

## **Estudo Bibliométrico das Barreiras da Energia Eólica no Mundo – Análise para o Brasil**

Maria Fernanda Fernandes Moraes <sup>1</sup>

Márcio Zamboti Fortes <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense – UFF, Niterói – RJ, Brasil

### **Resumo:**

Em tempos de aquecimento global devido ao aumento na emissão de gases de efeito estufa proveniente de diversas fontes, a energia eólica surge como uma alternativa limpa para mudar o cenário. Apesar da matriz energética brasileira ser predominantemente de fontes renováveis, a energia hidrelétrica está exposta aos períodos de seca e impactos nas construções de novas barragens. O Brasil está entre os 10 países com maior capacidade instalada na produção de energia eólica no mundo, porém ainda bem aquém do seu verdadeiro potencial. Este estudo busca identificar quais são as principais barreiras enfrentadas pelo setor no país, utilizando como ferramenta de análise o estudo bibliométrico. Este estudo sinaliza do ponto de vista dos autores os pontos chaves para que esta tecnologia deslanche no Brasil.

**Palavras-chave:** Energia Eólica, Estudo Bibliométrico, Barreiras para Implantação

**Abstract:** In times of global warming due to the increase in greenhouse gas emissions from various sources, wind energy emerges as a clean alternative to change this scenario. Although the Brazilian energy matrix is predominantly from renewable sources, hydroelectric power is exposed to periods of drought and impacts on the construction of new dams. Brazil is among the 10 countries with the largest wind energy installed capacity in the world, but still well below its true potential. This study seeks to identify which are the main barriers faced by the sector in the country, using the bibliometric study as an analysis tool. This study points out from the authors' point of view, the key points for this technology to grow up in Brazil.

**Keywords:** Windy Energy, bibliometric study, deployment barriers

## 1. INTRODUÇÃO

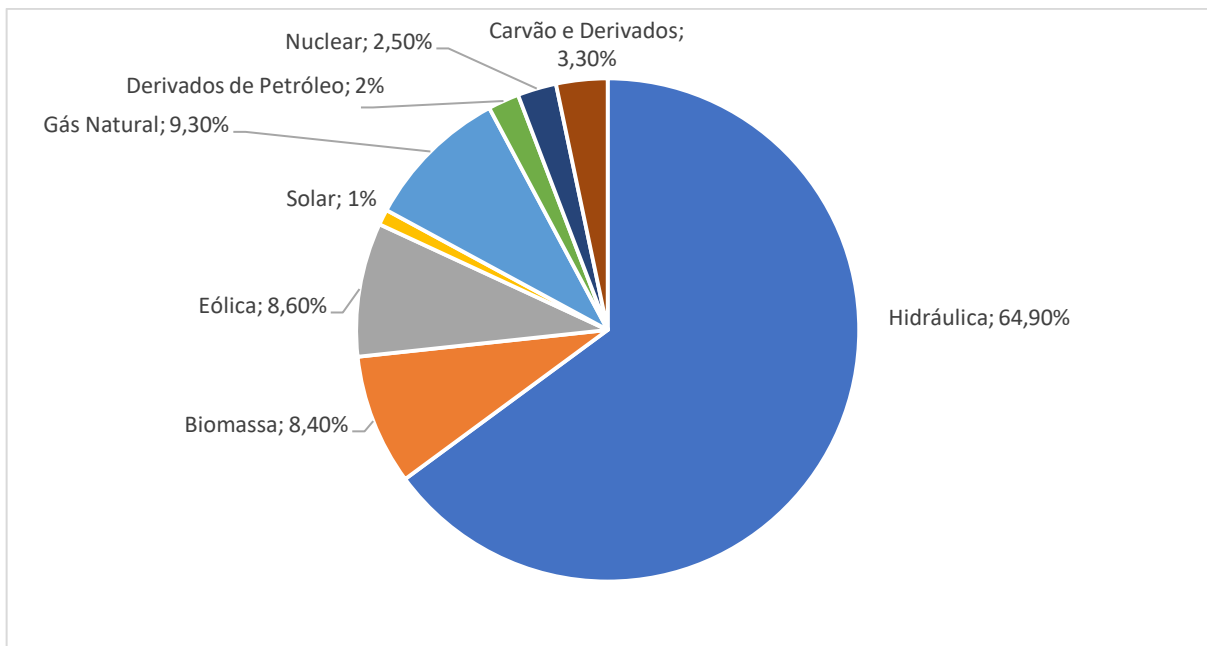
O estudo bibliométrico pode ser aplicado em diversas áreas de pesquisa como ferramenta para o entendimento de um problema e das soluções apresentadas pela academia e sociedade. Como exemplo da importância desse estudo, temos o trabalho de Barbosa (2020) para o setor ambiental. Em outros setores da economia como no Turismo esta ferramenta também pode ser aplicada como a pesquisa *Quality in Tourism Literature: A Bibliometric Review* (GARRIGOS-SIMON, 2019). Temos também pesquisas utilizando esta técnica na sustentabilidade urbana como apresenta Sharifi (2020). Aplicado aos diferentes setores da economia, estudos como este podem auxiliar a decisão das organizações para escolha de ações de gestão e no planejamento estratégico. Segundo Pasquim e Fumagalli (2017), o planejamento estratégico surge como principal ferramenta para guiar ações de organizações, refletindo nos ambientes externos e internos.

O conceito de energia renovável pode ser considerado a energia resultante de fontes que naturalmente se regeneram e que, do ponto de vista humano, tem duração infinita como a geração a partir da luz solar, ventos, movimentos da água e biomassa (ROCHA et al, 2018). Quando se fala no aquecimento global em todo o mundo e na necessidade urgente de redução na emissão de CO<sub>2</sub>, logo pensamos como forma imediata a transição dos combustíveis fósseis para o uso de energia limpa. A atenção para as fontes de energia renováveis começou a ganhar destaque quando houve elevação dos preços dos barris de petróleo após a crise do óleo em 1973 e a guerra do Golfo em 1991, reduzindo a disponibilidade do insumo, além das restrições impostas pelas regulamentações governamentais sobre as emissões de poluentes nos combustíveis fósseis (SEN e GANGULY, 2017). Além disso, o petróleo é uma fonte finita e não renovável, com prazo para o esgotamento das fontes, e ainda extremamente prejudicial ao meio ambiente, tornando a busca por alternativas imediata (AQUILA et al., 2017).

