

O DESENVOLVIMENTO DO SETOR EÓLICO NO BRASIL E NO MUNDO

SILVA, Rafael Aguiar da¹
AZEVEDO, Francisco Fransualdo²

Recebido (Received): 07-08-2020 Aceito (Accepted): 22-06-2021

Como citar este artigo: 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.

Resumo

Na esfera mundial, a geração de energia eólica configura-se como uma atividade produtiva de significativa expressividade na dinâmica territorial, sendo elemento estratégico no planejamento governamental e de interferência nos aspectos socioeconômico e ambiental. No Brasil, o setor eólico vislumbra um constante processo de expansão, exercendo influência e transformações que são visualizadas na paisagem e nas relações socioculturais locais. Em decorrência desse contexto, este artigo possuiu como objetivo discutir o processo de expansão e consolidação do setor eólico no território em escala global e no cenário brasileiro. A pesquisa possui natureza quali-quantitativa, focando nessa discussão a elaboração de uma pesquisa documental referente ao desenvolvimento da atividade eólica nas duas escalas de análise, enfatizando juntamente a isso a espacialização de dados secundários sobre a energia gerada e as estruturas geradoras de energia (aerogeradores). Nas duas escalas analisadas observou-se que o setor eólico-produtivo se desenvolve por meio de um discurso de sustentabilidade socioambiental e desenvolvimento local, investimentos governamentais e do capital privado, com distribuição espacial concentrada e seletiva mediante a presença das potencialidades naturais para geração eólica. Apesar do aumento da participação eólica nas matrizes energéticas nacionais, e dos avanços na cadeia produtiva, são inúmeras as contradições ao comparar as ações das empresas e do Estado com a realidade nos locais de geração, tendo interferência nos aspectos geofísicos e na dinâmica sociocultural dos moradores locais.

Palavras-chave: Energia eólica. Território. Escala Global. Brasil.

THE DEVELOPMENT OF THE WIND INDUSTRY IN BRAZIL AND IN THE WORLD

Abstract

On the world stage, wind energy generation is configured as a productive activity of significant expressivity in territorial dynamics, being a strategic component in governmental planning and of interference in socio-economic and environmental aspects. In Brazil, the wind power sector glimpses an ongoing process of expansion, welding influence and transformations which are visible in the landscape and in local socio-cultural relations. As a result, the aim of this article is to discuss the process of expansion and consolidation of the wind sector globally and on the Brazilian scene. Their research is qualitative-quantitative in nature, focusing this discussion on the development of a documentary research on the development of wind energy in the two scales of analysis, emphasizing alongside this the spatialisation of secondary data on the energy generated and energy-generating structures (aerogenerators). In both analysed scales, it has been noted that the wind farm sector develops through a socio-political and environmental sustainability and local development, government and private capital investments discourse, with a concentrated and selective spatial distribution through the presence of natural potentials for windpower generation. Despite the increased participation of wind power in national energy matrices, and progress in the supply chain, the contradictions are innumerable when comparing corporate and government policies to the reality at the generation sites, having interference on the geophysical aspects and in socio-cultural dynamics from local residents.

Keywords: Wind energy. Territory. Global Scale. Brazil.

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), campus central, Natal/RN. E-mail: ra1996_aguiar@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8128-3625>.

² Docente do Departamento e do programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). E-mail: ffazevedo@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0477-9501>.

EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA EÓLICA EN BRASIL Y EN EL MUNDO

Resumen

En el ámbito mundial, la generación de energía eólica se configura como una actividad productiva de expresión significativa en la dinámica territorial, siendo un elemento estratégico en la planificación gubernamental y que interfiere en aspectos socioeconómicos y ambientales. En Brasil, el sector de la energía eólica contempla un proceso de expansión constante, ejerciendo influencia y transformaciones que se ven en el paisaje y en las relaciones socioculturales locales. Como resultado de este contexto, este artículo tuvo como objetivo discutir el proceso de expansión y consolidación del sector eólico en el territorio a escala global y en el escenario brasileño. El estudio tiene un carácter cuali-cuantitativo y se centra en la elaboración de una investigación documental sobre el desarrollo de la actividad eólica en las dos escalas de análisis, con énfasis, en la espacialización de datos secundarios sobre la energía generada y las estructuras generadoras de energía. (aerogeneradores). En ambas escalas analizadas, se observó que el sector eólico-productivo se desarrolla a través de un discurso de sostenibilidad socioambiental y desarrollo local, inversiones de capital gubernamental y privado, con distribución espacial concentrada y selectiva mediante la presencia de potencialidades naturales para la generación eólica. A pesar del aumento de la participación eólica en las matrices energéticas nacionales, y los avances en la cadena productiva, existen numerosas contradicciones al comparar el accionar de las empresas y del Estado con la realidad en los sitios de generación, interfiriendo en los aspectos geofísicos y en la dinámica sociocultural de los habitantes locales.

