

FACULDADE ARI DE SÁ

Luiz Sérgio Campos Lisboa

ENERGIAS RENOVÁVEIS: considerações sobre energia eólica, vantagens e desvantagens, e participação na matriz energética brasileira até 2022

FORTALEZA

2022

FACULDADE ARI DE SÁ

Luiz Sérgio Campos Lisboa

ENERGIAS RENOVÁVEIS: considerações sobre energia eólica, vantagens e desvantagens, e participação na matriz energética brasileira até 2022

Artigo apresentado à Faculdade Ari de Sá
como requisito para a obtenção do título de
Especialista em Engenharia Consultiva –
Gerenciamento, Fiscalização e Supervisão
de Obras e Projetos

FORTALEZA

2022

FACULDADE ARI DE SÁ

Luiz Sérgio Campos Lisboa

ENERGIAS RENOVÁVEIS: considerações sobre energia eólica, vantagens e desvantagens, e participação na matriz energética brasileira até 2022

Artigo apresentado à Faculdade Ari de Sá como requisito para a obtenção do título de Especialista em Engenharia Consultiva – Gerenciamento, Fiscalização e Supervisão de Obras e Projetos

Professor Avaliador

Apresentado em: 29 / 08 / 2022

Conceito: _____

FORTALEZA

2022

ENERGIAS RENOVÁVEIS: considerações sobre energia eólica, vantagens e desvantagens, e participação na matriz energética brasileira até 2022¹

Luiz Sérgio Campos Lisbôa²

RESUMO

A matriz elétrica mundial, assim como a da maior parte dos países que o compõem, ainda é predominantemente baseada na utilização de combustíveis fósseis. Atualmente busca-se cada vez mais por alterações nas matrizes energéticas de forma a se produzir e consumir de fontes chamadas de energia limpa, ou seja, a partir de fontes renováveis e sem a emissão de poluentes ou impactos ao meio ambiente, que se diferem dos combustíveis fósseis principalmente em sua diversidade, abundância e potencial para uso em qualquer lugar do planeta. As energias renováveis não emitem gases de efeito estufa nos processos de geração de energia, tornando-se uma solução mais limpa e viável para evitar a degradação ambiental. Neste contexto, uma das opções com maior índice de crescimento na sua exploração e produção é a energia eólica, ou seja, aquela gerada da força dos ventos e que nos últimos vinte anos tem crescente participação na matriz energética brasileira. Este trabalho utiliza pesquisa bibliográfica abordando o assunto através da coleta de informações de materiais de diversos autores e de publicações de diversas instituições, analisando o objeto de estudo sob pontos de vista distintos.

Palavras-chave: Fontes de energia. Energia limpa. Energias renováveis. Energia eólica no Brasil.

ABSTRACT

The world electricity matrix, as well as that of most of the countries that compose it, is still predominantly based on the use of fossil fuels. Currently, there is an increasing search for changes in energy matrices in order to produce and consume sources called clean energy, that is, from renewable sources and without the emission of pollutants or impacts to the environment, which differ from fossil fuels mainly in their diversity, abundance and potential for use anywhere on the planet. Renewable energies do not emit greenhouse gases in power generation processes, making it a cleaner and more viable solution to avoid environmental degradation. In this context, one of the options with the highest growth rate in its exploration and production is wind energy, that is, that generated by the force of the winds and which in the last twenty years has increased participation in the Brazilian energy matrix. This work uses bibliographic research approaching the subject through the collection of information from materials from different authors and publications from institutions, analyzing the theme from different points of view.

Keywords: Energy sources. clean energy. Renewable energy. Wind energy in Brazil.