O Brasil é um dos 195 países que concordaram em reduzir as emissões de gases do efeito estufa no Acordo de Paris realizado em setembro de 2016, comprometendo-se em diminuir em 37% as emissões até 2025 e 43% até 2030, com base nos níveis alcançados em 2005, com o objetivo de restringir o aquecimento global médio em menos de 2° C e buscar esforços para limitar o aumento a 1,5° C. (LIMA et al, 2020; CARVALHO et al 2020). Nesse contexto, para que o país consiga atingir a meta estabelecida, é de extrema importância a produção e uso de energia limpa e o Brasil possui um enorme potencial na produção de energia

eólica, solar e biomassa por se tratar de um país tropical com forte insolação, ventos costeiros de qualidade e grande biodiversidade (LIMA et al, 2020).

Observando o gráfico da Figura 1, percebe-se que o Brasil possui uma matriz elétrica predominantemente renovável, onde as hidrelétricas aparecem em primeiro lugar com 64,9%, seguida pelo gás natural com 9,3% e energia eólica em terceiro lugar representando 8,6% do total.



**Figura 1.** Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte. Fonte: Adaptado, Balanço Energético Nacional 2020

O Brasil é um dos líderes mundiais em produção de energia renovável devido à produção de energia a partir de hidrelétricas, considerado recurso natural e não poluente (BONDARIK et al., 2018). Apesar de ser considerada energia limpa, a construção das barragens e reservatórios hidrelétricos geram uma série de impactos ambientais e sociais, como perda do habitat nativo para espécies endêmicas e biodiversidade, mudança no funcionamento dos ecossistemas aquáticos, produção de gases de efeito estufa e relocação de comunidades nativas (PESTANA et al., 2019). Além disso, estão expostos à escassez de chuvas para geração de energia suficiente para atender a necessidade da população, sofrendo com as épocas de estiagem, onde não conseguem suprir totalmente a demanda de energia, sendo necessário muitas vezes a importação de outros países e utilização de fontes não renováveis, como energia nuclear ou

usinas térmicas, movidas a óleo diesel, onde o consumo teve aumento de 2% em 2019 em relação a 2018 (EMPRESA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 2020).

Como alternativa à dependência das hidrelétricas e opções não renováveis, a energia eólica é uma das principais fontes de energia limpa do país e vem ganhando força desde a última década, quando a capacidade global *onshore* (em terra, predominante no Brasil) quintuplicou, chegando a alcançar 486,79 GW (DIOGENES et al, 2020). Ainda de acordo com Diógenes e outros (2020), se o avanço da energia eólica seguir nesse ritmo, em 2030 haveria uma redução próxima à 23 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, além de outros benefícios como geração de empregos.

A tabela 1 mostra a combinação de dois estudos (ZWARTEVEEN et al., 2021) resultando na classificação de 67 países de acordo com a quantidade acumulada instalada de energia eólica. O Brasil está entre os países com maior capacidade instalada com 660 usinas instaladas chegando à marca de 17 GW ao final de 2020 (MEIO FILTRANTE, 2021).

| 0 GW          | 0 - 0.1 GW     | 0.1 - 1 GW      | 1 - 10 GW     | >10 GW         |
|---------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|
| Afganistão    | Chade          | Mongólia        | Marrocos      | Brasil         |
| Angola        | Eritreia       | Cazaquistão     | Noruega       | Canadá         |
| Congo         | Indonésia      | Irã             | Chile         | França         |
| Iraque        | Síria          | Tunísia         | Uruguai       | Reino Unido    |
| Libia         | Islândia       | Argentina       | África do Sul | Espanha        |
| Madagascar    | Nigéria        | República Checa | Japão         | Índia          |
| Mali          | Arábia Saudita | Etiópia         | Irlanda       | Alemanha       |
| Moçambique    | Somália        | Ucrânia         | México        | Estados Unidos |
| Niger         | Namíbia        | Nova Zelândia   | Holanda       | China          |
| Omã           | Argélia        | Egito           | Austrália     |                |
| Paraguai      | Rússia         | Paquistão       | Dinamarca     |                |
| Sudão         | Colômbia       |                 | Polónia       |                |
| Tanzania      | Quênia         |                 | Turquia       |                |
| Turcomenistão | Bolívia        |                 | Suécia        |                |
| Uzbequistão   | Mauritânia     |                 |               |                |
| Zâmbia        | Venezuela      |                 |               |                |
|               | Bielorrússia   |                 |               |                |

**Tabela 1.** 67 países classificados por capacidade instalada de energia eólica ao final de 2017. Fonte: Autor, adaptado de ZWARTEVEEN et al., 2021

A energia eólica tem vantagens sobre outros tipos de energia como: menor custo de investimento quando comparado à outras usinas convencionais, menor tempo de configuração, nenhum custo com combustível, baixos custos de operação e manutenção, não provoca

aquecimento global, redução e dependência de combustíveis fósseis, redução de gases do efeito estufa e torres altas ocupando menos espaço nos parques (DWAN et al, 2019). Apesar dos benefícios, esta ainda encontra diversas barreiras no Brasil e no mundo (em especial, países em desenvolvimento). A literatura (AQUILA et al, 2017; DIOGENES et al, 2020; ZWARTEVEEN et al, 2021) relata as principais barreiras no avanço da energia eólica nos países em desenvolvimento como os altos custos tecnológicos e desvantagens em relação ao custo-benefício comparado com as fontes convencionais. Estes autores citam e destacam a falta de conhecimento tecnológico pelos *stakeholders*, incentivos políticos, mensagem clara dos empreendedores para o governo sobre suas reais necessidades, transporte das turbinas, falta de pessoal capacitado, aceitação pela comunidade em áreas turísticas, impactos ambientais e falta de incentivos em pesquisa e desenvolvimento entre outros.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Energia eólica no Brasil**

O Brasil começou a voltar sua atenção para fontes de energia alternativas após o apagão ocorrido em 2001 devido à diminuição drástica no volume das hidrelétricas no período de seca, não sendo suficiente para atender a demanda da população, resultando no racionamento que durou até 2002 (NETO et al, 2020). Além disso, outras razões levaram o país a buscar novas fontes como o crescimento da atividade industrial, crescimento urbano e expansão da agricultura, aumentando os níveis de poluição (AQUILA et al., 2017).