Palabras clave: Energía eólica. Territorio. Escala global. Brasil.

1 Introdução

Em virtude do constante crescimento das atividades humanas, especialmente nos setores produtivos, a necessidade por energia elétrica se faz notória para a garantia da realização dessa dinâmica territorial. Nessa conjuntura, produzir energia elétrica tornou-se um ponto essencial e estratégico para garantir o movimento social, econômico e produtivo no território, sendo assim, um elemento presente nas políticas de desenvolvimento na maioria dos países.

Em consonância ao aumento da importância da energia elétrica em diferentes períodos históricos, é pertinente salientar que o território adquire novas formas-conteúdos por intermédio da produção energética, tendo na introdução de novas materialidades, lógicas e funcionalidades aos lugares como características visualizadas em porções territoriais (ARAÚJO, 2019).

Para Santos (2013), esse momento é, predominantemente, fruto da construção e reconstrução do espaço em virtude do expressivo crescimento dos conteúdos advindos da técnica, ciência e da informação. Diante dessa perspectiva, a produção de energia elétrica adquire novas características e proporções. Entre o conjunto de modificações, a necessidade de uma sustentabilidade ambiental na produção elétrica e de uma diversificação nas fontes de energia se configuram como elementos proporcionadores para o surgimento e desenvolvimento das fontes renováveis, na qual se estabelece novas medidas no âmbito político-normativo para a geração de energia elétrica.

Diante da centralidade das fontes renováveis de energia, a fonte eólica adquire novo patamar, fazendo do vento um recurso potencial no suprimento energético de inúmeros países, entre eles o Brasil. A partir dessa premissa, o desenvolvimento científico-tecnológico e a adoção de medidas políticas para incentivar o setor eólico crescem de forma expressiva, sobretudo, nos países da Europa, Ásia e América do Norte e, posteriormente, para a América do Sul e África.

No caso brasileiro, o setor eólico se insere após uma série de políticas energéticas e pelo considerável potencial natural que algumas unidades federativas brasileiras apresentam, de modo particular as regiões Nordeste e Sul, constituindo assim, um processo recente, mas muito visível e contraditório na dinâmica das frações territoriais que concentram a geração de energia eólica. Tais porções territoriais tornam-se palco da apropriação das grandes corporações do setor eólico, se estabelecendo como resultado do uso do território como recurso passivo de exploração (TRALDI, 2014).

A introdução do conjunto de materialidades, formas-conteúdos e lógicas que o setor eólico estabelece no território brasileiro e em outras regiões do mundo reafirma a necessidade de uma análise geográfica dos novos usos do território que essa atividade produtiva proporciona, contribuindo, portanto, para a análise da complexidade contida na produção de energia eólica e seus repartimentos nas escalas mundial e nacional.

Para tal finalidade, esse artigo tem como objetivo analisar a expansão da atividade eólica no território, na escala mundial e no território nacional. Nessa perspectiva, foram enfatizados os elementos que acarretaram o surgimento e expansão eólica nas duas escalas de análise e a distribuição espacial das estruturas e processos provenientes da atuação do setor eólico, utilizando de procedimentos metodológicos voltados para pesquisas bibliográfica e documental.

2 Metodologia

O referido trabalho tem natureza quali-quantitativa e adota procedimentos metodológicos voltados para uma pesquisa bibliográfica e documental (GIL, 2008; YIN, 2016). Para a fundamentação da discussão proposta foram utilizadas fontes bibliográficas de caráter científico (Artigos, Dissertações e Teses) e técnico. Junto a isso, são sistematizados dados secundários voltados para o setor eólico no contexto mundial e brasileiro, sobremaneira, da *Global Wind Energy Council (QWEC)*, *International Renewable Energy Agency (IRENA)*, *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21)*, Associação Brasileira de

Energia Eólica (ABEEÓLICA), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI).

