



UNILAB

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL
DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS**

SIMÃO BERNARDO FERNANDO

**PANORAMA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL: UMA ANÁLISE DA EXPANSÃO
DA CAPACIDADE INSTALADA NA MATRIZ ELÉTRICA**

REDENÇÃO – CEARÁ

2022

SIMÃO BERNARDO FERNANDO

**PANORAMA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL: UMA ANÁLISE DA
EXPANSÃO DA CAPACIDADE INSTALADA NA MATRIZ ELÉTRICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Energias da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rejane Felix Pereira

REDENÇÃO – CEARÁ

2022

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Fernando, Simão Bernardo.

F413p

Panorama da Energia Eólica no Brasil: uma análise da expansão da capacidade instalada na matriz elétrica / Simão Bernardo Fernando.
- Redenção, 2022.
51f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2022.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Rejane Felix Pereira.

1. Energias alternativas. 2. Energia eólica. 3. Matriz elétrica. I. Título

CE/UF/BSP

CDD 621.45

SIMÃO BERNARDO FERNANDO

**PANORAMA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL: UMA ANÁLISE DA
EXPANSÃO DA CAPACIDADE INSTALADA NA MATRIZ ELÉTRICA**

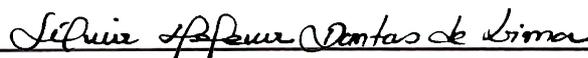
Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energias, do Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Aprovado em: 07/01/2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Dr.ª Rejane Félix Pereira (IEDS/UNILAB)
Presidente da Banca Examinadora



Prof.ª Dr.ª Silvia Helena Dantas de Lima (IEDS/UNILAB)
Membro da Banca Examinadora



Prof. Dr. Marcus Vinícius Sousa Rodrigues (CCET/UFMA)
Membro da Banca Examinadora

“Senhor, Tu manténs acesa a minha lâmpada;
Tu, ó meu Deus, iluminas as minhas trevas.
Contigo poderei investir contra um exército;
Com o meu Deus saltarei muralhas”.

(Salmos18, 29-30)

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus, por me permitir realizar este grande sonho. Durante esses 5 anos, passei por diversos desafios, em determinada altura achei que não seria possível realizar este objetivo.

Aos meus Pais, Simão Fernando e Domingas Bernardo Nhangá, na qual dedico essa grande conquista. Meus Pais são os grandes responsáveis por toda essa caminhada, tudo fizeram desde o começo para que eu pudesse chegar neste grande momento.

Gratidão aos meus irmãos, Alberto Bernardo Fernando, Domingos Bernardo Fernando, Maria Bernardo Fernando, Adão Bernardo Fernando, Adilson Bernardo Fernando, Isabel Bernardo Fernando e Lúcio Bernardo Fernando.

À todas às pessoas que direta ou indiretamente contribuíram e me apoiaram, durante esses anos de estudo. Em especial a minha namorada Luziana da Silva Bernardo, aos meus Irmãos Aristóteles de Almeida Diogo e João Kiala Vioka Panzo, que durante essa caminhada acadêmica me ajudaram diariamente.

À minha Orientadora Dr^a. Rejane Felix Pereira, por toda disponibilidade, incentivo, orientação e paciência durante a elaboração deste trabalho.

À Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, por me proporcionar diversas oportunidades ao longo desses anos, e me permitir realizar meu sonho: ser Engenheiro.

RESUMO

A matriz energética mundial apresenta como sua principal forma de geração de energia os combustíveis fósseis. Por este motivo, muitos países estão investindo significativamente no incentivo para exploração de recursos renováveis, pois os não renováveis proporcionam, cada vez mais, impactos negativos ao meio ambiente, interferindo no desenvolvimento sustentável. No Brasil existe forte potencial para a produção de energias por fontes renováveis. Dentre as várias fontes renováveis em crescimento no país, destaca-se a energia eólica. Assim, este trabalho tem como principal objetivo a análise da expansão da energia eólica no Brasil, visando entender de que forma a fonte eólica vem contribuindo para a diversificação da matriz elétrica nacional. Para a realização deste trabalho, utilizou-se o método da pesquisa descritiva, tendo como principais procedimentos de pesquisa, o levantamento bibliográfico e documental, bem como a análise dos dados consultados em várias instituições do setor elétrico nacional. Como resultados, este estudo mostrou que existem atualmente no Brasil 14 estados com projetos eólicos em operação. O Rio Grande do Norte lidera com maior capacidade instalada no país, seguido dos estados da Bahia, Ceará, Piauí, Rio Grande do Sul e Pernambuco, que foram os que mais obtiveram empreendimentos em operação nos últimos anos. Neste sentido, a fonte eólica passou a representar uma forte participação na matriz elétrica brasileira. Os incentivos governamentais desempenharam um papel fundamental para o crescimento deste setor no Brasil. O PROINFA e posteriormente os leilões de energia, contribuíram bastante para a entrada em funcionamento de novos parques eólicos, e conseqüente, para um fortalecimento da cadeia produtiva de materiais do setor eólico, possibilitando a atração de novos investimentos. Assim sendo, o crescimento dessa tecnologia no Brasil, assegura maior segurança energética e desenvolvimento sustentável.

Palavras-Chave: Energias Alternativas. Energia Eólica. Matriz Elétrica.

ABSTRACT

The world's energy matrix has fossil fuels as its main form of energy generation. For this reason, many countries are investing significantly in encouraging the exploration of renewable resources, as non-renewables increasingly provide negative impacts to the environment, interfering with sustainable development. In Brazil there is strong potential for the production of energy from renewable sources. Among the various renewable sources that are growing in the country, wind energy stands out. Thus, this work has as main objective the analysis of the expansion of wind energy in Brazil, aiming to understand how the wind source has been contributing to the diversification of the national electric matrix. To carry out this work, the descriptive research method was used, having as main research procedures, the bibliographical and documental survey, as well as the analysis of the data consulted in several institutions of the national electric sector. As a result, this study showed that there are currently 14 states in Brazil with wind projects in operation. Rio Grande do Norte leads with the largest installed capacity in the country, followed by the states of Bahia, Ceará, Piauí, Rio Grande do Sul and Pernambuco, which were the ones with the most projects in operation in recent years. In this sense, the wind source started to represent a strong participation in the Brazilian electrical matrix. Government incentives played a key role in the growth of this sector in Brazil. PROINFA and later the energy auctions, contributed significantly to the entry into operation of new wind farms, and consequently, to the strengthening of the production chain of materials in the wind sector, enabling the attraction of new investments. Therefore, the growth of this technology in Brazil ensures greater energy security and sustainable development.

Key words: Alternative energies. Wind Energy. Electrical Matrix.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
BEN	Balço Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Económico e Social
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
CBEE	Centro Brasileiro de Energia Eólica
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
GW	Gigawatt
GWEC	Conselho Global de Energia Eólica
IEA	Agência Internacional de Energia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
KW	Kilowatt
LER	Leilão de Energia de Reserva
LFA	Leilão de Fontes Alternativas
LEN	Leilão de Energia Nova
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Megawatt
PROEÓLICA	Programa Emergencial de Energia Eólica
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
SIGA	Sistema de Informações de Geração da Aneel

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz Energética Mundial ano de 2019.....	19
Figura 2 - Oferta Interna de Energia no Brasil ano de 2005.....	20
Figura 3 - Matriz Energética Brasileira ano 2019	21
Figura 4 - Comparação das matrizes energéticas mundial e brasileira do ano de 2019	21
Figura 5 - Matriz Energética Brasileira ano de 2020.....	22
Figura 6 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte – 2009.....	23
Figura 7 - Matriz Elétrica Brasileira ano 2021	25
Figura 8 - Turbinas eólicas de eixo vertical modelo Savonius.....	26
Figura 9 - Turbinas eólicas de eixo vertical modelo Darrieus.....	27
Figura 10 - Turbina eólica de eixo horizontal	27
Figura 11 - Evolução tecnológica das turbinas.....	28
Figura 12 - Potencial eólico estimado para vento anual igual ou superior a 7,0 m/s	31
Figura 13 - Resumo das etapas desta Pesquisa.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Os 10 países líderes em energia eólica no mundo em 2019.....	29
Tabela 2 - Número de Parques Eólicos em operação nos estados por ano.....	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Matrizes Energéticas Mundial 1973, 2009 e 2017.....	18
Gráfico 2 – Capacidade instalada em GW da energia eólica entre 2011 a 2021.....	24
Gráfico 3 - Empreendimentos eólicos em operação entre 1998 a 2020	39
Gráfico 4 - Quantidade de Leilões e empreendimento eólicos entre os de 2009 a 2021.....	41
Gráfico 5 - Capacidade contratada nos leilões entre 2009 a 2021.....	41
Gráfico 6 - Total de empreendimentos por estados no período de 1998 a 2020	43
Gráfico 7- Total de potência instalada em (MW) por estado no período de 1998 a 2020	44
Gráfico 8 - Capacidade instalada por estado (MW)	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos da Pesquisa	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
1.2 Justificativa	15
1.3 Organização do Trabalho	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 Matriz Energética Mundial	17
2.2 Matriz Elétrica Brasileira	22
2.3 A Energia Eólica	25
2.4 Crescimento da energia eólica no brasil	30
2.5 Legislação brasileira para o setor eólico	34
3 METODOLOGIA	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

A revolução industrial, dentre as suas diferentes fases, possibilitou a substituição da mão de obra humana na realização de diversos processos produtivos, pois introduziu-se nesse período o uso de energias como a vapor, eólica e hidráulica. O aproveitamento desses recursos resultou no desenvolvimento da indústria, garantindo o crescimento econômico e o bem-estar das populações.

É de todo modo evidente que, a exploração dos recursos naturais não deve ser dissociada de preocupações relacionadas a preservação da natureza, pois, as fontes convencionais de energia vêm proporcionando cada vez mais impactos negativos ao meio ambiente, interferindo no desenvolvimento sustentável.

A nível mundial, a matriz energética tem apresentado como principal fonte de geração de energia os combustíveis fósseis. Essa realidade, permitiu um forte debate a respeito das desvantagens na utilização desses recursos. No contexto dos debates realizados, destacam-se a criação do protocolo de Kyoto e o acordo de Paris. A substituição de combustíveis “sujos” por fontes “limpas” e renováveis é uma questão primordial e central nesses acordos (MAGALHÃES, 2009).

Neste sentido, as fontes alternativas e renováveis de energia fazem parte de uma concepção mais abrangente de política energética, permitindo que o foco das discussões e as medidas do setor elétrico mundial se direcionem para a necessidade de cada vez mais diversificar a matriz energética por recursos renováveis, tais como: eólica, solar e biomassa (MACEDO, 2016).

Desse modo, muitos países estão investindo significativamente no desenvolvimento de fontes alternativas para geração de energia. Dentre as fontes alternativas e renováveis em grande crescimento nos últimos anos, destaca-se a energia eólica. A fonte eólica pode ser definida, como sendo a energia obtida a partir do aproveitamento da energia cinética dos ventos, formada pelas massas de ar em movimento, podendo ser usada para fins mecânicos e elétricos. Para a produção de energia elétrica por meio dos ventos são utilizadas turbinas eólicas, também conhecidas como aerogeradores (ALVES, 2010).

No Brasil, a inserção da energia eólica como fonte geradora de energia, surgiu em virtude de diversos acontecimentos verificados no setor elétrico, como por exemplo, a crise no abastecimento energético enfrentado em 2001 e 2002, incluindo “apagões”. Esse fato, ocorreu

em decorrência de uma sobrecarga, verificada no sistema elétrico brasileiro, e como resultado, foi constatado em várias cidades brasileiras diversos prejuízos. Destaca-se também nesse período, o racionamento no fornecimento de energia. Essa medida originou estagnação da economia, bem como a redução da taxa de crescimento da indústria brasileira (BORBA, 2015).

A dependência de uma única fonte para utilização na produção de energia, acarreta diversas problemáticas ao setor elétrico. Dessa forma, o Brasil sendo um país com grande potencial de fontes renováveis, deve cada vez mais, incentivar a utilização e diversificação desses recursos, aproveitando-os de forma sustentável.

Neste contexto, este trabalho tem por finalidade, analisar o desenvolvimento da energia eólica no Brasil, apresentando a sua contribuição e importância para a diversificação da matriz elétrica brasileira, bem como, identificar os principais aspectos que contribuíram para o crescimento da capacidade instalada no país.

1.1 Objetivos da Pesquisa

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a expansão da geração de energia eólica na matriz elétrica Brasileira, por meio da verificação da capacidade instalada desse tipo de geração desde a implantação do primeiro parque eólico até o final do ano de 2021.

1.1.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo geral desta pesquisa seja alcançado, faz-se necessário:

- Entender e descrever a origem e evolução da energia eólica no Brasil;
- Identificar os principais aspectos que possibilitaram o crescimento da fonte eólica no Brasil;
- Apresentar a quantidade dos empreendimentos eólicos, em operação, em construção e com construção ainda não iniciada no Brasil;
- Analisar a capacidade instalada da energia eólica nos 14 estados com empreendimentos eólicos em operação no Brasil.

1.2 Justificativa

A presente pesquisa, se justifica pela necessidade de cada vez mais adotar-se fontes alternativas para a produção de energia, visto que, os combustíveis fósseis têm causado várias problemáticas ambientais que, afetam não só as gerações atuais, mas também as futuras.

Este trabalho possui relevância acadêmica e social, uma vez que, a energia eólica é uma tecnologia em grande crescimento no Brasil. Essa realidade, proporciona diversos benefícios, pois a fonte eólica é uma forma de produção de energia renovável e que reduz significativamente a emissão de gases de efeito estufa ao meio ambiente, além de criar novos postos de trabalho.