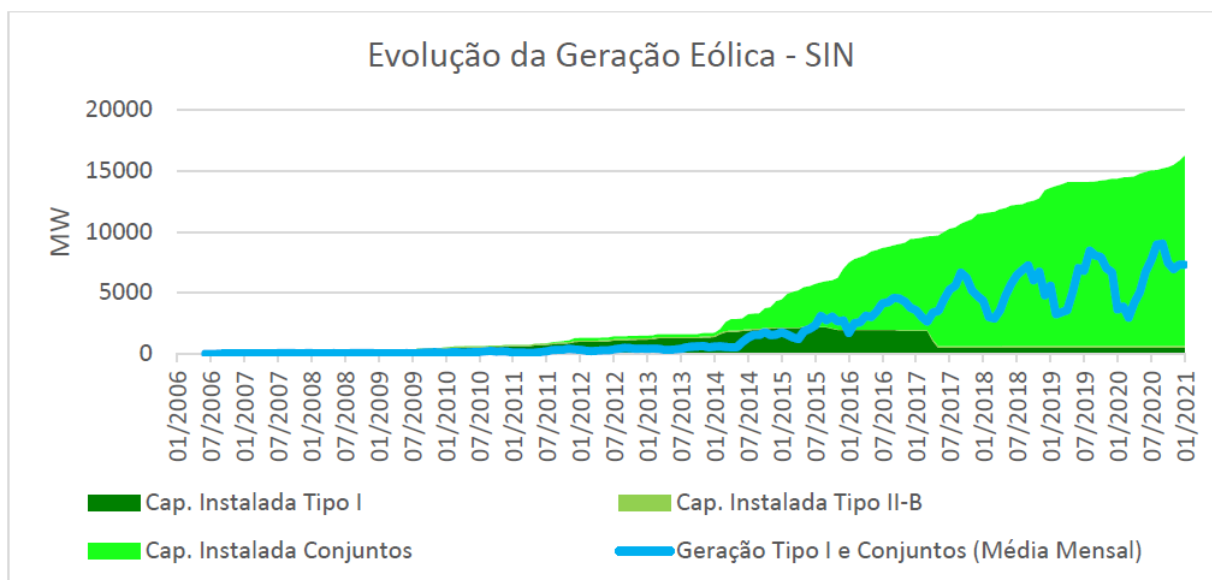
Em 2001, em resposta à crise energética ocorrida em 2001, foi criado o PROEÓLICA (Programa Emergencial de Energia Eólica), com o intuito de implantar a capacidade de 1.050 MW em projetos de energia eólica até dezembro de 2003 no SIN (Sistema Integrado Nacional), onde os preços eram estabelecidos pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e os custos da Eletrobrás repassados para as empresas distribuidoras da rede elétrica (Neto et al, 2020). Contudo, esse programa não deu certo e no mesmo ano foi criado o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), primeiro programa com uma política direcionada ao incentivo do consumo de energia a partir de fontes renováveis no Brasil (AQUILA et al, 2017). O programa incentivou ainda a instalação da indústria de produção dos componentes e turbinas eólicas no país.

Outros incentivos surgiram como desoneração do ICMS sobre equipamentos, redução de 50% das tarifas de transmissão e distribuição para as usinas eólicas (capacidade até 30MW) e

adiantamento de créditos PIS-COFINS para descontos na compra de equipamentos à vista (PINTO e SANTOS, 2019), além da redução do imposto de importação sobre bens de capital destinados a renováveis (CENÁRIOS EÓLICA, 2018).

Em 2009, ocorreu o primeiro leilão voltado para a comercialização de energia eólica. Os leilões surgem como a principal forma de contratação de energia no Brasil, onde concessionárias, permissionárias e autorizadas de serviço público de distribuição de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) conseguem garantir o atendimento a todo o mercado no Ambiente de Contratação Regulada (ACR). Os leilões são realizados pela CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica). O funcionamento dos leilões está descrito em (CCEE, 2021).

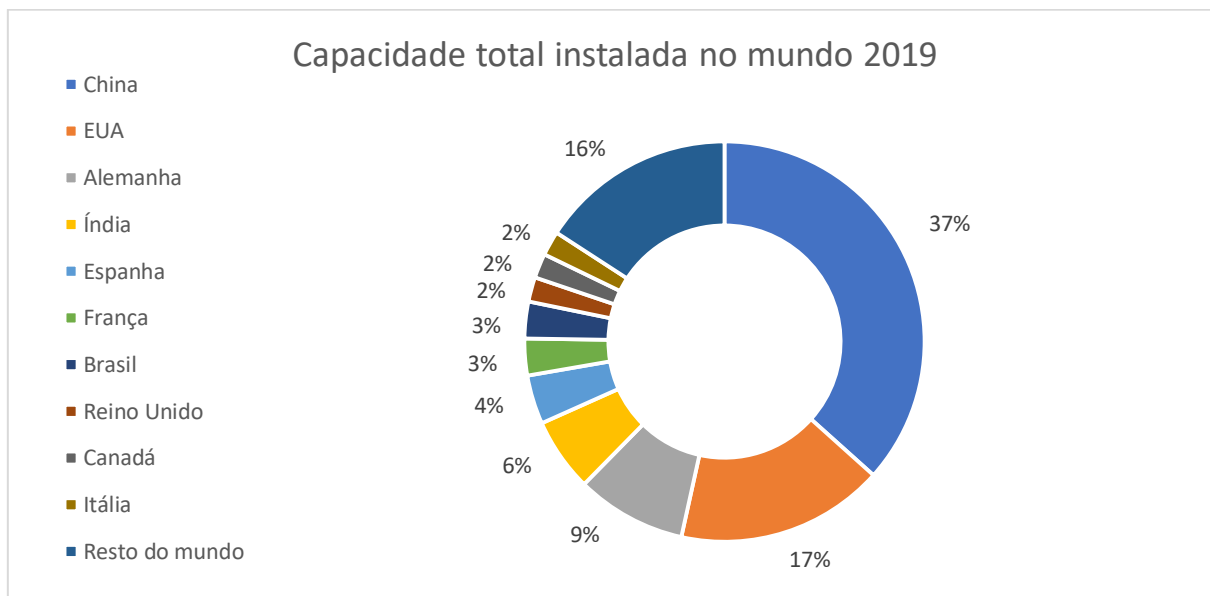
Ao pesquisar sobre o tema, temos como principal unidade de medida a capacidade instalada que, de acordo com a ANEEL, é “o somatório das potências instaladas, concedidas ou autorizadas, das usinas de geração de energia elétrica em operação localizadas no sistema, definidas conforme legislação específica da ANEEL, e das capacidades autorizadas de importação de energia localizadas no sistema”. O gráfico da Figura 2 mostra a evolução da capacidade instalada de energia eólica no Brasil desde 2006, onde pode-se observar um pequeno crescimento a partir de 2010, tendo um aumento considerável a partir de 2014.