Nessa perspectiva, é notório salientar a importância da localização da produção de energia eólica. Com isso, priorizou-se dados da geração eólica nas escalas mundial e nacional, dando ênfase para informações referentes ao intervalo temporal correspondente a 20 anos, compreendendo de 2001 a 2021 (dados até o mês de junho). Esse período representa o avanço do setor eólico em inúmeras porções do mundo, inclusive no território brasileiro. Esses dados foram trabalhados no programa Excel e no Programa de Informação Geográfica (SIG), Quantum Gis (QGIS) 3.16, confeccionando assim, cartogramas do tipo coroplético e de Kernel (mapa de calor).

Em decorrência de se analisar duas escalas (mundial e nacional) foram selecionadas quatro variáveis: capacidade instalada (MW), capacidade acumulada e nova (MW) por país, investimento no setor eólico e localização das estruturas eólicas (aerogeradores, parques eólicos e cadeia produtiva). Em consonância a esses elementos quantitativos eólicos são estabelecidos aspectos relevantes do crescimento da energia eólica no território.

3 Um olhar global sobre a geração eólica mundial

Na busca pelo entendimento do surgimento e da expansão eólica no mundo é inerente salientar inicialmente o constante crescimento do consumo de energia elétrica para suprir as demandas humanas. De acordo com Santos e Silveira (2006), essa notória demanda elétrica mundial configura-se um processo resultante da expansão do meio técnico-científico-informacional na dinâmica do território.

Nesse cenário se fortalece os movimentos socioambientais voltados à sustentabilidade do planeta, com isso, as fontes renováveis de energia ganham importância na discussão das políticas de desenvolvimento de diversos países, iniciando esse processo em alguns países considerados desenvolvidos e, posteriormente, para regiões subdesenvolvidas mediante a presença de potencial natural para a geração eólica-elétrica.

Para Macedo (2016), a procura pela diminuição da dependência mundial dos combustíveis fósseis fortaleceu o crescimento das fontes renováveis e, conseqüentemente, da energia eólica. O setor eólico se torna fonte para a diversificação da matriz energética de inúmeros países, garantindo, de certa forma, a segurança energética já que a fonte eólica é considerada um recurso energético renovável e com projeções de crescimento e expansão territorial.

A gênese do aproveitamento comercial de energia eólica foi realizada no continente Europeu (Alemanha e Espanha), e posteriormente nos EUA, promovendo a constituição das tecnologias pioneiras para a geração eólica e o surgimento das primeiras empresas produtoras de aerogeradores e outras estruturas do setor eólico (LAGE; PROCESSI, 2013).

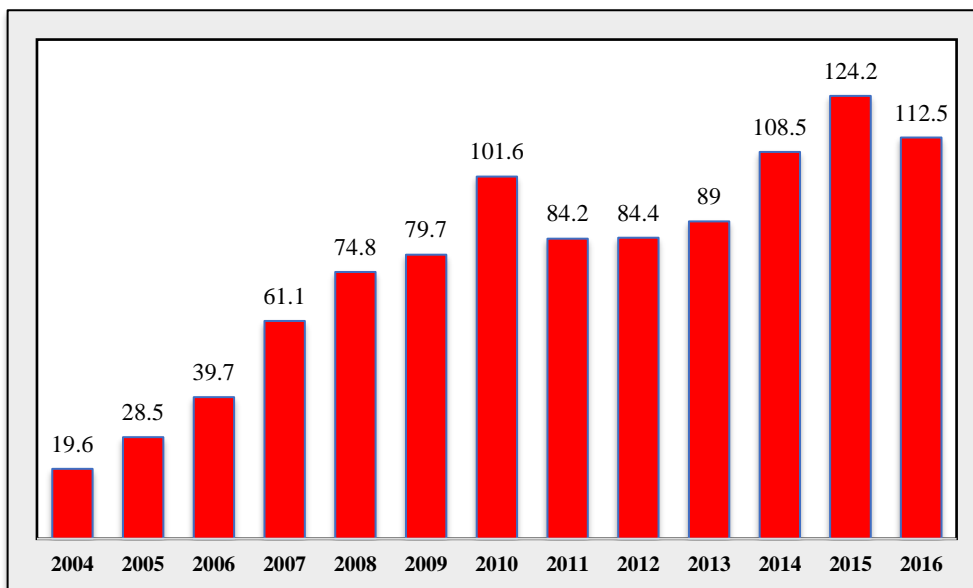
O crescimento dos investimentos públicos e privados em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), para o desenvolvimento do setor eólico se fizeram notórios, revelando o surgimento de empresas especializadas nas fases que constituem um projeto eólico. Os segmentos do setor eólico mundial mais promissores foram as corporações empresariais voltadas a fabricação de componentes eólicos (pás, torre e aerogeradores) que surgiram, em sua maioria, em países da Europa, Ásia e nos Estados Unidos.