¹ Artigo apresentado à Faculdade Ari de Sá como requisito para a obtenção do título de Especialista em Engenharia Consultiva – Gerenciamento, Fiscalização e Supervisão de Obras e Projetos

² Engenheiro Civil, Especialista em Gestão Ambiental na Indústria e em Engenharia de Segurança do Trabalho. Email: lsclisboa@uol.com.br

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplos de energias renováveis

Quadro 2 – Exemplos de energias não renováveis

Quadro 3 – Classificação de sistemas de geração de energia eólica X Demanda de consumidores

Quadro 4 – Breve histórico do desenvolvimento da energia eólica no Brasil

Quadro 5 – Energia eólica – Torres instaladas por Estados brasileiros

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diferentes fontes de energia

Figura 2 – Estrutura e componentes básicos de uma torre de energia eólica

Figura 3 – Consumo de energia – Brasil - 1998

Figura 4 – Matriz energética brasileira

Figura 5 – Energia eólica – Torres instaladas por Estados brasileiros

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 FONTES DE ENERGIA	7
3 ENERGIA EÓLICA	9
4 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL	11
5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA EÓLICA	16
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

Fontes de energia são recursos naturais ou artificiais utilizados pela sociedade para produção de algum tipo de energia que, dentre outros fatores, após passar por um processo de transformação e armazenamento, tenha potencial para gerar oportunidades de exploração econômica nos mais diversos setores de atividades, como, por exemplo, geração de calor, produção de energia elétrica e combustível para meios de transporte, de forma a promover melhorias na qualidade de vida dos seres humanos.

Este artigo apresenta um painel sobre um dos tipos de energia renovável, aquela originada pela ação da força dos ventos, a energia eólica, considerando a atual realidade do mundo que busca fontes alternativas de energia não poluentes ou renováveis para diminuição da dependência dos combustíveis fósseis e redução dos níveis de poluição ambiental, e contextualizando sua exploração e uso, abordando aspectos sobre a matriz energética brasileira e sua produção, vantagens e desvantagens da utilização desse tipo de energia, regulamentação e aspectos econômicos e ambientais, sendo utilizada pesquisa bibliográfica através da coleta de informações de materiais de diversos autores e de publicações de diversas instituições, analisando o tema sob pontos de vista distintos.

2 FONTES DE ENERGIA

Em linhas gerais, SOUSA (2022) classifica as fontes de energia em conformidade com a capacidade natural de reposição dos recursos que as originam, sendo basicamente divididas em fontes renováveis e não renováveis.

Como apresenta Bezerra (2022), **Energias renováveis** são aquelas que se regeneram espontaneamente ou através da intervenção humana adequada. São as chamadas energias limpas visto que seus resíduos para produção pela natureza podem ser considerados nulos.

Quadro 1 – Exemplos de Energias Renováveis

Tipo	Origem
Hidrelétrica	Força da água dos rios
Solar	Calor e luz do sol
Eólica	Força dos ventos
Geotérmica	Calor do interior da Terra
Biomassa	Matérias orgânicas
Ondometriz	Força das ondas
Maremotriz	Força das marés
Hidrogênio	Gás natural ou eletrólise

Energias não renováveis são aquelas produzidas por fontes de origem orgânica (vegetal ou animal) que se esgotam na natureza, portanto são fontes limitadas pois, mesmo que se apresentem em grandes quantidades, quando esgotadas não podem ser regeneradas facilmente. São consideradas energias poluentes porque sua exploração e utilização causa danos ao meio ambiente. São as chamadas energias sujas.

Quadro 2 - Exemplos de Energias Não Renováveis

Exemplos de Energias Não Renováveis	
Tipo	Origem
Petróleo	Reações químicas naturais realizadas no interior da crosta terrestre provenientes de matéria orgânica (combustíveis fósseis)
Carvão mineral	
Xisto	
Gás natural	
Nuclear	Fissão nuclear do urânio, do plutônio ou do tório ou da fusão nuclear do hidrogênio

Figura 1 - Diferentes fontes de energia
Hidrelétrica – Eólica - Combustíveis fósseis - Geotérmica – Solar - Nuclear



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/fontes-de-energia/> (2022)