Apesar de atualmente no Brasil se verificar um forte crescimento na utilização da energia eólica, essa realidade já foi bastante diferente em outros momentos do setor elétrico nacional. Tal fato, se constatou por falta de um planejamento mais abrangente e medidas que impulsionassem a diversificação da matriz de geração de energia.

Em termos de contribuição para a sociedade, a proposta é propiciar conhecimento científico, bem como, estimular instituições públicas e privadas, no incentivo de trabalhos que estudam a utilização de fontes alternativas e renováveis de energia.

1.3 Organização do Trabalho

O trabalho está estruturado em cinco capítulos, assim organizados:

- O capítulo 1, apresenta os aspectos introdutórios e contextualização da pesquisa, incluindo sua introdução, objetivos gerais e específicos, justificativa e a organização do trabalho;
- No Capítulo 2, trata-se da fundamentação teórica. É a etapa que apresenta os tópicos relacionados com a matriz energética mundial e matriz elétrica brasileira, bem como é feito uma abordagem sobre a fonte eólica, apresentando-se também o seu crescimento no Brasil;
- No Capítulo 3, apresenta-se a metodologia utilizada para a realização deste trabalho, fase em que são mostrados, de forma detalhada, os caminhos para a execução de cada etapa dessa pesquisa;

- Para o capítulo 4, são discutidos os resultados da pesquisa, e para isso, são utilizados gráficos e tabelas associados a fatores históricos;
- O capítulo 5, trata das considerações finais e recomendações para trabalhos futuros, e assim concluindo esta pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Matriz Energética Mundial

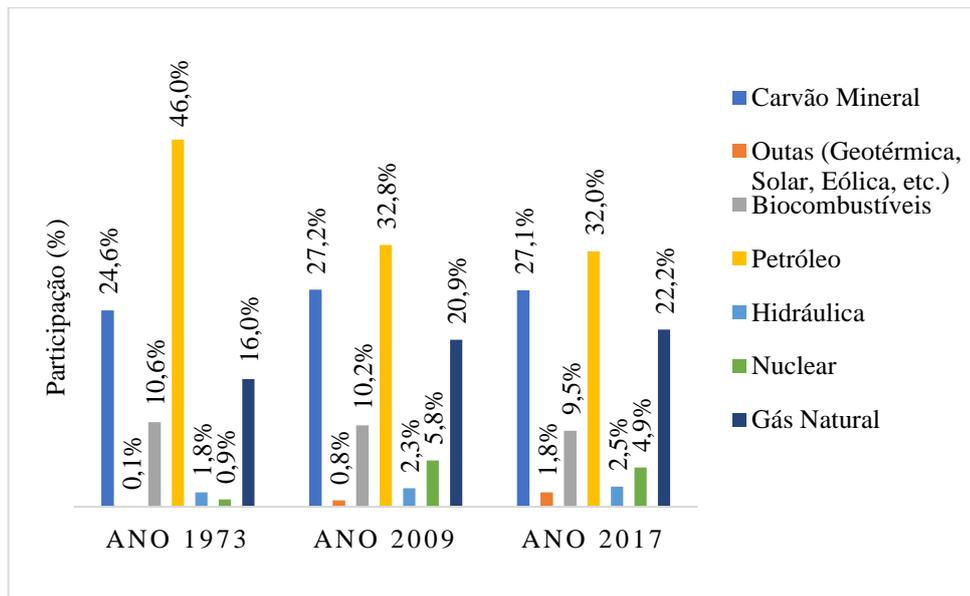
De acordo com Bozio (2018), a matriz energética de um país corresponde ao conjunto de recursos energéticos disponíveis para suprir a necessidade de energia e atender o consumo nos diversos processos produtivos. Vale ressaltar que, o potencial energético de um país está diretamente relacionado à existência de recursos naturais, bem como, ao conhecimento sobre eles, e isso permite, evidentemente, um melhor aproveitamento desses recursos (BERMANN, 2002).

O petróleo, configura-se como principal recurso natural utilizado para a produção de energia no mundo. Em muitos países, o petróleo é o principal meio de crescimento econômico. Essa realidade colocou, durante muito tempo esse recurso como o foco central no planejamento energético. Essa situação ainda é verificada em diferentes países, contudo, o petróleo e os demais combustíveis fósseis são fortes emissores de CO₂, um dos principais gases relacionados com o "efeito estufa", causador de elevação da temperatura do planeta e de mudanças climáticas, nas quais são sentidas atualmente por todos os ecossistemas (FILHO, 2009).

Por outro lado, o crescimento populacional e econômico trouxe um grande impacto no consumo mundial de energia. Antes da predominância do petróleo, diversos autores mencionam que o carvão mineral foi usado durante muito tempo da história energética sendo o principal recurso natural da matriz energética.

Atualmente, o carvão mineral e o gás natural continuam desempenhando uma participação bastante considerável, pois essas fontes de energia apresentam um percentual bastante significativo em comparação com as fontes renováveis. Essa realidade pode ser verificada no gráfico 1, que será exposto mais adiante na qual é mostrado a matriz energética mundial dos anos de 1973, 2009 e 2017.

É importante a análise dos dados desse gráfico, uma vez que, é verificada uma redução bastante acentuada do uso do petróleo de 1973 e 2009, ou seja, em 1973 o petróleo correspondeu a 46,2%, quase metade de toda matriz energética mundial. Para o ano de 2009 é verificado uma queda no uso do petróleo, passando a corresponder por 32,8% dessa matriz. E, no ano de 2017 não teve grandes alterações na participação do petróleo se comparado ao ano de 2009 (IEA, 2011; IEA, 2019).

Gráfico 1 - Matrizes Energéticas Mundial 1973, 2009 e 2017

Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2011) e IEA (2019).

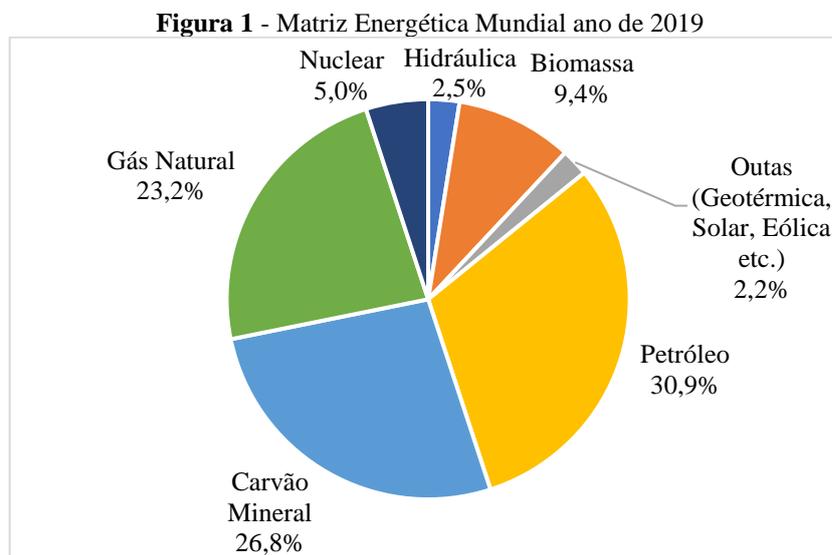
Com o gráfico 1, é notório que, além do petróleo, destaca-se o carvão mineral com uma participação de 24,5% em 1973, passando para 27,2% em 2009. O gás natural passou de 16% em 1973 para 20,9% em 2009. Vale mencionar também, o crescimento da energia nuclear 0,9% em 1973 para 5,8% em 2009. No que diz respeito a participação das fontes renováveis, o ano de 1973 correspondeu a aproximadamente 12,5% dessa matriz, tendo grande destaque os Biocombustíveis. É notório, também, o crescimento de outras fontes renováveis entre elas a Eólica, solar, geotérmica e etc. Essas fontes representavam 0,1% em 1973, já em 2017 passaram a representar 1,8% de participação na matriz energética.

Dessa forma, a queda no uso do petróleo de 1973 à 2017 foi em torno de 14%, por outro lado, houve, um crescimento, mesmo que pequeno, na utilização do carvão mineral, que também é uma fonte bastante poluidora do meio ambiente. Esse crescimento se deu, mesmo que se tenha proposto um olhar diferente para questões ligadas aos diversos problemas causados pelo uso excessivo dos combustíveis fósseis, proporcionado pela 15ª conferência sobre Mudanças do Clima, realizada em 2009, em Copenhague, onde se buscou analisar as emissões de gases estufas no planeta, bem como estabelecer políticas para todos os países do mundo (FILHO, 2009).

Dados da Agência Internacional de Energia - IEA (2021) mostram que os combustíveis fósseis, juntamente com a energia nuclear, correspondem a 85,9% da matriz energética mundial. Ainda de acordo com a IEA, no que diz respeito às fontes de energias

renováveis, a sua participação ainda é bastante reduzida, pois essas fontes correspondem a 14,1%.

Na figura 1 é apresentada a matriz energética mundial do ano de 2019, na qual é mostrada a oferta de energia por fonte de geração.



Fonte: Adaptado de IEA (2021).

É possível verificar na matriz energética mundial de 2019, que não teve fortes mudanças nas principais fontes de energias comparadas ao ano de 2009 e 2017 conforme mostrado anteriormente. O petróleo continua sendo o principal recurso, correspondendo a 30,9%. Em seguida, o carvão mineral 26,8%, e o gás natural correspondendo a 23,2%.

No contexto brasileiro, é importante destacar que:

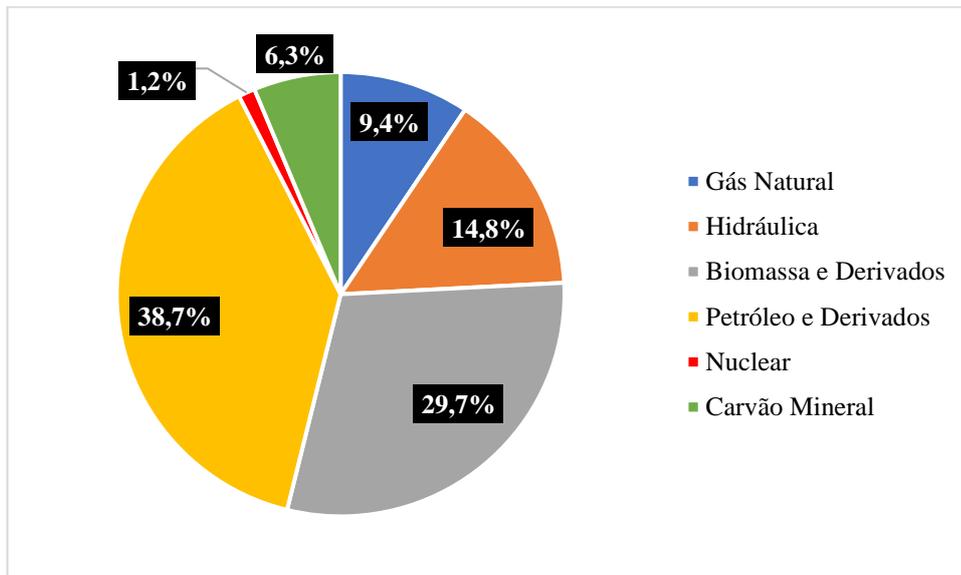
Ao longo do século XX o Brasil experimentou intenso desenvolvimento econômico, que se refletiu numa crescente demanda de energia primária. Entre os fatores que determinaram tal crescimento alinham-se um expressivo processo de industrialização, com a instalação de plantas energo-intensivas, e uma notável expansão demográfica, acompanhada de rápido aumento da taxa de urbanização. Considerando-se apenas o período a partir de 1970, a série histórica da evolução do consumo de energia e do crescimento populacional indica que naquele ano a demanda de energia primária era inferior a 70 milhões de tep (toneladas equivalentes de petróleo), enquanto a população atingia 93 milhões de habitantes. Em 2000 a demanda de energia quase triplicou, alcançando 190 milhões de tep, e a população ultrapassava 170 milhões de habitantes (TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007, p. 47).

No Brasil, apesar da grande demanda por energia verificada nos últimos anos, a situação é bastante diferente, pois a matriz energética brasileira se destaca, sendo uma das mais renováveis do mundo, tendo uma forte participação de fontes de energia renováveis. Essa forte participação se justifica pelo fato de que, o Brasil apresenta um grande potencial para a

produção de energia por essas fontes, bem como os diversos incentivos criados para a diversificação da matriz energética do país.

A figura 2 mostra, com base no Balanço Energético Nacional – BEN (2006), a oferta interna de energia no Brasil referente ao ano de 2005, na qual é possível observar uma forte participação das fontes renováveis.

