



## ANÁLISE DO SETOR DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

## ANALYSIS OF THE WIND ENERGY SECTOR IN BRAZIL

Vinicius Marcos Pinheiro, Luciano Coutinho Gomes, Cássio Alves de Oliveira, Mateus Araújo Beletti

**Resumo:** As questões ambientais aliadas ao aumento da demanda de energia elétrica resultaram na necessidade da busca por novas fontes energéticas, dentre as quais se encontra a energia eólica. Esta vem se demonstrando promissora no Brasil por conta da ampla faixa continental e marítima apropriada para a instalação dos parques eólicos, além do adequado regime de vento. Sendo assim, o presente trabalho tem o intuito de apresentar o atual panorama do aproveitamento da energia eólica no Brasil. São expostos, assim, dados dos principais órgãos nacionais e internacionais da área, bem como de trabalhos científicos-acadêmicos, a fim de demonstrar a importância desse recurso para a matriz energética brasileira. Com base nos dados apresentados, fica evidenciado que a energia eólica se constitui como uma importante forma de geração de eletricidade, contribuindo, desse modo, no suprimento da demanda da população brasileira.

**Palavras-chave:** Brasil; Energia elétrica; Fontes energéticas; Energia eólica.

**Abstract:** Environmental issues combined with the increased demand for electric energy resulted in the need to search for new energy sources, among which is wind energy. This has shown itself to be promising in Brazil due to the wide continental and maritime range suitable for the installation of wind farms, in addition to the adequate wind regime. Therefore, the present work aims to present the current panorama of the use of wind energy in Brazil. Data from the main national and international bodies in the area are exposed, as well as from scientific-academic works, in order to demonstrate the importance of this resource for the Brazilian energy matrix. Based on the data presented, it is evident that wind energy is an important form of electricity generation, thus contributing to supply the demand of the Brazilian population.

**Keywords:** Brazil; Electricity; Energy sources; Wind energy.

### Introdução

Com a evolução tecnológica, o aumento da população humana e as questões ambientais, tornou-se necessária a busca por novas fontes de energia para a geração de eletricidade, bem como o aprimoramento daquelas já existentes. Nesse contexto, as chamadas fontes de energia limpa passaram a ser visadas por vários países ao redor do mundo, inclusive o Brasil. Dentre tais fontes, podem ser citadas a (BULL, 2001; PALI *et al.*, 2016): energia eólica, fotovoltaica, hidráulica, biomassa, hidrogênio, solar-térmica e geotérmica.

Dentre as fontes de energia limpas, uma que vem se consolidando é a energia eólica. Diversas instalações, denominadas por parques eólicos, já podem ser encontradas, chegando a figurar como uma das principais fontes energéticas em alguns países, como é o caso do Brasil.

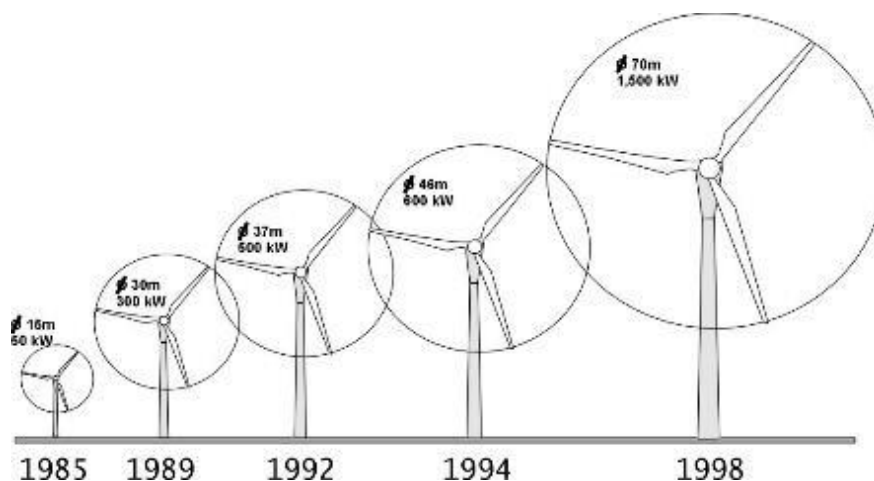
Em razão da importância da energia eólica para o Brasil, que pôde ser verificada pelos dados apresentados pelos principais órgãos nacionais e internacionais da área, o presente trabalho tem o intuito de apresentar o atual cenário da energia eólica no Brasil, enfatizando a importância que a respectiva fonte passou a ter para o país.