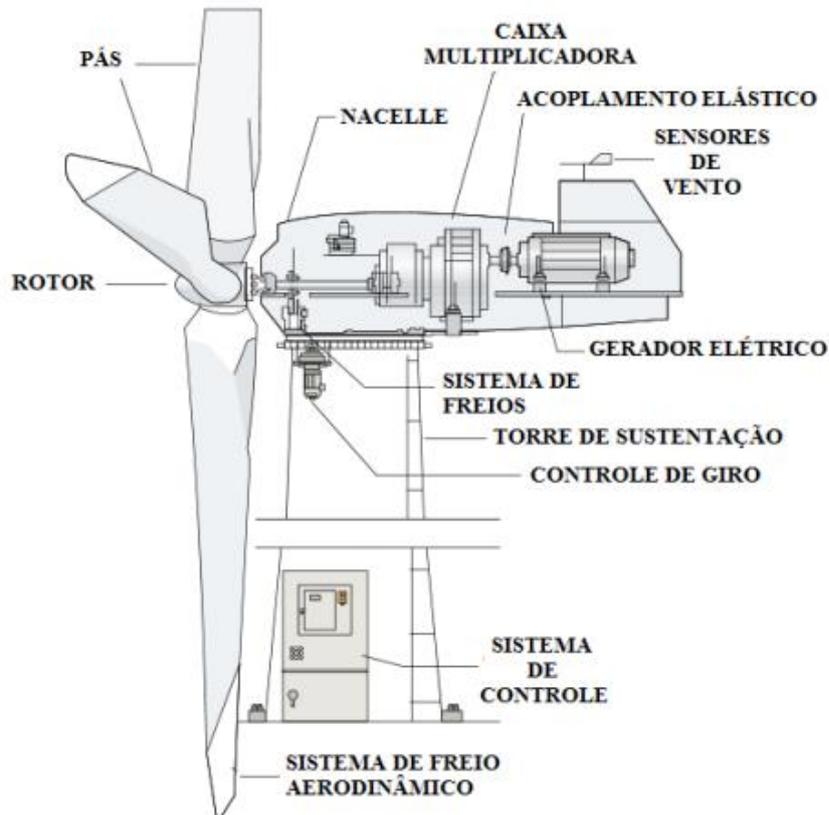
3 ENERGIA EÓLICA

Energia eólica é a energia cinética proveniente da força de massas de ar em movimento (ventos). Os ventos são os responsáveis por movimentar as hélices das turbinas dos aerogeradores e gerar a força mecânica que depois será convertida em energia elétrica. É considerada 100% limpa pois não polui o meio ambiente no processo de geração de energia, e é renovável já que tem como fonte um recurso inesgotável.

Os ventos são produzidos quando as massas de ar perto do solo ou em regiões ensolaradas se aquecem e, devido à diferença na temperatura e pressão atmosférica, trocam de lugar com as massas de ar frio próximas, causando o deslocamento do ar. Esse princípio, o aquecimento das massas de ar, permite interpretar que a energia eólica, como apresenta DIANA (2022), é originada a partir da energia solar pois é o calor do sol que aquece as massas de ar e desencadeia a geração dos ventos.

A quantidade de energia gerada irá depender da intensidade e constância dos ventos, do tamanho da turbina eólica e da área coberta pela rotação das suas hélices (pás).

Figura 2 - Estrutura e Componentes Básicos de uma Torre de Energia Eólica



Fonte: (CBEE/UFPE, 2000) citado em <https://www.portalsolar.com.br> (2022)

Os principais sistemas de geração de energia eólica, ou seja, o conjunto de instalações de aerogeradores para a produção energética, podem ser divididos em função de sua capacidade de geração de energia elétrica e sua utilização pela sociedade. Campos (2022) considera três tipos de sistemas principais:

Quadro 3 – Classificação de Sistemas de Geração de Energia Eólica X Demanda de Consumidores