Figura 2 - Oferta Interna de Energia no Brasil ano de 2005

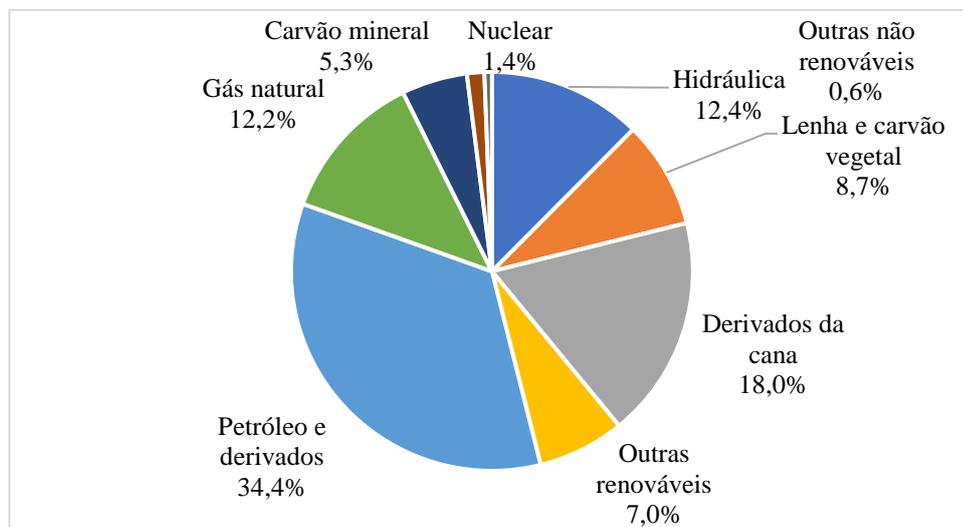


Fonte: Elaboração própria a partir de BEN (2006).

Com base no exposto na figura 2, é possível verificar que o petróleo e seus derivados corresponderam a 38,7% da oferta interna de energia em 2005, confirmando-se, assim, a sua predominância. Todavia, destaca-se a forte participação das fontes renováveis que corresponderam a 44,5% dessa matriz, com forte evidência da Biomassa e a Hidráulica.

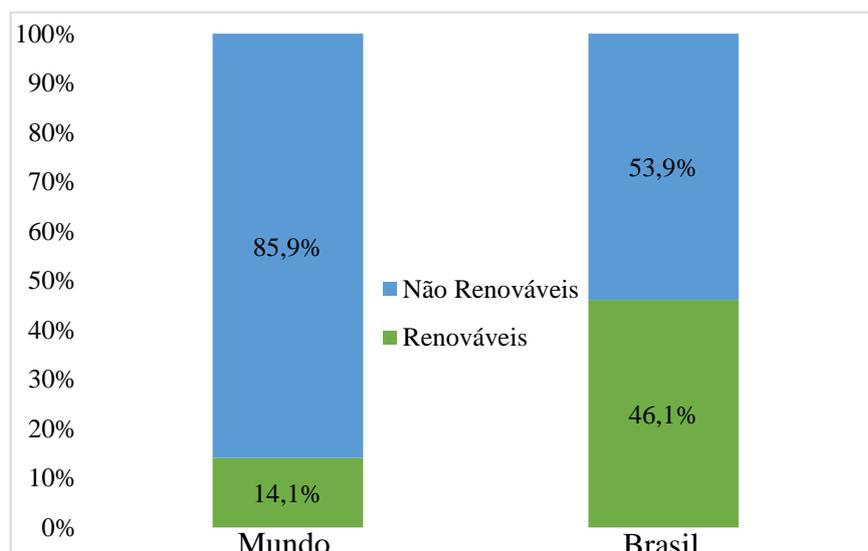
Dados apresentados no BEN (2020), ano base de 2019 mostram que 45,7% da matriz energética correspondem a fontes de energias renováveis. Nota-se, um crescimento de aproximadamente 1,2% se comparado com o ano de 2005. Importante destacar que, no período de 2005 a 2019 foi verificado uma redução da participação do petróleo e seus derivados, pois de 38,7% em 2005 passou para 34,4% em 2019. Outro elemento a ser destacado é uma redução da participação da fonte hidráulica, em 2005 correspondeu a 14,8% passou para 12,4% em 2019 (BEN, 2006; BEN, 2020), mesmo assim, o Brasil segue apresentando uma forte participação de fontes renováveis em sua matriz energética.

Para um melhor entendimento, na figura 3 se apresenta a matriz energética brasileira de 2019, na qual é possível verificar a forte participação de fontes renováveis.

Figura 3 - Matriz Energética Brasileira ano 2019

Fonte: Adaptado de BEN (2020).

Com base no exposto até o momento, é possível fazer uma comparação em termos de representação de fontes renováveis e não renováveis entre a matriz energética mundial referente ao ano de 2019 (figura 1) e a matriz energética brasileira do ano de 2019 (figura 3). Dessa forma, a figura 4 mostra claramente essa diferença.

Figura 4 - Comparação das matrizes energéticas mundial e brasileira do ano de 2019

Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2021) e BEN (2020).

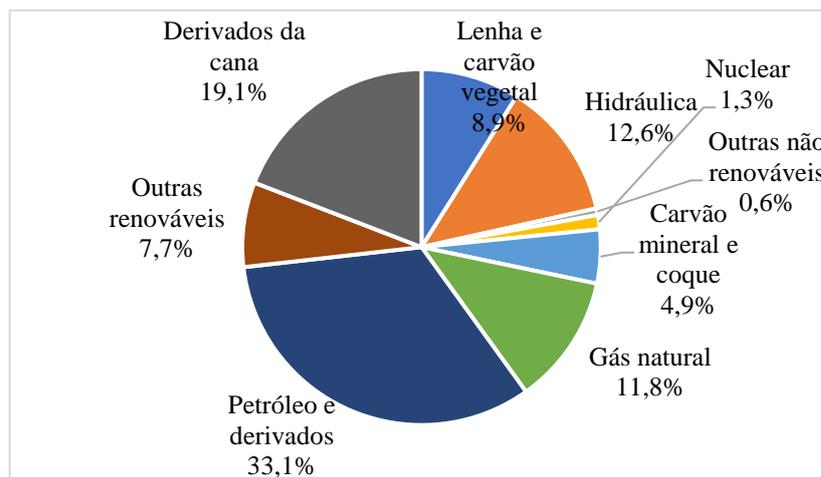
Pela figura 4, é notório que a matriz energética brasileira é mais renovável do que a mundial, tal fato proporciona diversas vantagens para o país, como por exemplo, a redução

na emissão de gases de efeito estufa, que por sinal é um dos principais causadores do aquecimento global. Além de garantir segurança energética e desenvolvimento sustentável.

De acordo com Filho (2009), destacou-se a nível mundial durante o século XIX, o carvão mineral, no século XX, o petróleo e seus derivados ocuparam a posição de destaque, e no século atual os três combustíveis fósseis desempenham uma participação muito forte. Tal fato resulta em uma baixa participação das fontes renováveis no mundo, correspondendo apenas a 14% da matriz mundial.

No Brasil, dados do BEN (2021) mostram que as energias renováveis representam 48,3% da matriz energética brasileira, enquanto que 51,7% é proveniente de fontes não renováveis, ou seja, uma forte participação de fontes renováveis. A seguir, é possível verificar na figura 5, a matriz energética brasileira do ano de 2020.

Figura 5 - Matriz Energética Brasileira ano de 2020



Fonte: Adaptado de BEN (2021).

2.2 Matriz Elétrica Brasileira

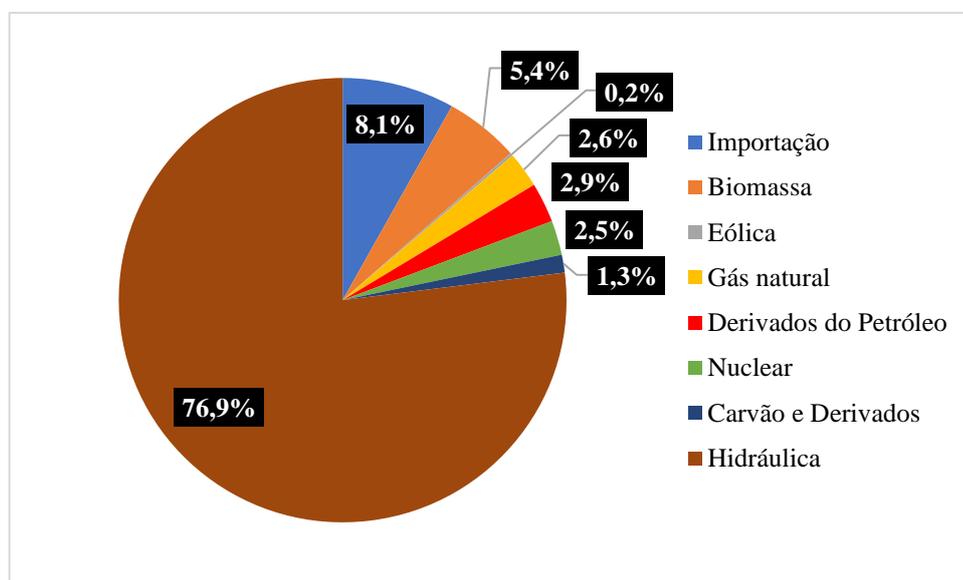
A situação no Brasil, no que diz respeito a matriz elétrica, é mais uma vez bastante diferente, em relação ao contexto mundial. Ao longo dos anos essa diferença foi notadamente verificada, pois o Brasil, durante muito tempo explorou a construção de vários empreendimentos hidrelétricos, tornando, assim, esse tipo de energia como a principal fonte de sua matriz elétrica. Vale destacar que, a matriz elétrica de um país pode ser definida como sendo o conjunto de fontes de energia que são usadas exclusivamente para a geração de energia elétrica (BOZIO, 2018).

Nos últimos anos, vem se discutindo muito acerca da inserção das fontes alternativas na matriz elétrica nacional, pois isso reduziria a forte dependência das hidrelétricas, garantindo o suprimento das demandas futuras de energia. É nesse contexto, que a fonte eólica se caracteriza, como uma alternativa complementar a hidrelétrica. Conforme Silva e Azevedo (2021, p. 817), destacam que:

A procura pela diversificação da matriz energética nacional, investimentos governamentais e de empresas privadas se configuram como dos pilares que ocasionou o desenvolvimento da geração eólica. De modo particular, a procura por novas fontes de energia manifestou-se, de modo especial, após a ocorrência de problemas de fornecimento e racionamento de energia entre 2001 e 2002 causado pela escassa ocorrência de chuvas nesse período, reafirmando a dependência pela fonte hidráulica.

Na figura 6, é apresentada a matriz elétrica brasileira referente ao ano de 2009. Nesse período a predominância é da fonte hidrelétrica, correspondendo a 76,9% dessa matriz. Apesar da predominância da energia hidrelétrica, a fonte eólica começa a ganhar notoriedade, pois é representada de forma isolada, diferente de anos anteriores quando era representada em conjunto com outras fontes renováveis.

Figura 6 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte – 2009



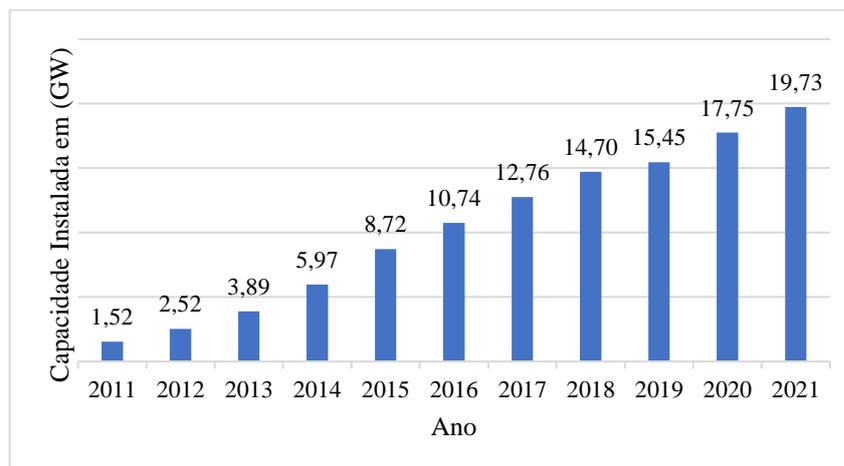
Fonte: Adaptado de BEN (2010).

Com base na figura 6, a fonte eólica correspondeu a 0,2% da matriz elétrica brasileira. Em 2009, a energia eólica possuía 601,2 MW de capacidade instalada. Essa participação é bastante considerável se comparada ao ano de 2005, pois em 2005 a fonte eólica possuía 22,1 MW de capacidade instalada. Esse crescimento foi possível, graças ao conjunto

de ações que possibilitaram a criação de políticas públicas voltadas ao setor eólico, com vista a tornar essa fonte de energia consolidada e competitiva (ABEEÓLICA, 2021).

No gráfico 2, é notório a evolução da capacidade instalada da fonte eólica de 2011 a 2021. Esse cenário mostra, por outro lado, a participação em termos de GW dessa fonte na matriz elétrica brasileira.

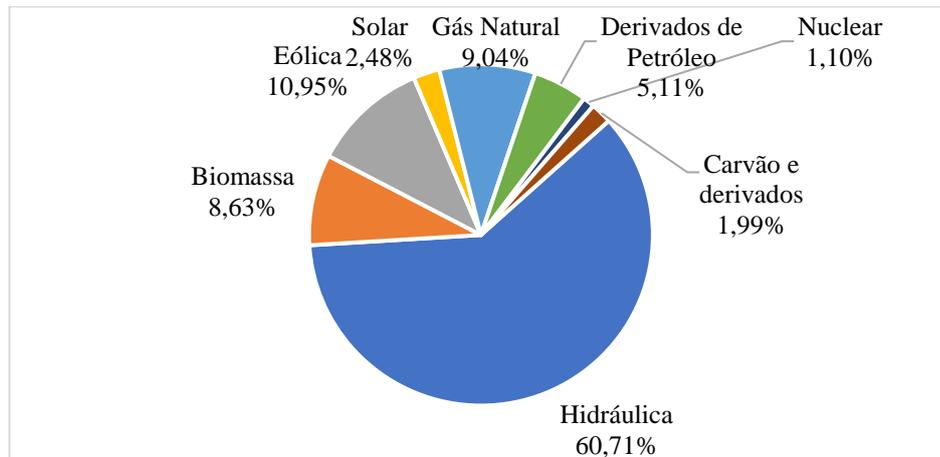
Gráfico 2 – Capacidade instalada em GW da energia eólica entre 2011 a 2021



Fonte: Elaboração própria a partir de Abeeólica e Aneel (2021).