**Figura 2.** Fonte: Boletim Mensal de Geração Eólica 2021 ONS (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2021)

No cenário mundial, de acordo com o relatório publicado pela GWEC (*Global Wind Energy Council*) em 2020, ano base 2019, o Brasil apareceu como 7º país com maior número

de instalações *onshore* no mundo, com capacidade instalada de 15.449 MW (3% do total), sendo o país líder a China, com capacidade de 229.564 MW, representando 37% do total mundial, como mostra a figura 3 (GWEC, 2019). Ainda com base nos dados publicados no relatório, o total de capacidade instalada no mundo de energia eólica em 2019 foi de 621 GW. Estudos apontam o potencial total mundial em torno de 1.700.000 GW (DAHR et al, 2020), ou seja, em 2019 havia apenas 0,04% de capacidade instalada comparada com o potencial.



**Figura 3.** Fonte: Adaptado do GWEC (2019)

## 2.2 Principais barreiras no avanço da energia eólica

Uma das principais barreiras para a entrada das fontes de energias renováveis no sistema, de acordo com Aquila et al (2020) são os altos custos de tecnologia e desvantagens quando comparados os custos-benefícios com as fontes convencionais, como os combustíveis fósseis. Em países em desenvolvimento, como o Brasil, essa barreira é ainda maior pois é necessário a importação de tecnologia e peças, na maioria dos casos. Custos iniciais altos e o nível de desenvolvimento em que se encontra a tecnologia eólica em relação às tecnologias tradicionais já disponíveis, caracteriza a energia oriunda dos ventos como sendo de baixa competitividade (SIMAS e PACCA, 2013), afirmativa muitas vezes questionada pelo desenvolvimento tecnológico que vem passando nos últimos anos.

Em estudo publicado em 2020 por Diógenes et al. (2020), foi feita uma revisão sistemática e foram identificadas 31 barreiras na difusão da energia eólica *onshore*, sendo divididas em sete categorias (falhas de mercado, distorções de mercado, econômica e

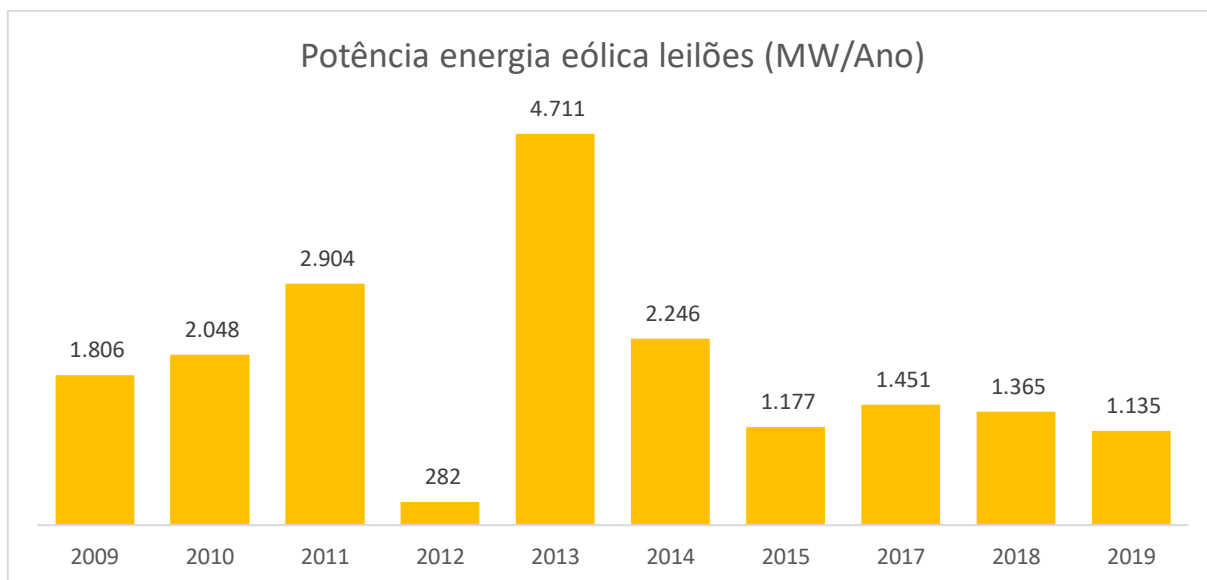
financeira, institucional, tecnológica, social e outras barreiras). As barreiras citadas foram: setor de energia altamente controlado, falta de conscientização e informação, acesso restrito à tecnologia, falta de concorrência, custos de transações elevados, pobre infraestrutura de mercado, tratamento favorável a energia convencional, taxas na energia eólica, não consideração de externalidades, inviabilidade econômica, período longo para retorno financeiro, altos custos de capital, falta ou acesso inadequado ao capital, custos de capital inicial elevados, falta ou limitação de instituições ou instrumentos financeiros, falta de instituições e mecanismos, falta de estrutura legal / regulatória, problemas de captação de incentivos financeiros, ambiente macroeconômico instável, falta de envolvimento dos *stakeholders* na tomada de decisão, conflito de interesses, falta de cultura de pesquisa e desenvolvimento, falta de padrões, códigos e certificações, falta de pessoal capacitado, falta de operações e instalações de manutenção, restrições do sistema, produto não confiável, falta de consumidores / aceitação geral, falta de aceitação social a nível comunitário, incerteza e falta de suporte de políticas governamentais e falta de infraestrutura.

As barreiras técnicas e econômicas enfrentadas demonstram a necessidade de que incentivos econômicos e regulatórios sejam criados por parte dos governantes (SIMAS e PACCA, 2013). Rocha et al (2018) cita exemplos de políticas como tarifas *feed-in* (baseado em uma tarifa fixa por kWh ou MWh gerado, com a obrigação da compra de energia pelos distribuidores ou consumidores já estabelecidos), quotas com certificados verdes (uma obrigação é estabelecida para o consumo de energia de fontes renováveis, com a demanda sendo suprida pelos produtores mais eficientes que recebem certificados, criando um lucro adicional para projetos de geração de energia verde) e leilões, onde o governo realiza concursos para produtores de energia renovável com um preço máximo pré-estabelecido ou capacidade máxima de geração.

Entre 2017 e 2018 houve uma redução de 47% nos investimentos em renováveis no Brasil, caindo de USD 6,2 bilhões para USD 3,3 bilhões, sendo observada essa queda no cenário mundial (CARVALHO et al, 2020). Algumas razões que influenciaram nessa queda no Brasil foi a desaceleração econômica, atrasos nos leilões de energia e desvalorização em 19% do real em relação ao dólar. A figura 4 mostra os leilões que ocorreram desde 2009 (primeiro em energia eólica), onde observa-se um aumento de 16,7 vezes em 2013 comparado à 2012 e, logo em seguida, uma queda drástica a partir de 2014 (queda de quase 48% na potência vendida



comparado com 2013), sendo os últimos leilões no ano de 2019. Não houveram leilões de energia eólica em 2016 e 2020.