### A energia eólica

O emprego da energia eólica pelos seres humanos remete a milênios atrás, sendo o primeiro registro histórico por volta de 200 A.C. na antiga Pérsia (CUNHA *et. al.*, 2019), a qual era empregada no bombeamento de água e na moagem de grãos. Sua utilização para a geração de energia elétrica é mais recente, iniciando-se no final do século XIX, mais especificamente no ano de 1888 por Charles F. Brush, nos Estados Unidos (DUTRA, 2001).

Durante o século XX inúmeras pesquisas foram conduzidas no intuito de aprimorar tanto dos geradores quanto das turbinas eólicas, as quais passaram a ser maiores tanto em nível estrutural quanto em potência gerada, conforme pode ser visualizado na **Figura 1**.

**Figura 1** – Evolução dos aerogeradores comerciais durante as duas últimas décadas do século XX



Fonte: DUTRA (2001).

No atual século, a energia eólica é considerada uma das fontes energéticas promissoras, principalmente, devido à futura escassez dos combustíveis fósseis (DE CARVALHO, 2008; GALDINO, 2000) e o possível agravamento das consequências da utilização desses tipos de combustíveis associado à emissão de gases poluentes (RATTNER, 2011).

### Método

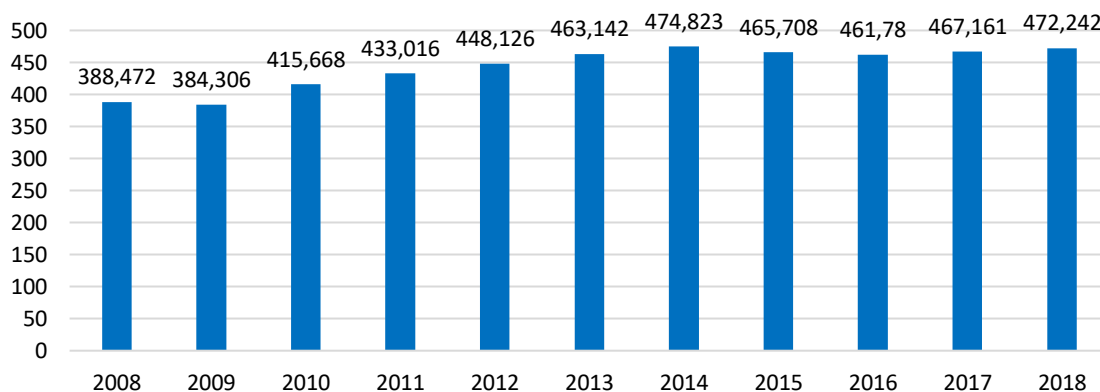
O método utilizado no presente estudo fundamenta-se na revisão sistemática da literatura e na coleta de dados de órgãos e associações relacionadas ao tema abordado. A utilização das palavras chaves: Brasil, energia elétrica, fontes de energia e energia eólica, auxiliaram na busca por trabalhos científicos nas bases científicas como o Google Acadêmico. As empresas e associações consultadas podem ser resumidas na Empresa de Pesquisa Energética (EPE), no Conselho Global de Energia Eólica (GWEC) e na Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica).

### Resultados e discussões

#### Consumo e geração de energia elétrica no Brasil

A cada ano que passa, como pode ser visualizado no **Gráfico 1**, o consumo de energia aumenta no Brasil, havendo alguns anos em que, ocasionalmente, ocorrem pequenas quedas, como é observado nos anos de 2015 e 2016, voltando a crescer novamente nos anos de 2017 e 2018.