Considerando o gráfico 2, a energia eólica saiu de 1,52 GW em 2011 para 19,73 GW em 2021. Esse crescimento, torna essa fonte de energia como sendo a que mais cresceu nos últimos dez anos, e ainda tornou a geração eólica a segunda maior fonte da matriz elétrica brasileira. Conforme dados da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2021), a energia eólica corresponde a 10,95% da matriz elétrica do país.

Na figura 7, é mostrada a matriz elétrica brasileira para o ano de 2021, onde é possível notar a predominância de fontes renováveis, com principal destaque para fonte eólica, configurando-se como a segunda maior fonte de energia.

Figura 7 - Matriz Elétrica Brasileira ano 2021

Fonte: Adaptado de Aneel (2021).

Notadamente, comparando a matriz elétrica de 2009 (figura 6) e a matriz elétrica de 2021 (figura 7), a energia eólica teve um crescimento de aproximadamente 10,75%, pois em 2009 a fonte eólica correspondeu a 0,2%, enquanto em 2021 passou a representar 10,95% da matriz elétrica nacional. As projeções para os próximos anos mostram que, a fonte eólica seguirá crescendo. Dados da Associação Brasileira de Energia Eólica - ABEEÓLICA (2021), indicam que em 2024 essa fonte de energia terá aproximadamente 30,20 GW de capacidade instalada.

2.3 A Energia Eólica

O avanço da agricultura, originou no homem a necessidade de cada vez mais usar ferramentas que o auxiliassem nas diversas etapas do trabalho, pois naquele período era utilizado muito esforço braçal e auxílio de animais para algumas tarefas. Essas tarefas possibilitaram a descoberta da energia dos ventos.

A exploração dessa forma de energia era possível através da utilização de moinhos de ventos. Registros apontam a sua proveniência da Pérsia, por volta dos anos 200 A.C., altura em que foi verificado a primeira utilização dessa tecnologia. Nessa fase, a finalidade da energia dos ventos servia para o bombeamento de água e moagem de grãos (DUTRA, 2008).

Segundo Martins, Guarnieri e Pereira (2008), essa fonte de energia propiciou, em grande parte, o desenvolvimento da navegação e o período das grandes descobertas de novos continentes, ou seja, a energia dos ventos não é uma tecnologia moderna, ela já vem sendo utilizada pela humanidade desde os tempos primórdios, apesar de que inicialmente o seu uso não tinha como finalidade gerar energia elétrica.

Para Cunha et al. (2019), no que diz respeito a utilização da energia eólica como fonte geradora de energia elétrica, data desde os finais do século XIX, destacando-se a importância da revolução Industrial, que trouxe consigo o declínio do uso tradicional da energia eólica. Entretanto, o grande desenvolvimento da aplicação da energia eólica para a geração de energia elétrica iniciou-se na Dinamarca em 1980 quando foram fabricadas as primeiras turbinas. Todavia, essas turbinas apresentavam capacidade de geração bastante reduzida quando comparadas com valores apresentados atualmente (MARTINS; GUARNIERI; PEREIRA, 2008).

A conversão do vento em energia elétrica é possível através da utilização de aerogeradores que, são equipamentos que realizam a conversão da energia cinética contida nos ventos em energia elétrica. O avanço das redes elétricas impulsionou significativamente as pesquisas com a finalidade de desenvolver e aperfeiçoar cada vez mais os aerogeradores para a geração de eletricidade. O registro da criação do primeiro aerogerador é atribuído ao americano Charles Brush em 1888 (DUTRA, 2008).

Os aerogeradores são basicamente constituídos por uma torre de sustentação, um gerador elétrico e um conjunto de pás que são responsáveis pela captação do vento e acionamento do gerador elétrico. Além desses equipamentos principais, há uma série de outros componentes mecânicos e elétricos que constituem o conjunto de um aerogerador (MAGALHÃES, 2009).

Os modelos mais comuns de turbinas eólicas atualmente encontrados na literatura e usadas em diversos países são: Turbina eólica de Eixo Vertical (Darrius e Savanius como seus principais modelos) e a Turbina eólica de Eixo Horizontal. Essa última é a mais usada atualmente (RAHMEIER, 2015). As figuras 8 e 9 mostram os principais modelos das turbinas de eixo vertical.

Figura 8 - Turbinas eólicas de eixo vertical modelo Savonius



Fonte: Machado (2014).

Figura 9 - Turbinas eólicas de eixo vertical modelo Darrieus



Fonte: Machado (2014).

Por sua vez, na figura 10 é apresentada a turbina eólica de eixo horizontal, que apresentam como principal característica a necessidade de um sistema de controle para posicionar de forma adequada o rotor na direção predominante do vento.

Figura 10 - Turbina eólica de eixo horizontal



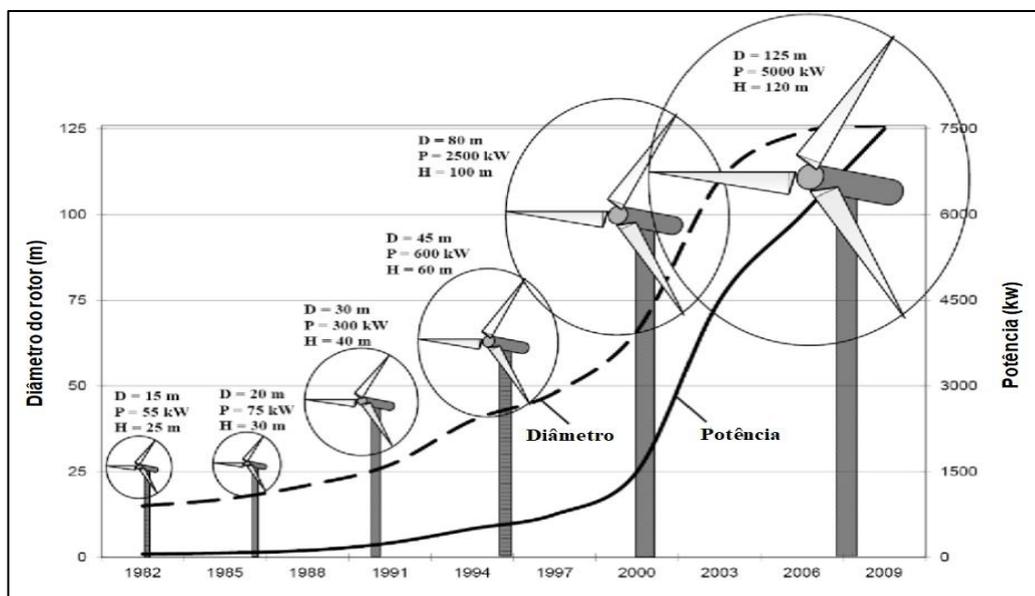
Fonte: Burton et al. (2021).

Nesse sentido, com o desenvolvimento dos aerogeradores para a produção de energia eólica, essa fonte de energia cresceu significativamente a nível mundial, destacando-se, inicialmente, como os principais países, em termos de capacidade instalada, os países da Europa e os Estados Unidos. A capacidade instalada no mundo em 1990 era inferior a 2.000 MW, contudo ao final de 2002 a capacidade instalada mundial já superava os 32.000 MW tendo um crescimento médio anual em torno de 3.000 MW ao ano de Potência instalada (MAGALHÃES, 2009).

Esse crescimento é explicado ao se considerar o incentivo por diversos países a produzirem energia por fontes renováveis, pois acarretam diversas vantagens para o meio

ambiente. E no caso específico da energia eólica, é uma fonte que vem se consolidando nos países em via de desenvolvimento, pelo fato de diferentes países apresentarem grande potencial para produção desse tipo de energia. Outro fator está relacionado com a instalação em diversos países de grandes empresas fabricantes de aerogeradores e outros componentes necessários na geração eólica. A figura 11, apresenta a evolução tecnológica das turbinas eólicas comerciais, mostrando a variação de parâmetros como: Diâmetro, Potência e altura entre os anos de 1982 a 2009.

Figura 11 - Evolução tecnológica das turbinas



Fonte: Adaptado de Gasch e Twele (2011).

Com a figura 11, pode-se entender que quanto maior é a altura e o diâmetro do aerogerador, conseqüentemente maior será a potência gerada. Atualmente a tendência é que continue existindo estudos para o melhoramento dessa tecnologia, pois isso implicará no melhor aproveitamento na geração de energia.

A maioria das turbinas de geração de energia eólica instaladas no mundo estavam concentradas na Europa, isso porque, desde cedo existiram incentivos governamentais e desenvolvimento tecnológico para esse setor. Todavia, considerando que nos últimos tempos o potencial na Europa vem se esgotando, surgiu com isso, novos pontos de destaque, como por exemplo a China que a partir de 2009 vem desenvolvendo uma forte participação na matriz elétrica mundial de energia eólica (RABE, 2011).

Na china, o crescimento da energia eólica foi possível com a instalação de grandes parques eólicos e pequenos parques eólicos em zonas rurais que, muitas delas, não tinham acesso

à energia elétrica. Esse crescimento também foi possível pela aposta na cadeia de produção de aerogeradores e outros equipamentos necessários para a produção deste tipo de energia. Além da china destacam-se outros países como os EUA, Alemanha, Espanha, França. Na tabela 1, é mostrado os 10 principais países do mundo em termos de capacidade instalada em 2019.

Tabela 1 - Os 10 países líderes em energia eólica no mundo em 2019

Posição	País	Capacidade Instalada GW
1º	China	221
2º	EUA	96,4
3º	Alemanha	59,3
4º	Índia	35
5º	Espanha	23
6º	Reino Unido	20,7
7º	França	15
8º	Brasil	14,5
9º	Canadá	12,8
10º	Itália	10,1

Fonte: Elaboração própria a partir de Unwin (2019).

Com base no exposto acima, vale ressaltar que:

O mercado global de energia eólica quase quadruplicou de tamanho na última década e se estabeleceu como uma das fontes de energia mais competitivas em termos de custos e resilientes em todo o mundo. Em 2020, o crescimento recorde foi impulsionado por uma onda de instalações na China e nos Estados Unidos, os dois maiores mercados de energia eólica do mundo que, juntos, instalaram quase 75 por cento das novas instalações em 2020 e respondem por mais da metade da energia eólica total do mundo (GWEC, 2021, p. 6).

Neste contexto, de acordo com o relatório global de energia eólica, divulgado pelo conselho global de energia eólica – GWEC (2021), atualmente existem cerca de 743 GW de capacidade eólica em todo mundo, tal fato ajuda a evitar mais de 1,1 bilhão de toneladas de CO₂ globalmente.

2.4 Crescimento da Energia Eólica no Brasil

Geograficamente, o Brasil é um país localizado em condições de grande potencial para geração de energias por fontes renováveis, como por exemplo a energia eólica. Apesar disso, a exploração da energia eólica no Brasil pode ser considerada uma história de utilização recente.

O primeiro registro da utilização e operação de um aerogerador no Brasil aconteceu em 1992 no arquipélago de Fernando de Noronha. Este projeto foi fruto do resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), tendo como principal financiador o instituto de pesquisas dinamarquês Folkecenter. O aerogerador instalado tinha uma potência de 75 KW, resultando na geração de 10 % da energia elétrica consumida na ilha, permitindo uma economia de 70.000 litros de diesel por ano (ABEEÓLICA, 2020; SIMAS, 2012).

Este primeiro projeto serviu também como meio para o desenvolvimento de pesquisas e estudos, que poderiam ajudar no crescimento dessa tecnologia no Brasil. Vale ressaltar que, em termos de estudos preliminares para implantação dessa tecnologia no Brasil, há relatos de diversos autores que estes estudos começaram na década de 1970 e 1980, considerando a crise de petróleo verificada nesse período. Esses estudos permitiram a implementação do primeiro projeto em Fernando de Noronha.

Entre os estados brasileiros, destaca-se o Ceará como um dos primeiros no país, a realizar estudos usando meios avançados que possibilitaram a implementação dos primeiros parques eólicos. Conforme Santos et al. (2006), o Ceará realizou um dos primeiros levantamentos do potencial eólico por meio de medidas de vento com sensores modernos. Com efeito, o primeiro parque eólico no Brasil a atuar como produtor independente encontra-se no Ceará, trata-se do parque eólico da Taíba localizado no município de São Gonçalo do Amarante que teve sua inauguração em 1999 com capacidade instalada de 5 MW, a usina de Taíba destaca-se também como sendo a primeira do mundo construída sobre dunas de areia (SANTOS et al., 2006).

