacidade instalada de geração elétrica (EPE, 2020).⁹

Gráfico 2 – Capacidade Instalada de geração elétrica no Brasil (MW)

	2015	2016	2017	2018	2019	Δ% (2019/2018)	Part. % (2019)
Total	140.858	150.338	157.112	162.840	170.118	4,5	100,0
Usinas Hidrelétricas	86.366	91.499	94.662	98.287	102.999	4,8	60,5
PCH	4.886	4.941	5.020	5.157	5.291	2,6	3,1
CGH	398	484	594	695	768	10,5	0,5
Gás Natural	12.428	12.965	12.980	13.359	13.385	0,2	7,9
Derivados de Petróleo	8.828	8.845	8.792	7.549	7.670	1,6	4,5
Carvão	3.389	3.389	3.324	2.858	3.228	12,9	1,9
Usinas Nucleares	1.990	1.990	1.990	1.990	1.990	0,0	1,2
Biomassa	13.069	13.913	14.289	14.569	14.703	0,9	8,6
Usinas Eólicas	7.633	10.124	12.283	14.390	15.378	6,9	9,0
Solar	21	24	935	1.798	2.473	37,6	1,5
Outras	1.850	2.163	2.243	2.188	2.234	2,1	1,3

Fonte: EPE – Anuário Estatístico de Energia Elétrica, 2020.¹⁰

⁹ Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 30 abril 2021.

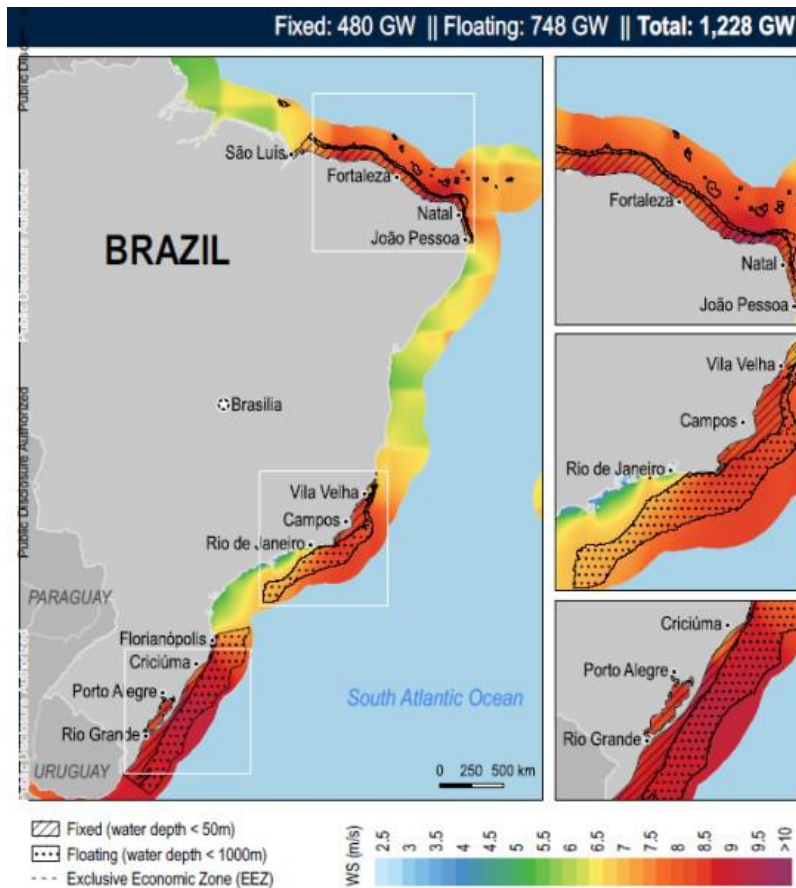
¹⁰ Empresa de Pesquisa Energética, op. cit.

1.4. Relevância

Considerando os dados de que 8.5% do total de investimentos do mundo em energia e combustíveis renováveis foi em *Offshore Wind* e de que esse mercado cresceu 7% de 2017 para 2018 (RENEWABLES NOW, 2019)¹¹, podemos identificar um enorme potencial de mercado para empresas brasileiras que passem a investir nessa nova tecnologia.

É possível inclusive medir o potencial energético específico do modal de *offshore wind* na costa brasileira especificamente para as tecnologias já existentes no mercado, para turbinas fixas e flutuantes. Em dado publicado pelo banco mundial em 2020, vemos um potencial de 1,228 GW de energia.

Gráfico 3 – Potencial Energético de Offshore Wind no Brasil.



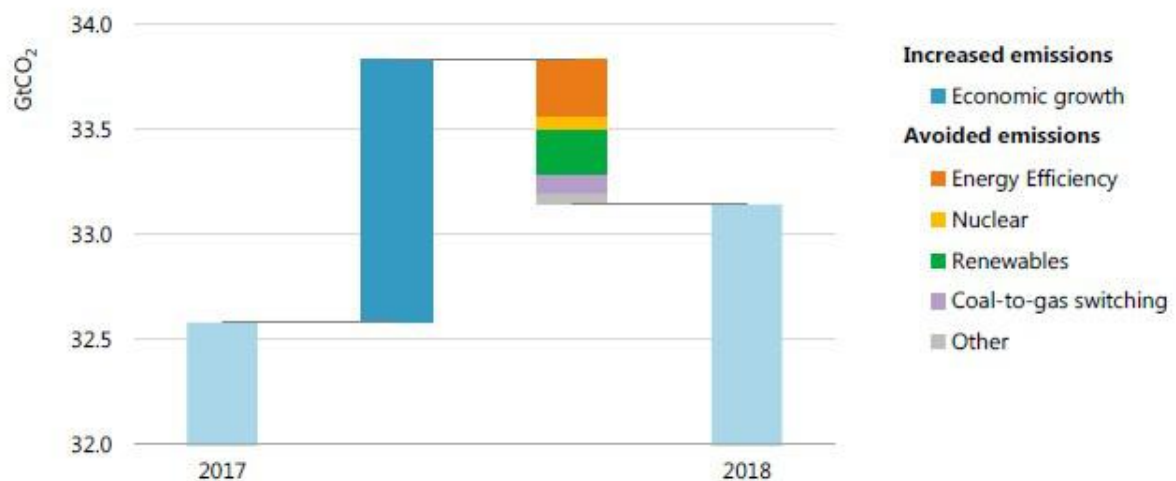
Fonte: ESMAP, 2019.¹²

¹¹ Renewables Now. **Global Status Report 2019**. 2019.

¹² ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAM. **OFFSHORE WIND TECHNICAL POTENTIAL | ANALYSIS AND MAPS**. 2019.

Além disso, pelo fato de ser uma energia renovável e não baseada em combustíveis fósseis, também há de se levar em conta o fator ambiental na redução da emissão de gases ao se utilizar mais energia limpa. A emissão de CO₂ vem inclusive aumentando com o passar do tempo por conta da alta utilização principalmente do modal termoeletrico do carvão, tendo sido responsável em 2018 por 30% do total das emissões do mundo. De fato, sem as emissões evitadas devido ao uso de energias renováveis, o aumento das emissões de CO₂ teria sido 50% maior (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2019).¹³

Gráfico 4 – Mudança nas emissões de CO₂ e emissões evitadas globais, 2017-2018.