**Gráfico 1** – Consumo anual de energia elétrica no Brasil em GWh

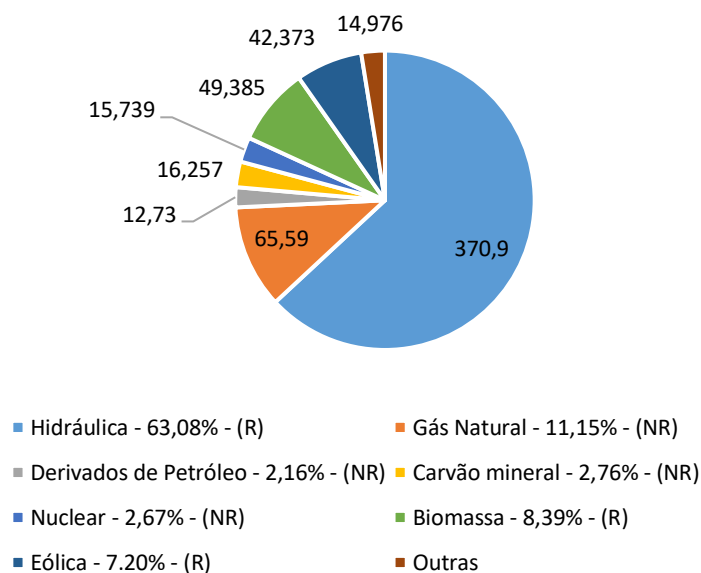


Fonte: Adaptado de EPE (2018).

Atualmente, no Brasil, boa parte da geração de eletricidade é proveniente das fontes renováveis (R), como é possível analisar no Gráfico 2, e por uma parcela de fontes não renováveis (NR). No momento atual em que se encontra a matriz energética brasileira, as fontes energéticas mais expressivas são a hidráulica, gás natural, a biomassa e a eólica, respectivamente. Pelas porcentagens de contribuição de cada uma, é possível concluir que o Brasil vem se desenvolvendo consideravelmente na implementação das fontes renováveis em sua matriz energética.

**Gráfico 2** – Geração elétrica por fonte no Brasil (em GWh)

Geração elétrica por fonte no Brasil (GWh)

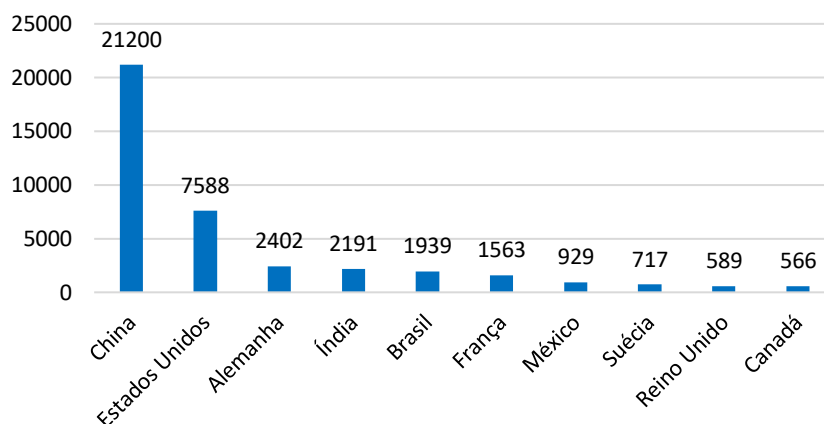


Fonte: Adaptado de EPE (2018).

### **Brasil no contexto mundial da geração de energia elétrica a partir da matriz eólica**

O Brasil, no ano de 2018, ocupou a quinta posição mundial na capacidade eólica nova instalada em terra, também denominada de *onshore* (SILVA *et al.*, 2016), como está apresentado no **Gráfico 3**.