**Figura 4.** Fonte: Autor, adaptado ANEEL (2021)

Outra barreira, como a aceitação geral da sociedade a nível comunitário envolve questões com receio nos impactos ambientais, impacto visual, biodiversidade e saúde humana com a instalação dos parques eólicos e linhas de transmissão (DIOGENES et al, 2020), fatores que corroboram com o estudo apresentado por Pinto et al. (2017). Outro estudo publicado em 2015 (LOUREIRO et al., 2015), relata ainda impactos em áreas litorâneas como desmatamento da vegetação, soterramento de lagoas e mudanças nos níveis hidrostáticos dos lençóis freáticos. A construção e operação dos parques eólicos são realizados em terrenos mais afastados do perímetro urbano, com presença de fauna e flora e atividade humana em áreas rurais, podendo ter como consequência ruído, danos ecológicos, interferências eletromagnéticas e impactos no cenário (PINTO e SANTOS, 2019).

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

Essa pesquisa utilizou como base para os dados a plataforma ScienceDirect operada pela editora anglo-holandesa Elsevier que é uma das bases indicada pelo Capes pesquisas acadêmicas no Brasil.

As palavras-chave escolhidas foram: *wind power*, *renewable energy policy*, *brazil*, *barriers*, *impacts*, *climate change* e *sustainable development*, onde selecionaram-se apenas os artigos de revisão. Foram encontrados no total 452 artigos, onde a amostra inclui o primeiro artigo publicado em 1977 e artigos recentes publicados em 2021. A última pesquisa feita no

ScienceDirect com os artigos atualizados considerados na base de fevereiro de 2021 para limite e redação deste documento.

Este trabalho utilizou para os resultados bibliométricos o VOSviewer, software gratuito obtido através de (<https://www.vosviewer.com/>), para mapeamento científico estruturando os dados obtidos. Esta ferramenta é amplamente utilizada na literatura bibliométrica, como exemplos pode-se citar Wang et al. (2021) e Guo et al. (2020). O software desenha a estrutura e redes de autores e palavras-chave utilizadas na literatura. A análise deste estudo, considerou a co-ocorrência das palavras-chave utilizadas e co-citação entre os autores encontrados.

Para as palavras-chave, foi considerado como parâmetro a co-ocorrência mínima das palavras em 3 artigos. O total foi 1.486 palavras onde 100 se encaixaram na co-ocorrência. Para os autores, utilizamos o número 1 como mínimo de documentos de um autor, onde o total foi de 1.641 autores. O software limita a 1.000 o número de autores e por isso, foi o número utilizado neste trabalho. Do universo de 1.000 autores da rede, muitos não estão conectados entre si, sendo o maior conjunto de itens que se conectam com 26 nomes, sendo limitado o número máximo de 25 autores por documento.

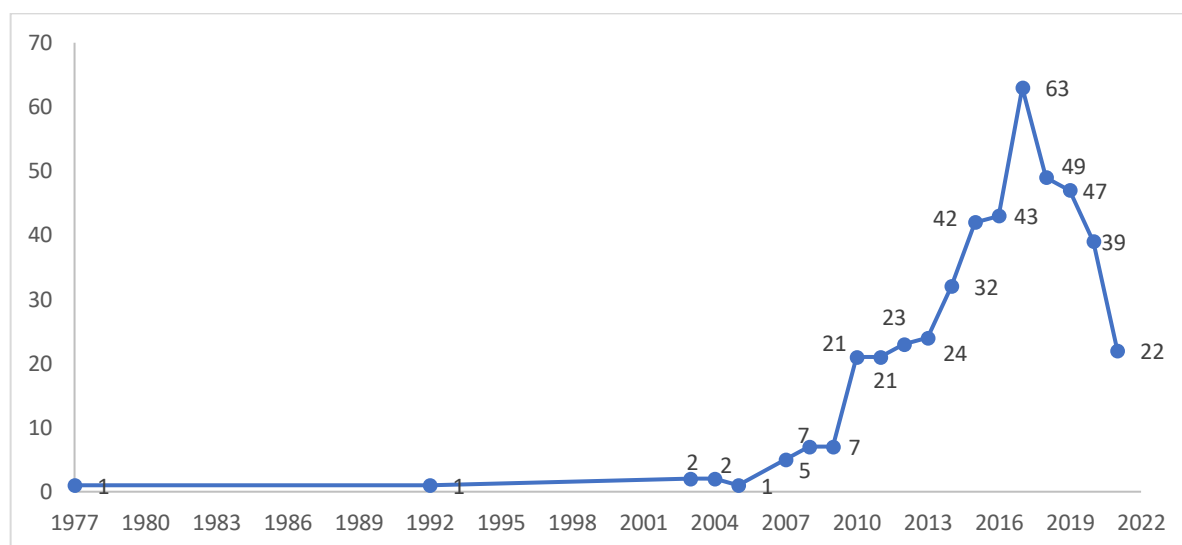
No universo dos autores, os que tiveram maior destaque, considerando o número de publicações, foram Benjamin K. Sovacool (7), Saidur Rahman (6), Nasrudin Abd Rahim (3), Carmen Dienst (3), Keat Teong Lee (3), Willington Ortiz (3), Julia Terrapon-Pfaff (3), Aqeel Ahmed Bazmi (3), Abdul Waheed Bhutto (3) e Gholamreza Zahedi (3). Esta informação pode ser visualizada na Figura 5 com os 20 principais autores encontrados, incluindo número de publicações e força de co-citação.

| id   | Autor                 | Nº Documentos | Força co-citação |
|------|-----------------------|---------------|------------------|
| 1406 | sovacool, benjamin k. | 7             | 19               |
| 1275 | saidur, r.            | 6             | 16               |
| 1177 | rahim, n.a.           | 3             | 13               |
| 355  | dienst, carmen        | 3             | 8                |
| 833  | lee, keat teong       | 3             | 8                |
| 1077 | ortiz, willington     | 3             | 8                |
| 1450 | terrapon-pfaff, julia | 3             | 8                |
| 155  | bazmi, aqeel ahmed    | 3             | 6                |
| 172  | bhutto, abdul waheed  | 3             | 6                |
| 1596 | zahedi, gholamreza    | 3             | 6                |
| 1392 | soares, n.            | 2             | 19               |
| 849  | li, jing              | 2             | 17               |
| 627  | huisingh, donald      | 2             | 14               |
| 1548 | wilkinson, paul       | 2             | 13               |
| 550  | guzović, zvonimir     | 2             | 12               |
| 904  | lund, henrik          | 2             | 12               |
| 937  | markovska, natasa     | 2             | 12               |
| 953  | mathiesen, brian vad  | 2             | 12               |
| 1130 | piacentino, antonio   | 2             | 12               |
| 1476 | tyagi, v.v.           | 2             | 11               |