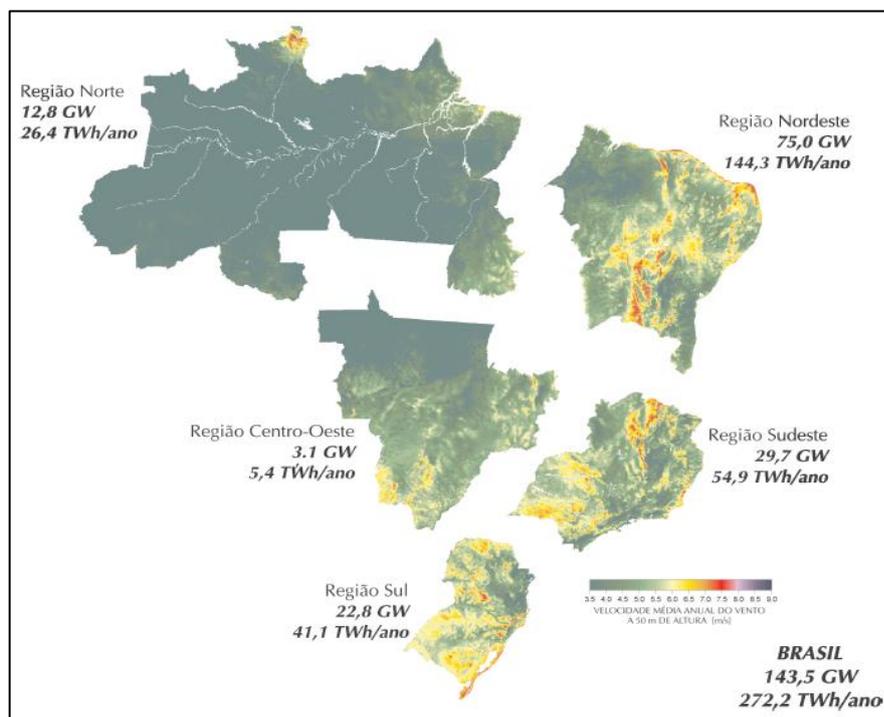
Contudo, apesar dos dados apresentados acima, nos dez anos seguintes a implementação do primeiro aerogerador, pouco se avançou para concretização do crescimento da energia eólica no Brasil. Apontam-se, como sendo os principais motivos de baixo crescimento, a falta de políticas públicas no setor e por outro lado, o alto custo da tecnologia.

Todavia, pouco se tinha em termos de estudos de mapeamento dos recursos eólico disponível no Brasil. Por este motivo, foi construído o primeiro Atlas do Potencial Eólico

Brasileiro em 2001. Esse Atlas foi desenvolvido pelo Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica (CRESESB), possuindo como principal objetivo a disponibilização de informações para auxiliar e instruir na tomada de decisão e na identificação de áreas para aproveitamento eólico *onshore* (SILVA; AZEVEDO, 2021).

Esse Atlas trouxe informações a nível nacional, e características como a consideração da altura dos aerogeradores a 50 metros. Para Biavati (2017), nesse primeiro Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, estimava-se um potencial eólico nacional de 143,5 GW. Na figura 12, é mostrado o potencial eólico estimado por cada região do território nacional, considerando vento médio anual igual ou superior a 7,0 m/s e a altura das torres de 50 metros.

Figura 12 - Potencial eólico estimado para vento anual igual ou superior a 7,0 m/s



De acordo com Silva e Azevedo (2021), destacam que em 2017 foi divulgado o novo Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, desenvolvido pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) em conjunto com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Esse atlas tinha como objetivo principal, a atualização dos dados apresentados no atlas de 2001 e a realização da formulação de outros atlas em escala estadual. Considerando que para este atlas são usadas torres acima de 100 metros e potência dos aerogeradores maior que os inicialmente projetados (acima de 1,5 MW), o potencial tecnicamente viável nacional foi estimado

aproximadamente como sendo três vezes maior ao projetado inicialmente (BIAVATI, 2017; SIMAS, 2012).

No Brasil, o potencial eólico é mais intenso de junho a dezembro, que notadamente coincide com os meses de menor intensidade de chuvas, ou seja, nos meses em que se tem escassez de chuva é exatamente quando os ventos são mais fortes, tornando a energia eólica, uma grande fonte complementar a energia gerada por hidrelétricas (BIAVATI, 2017).

Neste contexto, a construção dos atlas eólica foi um elemento bastante importante para o conhecimento das potencialidades do país no que diz respeito a essa tecnologia. Outro elemento fundamental está relacionado com a discussão da criação de programas que melhor incentivassem a implementação de projetos para a diversificação da matriz energética nacional e inserção da energia eólica no planejamento energético do país. Assim, destaca-se a criação do Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA) e o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA).

De acordo com Simas (2012) e Alves (2010), no que diz respeito ao PROEÓLICA, esse programa foi criado pela Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica, através da Resolução nº 24, de 2001. O PROEÓLICA tornou-se assim no primeiro programa de incentivos ao desenvolvimento da energia eólica no Brasil.

Os objetivos do Programa era promover o aproveitamento da energia eólica como alternativa de desenvolvimento energético, econômico, social e ambiental por meio de ações que pudessem viabilizar, até dezembro de 2003, a implementação de 1.050 MW de geração de energia elétrica a partir da energia eólica. Vale destacar que esse Programa não alcançou os seus objetivos, pois não obteve resultados satisfatórios. Por esse motivo surgiu o PROINFA.

De acordo com a Aneel (2017), o PROINFA foi criado pela Lei nº 10.438/2002, tendo como principal objetivo de aumentar a participação de fontes alternativas e renováveis na matriz energética brasileira, nomeadamente: Pequenas Centrais Hidrelétricas, Usinas Eólicas e Empreendimentos Termoelétricos a Biomassa. Com a implementação desse programa foram obtidos resultados importantes para o crescimento das novas fontes de energia elétrica na matriz energética nacional, destacando-se principalmente a energia eólica (SIMAS, 2012).

Esse programa é administrado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) que por sua vez se responsabiliza por estabelecer o planejamento anual de ações a serem implementadas, definindo o montante anual de contratação e avaliando o impacto decorrente dos custos aos consumidores finais. Por outro lado, vale mencionar que, a implementação da contratação e seleção dos empreendimentos para compra e venda de energia são realizados pela Eletrobrás (RODRIGUES, 2017).

O PROINFA foi revisado pela lei nº 10.762/2003. Com esse novo cenário, foi possível assegurar a participação de um maior número de estados no programa, proporcionando o incentivo à indústria nacional e a exclusão dos consumidores de baixa renda do custo do Programa (ALVES, 2010).

Nesse sentido, o PROINFA foi dividido em duas etapas de implementação, nomeadamente: a primeira etapa visava a contratação de 3.300 MW de capacidade instalada entre as fontes de energia definidas para o programa, sendo 1.100 MW para cada uma delas. Esta etapa contemplava sobretudo, os produtores independentes autônomos. Contudo, inicialmente o prazo de conclusão dessa etapa foi definido para 30 de dezembro de 2006, porém, considerando os atrasos verificados nessa etapa, o prazo de conclusão foi prorrogado até 31 de dezembro de 2011, quando de fato chegou ao fim (SIMAS, 2012).

Para Simas (2012, p. 88), essa primeira etapa trouxe diversos benefícios como os nomeados a seguir:

O programa trouxe instrumentos de incentivo para estas tecnologias, antes inexistentes no país, que reduziram os riscos de investimento, a saber: estabelecimento de tarifa-prêmio, de acordo com o custo de capital da tecnologia; estabelecimento de cotas de contratação; contratos de venda de energia longo prazo celebrados com a Eletrobrás, inicialmente de 15 anos, depois estendidos para 20 anos; e condições favoráveis de financiamento pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), sendo o montante financiável inicialmente de 70% do investimento total, e depois estendido para até 80% .

Ainda conforme o mesmo autor, no que diz respeito a segunda etapa do programa, observou-se algumas mudanças em relação a primeira, tais como: não haveria restrições quanto aos produtores de energia; aumentar a participação das tecnologias biomassa, PCH e eólica na matriz elétrica para que, no período de 20 anos, o consumo dessas fontes atingisse 10% do consumo anual.

Neste contexto, além dos benefícios expostos acima, muitos outros ganhos foram verificados com a implementação do PROINFA. No caso da fonte eólica, esse programa abriu caminho para a fixação da indústria de componentes e turbinas eólicas no Brasil, com exigências em uma primeira fase de 60% de conteúdo nacional para os aerogeradores fruto desse programa. Outro aspecto importante, que contribuiu para o crescimento da energia eólica no Brasil está relacionado com a inserção da fonte eólica nos leilões de energia, apesar de ter seu primeiro leilão realizado em 2009, esse tem sido um meio importante de contratação e surgimento de novos parques, pois permitiu que a energia eólica se tornasse uma fonte competitiva (ABEEÓLICA. 2020).

Ainda de acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica - ABEEÓLICA (2020), o grande potencial de geração de energia eólica no Brasil deve-se naturalmente a sua localização geográfica, destacando-se sobretudo a região nordeste como a principal do país, pois congrega a maior parte do potencial nacional. De igual modo, outros aspectos importantes estão relacionados com a qualidade do vento, fortalecimento da cadeia produtiva, atração de investimentos e o fator de capacidade. O Brasil, na média, tem um fator de capacidade de mais de 40%, atingindo valores próximos a 60% e 70% no Nordeste, enquanto que a média mundial está ao redor de 25%. E isso possibilitou ao Brasil configurar a lista dos 10 principais países produtores desse recurso no mundo.

2.5 Legislação Brasileira para o Setor Eólico

Apesar de a fonte eólica ser um recurso renovável, a sua exploração acarreta mudanças ambientais nos locais em que são implementados. Nesse sentido, para a construção de empreendimento eólico é necessário cumprir determinados critérios, tanto a nível da ANEEL como órgão regulador do setor elétrico, bem como normativas associadas ao Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, além de regulações específicas estaduais e municipais.

A resolução nº112/1999 publicada pela ANEEL, permitiu a inserção da energia eólica no sistema regulado nacional. Essa resolução tinha como objetivo principal o estabelecimento de requisitos e critérios exigidos para registro e posteriormente a autorização de construção, ampliação ou repotenciação de centrais geradoras de fontes alternativas, tais como a energia eólica e termelétricas. Outro importante marco dessa resolução foi a criação do agente produtor para a fonte eólica, podendo ser pessoa física, jurídica ou consórcio, que poderiam gerar energia de forma independente e comercializarem (LIMA, 2018).

Essa resolução serviu efetivamente como um meio de orientar os projetos eólicos de forma a seguir as diretrizes do órgão regulador do setor elétrico. Os artigos 2º e 3º da resolução nº112/1999 trata dos requisitos de ampliação e registro de empreendimentos eólicos. Particularmente o registro do empreendimento eólico é bastante importante, pois a partir dele é possível dar prosseguimento às próximas fases.

No artigo 2º dessa resolução é mencionado os empreendimentos destinados a ampliação, conforme é definido a seguir:

- I – pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio interessadas em produzir energia elétrica destinada à comercialização sob forma de produção independente;
- II – pessoa física, pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio interessadas em produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo;
- III – registro de centrais geradoras termelétricas, eólicas e de outras fontes alternativas de energia, de potência até 5.000 kW, destinadas à execução de serviço público; e
- IV – ampliação e repotenciação de centrais geradoras termelétricas, eólicas e de outras fontes alternativas de energia destinadas à execução de serviço público (RESOLUÇÃO Nº112 ANEEL, 1999, p. 1).

Atualmente, a ANEEL disponibilizou a resolução normativa nº 876 de 10 de março de 2020. Essa nova resolução surge como forma de atualização da anterior. A resolução nº 112/1999 não explanava da melhor forma, se a pessoa física ou jurídica instalar um aerogerador de pequeno porte em sua residência, seria necessário proceder a todos os tramites existentes na norma (RAHMEIER, 2015).

Dessa forma, a resolução normativa nº 876/2020, estabelece os critérios necessários para a implementação, ampliação e repotenciação de empreendimentos de geração de energia eólica, termelétrica, fotovoltaicas e outras fontes alternativas. Destaca-se também nessa resolução as orientações de empreendimentos eólicos com capacidade instalada reduzida, bem como centrais eólicas geradoras com potência superior a 5000 kw. Essas são algumas das alterações verificadas na resolução normativa atual.

A resolução normativa nº 876/2020, destaca no seu artigo 4º e 5º o registro e outorga de autorização, destinados a empreendimento como mostrado a seguir:

Art. 4º O registro do requerimento de outorga de autorização para exploração de EOL, UFV, UTE e outras fontes alternativas, com potência superior a 5.000 kW, poderá ser requerido à ANEEL, pelo representante legal da empresa, mediante a apresentação dos documentos listados no Anexo I, conforme instruções disponíveis no sítio da ANEEL na internet.

Art. 5º O interessado deve manter a regularidade fiscal perante as Contribuições Previdenciárias e as de Terceiros, o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) e para com as Fazendas Municipal, Estadual e Federal do seu domicílio ou sede durante a instrução processual e o período da outorga (RESOLUÇÃO Nº876 ANEEL, 2020, p. 3).

Neste contexto, outro órgão bastante importante para a viabilização e implementação de um empreendimento eólico é o CONAMA. Esse órgão dispõe da legislação com critérios ambientais que orientam o setor da energia eólica, desde a autorização de implementação, operação e fiscalização permanente do empreendimento. Com a resolução nº 279, de 27 de junho de 2001 que, estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental, foi

possível a viabilização de vários empreendimentos eólicos no país (REDOLUÇÃO Nº 279 CONAMA, 2001).

Além da fonte eólica, a resolução nº 279/2001 contemplava usinas hidrelétricas e sistemas associados, usinas termelétricas e sistemas associados, sistemas de transmissão e outras fontes alternativas de energia. Outro aspecto importante apresentado nessa resolução nos artigos 3º e 5, diz respeito as licenças necessárias para implementação de empreendimentos eólicos, nomeadamente: licença previa, licença de instalação e a licença de operação.