Fonte: IEA.¹⁴

1.5. Principais variáveis a serem analisadas.

Dentre as possíveis variáveis que podem influenciar nas decisões de entrada ou não no mercado, será necessário focar em algumas que já foram de certa forma mencionadas aqui anteriormente. A primeira variável seria a disponibilidade técnica, que pode ser definida como a possibilidade e viabilidade de implantação do modal de *offshore wind* na costa brasileira, considerando as informações geográficas do local e as tecnologias hoje disponíveis. A segunda seria o custo de implantação e por consequência a facilidade (ou não) de acesso ao capital no Brasil, visto que

¹³ International Energy Agency. **Global Energy and CO₂ Status Report 2018**. 2019. Disponível em:

¹⁴International Energy Agency, op. cit.

sabemos que cerca de 70% do custo total do projeto acontece no pré-implantação e de que os projetos custam cerca de 41% a mais que no modal terrestre (IRENA, 2020).¹⁵ A Terceira variável considerada é a Interferência do Governo, que pode ser considerada talvez um desdobramento direto da segunda a partir do momento que o alto custo atual esteja possivelmente limitando os empreendimentos de forma a serem apenas viáveis aqueles que sejam subsidiados pelo governo. Por fim, o possível impacto ambiental que traz consigo possíveis problemas regulatórios é em si um fator que pode influenciar essas decisões.

A partir da identificação da presença desses fatores, algumas hipóteses iniciais foram formadas, que devem ser consideradas através da análise do referencial teórico. A primeira hipótese é a de que por conta dos altos custos de investimento iniciais e a dificuldade de acesso a capital, as empresas que estariam dispostas a investir no setor, escolhem outro destino aos seus fundos. A segunda hipótese segue o fio ao se considerar que com a tecnologia hoje disponível, apenas seja economicamente viável se investir caso tenha a presença de subsídios por parte do governo. Uma terceira hipótese seria a de que não há demanda para tal ampliação da matriz energética brasileira.

Sendo assim, ao analisar as variáveis apontadas, espera-se chegar a possíveis respostas para as hipóteses inicialmente formuladas com a interpretação dos dados que serão apontados no referencial teórico.

¹⁵ International Renewable Energy Agency. **Renewable Power Generation Costs in 2019**. Jun, 2020.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Energia Renovável

O planeta hoje se encontra em uma situação de alterações climáticas. Uma possível solução para esse problema poderia ser a adoção de fontes de energias renováveis e a conversão das atuais fontes baseadas em combustíveis fósseis para os métodos de geração de energia baseados em geração hídrica, fotovoltaica e eólica (HONNERY; MORIARTY, 2016).¹⁶

Estudos mostraram, no passado, que dentre essas fontes de energia renovável, aquelas que se enquadram na classificação de “Água, vento e solar” (“*Water, Wind and Solar*” ou WWS) possuem um impacto maior como meio de solucionar esses problemas e são mais eficientes ao fazê-lo se considerarmos que são as únicas que possuem um total de emissão de gases estufa próximos do zero quando contabilizado todo o ciclo de vida da geração de energia e de forma semelhante, também são excluídos os métodos que podem ter pouca emissão ou algo perto de um net zero considerando a re-captura dos gases (como no caso do carvão) por conta da alta criação de lixo do processo. (DELUCCHI; JACOBSON, 2009).¹⁷ Tal dado é verificável no relatório de 2019 da Agência Internacional de Energia, que verificou que as fontes de energia renovável foram responsáveis por reduzir cerca de 50% do que teria sido o aumento da emissão de CO₂ no mundo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2019).¹⁸

Dentre os métodos WWS, podemos destacar alguns que se enquadram como os com maior potencial energético e menor impacto ambiental e que já estão presentes na matriz energética brasileira sendo o maior a proveniente da hidroeletricidade, seguido da eólica e solar fotovoltaica (PEDROSO et al., 2018).¹⁹

¹⁶ MORIARTY, Patrick; HONNERY, Damon. Can renewable energy power the future? **Energy Policy**. v.93 p. 3-7, Mar 2016.

¹⁷ JACOBSON, Mark. Z.; DELUCCHI, Mark. A. A path to sustainable energy by 2030, **Scientific American**. v. 301, n. 5, p. 58-65, Nov 2009.

¹⁸ International Energy Agency. **Global Energy and CO₂ Status Report 2018**. 2019.

¹⁹ PEDROSO, Luiz.L.A. et al. Demandas atuais e futuras da biomassa e da energia renovável no Brasil e no mundo. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 4, n. 5, Edição Especial, p. 1980-1996, ago. 2018.

Dados publicados pela Agência Internacional de Energia Renovável também suportam essa afirmação, visto que foi identificado que as escalas de produção energética desses modais tem subido com o tempo, tendo seguido a progressão referida na tabela 5 exposta abaixo, em seu fator de capacidade, que seria o percentual anual do máximo produzível em uma usina, que realmente aconteceu (IRENA, 2020).²⁰

Gráfico 5 – Evolução do fator de capacidade anual por modal renovável.

Modal	2010	2019	Δ
Hidroelétrica	44%	48%	4%
Eólica <i>onshore</i>	27%	36%	9%
Eólica <i>offshore</i>	37%	44%	7%
Solar	14%	18%	4%

Fonte: Elaboração própria com base em dados publicados pela IRENA em 2020.²¹

2.1.1. Energia Eólica

A energia eólica é um dos métodos mais importantes por sua facilidade de implantação e baixa pegada de carbono quando comparado aos outros métodos de captação de energia (PEDROSO et al., 2018).²² Uma definição mais técnica deste método seria:

“As turbinas eólicas convertem a energia da eletricidade. Em geral, uma caixa de direção gira o motor em movimento lento em engrenagens de rotação mais rápidas, que convertem a energia mecânica para elétrica em um gerador. Algumas turbinas modernas não possuem engrenagens. Apesar de menos eficientes, turbinas pequenas podem ser usadas em casas ou prédios. Fazendas de vento aparecem

²⁰ International Renewable Energy Agency. **Renewable Power Generation Costs in 2019**. Jun, 2020.

²¹ International Renewable Energy Agency, op. cit.

²² PEDROSO, Luiz.L.A. et al. Demandas atuais e futuras da biomassa e da energia renovável no Brasil e no mundo. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 4, n. 5, Edição Especial, p. 1980-1996, ago. 2018.

hoje tanto em terra quanto fora da costa (*offshore*) com turbinas individuais variando de 7MW até 10 MW.” (DELUCCHI; JACOBSON, 2010, p. 1157)²³

Atualmente, as turbinas eólicas *onshore* são compostas predominantemente de turbinas de eixo horizontal, predominantemente utilizando três pás e com as pás contra o vento”. A energia eólica vem tendo uma grande queda de custo total de instalação no Brasil, descendo de uma média de 2539USD/kW de capacidade em 2010 para 1559USD/kW, ou seja, uma queda de cerca de 39% (IRENA, 2020).²⁴

É importante ressaltar que grande parte dessa redução de custos vem da evolução das tecnologias disponíveis, que permitem a utilização de turbinas cada vez maiores, resultando na necessidade de um número menor de unidades para gerar a mesma quantidade de energia (BORRÁS MORA et al., 2020).²⁵

2.1.2. Hidroeletricidade

Este é o método dominante hoje no território brasileiro, apesar de ser também um dos que causa mais impacto ao ambiente no qual é implantado, destruindo a fauna e a flora local na necessidade do ampliamto dos canais hidroviários e da criação das bacias (PEDROSO et al., 2018).²⁶ O mesmo pode ser definido da seguinte forma: “A água gera eletricidade quando cai gravitacionalmente impulsionando uma turbina e um gerador. A maior parte da hidroeletricidade é gerada pela água caindo em represas, mas uma parte também é produzida com a corrente de rios (DELUCCHI; JACOBSON, 2010, p. 1157)”.²⁷

²³ JACOBSON, Mark. Z.; DELUCCHI, Mark. A. Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials, **Energy Policy**. v.39, p. 1154-1169, Dec 2010.

²⁴ International Renewable Energy Agency. **Renewable Power Generation Costs in 2019**. Jun, 2020.

²⁵ BORRÁS MORA, Esteve. et al. Global sensitivity analysis for offshore wind cost modelling. **Wind Energy**. v. 24, p. 974-990, Jan. 2021.