Os avanços nos países europeus, EUA e da China no século XX e início do século XXI foram fundamentais para a concentração territorial do potencial gerado de energia eólica em escala global e para a determinação locacional das principais empresas do ramo eólico, com destaque para a *Siemens Gamesa* (Espanha), *Vestas* (Dinamarca), *Enercon*, *Nordex* e *Senvion* (Alemanha), *Goldwind*, *Envision* e *Mingyang* (China), *Suzlon* (Índia), *General Electric* (Estados Unidos) (REN21, 2018).

O aprimoramento da geração eólica *onshore* (geração em terra) e *offshore* (geração em mar) no final do século XX e início do século XXI através do aprimoramento tecnológico dos equipamentos eólicos e os investimentos em P&D do setor produtivo privado e das políticas governamentais gerou forte avanço na quantidade de energia produzida, tornando o setor eólico promissor em diversos países e com altos índices de investimentos chegando entre 1974 a 2002 um total de US\$ 23,5 bilhões (DUTRA, 2007).

Nos anos 2000, a geração eólica torna-se uma atividade produtiva mais atraente economicamente, ganhando assim, um percentual de investimentos mais representativo. No período corresponde entre 2004 e 2010 aponta-se um gradual crescimento, chegando em 2010 a ultrapassar os US\$ 100 bilhões, contudo, batendo seu recorde em 2015 totalizando US\$ 124,2 bilhões (Gráfico 1). Essa oscilação monetária de investimentos corresponde a competitividade da fonte eólica em relação às demais fontes energéticas, a presença de políticas e incentivos governamentais e a dinâmica financeira das empresas que compõem a cadeia produtiva eólica.

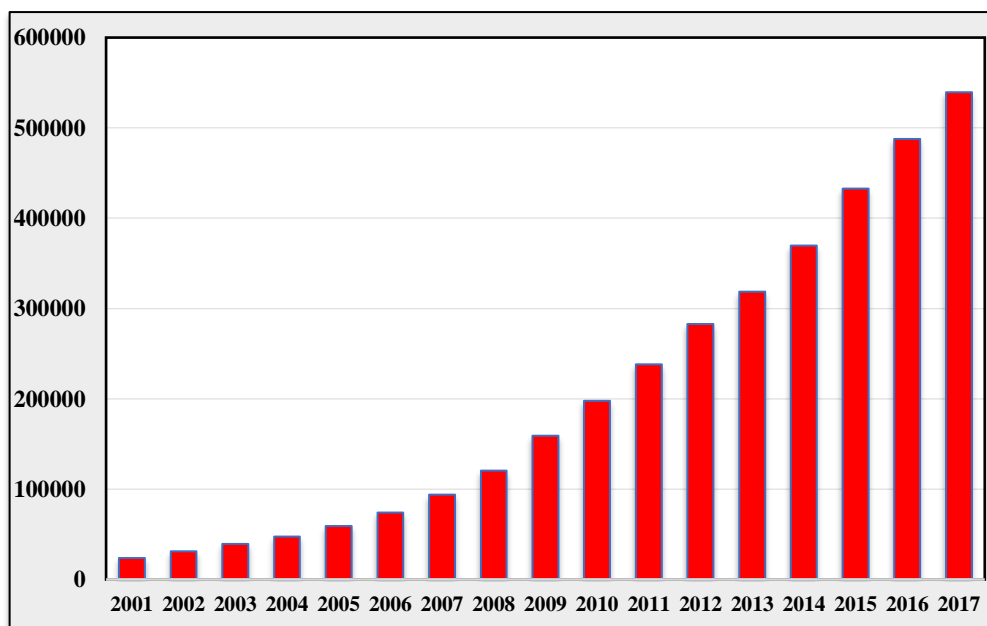
Gráfico 1 - Investimentos no setor eólico mundial (USD bilhões), 2004 - 2016.