Neste contexto, em 2014 foi publicada a resolução nº 462 de 24 de julho, essa resolução surge como forma de alteração do artigo 1º da resolução CONAMA nº 279, de 27 de julho de 2001, e por outro lado acrescenta outras providencias. A grande diferença em relação a resolução anterior, consiste em estabelecer o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração eólica em superfície terrestre, conforme descrito no artigo 1º (RESOLUÇÃO Nº 462 CONAMA, 2014).

A resolução 462 de 24 de julho de 2014, em seu artigo 3 destaca que “Caberá ao órgão licenciador o enquadramento quanto ao impacto ambiental dos empreendimentos de geração de energia eólica, considerando o porte, a localização e o baixo potencial poluidor da atividade” (RESOLUÇÃO Nº 462 CONAMA, 2014).

Neste sentido, é de fundamental importância a existência de resoluções normativas como forma de melhor direcionar e fiscalizar a implementação de parques eólicos em todo território nacional.

3 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, buscou-se, em uma primeira fase, entender a relevância do tema escolhido no contexto do setor elétrico atual, pois isso ajudou na escolha dos principais tópicos que foram tratados no trabalho. Assim, com a finalidade de atender os objetivos definidos da presente pesquisa, foi utilizado neste estudo o método da pesquisa descritiva, tendo como principais procedimentos de pesquisa, o levantamento bibliográfico e documental, bem como a análise dos dados consultados nesses materiais e em várias instituições do setor elétrico nacional.

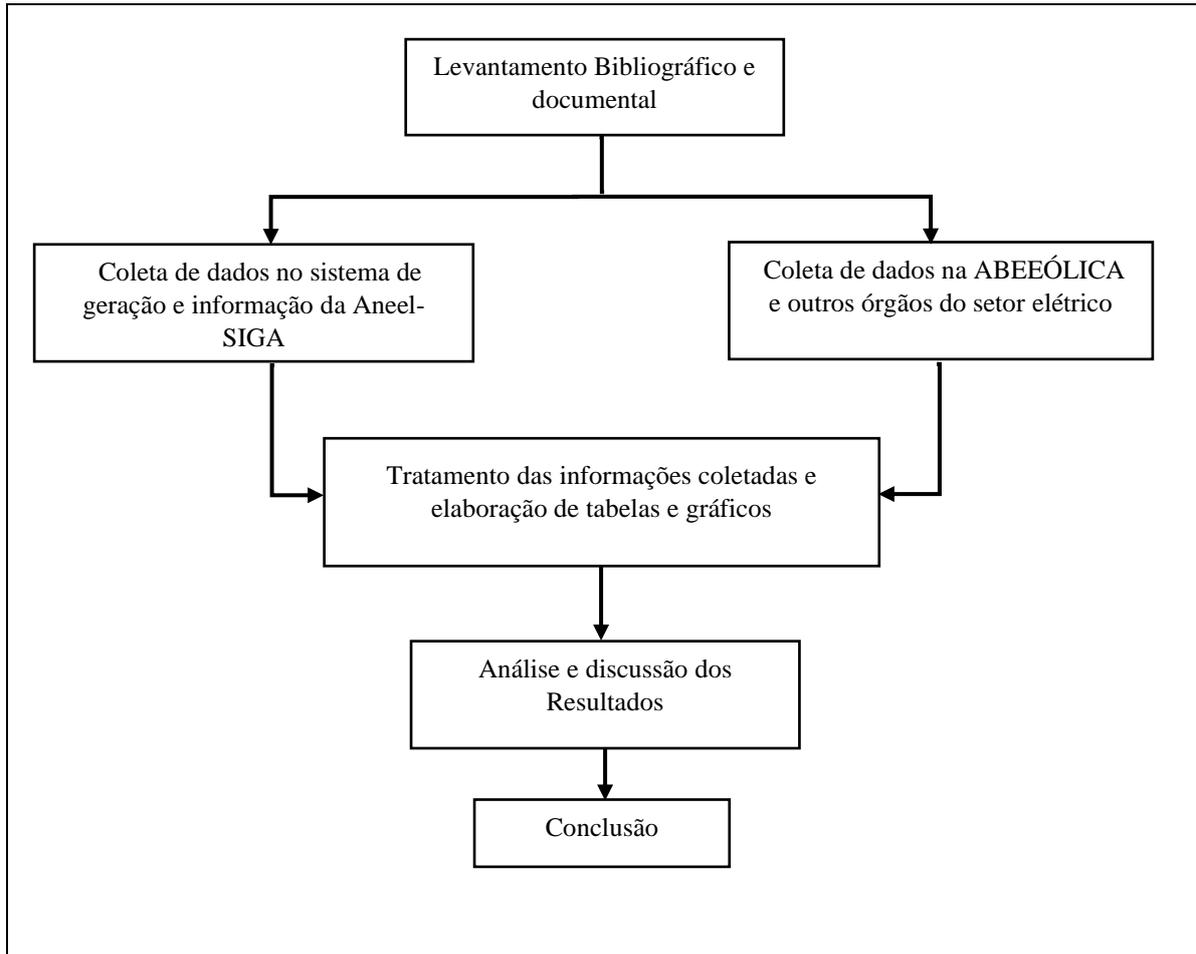
A evolução da energia eólica no Brasil foi possível fruto de vários incentivos governamentais, bem como dos grandes investimentos destinados no setor durante os últimos 20 anos. Neste sentido, o primeiro critério para a escolha da bibliografia utilizada neste trabalho levou em consideração os principais artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, livros, relatórios de associações, resoluções normativas e informações de órgãos governamentais publicados nos primeiros anos de implementação dessa fonte no Brasil, pois isso ajudou no entendimento da cadeia de crescimento desse setor na matriz elétrica brasileira.

O segundo critério para a escolha do material bibliográfico, considerou os trabalhos que apresentam cenários atuais e projeções futuras voltadas a fonte eólica no Brasil. Além de estudos bibliográficos e documental, foi realizado nessa fase o levantamento de dados em instituições tais como a ANEEL, ABEEÓLICA, ABESOLAR, CRESESB, IEA e em outras instituições nacionais e internacionais.

No caso da ANEEL, consultou-se dados do Sistema de Informações de Geração – SIGA, disponíveis no site oficial da ANEEL. Nesse sistema foi possível analisar os dados relativos a fonte eólica, no que diz respeito a capacidade de geração, bem como a análise dos empreendimentos com construção não iniciadas, em construção e em operação.

Outro importante meio de coleta e análise de dados foi a ABEEÓLICA. Nessa fase fez-se o levantamento das informações disponíveis no Boletim de dados anual, relatório anual e o Infovento mensal disponibilizado por esta associação.

A figura 13 apresenta um organograma que resume as etapas desta pesquisa.

Figura 13 - Resumo das etapas desta Pesquisa

Fonte: Elaboração Própria (2021).

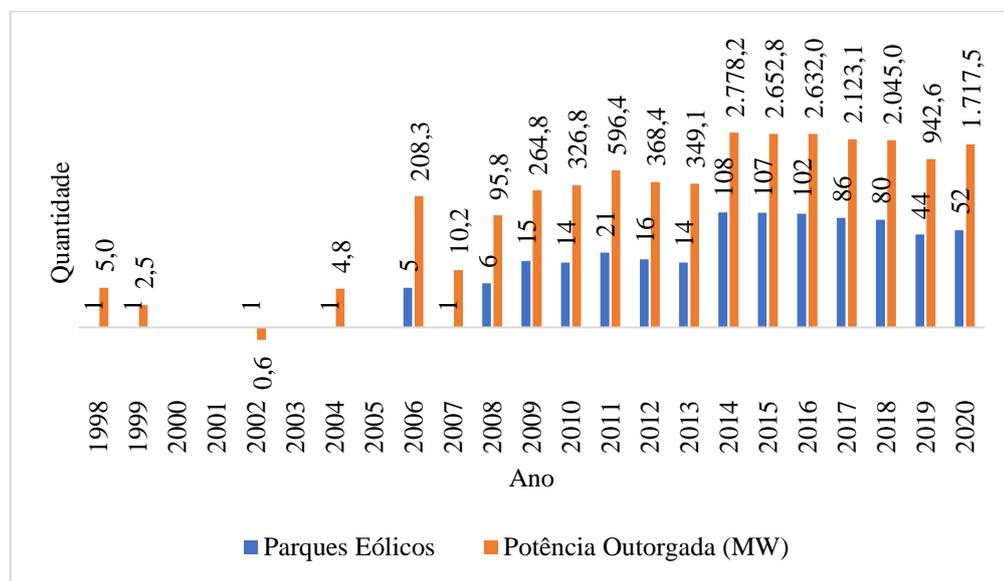
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cenário energético brasileiro, ao longo dos anos, vem se mostrando cada vez mais desafiador à medida que a demanda por energia aumenta. Em determinados momentos, considerando às várias problemáticas associadas com a dependência muito grande da fonte hídrica, tornou-se fundamental as discussões de implementação das novas fontes de energia. Nesse sentido, os capítulos anteriores contextualizam de forma evidente e apresentam dados que mostram a importância da fonte eólica, pois ela vem tendo um papel bastante significativo para a diversificação da matriz elétrica brasileira.

A seguir, no gráfico 3 é apresentado a quantidade de empreendimentos eólicos que entraram em operação entre os anos de 1998 e 2020. Esses dados foram coletados no sistema de geração e informação da ANEEL – SIGA.

Nessa primeira parte é apresentado o cenário nacional, considerando todos os estados geradores de energia eólica no Brasil. Em um segundo momento, foram analisados os empreendimentos individualmente, por cada estado gerador da fonte eólica.

Gráfico 3 - Empreendimentos eólicos em operação entre 1998 a 2020



Fonte: Elaboração própria a partir de Aneel - SIGA (2021).

Com base no gráfico 3, de 1998 a 2005 entraram em operação 4 parques eólicos, totalizando 12,9 MW de potência outorgada. É importante destacar que apesar de serem criados os programas PROEÓLICA e PROINFA em 2001 e 2002, conforme mencionado

anteriormente, esses programas passaram por algumas dificuldades no início de sua implementação, não oferecendo deste modo resultados imediatos.

Ainda analisando o gráfico 3, é possível notar que a partir de 2006 o setor eólico começou a apresentar crescimento significativo. Nessa fase, o país começou a contar com os resultados do PROINFA e vários incentivos públicos voltados ao setor eólico, como por exemplo a inserção da fonte eólica a partir de 2009 nos leilões de energia.

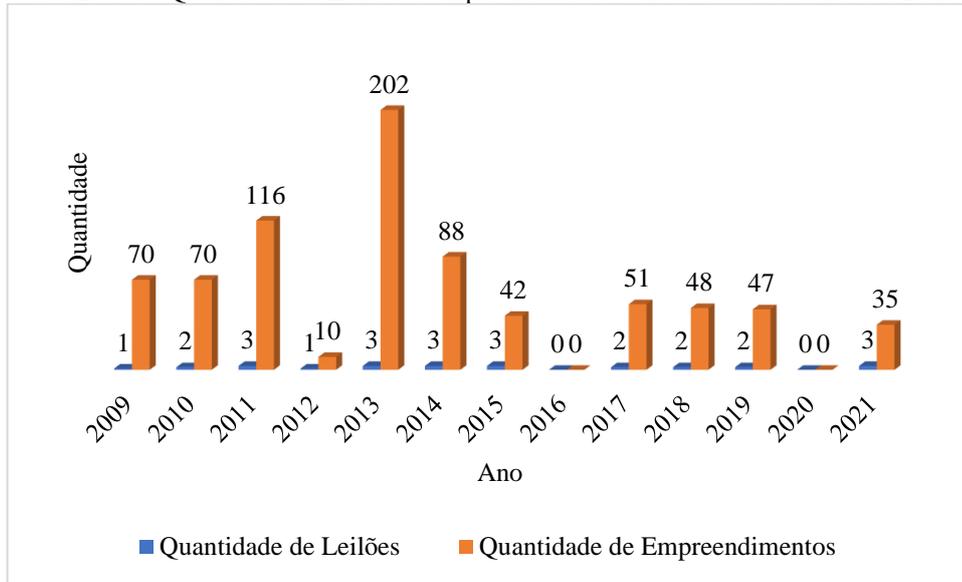
De 2006 a 2020 entraram em operação 671 empreendimentos eólicos, totalizando 17, 22 GW de potência outorgada. Esses valores são bastante elevados se comparado aos anos de 1998 a 2005 conforme apresentado anteriormente.

Neste contexto, de 1998 a 2020 entraram em operação no Brasil 675 parques eólicos. Desse total de empreendimentos, o PROINFA possibilitou a contratação de 54 parques eólicos, correspondendo a 1.422,92 MW capacidade contratada (GREENPEACE BRASIL, 2008).

Outro importante meio de contratação de energia eólica no Brasil são os leilões de energia. Vale destacar que eles se tornaram um importante meio de contratação de novos projetos eólicos, contribuindo dessa forma para o aumento do número de parques eólicos e consequente aumento da capacidade instalada do país.

O primeiro leilão destinado a fonte eólica, ocorreu em 2009, ele foi denominado por Leilão de Energia de Reserva – LER. Nos anos seguintes a fonte eólica passou a fazer parte dos leilões em conjunto com outras fontes de energia, como por exemplo o 3º LER, 2º Leilão de Fontes Alternativas – LFA, 4º LER, 12º e 13º Leilão de Energia Nova - LEN entre outros que foram realizados nos anos seguintes (ABEEÓLICA, 2020).