²⁶ PEDROSO, Luiz.L.A. et al. Demandas atuais e futuras da biomassa e da energia renovável no Brasil e no mundo. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 4, n. 5, Edição Especial, p. 1980-1996, ago. 2018.

²⁷ JACOBSON, Mark. Z.; DELUCCHI, Mark. A, op. cit.

Ao se falar desse modal, é vital entender que estamos falando de cerca de 63% da geração elétrica brasileira no ano de 2019 (EPE, 2020).²⁸ No entanto, apesar de ser um modal considerado renovável, a dependência meteorológica é uma grande ameaça a viabilidade da manutenção da hidroeletricidade como nossa principal fonte elétrica. Isso porque durante momentos de crise hídrica, como estamos tendo agora em 2021 e como constatado em artigos na crise hídrica de 2015, é possível que usinas inteiras sejam obrigadas a cessar funcionamento por conta do volume da água de seus reservatórios (GALVÃO E BERMANN, 2015).²⁹

2.1.3. Solar fotovoltaica

A energia fotovoltaica é outro método de captação altamente promissor no território brasileiro, no qual matrizes de células feitas com silicone e outros materiais, transformam a radiação que vem do sol em energia elétrica (DELUCCHI; JACOBSON, 2010). No entanto, com as capacidades tecnológicas de hoje, ainda é um método com um retorno sob investimento muito demorado, não sendo viável a utilização em massa (PEDROSO et al., 2018). Com um custo total de implantação médio no Brasil de 1255 U\$/kW, ela se encontra com o menor valor de implantação dentro do espectro das energias renováveis, considerando os 1559 U\$/kW da energia eólica e os 1704 U\$/kW da hidroelétrica. No entanto, apesar de ser a mais barata, é preciso considerar o fator de capacidade anual do modal, que quando analisado, é o que mais afeta a viabilidade da utilização dele como fonte de energia elétrica. Por conta da alta dependência meteorológica e da pequena janela de tempo disponível durante o dia no qual a captação fotovoltaica está em seu ápice, o seu fator de capacidade se trata do menor de todos os modais renováveis com uma média de apenas 18% da sua capacidade máxima sendo utilizada em média (IRENA, 2020).³⁰

²⁸ Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. 2020.

²⁹ GALVÃO, Jucilene; BERMANN, Célio. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **Estudos Avançados [online]**. 2015, v. 29, n. 84, pp. 43-68.

³⁰ International Renewable Energy Agency. **Renewable Power Generation Costs in 2019**. Jun, 2020.

2.1.4. Offshore Wind

Delucchi e Jacobson (2010)³¹ apresentam *Offshore Wind* como um método de captura de energia praticamente igual ao da energia eólica normal, mas aplicado fora da costa (offshore).

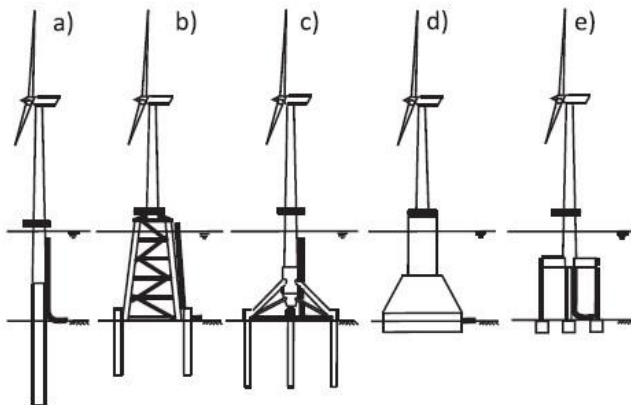
Assim como no *onshore*, a força do vento faz com que a hélices da turbina girem e o gerador contido dentro da turbina transforma a energia cinética que ele recebe em energia elétrica. Essa energia elétrica produzida pelo gerador é transmitida por dentro das torres para a base da turbina onde um conversor transforma a energia de corrente direta para corrente alternada. Desse conversor, é passada para um transformador, localizado em uma estrutura externa a torre no qual a voltagem da energia é aumentada para poder transportá-la pela usina. Esse transporte é feito por cabos submersos até uma subestação de tratamento onde a eletricidade é convertida para uma corrente de alta tensão (+150kV) estando então pronta para ser transportada para a rede de distribuição elétrica local de onde ela é enviada para o consumidor.

No entanto, existem algumas possíveis diferenciações no quesito das turbinas em si, podendo ter diferentes métodos de fixação no local, dependendo do tipo de solo e profundidade das águas. Os principais métodos atuais são: a) Fundação monopilar, b) fundação revestida, c) fundação tripé, d) fundação por gravidade, e) flutuante (IWICKI; PRZEWLOCKI, 2020).³²

³¹ JACOBSON, Mark. Z.; DELUCCHI, Mark. A. Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials, **Energy Policy**. v.39, p. 1154-1169, Dec 2010.

³² IWICKI, Piotr; PRZEWLOCKI, Jaroslaw. Short Review and 3-D FEM analysis of basic types of foundation for Offshore Wind Turbines. **POLISH MARITIME RESEARCH** 3. 2020, v. 27, n. 107, pp. 31-39.

Figura 1 – Tipo de fundação



Fonte: IWICKI; PRZEWLOCKI, 2020.³³

O custo da estrutura de suporte das turbinas pode variar em média de 25% a 35% do custo total do projeto e tais custos atualmente dependem principalmente da profundidade e da distância da costa, sendo os modelos mais efetivos em custo com as tecnologias hoje existentes, os de monopilar e gravidade, sendo responsáveis por 75 e 20 por cento do mercado respectivamente. Apesar das limitações atuais, estudos estão sendo realizados com o intuito de possibilitar a utilização do método de monopilar para maiores profundidades e com adaptações de tecnologias provenientes de empresas do ramo petrolífero, o desenvolvimento do método flutuante também avança em direção das reduções de custos (IWICKI; PRZEWLOCKI, 2020).³⁴ Um dos principais fatores que a difere do método terrestre de energia eólica, é o de que o Offshore Wind tem a capacidade de gerar energia durante o dia inteiro, visto que os ventos no mar são praticamente constantes e não dependem das estações do ano para produzir mais ou menos energia (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2019).³⁵ Esse fator, aliado a possibilidade de turbinas maiores é o que possibilita a alta de 81% por turbina quando comparado ao modal terrestre e ao total produzido por usina anualmente, que chega até a 4 vezes

³³ IWICKI, Piotr; PRZEWLOCKI, Jaroslaw. Short Review and 3-D FEM analysis of basic types of foundation for Offshore Wind Turbines. **POLISH MARITIME RESEARCH** 3. 2020, v. 27, n. 107, pp. 31-39.

³⁴ IWICKI, Piotr; PRZEWLOCKI, Jaroslaw, op. cit.