Fonte: Adaptado de IRENA, 2018.

Em razão disso, o setor eólico mundial iniciou um crescimento no decorrer dos anos finais do século XX, chegando aos anos 2000 com 23.900 (MW). Diante disso, o percentual gerado a partir do século XXI apresentou significativo aumento anual, apontando em 2008 100.000 MW de capacidade eólica instalada e chegando em 2017 a 539.581 MW, representando um acréscimo de 418.885 MW no intervalo de 10 anos (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Capacidade global instalada (MW), 2001 - 2017.

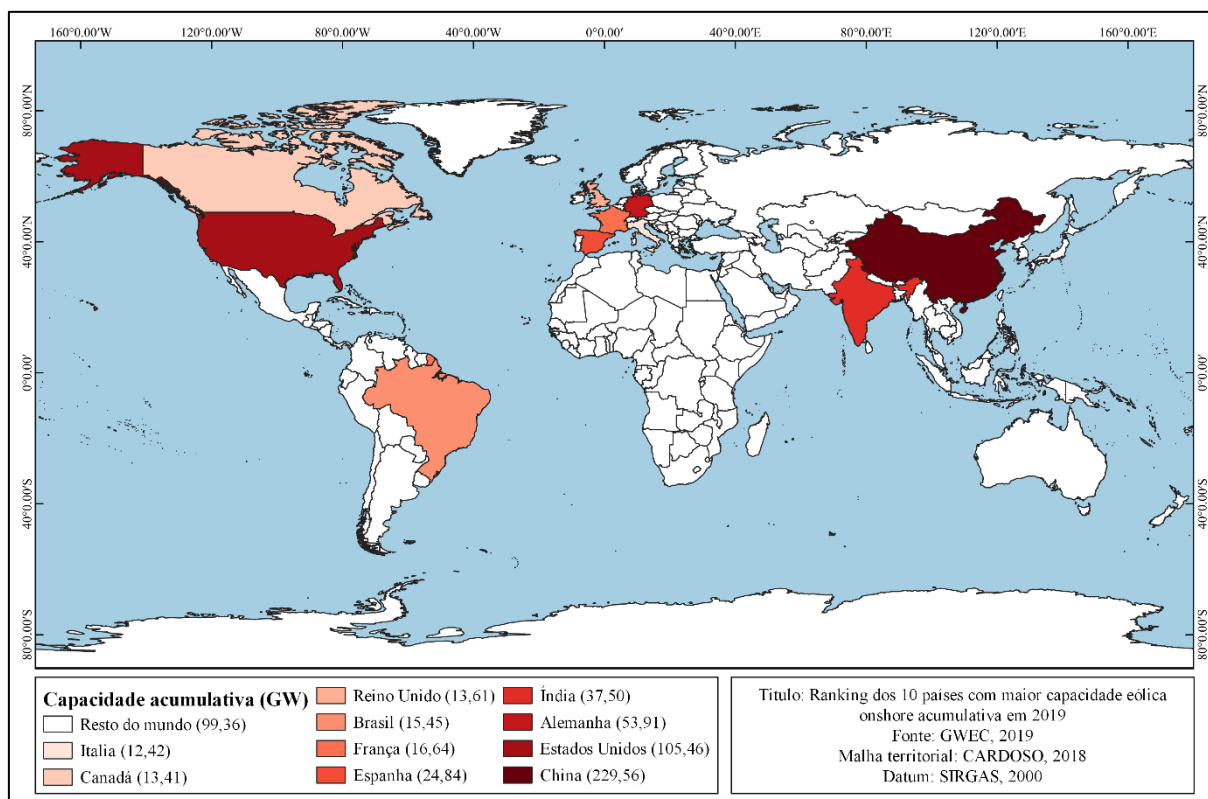


Fonte: Adaptado de GWEC, 2017.

A curva evolutiva da capacidade instalada advém, em sua maioria, da geração eólica *onshore*, com 96%, e o aumento da participação *offshore*. A geração elétrica-eólica no mar marcava em 2017 a marca de 4,3 GW, aumentando em 30% a capacidade instalada (18,8 GW), tendo o Reino Unido, Alemanha, China e Bélgica os principais países com esse segmento de geração eólica (REN21, 2018).