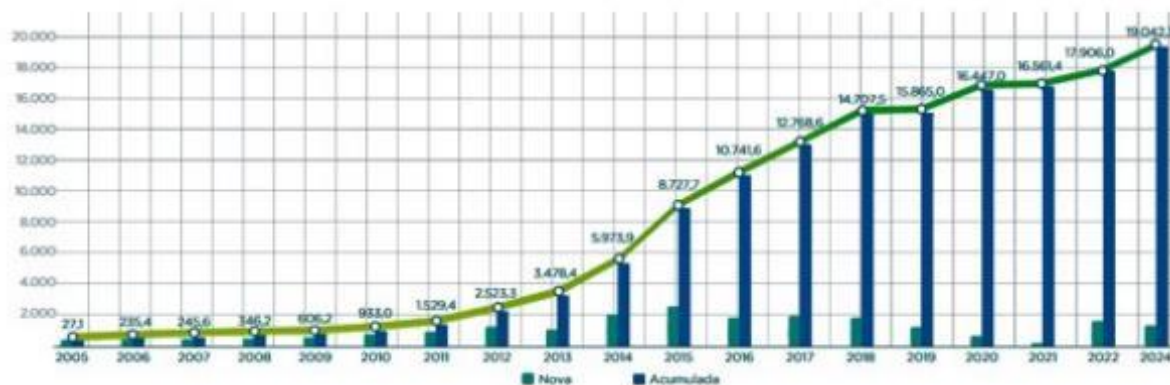
**Gráfico 3** – Ranking de capacidade eólica nova *onshore* instalada em 2018 no mundo (em MW)



Fonte: Adaptado de GWEC (2018).

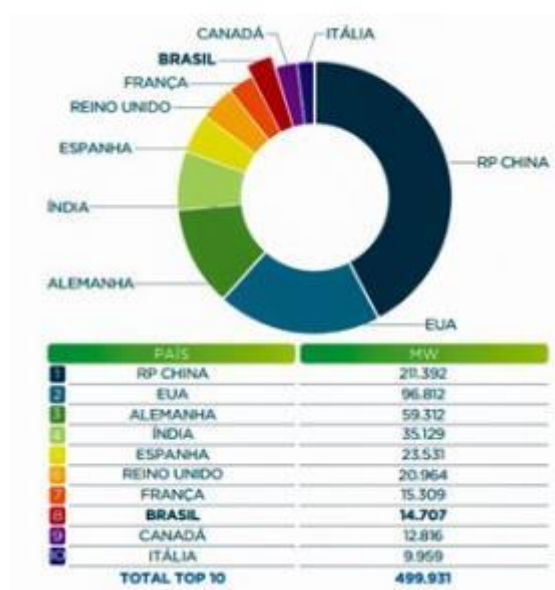
Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), em seu Boletim Anual de Geração Eólica de 2018, a produção de energia elétrica foi equivalente ao consumo médio de 76 milhões de habitantes, com tendência de aumento, como está apresentado na Figura 2. Ademais, ainda segundo a ABEEólica, o total das emissões de dióxido de carbono evitadas em 2018 foram de 20,58 milhões de toneladas, referente ao emprego da energia eólica.

**Figura 2** – Capacidade nova e acumulada em MW da matriz eólica brasileira



Fonte: ABEEólica (2018).

No contexto mundial, o Brasil passou a ocupar, em 2018, o oitavo lugar em capacidade eólica acumulada, estando apresentada na **Figura 3** a lista dos dez países com maior capacidade acumulada no respectivo ano.

**Figura 3 – Ranking de capacidade eólica acumulada em 2018**

Fonte: ABEEólica (2018).