³⁵ International Energy Agency. **Global Energy and CO2 Status Report 2018**. 2019.

mais no modal *offshore* (ENEVOLDSEN; VALENTINE, 2016).³⁶ Esses números, são necessários para se entender a justificativa de se escolher o modal *offshore* ao invés do terrestre, visto que se a análise fosse feita puramente baseada em custos, considerando a média de U\$ 1.559/kW do modal terrestre no Brasil contra os U\$ 3.800/kW do *offshore* no mundo, sai cerca de 41% mais cara a implantação de uma usina na água (IRENA, 2020).³⁷

Isso significa que o *Offshore Wind* possui vantagens contra os outros métodos renováveis e não renováveis de energia, como o fato de não depender da sazonalidade, reduzir a emissão de gases poluentes e a necessidade de investimento em plantas de energia que são “descartáveis” depois de um tempo, como é o caso com muitas termoeletricas. O fato de as usinas serem localizadas fora da costa, também evita problemas de aceitação social que algumas usinas de energia fotovoltaica e eólica tem enfrentado em alguns lugares do mundo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2019).³⁸

Os problemas enfrentados pelo *offshore wind* na esfera socioambiental se concentram em alguns pontos: O impacto a voo e migração de pássaros, impacto sonoro na população, impacto na fauna marinha e o impacto visual. Quando falamos no impacto nas espécies de pássaros, já existem muitas pesquisas no assunto ao se considerar as usinas eólicas terrestres e apesar de existirem poucas pesquisas específicas para o modal *offshore*, é possível considerar que o impacto é baixo e não é considerado um risco ambiental. Já quanto ao impacto sonoro, apesar do fato de que as características individuais de cada turbina possam influenciar a quantidade de barulho produzido, é provado que o som gerado por uma turbina *offshore*, localizada centenas de metros distante da costa não produz som suficiente para causar perturbações, sendo inclusive inaudível em um estudo de uma usina nos Estados Unidos (KALDELLIS et al., 2016).³⁹

³⁶ ENEVOLDSEN, Peter; VALENTINE, Victor Scott. Do onshore and offshore wind farm development patterns differ? **Energy for Sustainable Development** v. 35, p. 41-51, out. 2016.

³⁷ International Renewable Energy Agency. **Renewable Power Generation Costs in 2019**. Jun, 2020.

³⁸ International Energy Agency. **Global Energy and CO2 Status Report 2018**. 2019.

³⁹ KALDELLIS, J.K. et al. Environmental and social footprint of offshore wind energy. Comparison with onshore counterpart. **Renewable Energy**. v. 92, p. 543-556, fev. 2016.

O ponto do impacto na vida marinha em si é ainda uma incógnita maior que os outros, pelo fato de que apenas o tempo é capaz de afirmar com certeza o que pode acontecer. No entanto, pelos estudos atuais, diferente do que o pensamento comum levaria a acreditar, a instalação das turbinas seria na verdade benéfica para a vida marinha, a partir do momento que a presença de suas estruturas acaba criando recifes artificiais, que ajudam a vida marinha se proliferar. Apesar das conclusões ambientais até agora não serem negativas, é importante ressaltar que não há evidências sérias que indiquem que o *onshore* afeta mais ou menos que a modalidade *offshore* o meio ambiente, e no geral ambas têm um baixo impacto ambiental, especificamente quando comparadas com outras opções de geração de energia (KALDELLIS et al., 2016).⁴⁰

Levando em conta que as tecnologias e os elementos da malha logística necessários para desenvolver, instalar e manter instalações de operações de *Offshore Wind* são os mesmos que as empresas de óleo e gás já possuem e vêm investindo milhões de dólares há muitos anos, estima-se que cerca de 40% dos custos de um projeto de *Offshore Wind* tenham sinergia com outros projetos *Offshore*, podendo reaproveitar embarcações já existentes (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2019).⁴¹ Dessa forma, se levarmos em conta que o Brasil possui uma das maiores empresas de óleo e gás do mundo, a Petrobrás (FORBES, 2019)⁴², é algo surpreendente o fato de não termos conhecimento de planos concretos para o desenvolvimento desse setor no Brasil, um dos países dentro da lista de maior potencial para *Offshore Wind* do mundo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2019)⁴³. Com a volatilidade do preço do barril de petróleo, mais e mais petroleiras tem movido em direção a investir parte de seus ativos no setor do *Offshore Wind* (FORBES, 2020).⁴⁴ Gigantes do mercado como a Shell e a Chevron estão entre as empresas que ainda não são *major players* no *offshore wind* mas que

⁴⁰ KALDELLIS, J.K. et al. Environmental and social footprint of offshore wind energy. Comparison with onshore counterpart. **Renewable Energy**. v. 92, p. 543-556, fev. 2016.

⁴¹ International Energy Agency. **Global Energy and CO2 Status Report 2018**. 2019.

⁴² Forbes. **Global 2000 List**. 2019.

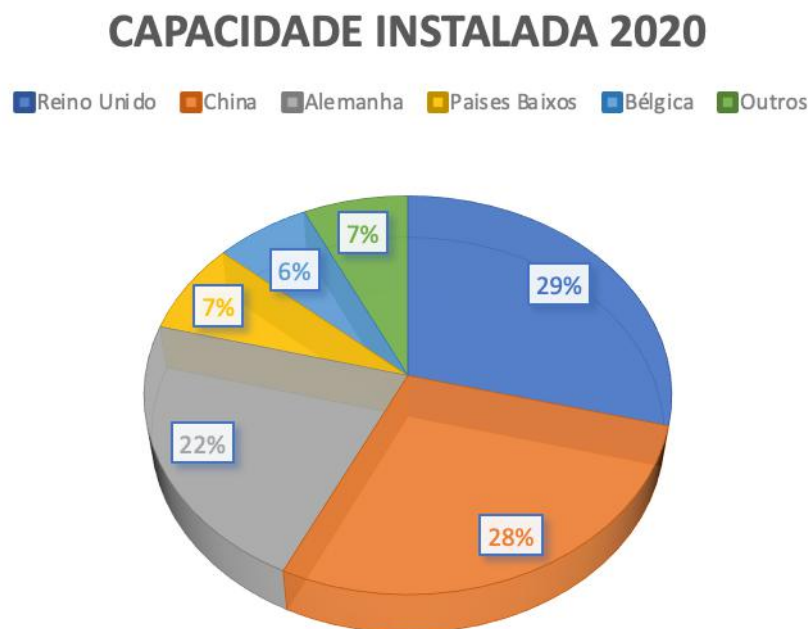
⁴³ International Energy Agency, op. cit.

⁴⁴ Forbes. **Oil And Gas Companies See Opportunity In Offshore Wind Energy**. 2020.

tem crescido cada vez mais, geralmente investindo com parcerias com empresas já situadas no mercado (SHELL, 2021).⁴⁵

Um dos fatores que podem ser vistos dentro da maioria dos projetos de *Offshore Wind* no mundo é a presença de políticas governamentais de apoio ao setor, no qual os governos facilitam o investimento estabelecendo uma visão de longo prazo, sendo um dos maiores desafios para países de economia emergente como o Brasil. Em 2020, de um total de 35,196 MW de capacidade instalados, aproximadamente 93% das usinas de *offshore wind* estavam localizadas em 5 países, China, Reino Unido, Alemanha, Países Baixos e Bélgica (GWEC, 2021).⁴⁶

Gráfico 6 – Capacidade Instalada de *Offshore Wind* no mundo.



Fonte: Elaboração própria com base em dados publicados pelo GWEC em 2021.⁴⁷

Nas três maiores regiões atuais nós vemos esse alto nível de presença do governo nos empreendimentos. No caso da China, em um estudo recente foi identificado o subsídio atual para os projetos e foi proposto um novo sistema de

⁴⁵ SHELL. **WIND POWER**. Sep, 2021.

⁴⁶ Global Wind Energy Council (GWEC). **China installed half of new global offshore wind capacity during 2020 in record year**. fev, 2021.