O avanço da potência eólica gerada em escala mundial denota, sobretudo, a consolidação do setor eólico de alguns países, atribuindo a geração eólica um elemento fragmentado e concentrado espacialmente em determinados territórios nacionais, entre eles a China, Estados Unidos, Alemanha, Índia, Espanha, Reino Unido, França, Brasil, Canadá e Itália (Figura 1). Esses países representam mais de 80% da produção eólica mundial em 2019, com um montante de 622.16 GW de energia elétrica gerada.

Figura 1 - Os países com a maior capacidade eólica *onshore* acumulada, 2019.



Fonte: GWEC, 2019. Elaboração dos autores.

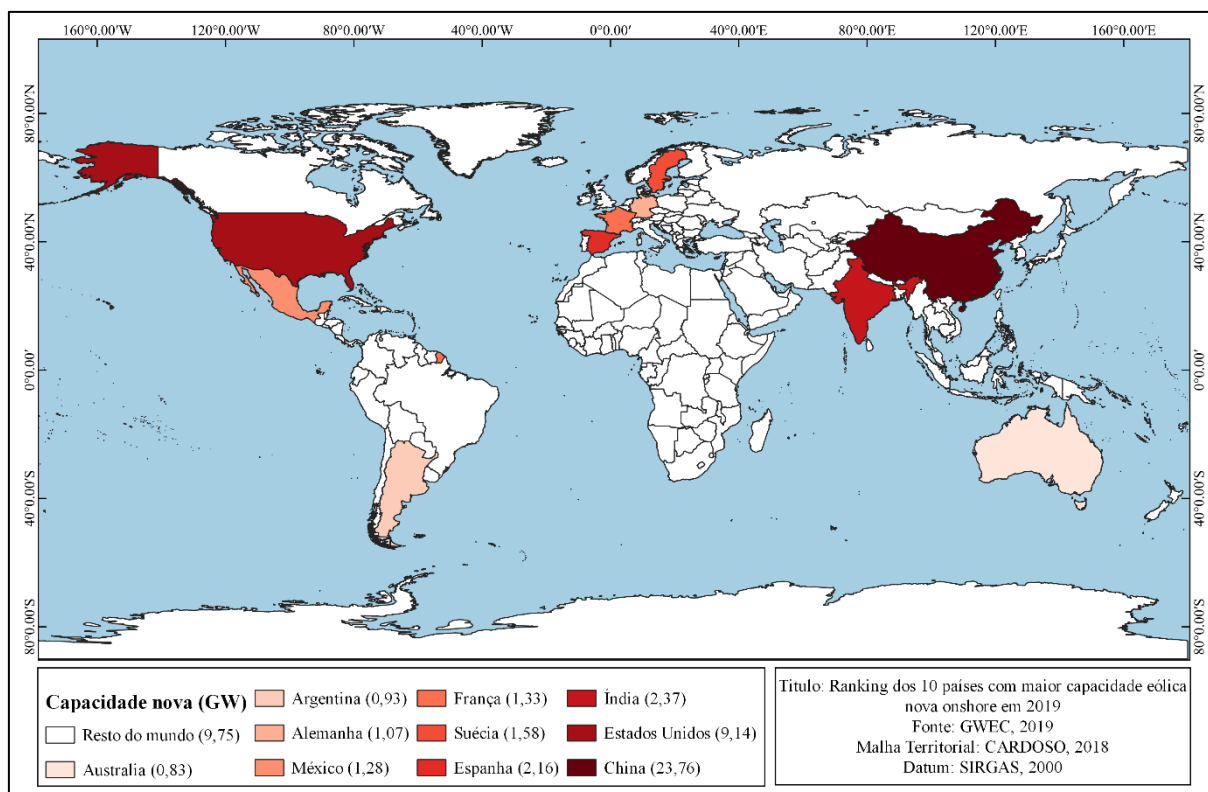
Em 2014, 86 países registraram operação comercial de usinas eólicas, sendo 22 capazes de gerar pelo menos 1 GW. Em 2005 a Alemanha era líder mundial na geração eólica, em 2008 os EUA ocuparam essa posição, a partir de 2010 até o recente período a China encontra-se na

primeira posição do ranking, concentrando expressivo contingente de parques eólicos em funcionamento comercial e uma cadeia produtiva consolidada (CERNE, 2014).