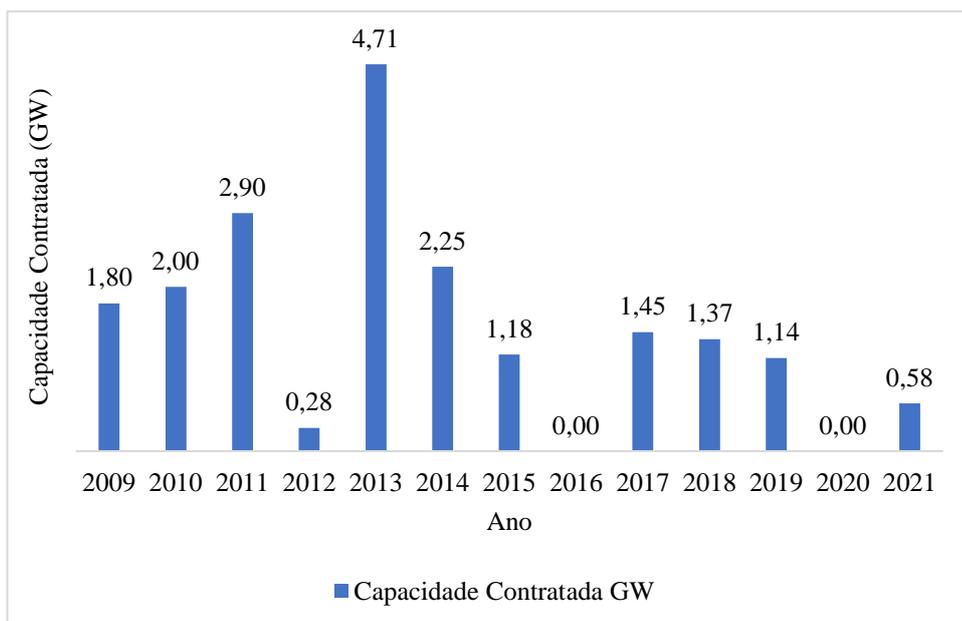
Neste sentido, é importante mencionar que, além dos leilões realizados no mercado regulado de energia, também é possível a comercialização da fonte eólica no mercado livre, apesar de ser em escala menor, nesse mercado os contratados são negociados livremente entre as partes envolvidas. No gráfico 4 é mostrado a quantidade de leilões e o número de projetos contratados entre os anos de 2009 e 2021 (ABEEÓLICA, 2020).

Gráfico 4 - Quantidade de Leilões e empreendimento eólicos entre os de 2009 a 2021

Fonte: Elaboração própria a partir de Aneel - SIGA (2021) e Abeeólica (2020).

De acordo com o gráfico 4, de 2009 a 2021 foram realizados 25 leilões de energia com a participação da fonte eólica, totalizando 779 empreendimentos contratados. Desse total, encontram-se os empreendimentos com obtenção de outorga 36, operação 571, construção 88 e revogada 81 (ANEEL, 2021).

No gráfico 5 é apresentado a capacidade contratada em GW dos empreendimentos eólicos nos leilões de 2009 a 2021.

Gráfico 5 - Capacidade contratada nos leilões entre 2009 a 2021

Fonte: Elaboração própria a partir de Aneel Aneel (2021) e Abeeólica (2020).

Conforme o gráfico 5, é possível notar que entre 2009 e 2021 foram contratados 19,65 GW de capacidade para a fonte eólica. Vale destacar nesse período, o ano de 2013 como sendo o ano com maior capacidade contratada na história dos leilões realizados com a participação da fonte eólica, nesse ano foi contratado 4,71 GW da fonte eólica. É fundamental realçar que os projetos contratados nos leilões de energia, passam por fases diferentes até a sua entrada em operação, ou seja, pode existir de um determinado projeto ser contratado e não chegar a fase de operação.

Desse total de parques eólicos contratados, é fundamental ressaltar que existem empreendimentos que não apresentam dados de entrada em operação, isso interfere na contabilização do total de potência gerada.

Até o presente momento foi analisado e discutido dados considerando o cenário nacional. A seguir é apresentado na tabela 2 os empreendimentos que entraram em operação por cada estado brasileiro, nos anos de 1998 a 2020.

Tabela 2 - Número de Parques Eólicos em operação nos estados por ano

Ano	RN	BA	CE	PI	RS	PE	PB	MA	SC	SE	RJ	PR	MG	SP
1998	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
2006	1	-	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-
2007	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
2008	-	-	4	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
2009	-	-	5	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
2010	1	-	5	-	1	5	1	-	-	-	1	-	-	-
2011	6	-	0	-	5	-	-	-	10	-	-	-	-	-
2012	3	3	2	-	4	1	-	-	-	1	-	-	-	1
2013	2	5	3	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	47	25	22	3	10	-	-	-	1	-	-	-	-	-
2015	25	14	-	14	39	14	-	-	1	-	-	-	-	-
2016	35	21	17	14	4	11	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	9	23	8	20	11	4	3	8	-	-	-	-	-	-
2018	13	46	11	8	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
2019	11	28	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
2020	17	17	5	12	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Total	170	182	83	72	81	35	15	16	16	1	1	1	1	1

Fonte: Elaboração própria a partir de Aneel - SIGA (2021).

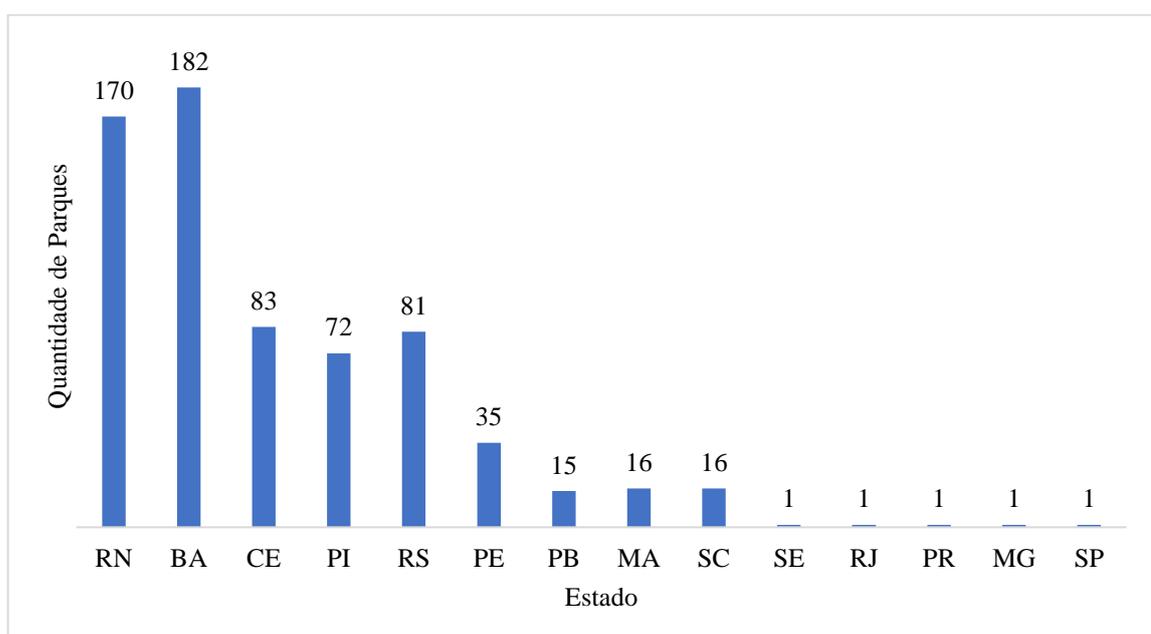
Conforme a tabela 2 é possível notar que, no Brasil atualmente existem 14 estados com empreendimento eólicos em operação. É importante deixar claro que, os estados de Minas

Gerais e São Paulo, possuem parques Híbridos, e por este motivo, em outros relatórios como os da ABEEÓLICA não são contabilizados como estados produtores.

De acordo com a tabela 2, entre os estados pioneiros nesse setor destaca-se o Ceará como sendo o estado com os primeiros projetos em 1998, 2008, 2009 e 2010. Esse cenário tornou o Ceará referência a nível nacional. Contudo, nos últimos 10 anos essa realidade passou a ter um cenário bastante diferente, considerando o surgimento da produção de energia eólica nos estados como o Rio Grande do Norte, Bahia, Piauí e Rio Grande do Sul. Esses estados foram os que mais obtiveram empreendimentos em operação nos últimos anos. Além do grande potencial existente, essa realidade pode ser explicada considerando os incentivos fiscais implementados nesses estados. No caso do Ceará, tal realidade não foi muito significativa, ou seja, até certo momento foi menos complexo implementar um parque eólico no Rio Grande do Norte ou Bahia, em comparação ao Ceará, e isso conseqüentemente ocasiona menos investidores. Nesse sentido, atualmente a Bahia é o estado com mais projetos em operação no Brasil, porém o Rio Grande do Norte é o estado com maior capacidade instalado do país.

Além dos estados mencionados acima, vale ressaltar o crescimento dos estados de Pernambuco, Paraíba, Maranhão e Santa Catarina. Esses estados vêm apresentando crescimento significativo nos últimos anos conforme mostrado na tabela 2. Para uma melhor visualização, foi elaborado o gráfico 6 com o total de parques instalados no período de 1998 a 2020 a partir da tabela 2.

Gráfico 6 - Total de empreendimentos por estados no período de 1998 a 2020

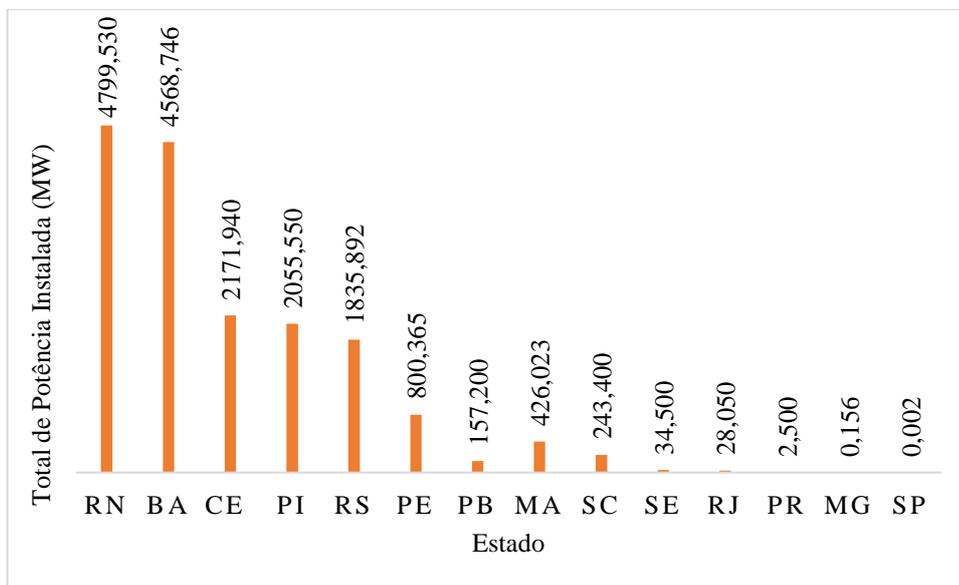


Fonte: Elaboração própria a partir de Aneel - SIGA (2021).

Conforme o gráfico 6, a Bahia aparece na liderança com um total de 182 empreendimentos instalados no período de 1998 a 2020. Em seguida o Rio Grande do Norte se destaca com 170 empreendimentos, assim como os estados do Ceará 83, Piauí 72, Rio Grande do Sul 81 e Pernambuco com 35 parques eólicos. Esses estados foram os que receberam mais empreendimentos conforme verificado no gráfico 6.

Neste contexto, no gráfico 7 é apresentado para o mesmo período de 1998 a 2020, o total de potência instalada por estado.

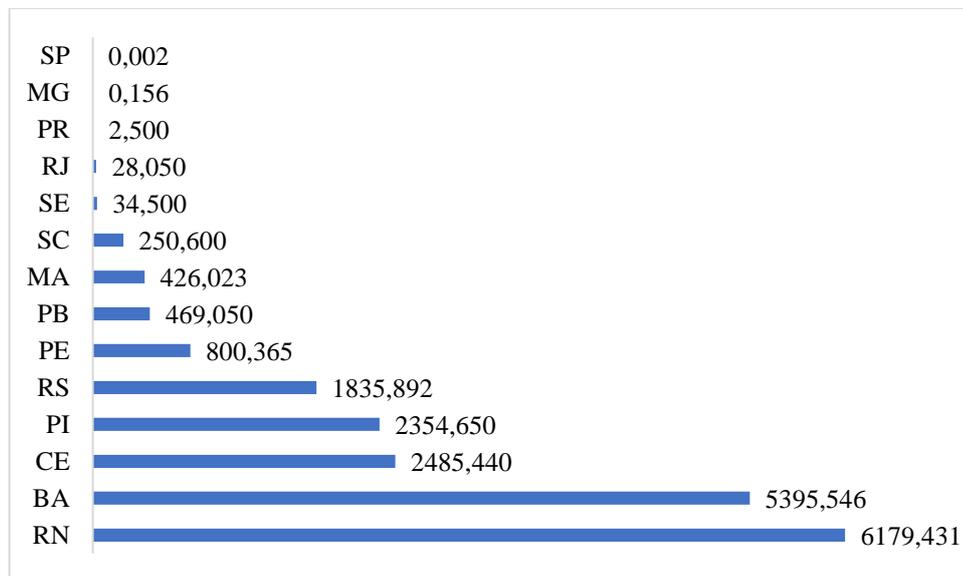
Gráfico 7- Total de potência instalada em (MW) por estado no período de 1998 a 2020



Fonte: Elaboração própria a partir de Aneel - SIGA (2021).