⁴⁷ Global Wind Energy Council (GWEC), op. cit.

subsídio, nessa análise foi considerado um tempo de vida do projeto de 20 anos informado por uma das empresas fornecedoras, no qual os projetos apresentaram uma TIR de 6.48% com um *payback* de 17 anos quando vistos sem o subsídio, TIR de 6.67% e *payback* em 16 anos com o subsídio atual (que consiste em financiamento de 50% do custo para até duas turbinas por usina) e por fim uma TIR de 9.54% e um *payback* de 11 anos com o subsídio proposto que seria de um benefício fiscal de isenção dos 10% do imposto sobre valor agregado que existe lá, o que seria inclusive benéfico para os cofres públicos no curto prazo por não necessitar o desembolso de fundos (NGUYEN; CHOU, 2018)⁴⁸. Enquanto no reino unido, apesar de podermos ver a presença de uma maior diversidade de tipos de incentivos, a maior parte ainda é, assim como na China, focada puramente na disposição direta de fundos, com alguns diferentes órgãos governamentais a frente que analisam os projetos e concedem ou não fundos para auxiliar os empreendimentos (GOV UK, 2021).⁴⁹ Já na Alemanha, onde anteriormente víamos uma situação similar a do Reino Unido, o mercado segue com tamanha evolução que leilões de permissão para construir as usinas de *Offshore Wind* já estão sendo concluídos e projetos estão começando, considerando zero subsídio do governo (WIND POWER MONTHLY, 2021).⁵⁰

Dessa forma, mesmo considerando um país com o nível de renda do Brasil, vemos a possibilidade do desenvolvimento do mercado, uma vez que inclusive já existem políticas de incentivo aplicáveis aos empreendimentos de energia renovável como o REIDI (Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura) no qual a empresa que tem projeto aprovado no setor de energia tem isenção do PIS e COFINS sobre a venda e importação de equipamentos utilizados na implantação e os convênios realizados no âmbito estadual, com a intenção de isentar o ICMS. Isso é claro além dos investimentos feitos via BNDES, que são já voltados para o ponto dos fundos em si com tarifas mais atrativas que o mercado.

⁴⁸ NGUYEN, Thi Anh Tuye; CHOU, Shuo-Yan. Impact of government subsidies on economic feasibility of offshore wind system: Implications for Taiwan energy policies. **Applied Energy**. v. 217, p. 336-345, Fev. 2018.

⁴⁹ UK GOV. **Offshore wind manufacturing investment support scheme: investment programme**. Feb, 2021.

⁵⁰ WIND POWER MONTHLY. **RWE and EDF win with zero-subsidy bids in German offshore wind tender**. 2021.

Capítulo 3

3. METODOLOGIA

3.1. Tipo de Pesquisa

Para a realização desse trabalho, foi escolhida a taxionomia definida por Vergara (2016)⁵¹, que se divide em: quanto aos fins e quanto aos meios, sendo que cada um desses dois critérios se divide em múltiplos tipos possíveis de pesquisa.

As pesquisas quanto aos fins são pesquisas descritivas, que expõem características de determinado assunto ou fenômeno, mas sem o compromisso de explicar esses fenômenos que foram descritos. Sendo assim, a presente pesquisa classifica-se como tal, visto que seu objetivo é identificar fatores que influenciem empresas brasileiras a não ingressar ou ingressar tardiamente no mercado de *Offshore Wind*. Para tal, foi feita uma análise dos mercados de *offshore wind* internacionais para identificar que fatores dentre custos de implantação, custo total, capacidade de geração de energia e necessidade de incentivos governamentais os empreendimentos possuem em comum, para daí então após analisar o mercado nacional de energia sob a visão desses fatores ou de equivalentes, encontrar quais desses estão ou não estão presentes no Brasil, que possivelmente explicariam a não adesão ao mercado de *offshore wind*.

Já quanto aos meios, esta pesquisa se enquadraria como como uma pesquisa bibliográfica e documental, pois, também será realizado um estudo sistematizado com material publicado de outras pesquisas, disponíveis para o público, e documentos de agências governamentais e setoriais (VERGARA, 2016).⁵² Através do cruzamento das informações publicadas por pesquisadores renomados do assunto e de dados estatísticos publicados por agencias como a Agencia internacional de energia renovável, buscou-se adquirir informações sobre os empreendimentos.

⁵¹ VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

⁵² VERGARA, Sylvia Constant, op. cit.

Através dessas análises, e partindo das hipóteses iniciais apresentadas na introdução, chega-se as conclusões que serão apresentadas no próximo capítulo dos resultados.

3.2. Universo e Amostra

Por universo, podemos entender como o conjunto total de elementos que detêm as características daquilo que foi o objeto de estudo desta pesquisa (VERGARA, 2016).⁵³ Sendo assim, o universo da pesquisa aqui realizada se trata do mercado de energias renováveis, do qual a maior parte dos dados estatísticos utilizados na análise foram adquiridos através de informações primárias em relatórios publicados por agências nacionais e internacionais do setor como o relatório da EPE (Empresa de Pesquisa Energética) e da IRENA (Agência Internacional de Energia Renovável). Parte das informações do Universo também foram adquiridas de informações secundárias, através das pesquisas de terceiros como no caso de KALDELLIS et al., 2016 ⁵⁴ no qual foi feito um trabalho extensivo comparando a energia eólica *onshore* com a *offshore*.

Já a amostra, que seria um recorte desse universo então definido (VERGARA, 2016)⁵⁵, foi selecionada por relevância, focando nas informações da energia eólica em geral, por se tratar exatamente do foco da pesquisa e da necessidade de se entender os fatores desse cenário.

3.3. Coleta de Dados

Nesta pesquisa a coleta de dados foi feita por meio de pesquisa bibliográfica e documental em artigos, jornais, teses e revistas especializadas, como também em materiais fornecidos ao público por órgãos como a **IRENA e EPE**. Dentre os principais dados colhidos, foi dado o foco para as variáveis: Da disponibilidade, no qual foi verificado se é de fato possível geograficamente falando a implantação de

⁵³ VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

⁵⁴ KALDELLIS, J.K. et al. Environmental and social footprint of offshore wind energy. Comparison with onshore counterpart. **Renewable Energy**. v. 92, p. 543-556, fev. 2016.

⁵⁵ VERGARA, Sylvia Constant, op. cit.

usinas eólicas *offshore*; Do custo, ao se utilizar dos dados colhidos pela IRENA referentes a empreendimentos de *offshore wind* e das outras energias renováveis no mundo todo; Da interferência dos governos, no qual foram analisados documentos e leis publicados pelos principais países detentores de usinas de *offshore wind* para verificar o nível de presença necessário nos empreendimentos; Do impacto ambiental, ao se verificar artigos científicos publicados especificamente sobre o tema em relação à usinas de *offshore wind*.

3.4. Limitações do Método

Segundo Vergara (2016, p.97)⁵⁶, “todo método tem possibilidades e limitações”. Dessa forma, a metodologia escolhida para a pesquisa, apresenta dificuldades como qualquer outra, sendo as principais:

- Um fator limitante é o fato de que a pesquisa parte da análise de acontecimentos do passado para tentar identificar razões para ações do presente, que apesar de ao utilizar dados de séries temporais vindas de 2010 até 2020, como no caso da análise dos fatores de capacidade, por conta da constante evolução tecnológica do setor acontece uma certa diminuição da precisão dos quantitativos.
- Outro fator que limita o alcance da pesquisa se dá na dificuldade de acesso a planos atuais de empresas, que podem por diversas razões ser sigilosos, que faz com que a busca seja muito mais focada em informações de agências governamentais como a EPE e a IRENA, mas ainda assim podendo ser identificado como uma limitação.