### Aspectos territoriais do Brasil

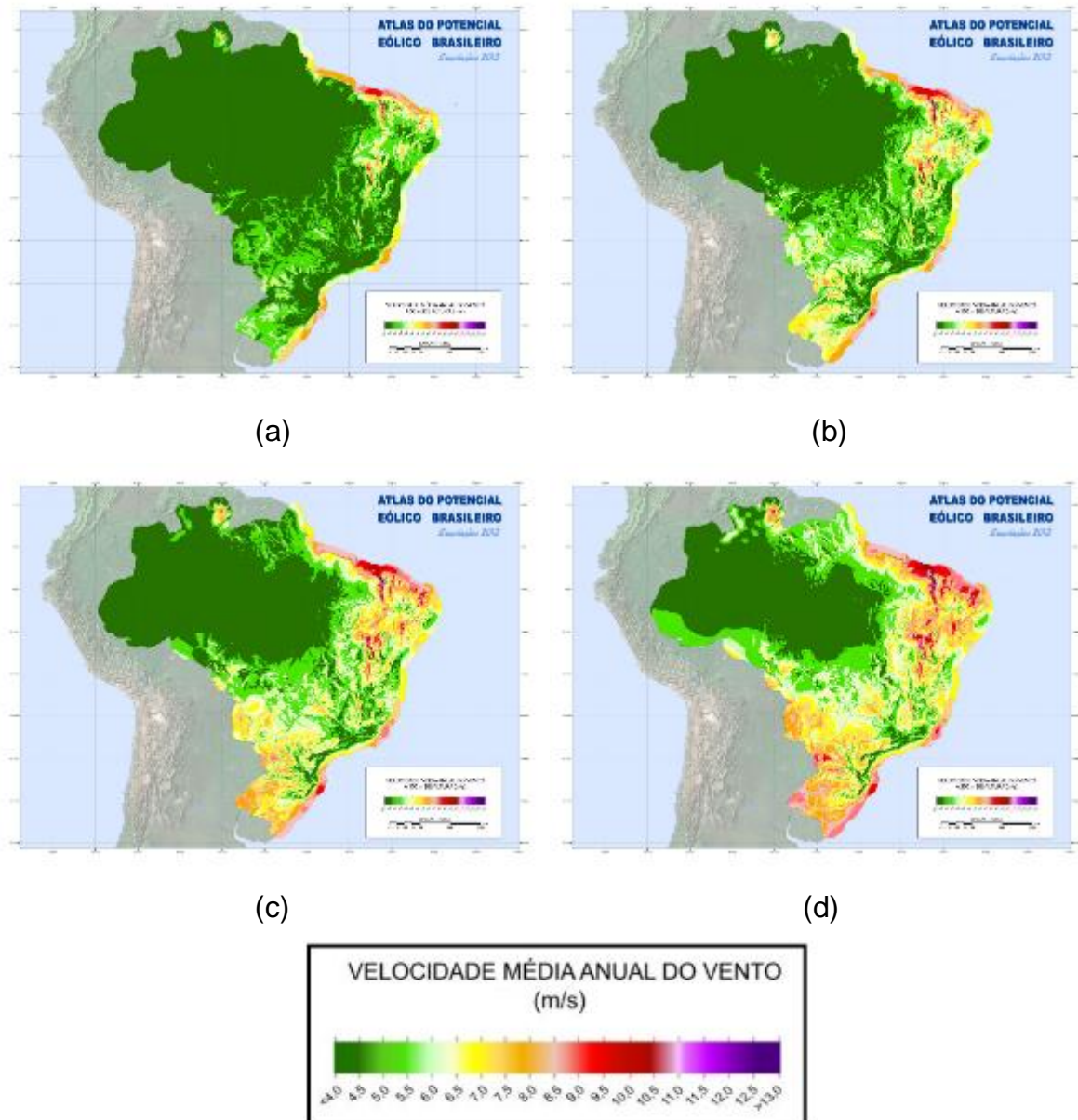
O Brasil possui uma vasta área territorial, de cerca de 8.510.820,623 km<sup>2</sup>, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018). A zona costeira possui mais de 8500 km de extensão, que abrange 17 estados e alonga-se até 321,87 km da costa segundo o Ministério de Meio Ambiente (MMA), conforme os limites indicados na **Figura 4**.

**Figura 4 – Plataforma continental brasileira**

Fonte: MMA (2020).

Na **Figura 5** está apresentada a velocidade média anual do vento para as altitudes de (a) 50m, (b) 100m (c) 150m e (d) 200m, em todo território brasileiro.