**Figura 5.** 20 principais autores encontrados na pesquisa.

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

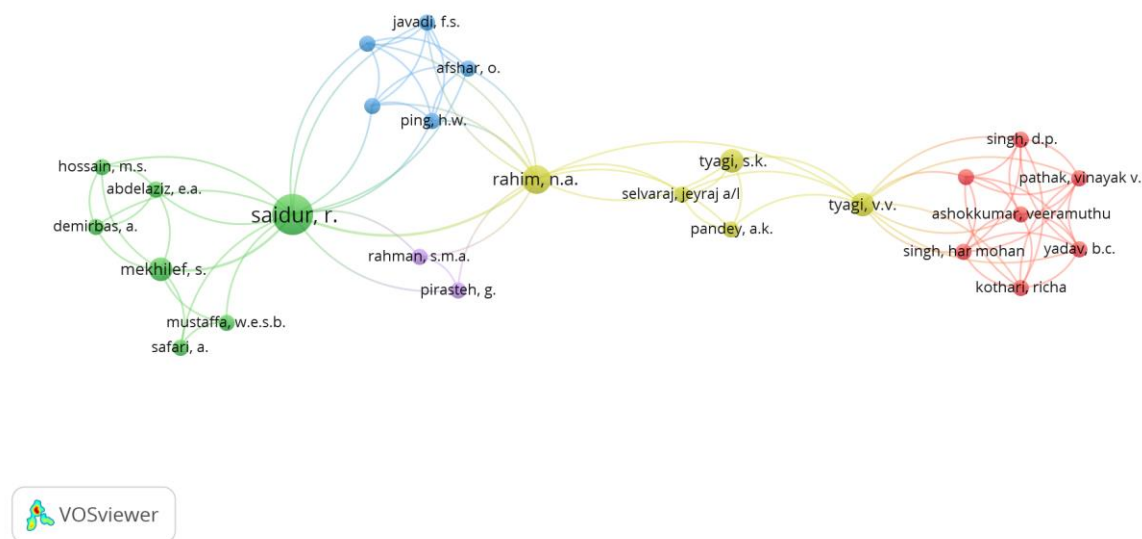
Dos 452 artigos encontrados na base de dados ScienceDirect, o primeiro foi publicado em 1977, *Planning and urbanism in China* (JEFFREY e CALDWELL, 1977), com relatórios diretos resultados de uma viagem a China, sobre planejamento no desenvolvimento do país, especialmente referente à alocação de recursos para produção. Com base nos resultados através das palavras-chave escolhidas, vemos que o crescimento de publicações no tema só ganha força a partir de 2010, quando triplica o número de artigos em relação ao ano anterior. Vemos o pico do gráfico no ano de 2017 com 63 artigos publicados e posterior queda entre os anos de 2018 e 2020 (como a base da pesquisa foi fevereiro/2021, as publicações ainda estavam em aberto para o ano corrente).



**Figura 6.** Publicações anuais no ScienceDirect a partir das palavras-chaves estabelecidas.

O estudo das palavras-chave através do software VOSviewer mostra a distribuição das palavras de forma mais frequente, através da co-ocorrência delas nos artigos encontrados. Este trabalho considerou como parâmetro a ocorrência mínima das palavras em 3 artigos. Apenas 100 palavras tiveram co-ocorrência com o mínimo de 3 artigos e 12 clusters foram identificados: *renewable energy* (verde claro), *sustainability and climate change* (roxo), *sustainable development* (azul escuro), *energy policy* (amarelo), *wind and solar energy* (roxo claro), *biomass* (marrom), *bioenergy* (azul claro), *energy* (verde escuro), *electricity* (vermelho), *India* (laranja), *renewable* (rosa) e *energy conservation* (azul céu). Das 1.468 palavras encontradas, temos como resultado a figura 7.





**Figura 8.** Rede de co-citação dos autores relacionados à pesquisa. Mil seiscentos e quarenta e um autores identificados, com número mínimo de uma citação, limitado a 1.000 pelo software. Identificadas 26 co-citações.

Os dois principais autores com co-citação em rede são Saidur, R. e Rahim, N. A. representados pelos dois maiores nós (verde e amarelo). Saidur Rahman, surge com 6 publicações, sendo a mais recente de 2016, *Hydrogen fuel and transport system: A sustainable and environmental future* (AHMED et al, 2016), analisando a introdução do hidrogênio como combustível no sistema de transporte na Malásia para um futuro sustentável e ambiental. Nasrudin Abd Rahim, teve sua publicação mais recente em 2016, *Recent advances in solar photovoltaic systems for emerging trends and advanced applications* (PANDEY et al. 2016), apresentando uma revisão sobre os sistemas fotovoltaicos (SPV) e aplicações no cenário presente e futuro. Ambos os autores participaram do artigo publicado em 2013 *Global policy of rural electrification* (JAVADI et al., 2013) relatando as políticas globais para eletrificar as áreas rurais.

Dos autores que tiveram maior número de publicações no resultado encontrado, o destaque está para Benjamin Sovacool, com 7 publicações, seguido por Rahim com 6 e Saidur com 3. Em sua última publicação, em 2021 – *Climate change and industrial F-gases: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options for reducing synthetic greenhouse gas emissions* (SOVACOOL et al., 2021), os autores abordam quais as

opções disponíveis para mitigar os impactos ambientais causados pelos gases fluorados (citados como *F-gases* considerando o hidrofluorcarbonos/HFCs, perfluorocarbonos/PFCs, hexafluoreto de enxofre/SF6 e trifluoreto de nitrogênio/NF3), considerados gases super poluentes.

Entre os 3 autores em destaque, todos publicaram artigos que discutem sobre a implementação de fontes de energia alternativas e críticas aos combustíveis utilizados na atualidade, buscando formas menos poluentes e sustentáveis. Benjamin Sovacool é atualmente professor de políticas energéticas na *University of Sussex Business School* no Reino Unido. Saidur Rahman trabalha no Centro de Excelência em Pesquisa Renovável na *King Fahd University of Petroleum and Minerals* na Arábia Saudita tendo como áreas de pesquisa eficiência energética, transferência de calor e energia renovável. Por último, Nasrudin Abd Rahim, professor no Centro Avançado Dedicado à Energia Elétrica na *University of Malaya* com expertise nas áreas de energia renovável & política (conversão de energia, sistema de energia renovável e drives de motor).