⁵⁶ VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. O cenário energético renovável

No que se se refere a Matriz Energética Brasileira, podemos verificar duas principais medidas, sendo a distribuição por método de capacidade e a distribuição por método de produção de elétrica. Ao se tratar da capacidade, segundo informações incluídas no anuário estatístico de energia elétrica publicado em 2020 pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE - uma empresa pública federal com o papel de promover transparência quanto ao setor de energético do país), o Brasil foi em 2017 um dos 10 países que mais possui capacidade de geração por fontes alternativas de eletricidade no mundo (EPE, 2020).⁵⁷

Gráfico 7 – Geração por fontes alternativas no mundo

Geração por fontes alternativas no mundo - 10 maiores países em 2017 (TWh)
World alternative sources generation - 2017 top ten countries (TWh)

	2013	2014	2015	2016	2017	Δ% (2017/2016)	Part. % (2017)	
Mundo	1.342	1.509	1.719	1.972	2.267	14,9	100,0	World
China	206	243	294	389	502	29,2	22,1	China
Estados Unidos	275	304	323	374	423	13,1	18,7	United States
Alemanha	137	152	177	177	203	15,1	9,0	Germany
Japão	73	83	97	109	125	14,9	5,5	Japan
Índia	61	69	79	107	123	14,4	5,4	India
Reino Unido	50	61	81	83	98	18,2	4,3	United Kingdom
Brasil	47	58	70	84	95	13,3	4,2	Brazil
Itália	61	64	65	68	70	3,3	3,1	Italy
Espanha	74	70	68	67	69	2,0	3,0	Spain
França	30	33	39	41	46	10,8	2,0	France
Brasil (7º)	47	58	70	84	95	13,3	4,2	Brazil
Outros	327	372	425	474	513	8,3	22,6	Other

Fonte: U.S. Energy Information Administration (EIA); para o Brasil: Balanço Energético Nacional 2020.
Nota: Fontes alternativas – eólica, solar, das marés, das ondas, biomassa e resíduos.
Para o Brasil, apenas biomassa (lenha, bagaço de cana e lixo) e eólica.

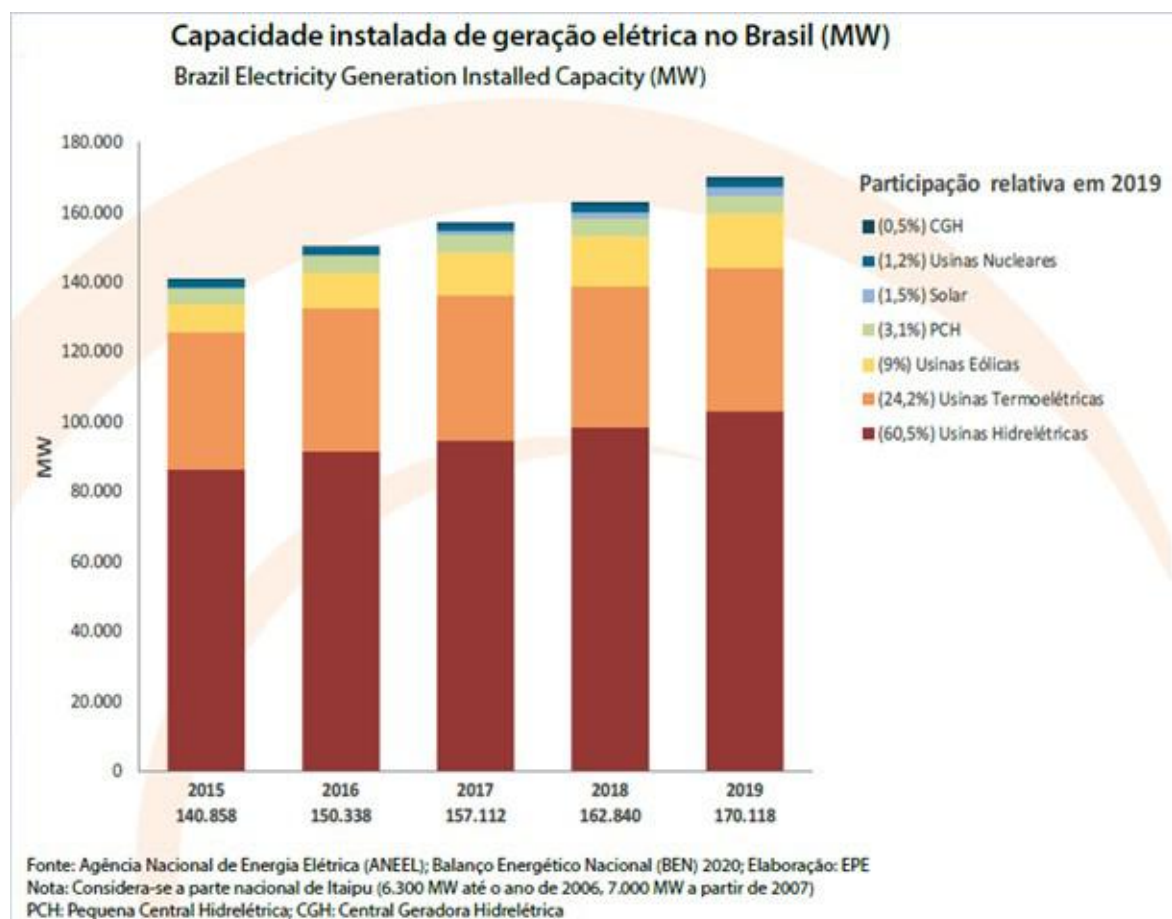
Fonte: EPE – Anuário Estatístico de Energia Elétrica, 2020.⁵⁸

⁵⁷ Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. 2020.

⁵⁸ Empresa de Pesquisa Energética, op. cit.

No entanto, é importante ressaltar, que essa classificação de fontes alternativas considera apenas biomassa e eólica, por conta de a geração solar não ter presença suficiente para ser considerada, sendo apenas 1,5% da capacidade brasileira e por não considerarem a hidroeletricidade como um método alternativo, por conta dos altos impactos ambientais necessários na implantação (EPE, 2020). Falando da geração de energia elétrica em si, os números não se alteram de maneira considerável em magnitude percentual, tendo a maior variação em 3,2% (EPE, 2020).⁵⁹

Gráfico 8 – Capacidade de geração elétrica no Brasil



Fonte: EPE – Anuário Estatístico de Energia Elétrica, 2020.⁶⁰

⁵⁹ Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. 2020.

⁶⁰ Empresa de Pesquisa Energética, op. cit.

Já seguindo a classificação de Honnery, o Brasil na verdade estaria enquadrado com aproximadamente 70% de sua capacidade elétrica como energia renovável (HONNERY; MORIARTY, 2016)⁶¹, o que pode ser rastreado aos primórdios da utilização da energia elétrica no Brasil em 1889 onde com o novo regime legal pós monarquia, os estados e municípios passaram a ter autonomia para negociarem direto com as empresas concessionárias em questões de recursos naturais como os recursos hídricos, o que começou com a criação da hidrelétrica Marmelos em Minas Gerais, que foi a primeira grande usina hidrelétrica do país e da América do Sul. A análise histórica da matriz elétrica brasileira mostra que os recursos financeiros que são disponibilizados para ampliar a capacidade elétrica influem decisivamente nas escolhas de como a matriz é composta e estruturada. Além disso, o capital investido não é o único fator que influencia nessas decisões, pois a ideologia vigente no poder central é crítica, já que essas escolhas são feitas geralmente pelos políticos eleitos do momento. (VIEIRA; GOMES, 2009).⁶²

Essa questão pode ser verificada inclusive quando falamos especificamente dos projetos de *Offshore Wind* que já existem no mundo, que de acordo com a agência internacional de energia vem crescendo aproximadamente 30% por ano, mas com políticas de fomentação e apoio governamental que foram fundamentais para tal expansão, incluindo investimentos em tecnologia offshore, planejamento de desenvolvimento, apoio financeiro direto e esforços de regulamentação do setor. Tais políticas, presentes nos países da Europa com acesso aos mares do norte, proporcionaram um crescimento de quase 17 GW de capacidade na janela de tempo de 2010 a 2018 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2019).⁶³

O Reino Unido, que possuía em 2018 a maior parcela da capacidade de produção do mundo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2019), continua com objetivos para aumentar essa capacidade e em anúncios feitos em 2020 pelo governo, planeja que até 2030 todas as casas da Inglaterra sejam energizadas com