**Figura 5** – Velocidade média anual do vento para as altitudes de (a) 50m, (b) 100m, (c) 150m e (d) 200m



Fonte: CEPEL (2017).

Fica evidenciado pela figura anterior que as regiões que possuem maiores velocidades do vento estão concentradas na região costeira. Para altitudes maiores que 100m, as regiões interiores no sul e sudeste também apresentam altos valores de velocidade média anual.

Segundo (PEREIRA, 2016), além da velocidade do vento, outro importante parâmetro do ambiente relacionado com a potência gerada por um aerogerador é a massa específica do ar. Na **Figura 6** está indicada a massa específica do ar a 100m de altitude em todo território brasileiro, corroborando, assim, a qualidade da costa brasileira para a instalação de parques eólicos, uma vez que a mesma apresenta altos valores de velocidade do vento assim como de massa específica.

**Figura 6** – Massa específica do ar a 100m de altura no território brasileiro

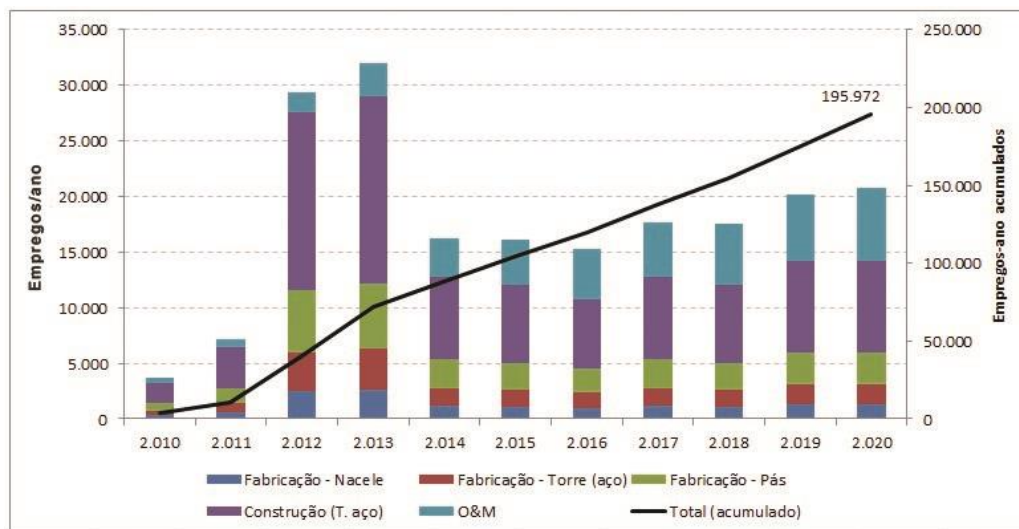


Fonte: CEPEL (2017).

### Questões socioeconômicas referentes a energia eólica no Brasil

Segundo a pesquisa realizada por (SIMAS et. al., 2013), entre o período de 2010 a 2020 foram gerados, aproximadamente, 195 mil empregos conforme a distribuição apresentada na **Figura 7**. Os empregos apresentados na **Figura 7** podem ser classificados quanto ao seu volume de empregos, sua localização, a natureza temporal e o nível de especialização, conforme é apresentado por (SASTRESA et. al., 2010) e está indicado na **Tabela 1**.



**Figura 7 - Empregos-ano acumulados entre 2010 e 2020.**

Fonte: SIMAS et. al. (2013)

**Tabela 1 – Classificação dos empregos na energia eólica e suas características**

Categoria	Volume de empregos	Localização dos empregos*	Natureza temporal	Nível de especialização
Desenvolvimento tecnológico	Médio	De não local para local	Estável	Muito alta
Instalação e descomissionamento	Alto	De local para não local	Temporário	Alta
Operação e manutenção	Baixo	Local	Estável	Média

\* De maior para menor probabilidade

Fonte: SASTRESA et. al.(2010) e SIMAS et. al. (2013).