A concentração eólica mundial resulta do processo de mundialização das técnicas que possibilitou aos territórios-nação novos usos da natureza e mudanças nas bases territoriais e socioeconômicas dos lugares, promovendo uma hierarquização e uma competitividade nessas porções territoriais, onde a mais valia torna-se o motor proporcionalizador de mudanças e novas dinâmicas (AZEVEDO; ARAÚJO; SILVA, 2015; SANTOS, 2013).

No ano de 2019 houve a introdução de novos países no setor eólico global, com ênfase para a Argentina, Austrália, e México, mas também a predominância das grandes nações geradoras, como a China, EUA, Reino Unido, Alemanha, França, Índia e Brasil (Figura 2). Nesse período o crescimento anual eólico *onshore* totalizou 54,2 GW, tendo muita participação da Europa, Ásia e dos EUA, e o setor *offshore* com 6,1 GW, com a predominância de alguns países europeus (Reino Unido, Alemanha, Dinamarca e Bélgica) (GWEC, 2019).

Figura 2 - Os dez países com maior capacidade eólica *onshore* nova instalada - 2019.



Fonte: Elaboração dos autores.

Diante disso, é legível a expansão do setor eólico mundial para outras regiões do globo terrestre, sobretudo, os países em desenvolvimento, tendo nos mesmos a presença de altos índices de potencial natural de geração e um contexto político-normativo de incentivo à fonte

eólica, acarretando o aumento de sua competitividade nos leilões de energia e maior viabilização financeira dos projetos para construção de parques eólicos, linhas de transmissão, subestações de energia e promoção da cadeia produtiva dos componentes eólicos.

A distribuição e fortalecimento da fonte eólica em alguns países da América Latina (Brasil, Argentina e Uruguai) e na África (Quênia, África do Sul e Marrocos) é fruto do processo de apropriação territorial do capital globalizado e a introdução de novas técnicas fundadas por intencionalidades externas aos lugares de geração de energia eólica. Os territórios eólicos são produtos da tecnificação e da especulação capitalista, onde a busca por maior efetividade na produção sobressai sobre as demandas e problemáticas locais (SANTOS, 2012).

Essa tendência expansionista da atividade eólica mundial aponta a ampliação da influência dos mercados tradicionais, países europeus, EUA e a China, e o acréscimo da participação dos mercados emergentes como alguns países latino-americanos e africanos em médio e longo prazo (MACEDO, 2016). Nessa perspectiva, o setor eólico configurou-se como um ramo produtivo cada vez mais presente no mercado de geração elétrica no mundo e uma atividade econômica promissora em países específicos, como é o caso do Brasil, configurando uma fonte energética em crescimento na matriz energética nacional e nas transformações materiais e socioeconômicas do território brasileiro.

4 Cenário eólico-energético do território brasileiro

No âmbito brasileiro, a atividade eólica surge como resultado de inúmeros fatores, entre eles a existência do potencial natural eólico em porções do território brasileiro, 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.

Visando a espacialização do potencial eólico brasileiro, ocorreu a realização do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro em 2001, no qual foi desenvolvido pelo Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica (CRESESB), tendo como objetivo a disponibilização de informações para capacitar tomadores de decisão na identificação de áreas adequadas para aproveitamentos eólico-elétricos *onshore*. Em 2017 foi lançado o novo Atlas do Potencial Eólico

Brasileiro desenvolvido pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), atualizando assim, os dados apresentados no altas de 2001, e realizando a formulação de inúmeros outros altas em escala estadual, como do Maranhão, Sergipe e Piauí.

Os marcos político-normativos que incentivaram o setor eólico brasileiro foram a criação de dois programas de incentivo e promoção do setor, o Programa Emergencial de Energia Eólica (PROÉOLICA) e o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Esses programas possibilitaram a determinação de metas, estratégias e o direcionamento de investimentos para a consolidação da geração eólica e das demais fontes renováveis em diferentes regiões brasileiras, especialmente as unidades federativas da região Nordeste, Sudeste e Sul (detentoras de potencial natural de geração) (AMARANTE; ZACK; SÁ, 2001).

O PROÉOLICA foi constituído na Resolução 24 da Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE) em julho de 2001. Em suma, esse programa tinha como objetivo a viabilização da introdução da fonte eólica ao Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN), participação no desenvolvimento energético, socioeconômico e na esfera ambiental e, por último, tornar a energia eólica complementar à sazonalidade dos reservatórios hídricos. Em virtude da pouca atração de investidores os incentivos oriundos desse programa seguiram até 2003 (GCE, 2001; DUTRA, 2007).