Isolados	Considerados de pequeno porte pois possuem cobertura geográfica restrita. São utilizados prioritariamente para abastecer pequenas localidades, que, no geral, não dispõem de outras alternativas energéticas
Interligados	Média e grande magnitude pois possuem um elevado número absoluto de aerogeradores. Esses sistemas são empregados para a geração de um grande volume de energia que abastece um maior número de consumidores
Híbridos	Construídos por meio da conciliação entre duas ou mais fontes de energia, como por exemplo uma usina composta por aerogeradores e painéis fotovoltaicos que produzem energia eólica e solar em uma mesma unidade. Também são utilizados para abastecer um maior volume de usuários

4 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

O Brasil possui características físicas e geográficas que favorecem a produção de energia eólica em seu território. Possui um litoral extenso com ventos estáveis, com a intensidade certa e sem mudanças bruscas de velocidade ou de direção. As características dos bons ventos brasileiros resultam num fator de capacidade que é praticamente o dobro da média mundial, de acordo com “Energia Eólica” (ABBEólica, 2022).

Fundada em 2002, a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) é uma instituição sem fins lucrativos, que congrega e representa a indústria de energia eólica no país, incluindo empresas de toda cadeia produtiva.

Ainda segundo a ABEEólica, a força dos ventos brasileiros significa uma alta produtividade e, com cada vez mais parques eólicos operando. A energia eólica vem batendo recordes atrás de recordes durante a “safra dos ventos”, período que vai de junho até o final do ano, chegando a atender todo o Nordeste durante um dia todo e cerca de 20% do País, conforme dados da instituição levantados até 2022.

A ABEEólica pontua que o sucesso da eólica no Brasil também pode ser explicado pelo rápido desenvolvimento de uma cadeia produtiva local e eficiente, que começou com índice de nacionalização próximo de 60% e alcançou a fabricação em território nacional de 80% de um aerogerador, conforme regras de financiamento do Programa FINAME do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O Brasil em 2022 possui seis fabricantes de turbinas, fábricas de pás e

torres eólicas e centenas de empresas que trabalham em outros componentes, além de transporte, consultorias diversas, planejamento, obras, dentre outros elementos da cadeia produtiva. O quadro a seguir apresenta breve evolução da energia eólica no Brasil:

Quadro 4 Breve histórico do desenvolvimento da energia eólica no Brasil

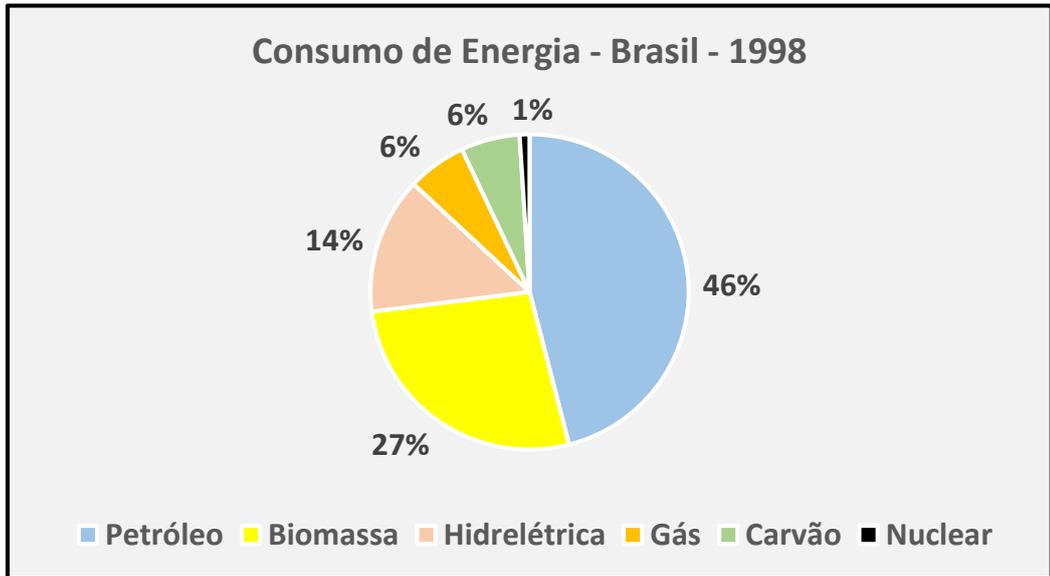
Ano	Evento
1992	<ul style="list-style-type: none"> • Entra em operação no arquipélago de Fernando de Noronha o primeiro aerogerador instalado no Brasil, resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), com financiamento do instituto de pesquisas dinamarquês Folkecenter. • Os dez anos seguintes foram de pouco crescimento desse tipo de energia no Brasil devido a fatores tais como falta de políticas e pelo alto custo da tecnologia.
2001	<ul style="list-style-type: none"> • Criação do Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA) durante a crise energética de 2001 como tentativa de incentivar a contratação de empreendimentos de geração de energia eólica no país. • Esse programa tinha como objetivo a contratação de 1.050 MW de projetos de energia eólica até dezembro de 2003. • Considerava-se também a complementaridade sazonal do regime de ventos com os fluxos hidrológicos nos reservatórios hidrelétricos.
2002	<ul style="list-style-type: none"> • Em substituição ao PROEÓLICA, através da Lei nº 10.438/2002 foi criado o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) com o objetivo de diversificar a matriz energética brasileira. • Além de incentivar o desenvolvimento das fontes renováveis na matriz energética, o PROINFA abriu caminho para a fixação da indústria de componentes e turbinas eólicas no Brasil com exigências de conteúdo nacional para os aerogeradores fruto desse programa. • No início da implantação do PROINFA a tecnologia de geração de energia eólica ainda era muito cara e o desenvolvimento em leilões competitivos <i>a posteriori</i>.

Ano	Evento
2002	<ul style="list-style-type: none"> • Fundação da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) instituição sem fins lucrativos que congrega e representa a indústria de energia eólica no País, incluindo empresas de toda a cadeia produtiva
2009	<ul style="list-style-type: none"> • No final desse ano ocorreu o primeiro leilão de comercialização de energia voltado exclusivamente para a fonte eólica, denominado Leilão de Energia de Reserva (LER) e promoveu com sucesso a contratação de 1,8 GW, dando início a sequência de novos leilões que ocorreram nos anos seguintes.
2022	<ul style="list-style-type: none"> • Publicação pelo Governo em janeiro de 2022 do Decreto Nº 10.946, que dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais no mar para a geração de energia elétrica a partir de empreendimentos offshore. • Este decreto deve servir de base para que o trabalho das empresas possa ser feito de forma planejada e organizada. • A partir de junho de 2022 o Ministério de Minas e Energia (MME) terá 180 dias para aprimoramento das normas. • A prática dessa regulação precisa ser complementada com o desenvolvimento da infraestrutura de linhas de transmissão e portos.

Fonte: adaptado de <https://abeeolica.org.br/> (2022)

Nos últimos vinte anos ocorreu no Brasil verdadeira reformatação no consumo e geração de tipos de energia. Pela comparação dos gráficos a seguir percebe-se essa modificação:

Figura 3 – Consumo de energia – Brasil – 1998

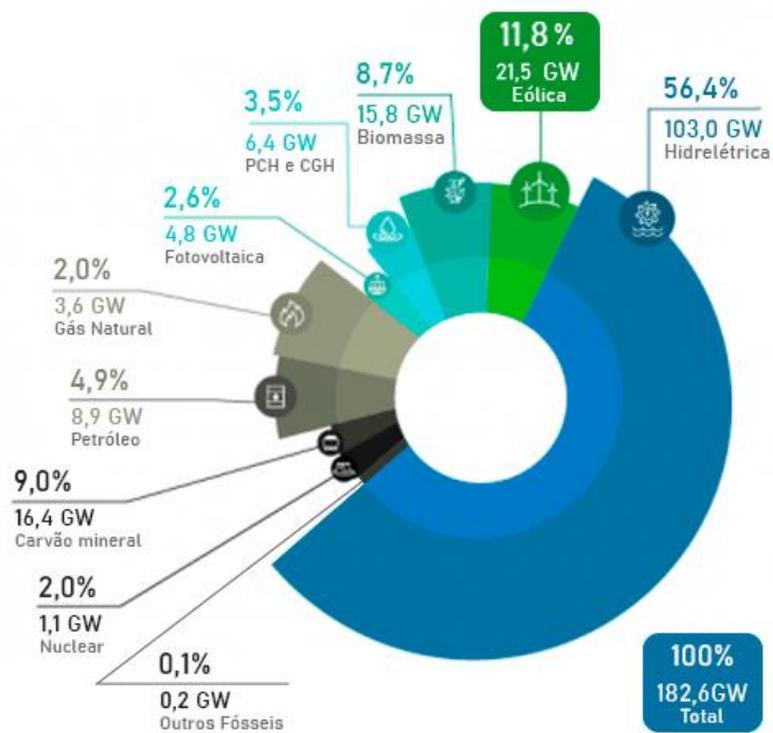


Fonte: adaptado de Trigueiro (2005)

Figura 4 – Matriz energética brasileira

MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

(em GW)



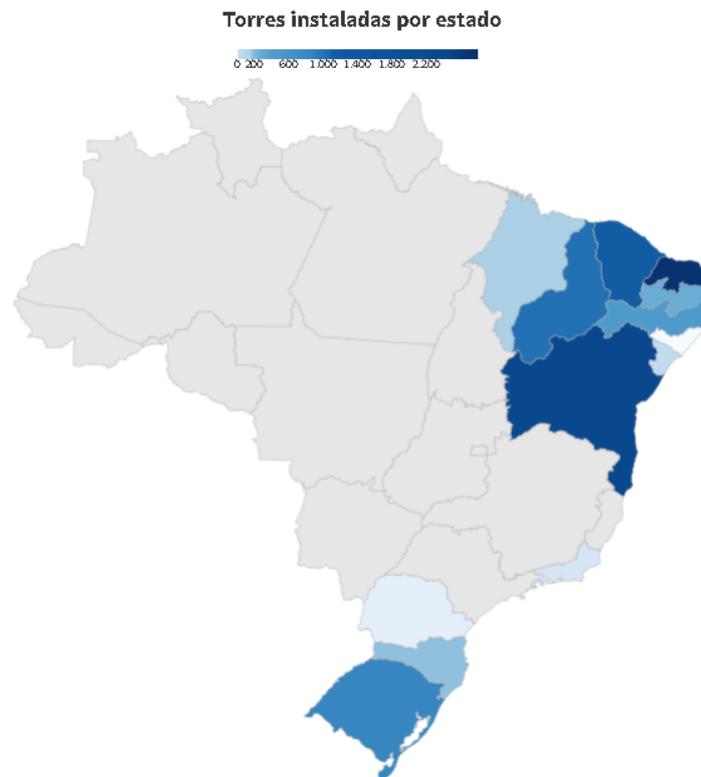
Fonte: ABEEólica (2022)

De acordo com DIANA (2022), atualmente a China é o principal polo produtor de energia eólica do mundo, desde 2010, concentrando uma boa parte da produção mundial. Destacam-se também na produção eólica países da América e da Europa. No caso da América, os principais produtores são Estados Unidos, Brasil e México.

Apesar de destacar-se no contexto americano como um dos principais produtores de energia eólica do continente, a capacidade instalada no país ainda é considerada pequena, ainda mais quando comparada ao potencial que o território brasileiro possui no aproveitamento dos ventos para a produção de energia.