Conforme é exposto por (SIMAS et. al., 2013), a categoria do desenvolvimento tecnológico está relacionada com a fabricação de equipamentos e P&D. A categoria de instalação e descomissionamento envolve o planejamento, gestão de projetos, transportes e construção de usinas. Por último, a categoria de operação e manutenção refere-se aos serviços de operação e manutenção (O&M), a geração e distribuição da energia.

### Considerações finais

A partir dos dados estatísticos provenientes dos órgãos específicos da área, como a Empresa de Pesquisa Energética, a Associação Brasileira de Energia Eólica

e o Global Wind Energy Council, fica evidenciado que a geração elétrica, a partir da matriz eólica, vem se consolidando não somente no Brasil, mas também em diversos outros países pelo mundo.

Tendo-se em vista, principalmente, às questões relacionadas ao aquecimento global, a matriz eólica vem desempenhando um importante papel, pois permite a substituição, aos poucos, daquelas matrizes que contribuem na emissão de gases poluentes, como o dióxido de carbono emitido pelas termoelétricas na queima de combustíveis fósseis.

Sendo assim, o presente trabalho apresentou, por meio de dados estatísticos, a crescente adoção da energia eólica no Brasil, a qual, hoje, já representa uma das maiores fontes energéticas do país.

## Referências

Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica). **Boletim Anual de Geração Eólica 2018**. Disponível em: [http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Boletim-Anual\\_2018.pdf](http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Boletim-Anual_2018.pdf). Acesso em 26 de junho de 2019.

BULL, S. R. **Renewable Energy Today and Tomorrow**. Proceeding of the IEEE, VOL.89, N°8, Agosto de 2001.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro: Simulações 2013**. Rio de Janeiro, 2017.

CUNHA, E. A. A., SIQUEIRA, J. A. C., NOGUEIRA, C. E. C. e DINIZ, A. M. **Aspectos históricos da energia eólica no brasil e no mundo**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 8, n. 4, 2019.

DE CARVALHO, J. F. **Combustíveis fósseis e insustentabilidade**. Ciência e cultura, v. 60, n. 3, p. 30-33, 2008.

DUTRA, R. M. **Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018**. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>. Acesso em: 26 de junho de 2019.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Consumo Anual de Energia Elétrica por classe (nacional)**. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Consumo-Anual-de-Energia-Eletrica-por-classe-nacional>. Acesso em: 26 de junho de 2019.

GALDINO, M. A. E. **O contexto das energias renováveis no Brasil**. Revista da DIRENG, p. 17-25, 2000.

Global Wind Energy Council (GWEC). **Annual Global Wind Report**. Disponível em: <https://gwec.net/members-area-market-intelligence/reports/>. Acesso em 26 de junho de 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Área Territorial**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 13 de maio de 2020.

Ministério de Meio Ambiente (MMA). **Zona Costeira e Marinha**. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Consumo-Anual-de-Energia-Eletrica-por-classe-nacional>. Acesso em: 05 de maio de 2020.

PALI, B. S.; VADHERA, S. **Renewable Energy Systems for Generating Electric Power: A Review**. 1st IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES), 2016.

PEREIRA, M. V. R. **Impacto da altura de aerogeradores sobre a velocidade do vento, energia, efeito de esteira e intensidade de turbulência: Estudos de caso em três projetos eólicos localizados no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

RATTNER, H. **Mudanças climáticas: aquecimento e esfriamento**. Revista Espaço Acadêmico, v. 10, n. 120, p. 163-166, 2011.

SASTRESA, E. L.; USÓN, A. A.; BRIBIÁN, I. Z. e SCARPELLINI, S. **Local impact of renewables on employment: assessment methodology and case study**. Renewable and sustainable energy reviews, v. 14, n. 2, p. 679-690, 2010.

SILVA, A. M.; VIEIRA, R. M. F. **Energia eólica: conceitos e características basilares para uma possível suplementação da matriz energética brasileira**. Revista Direito Ambiental e Sociedade, v. 6, n. 2, 2016.

SIMAS, M. e PACCA, S. **Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável**. Estudos avançados, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013.