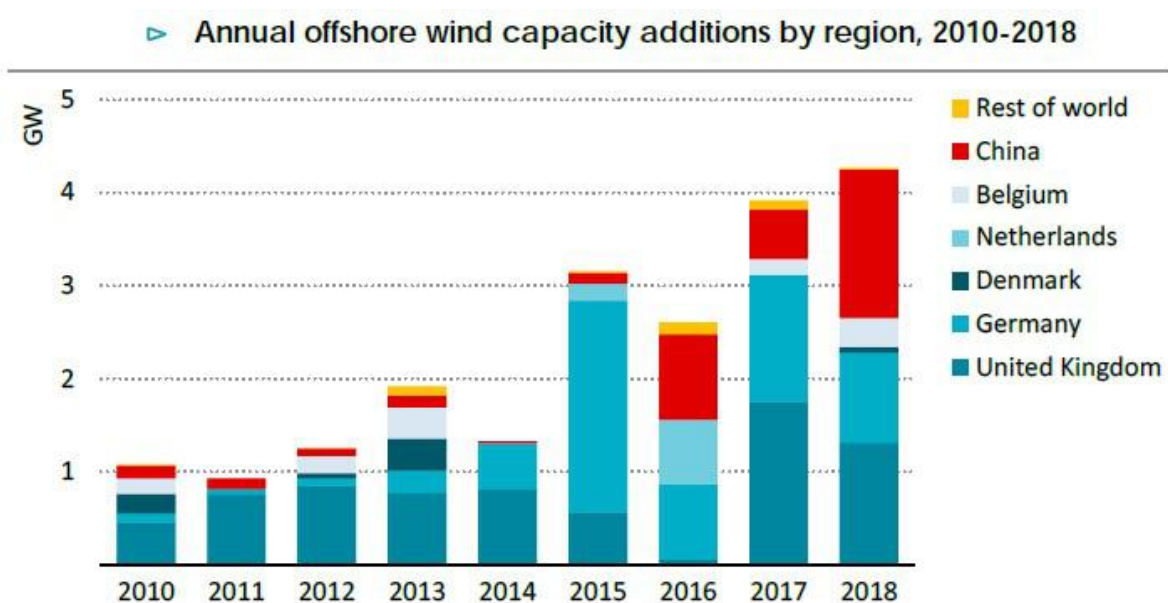
⁶¹ MORIARTY, Patrick; HONNERY, Damon. Can renewable energy power the future? **Energy Policy**. v.93 p. 3-7, Mar 2016.

⁶² GOMES, João Paulo Pombeiro; VIEIRA, Marcelo Milano Facão. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.43 p. 295-391, Mar 2009.

⁶³ International Energy Agency. **World Energy Outlook Special Report**. 2019.

eletricidade proveniente de usinas de *Offshore Wind*, mirando na marca de produzir 40 GW apenas desse modal (GOV UK, 2020).⁶⁴ Tais avanços partirão do investimento direto na rede de suprimentos relacionada aos esforços *offshore*, em investimentos monetários diretos em projetos de usinas e nos esforços de regularização legais do setor.

Gráfico 9 – Adições na capacidade de geração por *Offshore Wind* anual, 2010-2018



Fonte: IEA – *Special Report – Offshore Wind Outlook*, 2019.⁶⁵

Além dos países europeus, a China vem crescendo como um dos líderes do mercado, com a adição do avanço da produção de energia elétrica proveniente do *Offshore Wind* no plano de desenvolvimento estabelecido pelo governo, que além de estabelecer alvos de produção relativamente altos quando comparados com outros países (principalmente das américas), vem ultrapassando esses objetivos, já tendo em 2020 5.9 GW de capacidade, superando os 5 GW planejados inicialmente pelo governo (OFFSHORE MAG, 2020).⁶⁶

⁶⁴ UK GOV. **New plans to make UK world leader in green energy**. Out, 2020

⁶⁵ International Energy Agency. **World Energy Outlook Special Report**. 2019.

⁶⁶ Offshore Magazine. **China fueling Asian offshore wind market growth**. Dez, 2020.

Se tratando dos projetos de *Offshore Wind* no Brasil, as águas começam a ficar turvas, com a maioria dos projetos sendo colocados em pausa ou cancelados. O planejamento oficial divulgado pelo governo (EPE, 2019)⁶⁷ no plano decenal de expansão de energia, que abrange os planos até o ano de 2029, é estimada uma capacidade de 16 GW de energia, no entanto, as ações das empresas relacionadas a esses projetos passam outra ideia, com projetos cancelados, a principal empresa do setor no Brasil, a Petrobras vem reduzindo seus investimentos em energias renováveis desde a eleição do atual presidente Jair Bolsonaro, inclusive vendendo seus bens e projetos de energia eólica que seriam redirecionados ao *Offshore Wind*. Além disso, os únicos projetos mantidos no planejamento da Petrobras relacionado a geração de energia são os relacionados a novas usinas de gás, uma vez que o governo possui planos de aumentar a sua presença no campo dos combustíveis fósseis, indo contra as tendências globais (RECHARGE NEWS, 2020).⁶⁸

4.2. Análise das hipóteses iniciais

Dessa forma, retomando então as hipóteses iniciais aqui apresentadas e a partir das informações detalhadas no referencial teórico e na análise do cenário energético renovável, é possível chegar as seguintes conclusões:

4.2.1. Hipótese 1 – Altos custos e dificuldade de acesso a capital

De fato, os custos totais de implantação do modal *offshore* de energia eólica são em média 41% mais altos que os custos da implantação caso fosse construído em terra. No entanto, a hipótese está correta apenas até certo ponto, uma vez que a alta dos custos é contrabalanceada com alta em cerca de 81% na capacidade de geração de energia por usina, possibilitando economia de escala.

⁶⁷ Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2019**. 2019.

⁶⁸ Recharge News. **Brazil's oil giant Petrobras puts wind farms up for sale as renewables retreat begins**. Fev, 2020.

4.2.2. Hipótese 2 – Inviabilidade tecnológica e geográfica.

No caso específico do Brasil, assim como apontado pela agência internacional de energia (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2019)⁶⁹, aproximadamente 40% dos custos de um projeto de Offshore Wind têm sinergia com outros projetos *Offshore*, sendo possível a reutilização da malha e da tecnologia logística já existente e levando em conta os dados levantados pelo programa de assistência de gestão do setor de energia, gerido pelo banco mundial (ESMAP, 2019)⁷⁰, o Brasil se enquadraria com um potencial de geração de energia disponível (com as tecnologias atuais disponíveis no mercado) maior que todo o mercado global atual de *Offshore Wind*. Dessa forma a hipótese não se confirma e vemos a real possibilidade tecnológica e geográfica do mercado brasileiro.

4.2.3. Hipótese 3 – Falta de demanda da ampliação da matriz energética.

A capacidade instalada da matriz energética brasileira cresceu cerca de 21% de 2015 até 2019, sendo uma média de 5% de aumento ao ano o que demonstra que estamos em constante crescimento (EPE, 2020).⁷¹ No entanto, a maior parte da matriz é constituída pelo modal hidroelétrico, que está constantemente sob ameaça proveniente da situação climática do país, sendo altamente afetado quando temos falta de chuvas. Sendo assim, a hipótese também não é confirmada, uma vez que o aumento na demanda é constante e o nosso principal modal não é tão certo quanto por exemplo o *offshore wind*.

⁶⁹ International Energy Agency. **Global Energy and CO2 Status Report 2018**. 2019.

⁷⁰ ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAM. **OFFSHORE WIND TECHNICAL POTENTIAL | ANALYSIS AND MAPS**. 2019.

⁷¹ Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. 2020.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu a ampliação do conhecimento sobre as capacidades e o potencial da energia proveniente do *Offshore Wind* no Brasil e no mundo, mostrando o quão grande já é o mercado e o quanto tem crescido em um curto espaço de tempo. Por ser uma tecnologia ainda recente e não muito conhecida no Brasil, as pessoas acabam sequer tendo conhecimento ou entendendo do que se trata ao verem alguma notícia relacionada, mas a revisão do conteúdo aqui apresentado no referencial teórico e nos resultados, tenta esclarecer esses pontos.