A produção eólica no território brasileiro é bastante concentrada, nos Estados da região Nordeste do Brasil, conforme apresentado no quadro a seguir. Os estados dessa região, como Rio Grande do Norte, Bahia e Ceará, reúnem um conjunto de condições geográficas específicas que possibilitam o funcionamento efetivo das turbinas eólicas, com destaque para a constância dos ventos.

Figura 5 – Energia eólica – Torres instaladas por Estados brasileiros



Fonte: adaptado de Madeiro (2022)

Quadro 5 – Energia eólica – Torres instaladas por Estados brasileiros

Energia Eólica - Torres Instaladas por Estado				
Nordeste	Rio Grande do Norte	2.722	9.041	97,9%
	Bahia	2.456		
	Ceará	1.121		
	Piauí	1.025		
	Rio Grande do Sul	830		
	Pernambuco	435		
	Paraíba	257		
	Maranhão	172		
	Sergipe	23		
Sul	Santa Catarina	174	179	1,9%
	Paraná	5		
Sudeste	Rio de Janeiro	17	17	0,2%
TOTAL		9.237	100%	

Fonte: adaptado de Madeiro (2022)

A fonte eólica tem demonstrado um crescimento sólido e consistente, sendo atualmente uma fonte de energia consolidada. A eólica deixou de ser apenas uma alternativa, mas passou a ter um papel fundamental na matriz elétrica brasileira. É hoje a segunda fonte dessa matriz, com mais de 10% de participação. O Brasil, conforme a ABEEólica, que mantém dados permanentemente atualizados em seu *website*, é um dos países que mais investe em energia eólica no mundo, sendo classificado como uma potência eólica e já ocupa o sexto lugar no Ranking de Capacidade Instalada do GWEC, o Conselho Global de Energia Eólica.

5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA EÓLICA

As fontes de energia possuem direta relação com questões ambientais, pois, dependendo das formas de exploração e utilização desses recursos energéticos, graves impactos sobre a natureza podem ser ocasionados.

A energia eólica é uma fonte renovável, considerada uma fonte alternativa e limpa de energia pela ausência da emissão de poluentes atmosféricos apresentando, dessa forma, diminuto impacto no meio ambiente.

Algumas vantagens da energia eólica:

- A contribuição para a diversificação da matriz energética mundial por meio da diminuição da dependência de combustíveis fósseis para a geração de energia;
- A presença de um elevado custo-benefício, quando comparado às demais fontes de energia, como a hidráulica;
- A possibilidade de mesclagem de fontes de energia em uma mesma usina, como a instalação de aerogeradores e painéis solares em um mesmo espaço;
- Redução na emissão de CO₂, contribuindo para minimizar efeitos de gases produtores do chamado efeito estufa.

Às questões técnicas devem ser agregados importantes aspectos positivos de âmbito econômico-sociais divulgados pela ABEEólica em diversos estudos realizados entre 2018 e 2020, destacando-se:

- Efeitos multiplicadores dos investimentos realizados pelas empresas e do impacto dos valores pagos para arrendamentos de terras para colocação de aerogeradores. Os arrendamentos são uma injeção de renda direta na região, destacando que quando um pequeno proprietário arrenda um pedaço da sua terra para colocação de um aerogerador, ele pode continuar com suas plantações e/ou criação de gado. O pagamento de arrendamento pode se tornar uma receita fixa para os proprietários que podem investir na própria terra e/ou ampliar a produção;
- Geração de empregos diretos e indiretos, estimados, entre 2011 e 2020, em quase 196 mil postos, equivalentes a 10,7 empregos por MW instalado na fase de construção dos parques, apontando também média de 0,6 empregos por MW instalado para Operação & Manutenção;
- Aumento de arrecadação de impostos que, com adequado gerenciamento público, podem significar melhorias para o município.