Apesar do cenário de avanço que o Brasil apresenta na energia eólica, ainda há barreiras que precisam ser superadas para que o país consolide essa energia em sua matriz energética nacional. Os incentivos criados pelo governo ainda enfrentam incertezas regulatórias mantendo o ambiente de renováveis instável para os investidores (AQUILA et al., 2017). Há ainda a necessidade de uma nova política (PROINFA criado há 20 anos atrás) que priorize os recursos energéticos de fontes renováveis, aumentando de forma mais igualitária a oferta das mesmas na matriz elétrica (PINTO e SANTOS, 2019).

Em dados recentes apresentados pela Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), em 2021 o Brasil atingiu a marca de 18 GW de capacidade instalada, aumentando em 1,7% do total quando comparado com 2020 (8,6%), com 695 parques eólicos. Abaixo, a tabela 2 mostra a distribuição de potência distribuída por estado, sendo o Rio Grande do Norte líder com 28,6% de toda potência no país. A Bahia aparece como o estado que tem mais parques eólicos instalados.

| Estado       | Potência (MW)    | Parques    | Aerogeradores |
|--------------|------------------|------------|---------------|
| RN           | 5.154,20         | 182        | 2329          |
| BA           | 4.879,60         | 189        | 2175          |
| PI           | 2.275,90         | 79         | 982           |
| CE           | 2.179,30         | 84         | 1066          |
| RS           | 1.835,90         | 80         | 830           |
| PE           | 798,40           | 34         | 417           |
| MA           | 426,00           | 15         | 172           |
| SC           | 238,50           | 14         | 173           |
| PB           | 157,20           | 15         | 121           |
| SE           | 34,50            | 1          | 23            |
| RJ           | 28,10            | 1          | 17            |
| PR           | 2,50             | 1          | 5             |
| <b>TOTAL</b> | <b>18.010,10</b> | <b>695</b> | <b>8310</b>   |

**Tabela 2.** Potências instaladas de geração eólica no Brasil por estado.

Em 2019 aconteceram dois leilões (2019/3 – 29º LEN e 2019/4 – 30º LEN) onde foi leiloado um total de 3.381 MW/ano de potência instalada de energias renováveis como bagaço de cana, eólica, fotovoltaica, gás natural e hidro, onde o total da eólica foi de 1.135 MW, representando um percentual de 33,7% da potência instalada total. Os estados representantes foram Bahia (604 MW), Paraíba (215 MW), Rio Grande do Norte (183 MW) e Piauí (134 MW), Bahia ficando com o maior percentual de 53,21% do total leiloado (ANEEL, 2021).

Como foi observado anteriormente, a energia eólica vendida nos leilões vem caindo nos últimos anos e esta é uma das principais barreiras para o desenvolvimento da energia no país. Existem tendências que em 2021, apesar do impacto gerado pela pandemia, existam ações voltadas ao incentivo da geração eólica com o planejamento de 8 leilões, sendo 2 deles de energia nova, denominados A-3 e A-4 onde podem participar empreendimentos eólicos, fotovoltaicos, hidrelétricos menores que 50MW e termelétricos a biomassa (CANAL ENERGIA, 2020).

## 5. CONCLUSÕES

Este estudo expõe através de ferramenta bibliométrica o tema energia eólica no Brasil, apresentando uma visão das ações administrativas e de gestão para incentivo desta fonte no país, identificado suas oportunidades e barreiras.



É destacado o papel do Brasil dentro do cenário mundial de geração eólica e observa-se uma lacuna em publicações sobre o tema focados na realidade brasileira. Identificam-se oportunidades para pesquisa e reposicionamento brasileiro no aproveitamento deste potencial de energia renovável. Alguns autores e trabalhos que são destaques em fóruns acadêmicos são apresentados com seus respectivos artigos e redes de pesquisa.

Conclui-se este trabalho com comentários sobre oportunidades para o incentivo desta fonte no Brasil e possíveis ações que possam ser implementadas pelos gestores do setor para reduzir / minimizar as barreiras existentes e alavancar a implantação. No mais, este documento é uma abordagem inicial de um tema que deve ser mais explorado e discutido nos diversos fóruns nacionais e internacionais, lembrando que o Brasil possui ampla oportunidade de ajuste de sua matriz energética com tecnologia de ponta neste setor e que esta área de pesquisa necessita de maiores debates e sugestões para um futuro planejamento energético. A gestão energética no Brasil deve contemplar além dos programas de efficientização energética, ações voltadas ao incentivo de uma matriz energética mais renovável, e neste contexto a geração eólica pode contribuir com impactos positivos.

## 06. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. **Resultados dos Leilões de Geração no Ambiente Regulado**, 2021. Disponível em : <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYmMzN2Y0NGMtYjEyNy00OTNlLWl1YzctZjI0ZTUwMDg5ODE3IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2021.

AHMED, A. et al. Hydrogen Fuel and Transport System: A Sustainable and Environmental Future. **International Journey of Hydrogen Energy**, vol. 41, 2016. doi: 10.1016/j.ijhydene.2015.11.084.

AQUILA, G. et al. An Overview of Incentive Policies for the Expansion of Renewable Energy Generation in Electricity Power Systems and the Brazilian Experience. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Ed. 20, 2017. doi: 10.1016/j.rser.2016.12.013.

BARBOSA, F. et al. Estudo Bibliométrico em Custo Ambiental no Congresso Brasileiro de Custos, no Período de 1994 a 2019. **Revista Gestão em Foco**, Ed. 12, 2020.

BONDARIK, R.; PILATTI, L.A.; HORST, D.J. Uma Visão Geral Sobre o Potencial de Geração de Energias Renováveis no Brasil. **Interciencia**, vol. 43, n. 10, 2018.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tipos de Leilões**. Disponível em: [https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/o-que-fazemos/como\\_ccee\\_atua/tipos\\_leiloes\\_n\\_logado?\\_adf.ctrl-state=oc7rufrog\\_1&\\_afLoop=107675712535761#!%40%40%3F\\_afLoop%3D107675712535761%26\\_adf.ctrl-state%3Doc7rufrog\\_5](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/tipos_leiloes_n_logado?_adf.ctrl-state=oc7rufrog_1&_afLoop=107675712535761#!%40%40%3F_afLoop%3D107675712535761%26_adf.ctrl-state%3Doc7rufrog_5). Acesso em 30 março de 2021.