Dessa forma, a resposta da pergunta de o porquê o Brasil não ingressou no mercado de *Offshore Wind* se dá principalmente por dois fatores que acabam se entrelaçando por conta das características aqui apresentadas, o alto custo de implantação do modal e a necessidade de políticas de incentivo por parte do governo.

Analisados os fatores presentes no desenvolvimento de projetos de *Offshore Wind* nos principais países onde o modal é visto, como a Inglaterra e a China, e da evolução da matriz energética brasileira, percebeu-se a necessidade da interação direta entre governo e iniciativa privada, parcialmente por se tratar da exploração de um patrimônio público, mas principalmente pela necessidade de investimentos no setor, investimentos esses em grande parte monetários mas também em políticas e regulação, principalmente em países como o Brasil, que não possuem regulações específicas para esse tipo de empreendimento. Além disso, as últimas decisões do governo atual claramente colocam o país no caminho contrário a desenvolvimentos no ramo das energias renováveis, com a redobra no plano nacional energético da intenção de investir no setor dos combustíveis fósseis.

Justamente por ser um empreendimento altamente dependente do Estado, o Brasil acaba sendo também prejudicado no sentido de não ter políticas sérias de longo prazo que são seguidas por conta das quebras de governo que tem acontecido no passado recente, com constante troca de poderes e vontades, projetos como os de *Offshore Wind*, que dependem de tempo para amadurecer e de alto envolvimento do governo, acabam ficando restringidos ao papel.

REFERÊNCIAS

BORRÀS MORA, Esteve. et al. Global sensitivity analysis for offshore wind cost modelling. **Wind Energy**. v. 24, p. 974-990, Jan. 2021.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO Nº 462, DE 24 DE JULHO DE 2014**. 2014. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=677>. Acesso em: 23 ago. 2021.

Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2019**. 2019. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2019>>. Acesso em: 30 abril 2021.

Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. 2020. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 30 abril 2021.

ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAM. **OFFSHORE WIND TECHNICAL POTENTIAL | ANALYSIS AND MAPS**. 2019. Disponível em: < https://esmap.org/esmap_offshorewind_techpotential_analysis_maps> Acesso em: 02 sep. 2021.

ENEVOLDSEN, Peter; VALENTINE, Victor Scott. Do onshore and offshore wind farm development patterns differ? **Energy for Sustainable Development** v. 35, p. 41-51, out. 2016.

FGV Energia. **Boletim de Conjuntura do setor energético Janeiro 2020**. 2020. Disponível em: < <https://fgvenergia.fgv.br/publicacao/boletim-de-conjuntura-janeiro2020>>. Acesso em: 29 ago. 2021.

Forbes. **Global 2000 List**. 2019. Disponível em: <<https://www.forbes.com/companies/petrobras/#6c5780c42dea/>>. Acesso em: 30 out. 2019.

Forbes. **Oil And Gas Companies See Opportunity In Offshore Wind Energy**. 2020. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/kensilverstein/2020/03/16/oil-and-gas-companies-see-opportunity-in-offshore-wind-energy/>> Acesso em: 07 sep. 2021.

GALVÃO, Jucilene; BERMANN, Célio. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **Estudos Avançados [online]**. 2015, v. 29, n. 84, pp. 43-68.

Global Wind Energy Council. **China installed half of new global offshore wind capacity during 2020 in record year.** fev, 2021. Disponível em: <<https://gwec.net/china-installed-half-of-new-global-offshore-wind-capacity-during-2020-in-record-year/>> Acesso em: 07 sep. 2021.

GOMES, João Paulo Pombeiro; VIEIRA, Marcelo Milano Facão. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.43 p. 295-391, Mar 2009.

International Energy Agency. **Global Energy and CO2 Status Report 2018.** 2019. Disponível em: < <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019/emissions>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

International Energy Agency. **World Energy Outlook Special Report.** 2019. Disponível em: < <https://www.iea.org/weo2019/>>. Acesso em: 25 out. 2019.

International Renewable Energy Agency. **Renewable Power Generation Costs in 2019.** Jun, 2020. Disponível em: <<https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>>. Acesso em: 23 ago. 2021.

IWICKI, Piotr; PRZEWLOCKI, Jaroslaw. Short Review and 3-D FEM analysis of basic types of foundation for Offshore Wind Turbines. **POLISH MARITIME RESEARCH 3.** 2020, v. 27, n. 107, pp. 31-39.

JACOBSON, Mark. Z.; DELUCCHI, Mark. A. A path to sustainable energy by 2030, **Scientific American.** v. 301, n. 5, p. 58-65, Nov 2009.

JACOBSON, Mark. Z.; DELUCCHI, Mark. A. Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials, **Energy Policy.** v.39, p. 1154-1169, Dec 2010.

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

MORIARTY, Patrick; HONNERY, Damon. Can renewable energy power the future? **Energy Policy.** v.93 p. 3-7, Mar 2016.

MOZZATO, Anelise Rebelato; GRZYBOVSKI, Denise. Análise de Conteúdo como Técnica de Análise de Dados Qualitativos no Campo da Administração: Potencial e Desafios. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 15, n. 4, p.731-747, ago. 2011.

NGUYEN, Thi Anh Tuye; CHOU, Shuo-Yan. Impact of government subsidies on economic feasibility of offshore wind system: Implications for Taiwan energy policies. **Applied Energy.** v. 217, p. 336-345, Fev. 2018.

Offshore Magazine. **China fueling Asian offshore wind market growth**. Dez, 2020. Disponível em: <<https://www.offshore-mag.com/renewable-energy/article/14188902/china-fueling-asian-offshore-wind-market-growth>> . Acesso em: 01 mar. 2021.

PEDROSO, Luiz.L.A. et al. Demandas atuais e futuras da biomassa e da energia renovável no Brasil e no mundo. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 4, n. 5, Edição Especial, p. 1980-1996, ago. 2018.

Recharge News. **Brazil's oil giant Petrobras puts wind farms up for sale as renewables retreat begins**. Fev, 2020. Disponível em: <<https://www.rechargenews.com/transition/brazils-oil-giant-petrobras-puts-wind-farms-up-for-sale-as-renewables-retreat-begins/2-1-749874>>. Acesso em: Acesso em: 01 Feb. 2021.

Renewables Now. **Global Status Report 2019**. 2019. Disponível em: <https://www.ren21.net/gsr-2019/chapters/chapter_05/chapter_05/>. Acesso em: 01 set. 2019.

SHELL. **WIND POWER**. Sep, 2021. Disponível em: <<https://www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies/wind.html>> Acesso em: 07 set. 2021.

UK GOV. **New plans to make UK world leader in green energy**. Out, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.uk/government/news/new-plans-to-make-uk-world-leader-in-green-energy#:~:text=The%20Prime%20Minister%20has%20set,carbon%20emissions%20and%20boosting%20exports.&text=Creating%20a%20new%20target%20for,times%20the%20current%20volumes%20worldwide.>>. Acesso em: 01 mar. 2021.

UK GOV. **Offshore wind manufacturing investment support scheme: investment programme**. Feb, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.uk/government/publications/offshore-wind-manufacturing-investment-support-scheme-investment-programme>>. Acesso em: 10 Set. 2021.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

Wind Europe. **Key trends and statistics 2018**. Fev, 2019. Disponível em: <<https://windeurope.org/about-wind/statistics/offshore/european-offshore-wind-industry-key-trends-statistics-2018/>>. Acesso em: 01 set. 2019.

WIND POWER MONTHLY. **RWE and EDF win with zero-subsidy bids in German offshore wind tender**. 2021. Disponível em: <<https://www.windpowermonthly.com/article/1726902/rwe-edf-win-zero-subsidy-bids-german-offshore-wind-tender>> Acesso em: 11 sep. 2021.