A energia eólica, apesar de considerada uma fonte renovável e limpa de energia, possui desvantagens. Ela apresenta impactos ligados à modificação do espaço natural, à alteração das condições de vida de diversas espécies e à dependência de fatores geográficos.

Algumas das principais desvantagens da energia eólica:

- A elevada dependência da constância de ventos, fundamentais para o funcionamento e a eficiência dos aerogeradores;
- A produção de poluição sonora em razão do elevado ruído produzido pela movimentação das turbinas eólicas;
- A alteração da paisagem, principalmente por meio da instalação dos aerogeradores, que geram poluição visual;
- O elevado impacto no habitat de aves diversas, que resulta na alteração dos movimentos migratórios e provoca a mortandade dessas espécies;
- A subordinação da instalação dos aerogeradores às características naturais do meio, como o clima, o relevo e a vegetação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rápido esgotamento das fontes de energia, principalmente de energia fóssil, o aumento do consumo de combustíveis, a contaminação do meio ambiente, são alguns motivos que levam a humanidade a buscar opções de energia mais abundantes e menos poluentes chamadas de energias alternativas ou renováveis.

Nesse processo, as fontes que não emitem gases de efeito estufa e apresentam benefícios sociais, econômicos e ambientais, como é o caso da eólica, apresentam-se como opções viáveis onde possam ser aplicáveis.

O Brasil possui diversas vantagens comparativas em relação a uma grande maioria dos países, tais como o fato de possuir ventos em abundância e de forma constante, o que significa energia muito competitiva.

A ABEEólica destaca que no caso da energia elétrica, o Brasil utiliza 83% de renováveis, enquanto a média global é de cerca de 25%. Na matriz energética como um todo, O Brasil apresenta 46% e a média mundial está ao redor dos 15%. E seremos cada vez mais renováveis. No caso a energia eólica tem-se a perspectiva de em alguns anos contar-se com as eólicas *offshore*. O potencial solar brasileiro também é enorme, a biomassa cresce com solidez e há ainda a possibilidade de aproveitamento do gás natural do pré-sal para gerar energia.

Os benefícios dos ventos que significam a produção de uma energia limpa e confiável, com potencialidades de benefícios reais e mensuráveis para a sociedade, devem contribuir para melhoria de indicadores fundamentais para satisfatória qualidade de vida da população em geral, como é o caso do IDHM e do PIB.

O desafio não é só gerenciar recursos naturais limpos, mas gerenciar sua abundância para produção de energia, tirar de cada um deles o melhor possível, protegendo a natureza e trazendo retornos sociais e econômicos para a sociedade.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica). **Energia eólica**. São Paulo. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/>>. Acesso em 3 ago. 2022.

BEZERRA, Juliana: fontes de energia. **Toda Matéria**, 2022. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/fontes-de-energia/>>. Acesso em 15 ago. 2022

CAMPOS, Mateus: **Fontes de energia**. Goiânia. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/energia-eolica.htm>>. Acesso em: 3 ago. 2022

DIANA, Juliana: **Energia Eólica**, 2022. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/energia-eolica/>>. Acesso em 15 ago. 2022

MADEIRO, Carlos. **Torres eólicas: danos ambientais silenciosos**. São Paulo. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/colunas/carlos-madeiro/2022/07/03/com-mais-de-700-parques-eolicos-ne-sofre-com-danos-ambientais-silenciosos.htm>>. Acesso em 3 ago. 2022.

Portal Solar. **Energia Eólica: a energia renovável dos ventos**. São Paulo. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/fontes-de-energia-renovaveis.html>>. Acesso em: 3 ago. 2022

_____. **Fontes de energias alternativas**. São Paulo. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/fontes-de-energia-alternativas>>. Acesso em 21 ago. 2022

SOUSA, Rafaela: **Fontes de energia**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/fontes-energia.htm>>. Acesso em 15 ago.2022.

TRIGUEIRO, André (Coord.). **Meio ambiente no século 21**. Campinas: Armazém do Ipê, 2005.