Com o gráfico 7, é possível verificar que o maior número de parques eólicos em um determinado estado não implica necessariamente em uma maior capacidade instalada. Tal fato é observado entre os estados da Bahia e o Rio Grande do Norte. Dessa forma, no período de 1998 a 2020, o Rio Grande do norte lidera com uma potência instalada de 4799,530 MW. Em seguida a Bahia 4568,746 MW; Ceará 2171,940 MW; Piauí 2055,550 MW; Rio Grande do Sul 1835,892 MW e Pernambuco com 800,365 MW de capacidade Instalada.

Para o ano de 2021 os estados citados acima seguem liderando, no que diz respeito aos principais com capacidade instalada no País. Assim, no gráfico 8 é mostrado os dados relacionados com a capacidade instalada referente ao ano de 2021.

Gráfico 8 - Capacidade instalada por estado (MW)

Fonte: Elaboração própria a partir de Aneel - SIGA (2021).

Com base no gráfico 8, o estado do Rio Grande do Norte segue liderando com maior capacidade instalada no País. Perspectivas futuras, considerando os projetos autorizados e com construção ainda não iniciada, apontam que o Rio Grande do Norte, Bahia e Ceará seguirão liderando o cenário nacional de geração eólica.

Neste sentido, de acordo com o sistema de Informações de geração da Aneel (2021), os empreendimentos com construção autorizada são liderados pela Bahia com 79, seguido do Rio Grande do Norte 55, Piauí 29, Ceará 6, Paraíba 8, Pernambuco 4 e Rio Grande do Sul aparece com 3 empreendimentos. No que diz respeito aos empreendimentos com construção não iniciada, o Rio Grande do Norte lidera com 73 parques, seguido da Bahia com 58, Paraíba 14, Piauí 6, Pernambuco 3 e Ceará 2 empreendimentos.

O crescimento da fonte eólica no Brasil deve-se também pelo forte investimento realizado no setor durante os últimos anos. De acordo com o infoeólica, disponibilizado pela ABEEÓLICA, referente ao mês de novembro de 2021, o Brasil investiu um total de US\$35,8Bilhões de dólares entre 2011 a 2020. Ainda segundo a mesma fonte, 57,0TWh de energia eólica foram gerados em 2020, isso equivale a 28,8Milhões de residências por mês podem ser abastecidas, correspondendo a 86,4 Milhões de habitantes beneficiados com a energia dos ventos.

Esse crescimento, contribui para diversos aspectos na sociedade brasileira, para se ter uma ideia, a cada MW instalado, são criados 15 postos de trabalho. Por outro lado, um dos benefícios está relacionado com a não emissão de gases de efeito estufa ao meio ambiente, em

2020 cerca de 21,2 Milhões de toneladas de CO₂ foram evitadas, isso equivalente à emissão de cerca de 20,9 milhões de automóveis (ABEEÓLICA, 2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho procurou analisar a expansão da fonte eólica no Brasil. O crescimento dessa tecnologia proporciona o aumento da capacidade instalada no país. O potencial brasileiro é maior se comparado aos valores instalados atualmente, contudo os sinais de desenvolvimento são notáveis à medida que a energia eólica passou a contribuir de forma significativa na matriz elétrica brasileira.

A evolução da capacidade no mundo seguiu ritmos diferentes em relação ao Brasil, ou seja, a história de utilização da energia eólica no Brasil é de origem recente, se comparada aos principais países produtores. Apesar de diversos estudos preliminares iniciarem antes da instalação dos primeiros projetos nos anos 90, a capacidade instalada nacional atingiu a marca de 1 GW de capacidade instalada somente no ano de 2011.

Os incentivos governamentais desempenham papel fundamental, O PROINFA e posteriormente os leilões de energia, contribuíram bastante para a entrada em funcionamento de novos parques eólicos, e conseqüente fortalecimento da cadeia produtiva de materiais do setor eólico e a atração de novos investimentos. Isso possibilitou o aumento da capacidade instalada, tornando o Brasil destaque a nível mundial entre os principais países com grandes investimentos nesse setor.

Com a realização deste trabalho, observou-se que os principais estados geradores de energia eólica estão localizados na região nordeste. Essa realidade é observada considerando o grande potencial dessa região, bem como os incentivos fiscais impulsionados nos últimos anos. O estado do Rio Grande do Norte é o estado com maior capacidade instalada a nível nacional. Na região sul o estado do Rio Grande do Sul se destaca sendo o maior da região em capacidade instalada. A região sudeste é a menor em termos de capacidade instalada, uma vez que existe o menor número de parques instalados a nível nacional.

A quantidade de parques eólicos existente atualmente no Brasil, e os que entrarão em funcionamento, asseguram um crescimento da fonte eólica para os próximos anos. Assim, como sugestão de trabalhos futuros, seria ideal o estudo da fonte eólica *offshore*, uma vez que no Brasil não existem projetos nesse segmento, a análise dessa temática permitirá projeções de capacidade instalada nacional considerando as aplicações *onshore* e *offshore* da fonte eólica.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. **Sistema de Informações de Geração - SIGA**, 2021. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 12 nov. 2021.
- ANEEL. **Programa de Incentivo às Fontes Alternativas, 2017**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/proinfa>. Acesso em: 19 nov. 2021.
- ANEEL. **Resultados de Leilões de Geração, 2021**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/resultados-de-leiloes>. Acesso em: 1 dez. 2021.
- ANEEL. **Resolução Normativa Nº 112, de 18 de maio de 1999**. Disponível em: https://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/legislacao/setoreletrico/1999/Resolucao_112_18051999.pdf. Acesso em: 1 dez. 2021.
- ANEEL. **Resolução Normativa Nº 876, de 10 de março de 2020**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2020876.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2021.
- ALVES, Jose Jakson Amancio. Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, SP, v. 6, n. 1, p. 165-188, 2010. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/266/181>. Acesso em: 17 set. 2021.
- ABEEÓLICA. **Boletim Anual de Geração Eólica, 2019**. Disponível em: http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2020/06/PT_Boletim-Anual-de-Gera%C3%A7%C3%A3o-2019.pdf. Acesso em: 3 nov. 2021.
- ABEEÓLICA. **Infovento: novembro de 2021**. Disponível em: http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2021/11/2021_11_InfoVento23.pdf. Acesso em: 5 nov. 2021.
- ABEEÓLICA. **Energia Eólica: o setor, 2020**. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/energia-eolica-o-setor/>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- BERMANN, Célio. **Energia no Brasil, para quê? para quem?: crise e Alternativa para um país sustentável**. São Paulo, SP: Editora Livraria da Física, 2002.
- BIAVATI, Ariel. **Estudo Do Comportamento Do Vento E Da Viabilidade Técnica De Instalação De Aerogeradores Nas Dependências Da Uffs - Campus Erechim**. 2017. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Campus Erechim, Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim – Rs, 2017. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/887/1/BIAVATI.PDF>. Acesso em: 19 out. 2021.
- BORBA, Eduardo Nejar. **Energia hidrelétrica e seus principais riscos hoje no Brasil: o caso das PCH's**. 2015. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014697.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.

BOZIO, Douglas de Mafra. **Perspectivas das Energias Renováveis e Não Renováveis nas Matrizes Energéticas e Elétricas**. 2018. 66 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) - Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15662/1/perspectivasenergiasrenovaveismatrizes.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.

Burton et al. **Wind Energy Handbook**. London: Third Edition John Wiley & Sons, 2021. Acesso em 13 nov. 2021.

CRESESB. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília, 2001. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas%20do%20potencial%20eolico%20brasileiro.pdf. Acesso em: 3 nov. 2021.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução N° 279, de 27 de Junho de 2001**.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução N° 462, De 24 De Julho De 2014**.

CONSELHO GLOBAL DE ENERGIA EÓLICA (GWEC). **Global Wind Report, 2021**. Disponível em: <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021/03/GWEC-Global-Wind-Report-2021.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2021.

CUNHA, Eduardo Argou Aires et al. **Aspectos Históricos Da Energia Eólica No Brasil E No Mundo**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, Cascavel, PR, v. 8, n. 4, p. 689-697, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/rber.v8i4.65759>. Acesso em: 20 ago. 2021.
DUTRA, Ricardo. Energia eólica: Princípios e tecnologia. **Rio de Janeiro: Centro de referência para energia solar e eólica Sérgio de Salvo Britto**, p. 51, 2008. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/downloads/energia-eolica-principios-tecnologias.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco energético nacional 2020: ano base 2019**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf. Acesso em: 2 out. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco energético nacional 2021: ano base 2020**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco energético nacional 2006: ano base 2005**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-140/topico-124/BEN2006_Versao_Completa.pdf. Acesso em: 23 ago.2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco energético nacional 2010: ano base 2009**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites->

pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-133/topico-105/Relat%C3%B3rio%20Final%202010.pdf. Acesso em: 27 ago.2021.

FILHO, ALTINO VENTURA. **O Brasil no contexto Energético Mundial**. São Paulo: NAIPPE, USP,2009. Disponível em:
http://naippe.fm.usp.br/arquivos/livros/Livro_Naippe_Vol6.pdf. Acesso em: 15 out. 2021.

GASCH, Robert and TWELE, Jochen (eds). **Wind Power Plants: Fundamentals, Design, Construction and Operation**. Germany: Second Edition Springer Science & Business Media, 2011.

GREENPEACE BRASIL. **A caminho da Sustentabilidade Energética: como desenvolver um mercado de renováveis no Brasil, 2008**. Disponível em:
<http://www.bibliotecadigital.abong.org.br/bitstream/handle/11465/1322/92.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 1 dez. 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Key World Energy Statistics, 2011**. Disponível em: http://us-cdn.creamermedia.co.za/assets/articles/attachments/35377_key_world_energy_stats.pdf. Acesso em: 1 out. 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Key World Energy Statistics, 2019**. Disponível em: https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdf-actualites/Key_World_Energy_Statistics_2019.pdf. Acesso em: 23 out. 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Key World Energy Statistics, 2021**. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/52f66a88-0b63-4ad2-94a5-29d36e864b82/KeyWorldEnergyStatistics2021.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.

LIMA, Rafaela Costa. **A Indústria De Aerogeradores e o desenvolvimento Regional: perspectivas de consolidação na bahia**. 2018. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018. Disponível em:
<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/26300/1/Disserta%20a7%20a3o%20Vers%20a3o%20Final%20-%20Rafaela%20Costa%20Lima.pdf>. Acesso em: 16 set. 2021.

MACEDO, Luziene Dantas de. **O estado da arte da geração de energia eólica no mundo: apresentação e discussão**. Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas, Vitória da Conquista, v. 13, n. 21, p. 133-149, 2016. Disponível em:
<https://periodicos2.uesb.br/index.php/ccsa/article/view/2104/1786>. Acesso em: 11 jul. 2021.

MACHADO, Caio Filippo de Faria. **Projeto De Uma Turbina Eólica De Eixo Horizontal**. 2014. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em:
<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10012359.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.

MAGALHÃES, Murilo Vill. **Estudo De Utilização Da Energia Eólica Como Fonte Geradora De Energia No Brasil**. 2009. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Departamento de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2009. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/123646/Economia291554.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 ago. 2021.

MARTINS, Fernando Ramos; GUARNIERI, Ricardo André; PEREIRA, Enio Bueno. **O aproveitamento da energia eólica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São José dos Campos, SP, v. 30, p. 1304.1-1304.13, 2008. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/301304.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2021.

RABE, Janine. **Energia Eólica**. Made dor minds, 2011. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/energia-e%C3%B3lica-no-mundo-cresce-de-vento-em-popa/a-6365833>. Acesso em: 13 out. 2021.

RODRIGUES, Igor. **O que é o PROINFA**. Interenergia, 2017. Disponível em: <https://interenergia.com.br/single-post/2017/08/o-que-e-o-proinfa/>. Acesso em: 4 nov. 2021.

RAHMEIER, Rubem Anderson Schmit. **Desenvolvimento De Uma Turbina Eólica De Eixo Vertical Tipo H** Bagé. 2015. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Energias Renováveis e Ambiente) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Pampa, Bagé, RS, 2015. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/679/1/TCC%20II%20-%20RUBEM%20SCHMIT.pdf>. Acesso em: 14 set. 2021.

SANTOS, Alison Alves dos et al. **Projeto De Geração De Energia Eólica**. 2006. 75 f. Projeto de Graduação do Curso de Engenharia Industrial Mecânica, Universidade Santa Cecília, Santos, 2006. Disponível em: <https://cursos.unisanta.br/mecanica/polari/energiaeolica-tcc.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2021.

SILVA, R. A.; AZEVEDO, F. F. **O desenvolvimento do setor eólico no Brasil e no mundo**. Formação (Online), v. 28, n. 53, p. 809-828, 2021. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/8000/6262>. Acesso em: 29 ago. 2021.

SIMAS, Moana Silva. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil**: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada. 2012. 2019 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2012. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-10092012-095724/publico/MoanaSimasoriginal.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.

TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. **Matriz Energética Brasileira**: Uma prospectiva, [2008]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/nec/a/HHYKXDgchzv4n4gNfRhqnwK/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 17 nov. 2021.

UNWIN, Jack. **Os 10 melhores países do mundo em capacidade de energia eólica**. Enercons e Enerbios, 2019. Disponível em: <https://enercons.com.br/2019/08/14/os-10-melhores-paises-do-mundo-em-capacidade-de-energia-eolica/>. Acesso em: 2 nov. 2021.