CANAL ENERGIA. **Governo pode realizar até oito leilões de geração em 2021**, 2020. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53157104/governo-pode-realizar-ate-oito-leiloes-de-geracao-em-2021>. Acesso em: 23 de dezembro de 2020.

CARVALHO, N.B. et al. How Likely is Brazil to Achieve its NDC Commitments in the Energy Sector? A Review on Brazilian Low-Carbon Energy Perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Ed. 133, 2020. doi: 10.1016/j.rser.2020.110343.

CENÁRIOS EÓLICAS. **Legislação e Tributos no Setor Elétrico**. Disponível em: <https://cenarioeolica.editorabrasilenergia.com.br/2018/12/04/legislacao-e-tributos-no-setor-eolico/>. Acesso em : 12 de fevereiro de 2021.

DIÓGENES, J.R.F. et al. Barriers to Onshore Wind Energy Implementation: A Systematic Review. **Energy Research & Social Science**, Ed. 60, 2020. doi: 10.1016/j.erss.2019.101337.

DHAR, A. et al. Perspectives on Environmental Impacts and a Land Reclamation Strategy for Solar and Wind Energy Systems. **Science of the Total Environment**, Ed. 718, 2020. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134602.

DWAN, S. et al. Wind Power: Existing Status, Achievements and Government's Initiative Towards Renewable Power Dominating India. **Energy Strategy Reviews**, Ed. 23, 2019. doi: 10.1016/j.esr.2019.01.002.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional**, Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em: 21 de dezembro de 2020.

GARRIGOS-SIMON, F.J.; NARANGAJAVANA-KAOSIRI, Y.; NARANGAJAVANA, Y. Quality in Tourism Literature: A Bibliometric Review. **Sustainability**, p. 11, 2019. doi:10.3390/su11143859.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL – GWEC. **Global Wind Report 2019**, 2019.

GUO, Y. et al. A Bibliometric Analysis and Visualization of Blockchain. **Future Generation Computer Systems**, vol. 116, 2021. doi: 10.1016/j.future.2020.10.023.

JAVADI, F.S. et al. Global Policy of Rural Electrification. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 19, 2013. doi: 10.1016/j.rser.2015.09.043.

JEFFREY, N.; CALDWELL, M. Planning and Urbanism in China. *Progress in Planning*, vol. 8, p. 103 – 109, 1977.

LIMA, M.A. et al. Renewable Energy in Reducing Greenhouse Gas Emissions: Reaching the Goals of the Paris Agreement in Brazil. **Environmental Development**, Ed. 33, 2020. doi: 0.1016/j.envdev.2020.100504.

LOUREIRO, C.V.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, CHRISTIAN. Implantação de Energia Eólica e Estimativa das Perdas Ambientais em um Setor do Litoral Oeste do Ceará, Brasil. **Geosaberes**, vol. 6, p. 24 – 38, 2015.

MEIO FILTRANTE. **Perspectivas para o Setor Eólico Brasileiro em 2021**. Disponível em: [NETO, J.A. et al. Evolução e Perspectivas do Setor Eólico no Brasil: Análise dos Principais Estados Produtores. \*\*Revista em Agronegócio e Meio Ambiente\*\*, vol. 13, n. 4, 2020. doi: 10.17765/2176-9168.2020v13n4p1409-1432.](https://www.meiofiltrante.com.br/Noticia/97370/perspectivas-para-o-setor-eolico-brasileiro-em-2021#:~:text=Segundo%20a%20Associa%C3%A7%C3%A3o%20Brasileira%20de%20Energia%20E%C3%B3lica%20%28ABEE%C3%B3lica%29%2C,carb%C3%B4nico%20de%2022%2C9%20milh%C3%B5es%20de%20toneladas%20ao%20ano. Acesso em : 24 de março de 2021.</a></p></div><div data-bbox=)

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Boletim Mensal de Geração Eólica Janeiro/2021**, 2021.

PANDEY, A.K. et al. Recent Advances in Solar Photovoltaic Systems for Emerging Trend and Advanced Applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 53, 2016. doi: 10.1016/j.rser.2015.09.043.

PASQUIM, F.F.; FUMAGALLI, L.A.W. A Importância do Planejamento Estratégico nas Organizações. **Revista INNOVARE**, Ed. 23, p. 68-83, 2017.

PESTANA, I.A. et al. The Impact of Hydroelectric Dams on Mercury Dynamics in South America: A Review. **Chemosphere**, Ed. 219, 2019. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.12.035.

PINTO, L.I.C; MARTINS, F.R.; PEREIRA, E.B. O Mercado Brasileiro da Energia Eólica, Impactos Sociais e Ambientais. **Revista Ambiente & Água**, vol. 12, n. 6, 2017.

PINTO, R.J.; SANTOS, V.M.L. Energia Eólica no Brasil, Evolução, Desafios e Perspectivas. **Journal on Innovation and Sustainability**, vol. 10, n. 1, 2019. doi: 10.24212/2179-3565.2019v10i1p124-142.

ROCHA, L.C.S. et al. A Stochastic Economic Viability Analysis of Residential Wind Power Generation in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Ed. 90, 2018. doi: 10.1016/j.rser.2018.03.078.

SEN, S.; GANGULY, S. Opportunities, Barriers and Issues with Renewable Energy Development – A Discussion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Ed. 69, 2017. doi: 10.1016/j.rser.2016.09.137 .

SHARIFI, A. Urban Sustainability Assessment: An Overview and Bibliometric Analysis. **Ecological Indicators**, p. 121. 2021. doi: 10.1016/j.ecolind.2020.107102 .

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia Eólica, Geração de Empregos e Desenvolvimento Sustentável. **Estudos Avançados**, vol. 27, 2013.

SOVACOOOL, B.K. et al. Climate Change and Industrial F-Gases: A Critical and Systematic Review of Developments, Sociotechnical Systems and Policy Options for Reducing Synthetic Greenhouse Gas Emissions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 141, 2021. doi: 10.1016/j.rser.2021.110759.

WANG, J. et al. The Evolution of the Internet of Things (IoT) over the past 20 years. **Computers & Industrial Engineering**, vol. 155, 2021. doi: 10.1016/j.cie.2021.107174.

ZWARTEVEEN, J.W. et al. Barriers and Drivers of the Global Imbalance of Wind Energy Difusion: A Meta-Analysis from a Wind Power Original Equipment Manufacturer Perspective. **Journal of Cleaner Production**, Ed. 290, 2021. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125636.