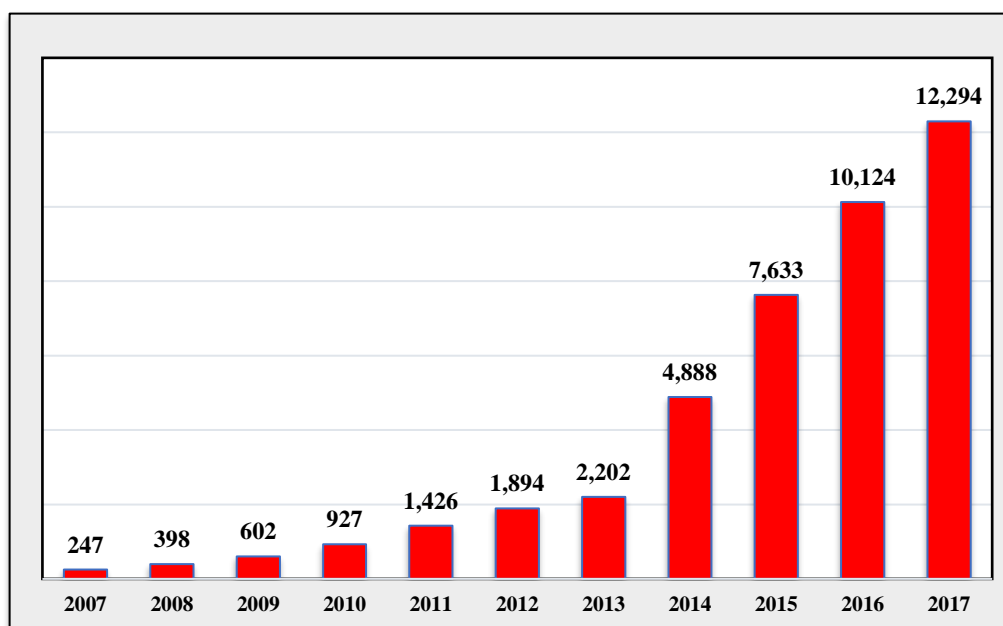
Em consonância a execução do PROÉOLICA houve criação do PROINFA oriundo da Lei nº 10.438 de abril de 2002. Com maior efetividade, esse programa promoveu maior participação da fonte eólica, biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no SIN. Constituído de duas fases, o PROINFA possibilitou o estabelecimento de 47 empreendimentos de energia eólica até 2008 e o estabelecimento de inúmeros objetivos entre eles: a participação das fontes eólica, PCHs e biomassa em 10% do consumo elétrico anual do país em 20 anos e a formulação de um programa de compra da energia elétrica dos produtores de energia provenientes das fontes renováveis em destaque (DUTRA, SZKLO, 2006; BRASIL, 2002).

Outra variável que favoreceu a consolidação do setor eólico nacional foi a introdução da fonte eólica nos leilões de energia e, conseqüentemente, sua competitividade com as demais fontes energéticas. Essa competitividade surgiu do baixo custo, altos índices de potencial natural de geração, viabilidade econômica e o discurso de sustentabilidade ambiental contido no processo de geração de elétrica.

O setor eólico brasileiro fundamentou sua expansão no território frente a cinco elementos: altas potencialidades naturais, diversificação da matriz energética junto ao aumento da demanda por energia elétrica, complementariedade com a fonte hidráulica, aprimoramento da cadeia produtiva nacional e incentivos fiscais advindos do PROINFA e mais recentemente de uma carteira voltada para energias renováveis do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (TRALDI, 2014).

Os fatores anteriormente discutidos proporcionaram o crescimento do quantitativo gerado de energia eólica, apontando aumento significativo entre 2007 a 2017, passando de 247 para 12.294 MW (Gráfico 3). O avanço da fonte eólica nos Leilões de Energia Reserva (LER) e nos Leilões de Fontes Alternativas (LFA) favoreceu a consolidação dessa tendência de crescimento, tendo entre 2013-2015 a contratação de 4,71 GW de potência e no final de 2017 os leilões A-4 e A-6 resultaram no montante contratado de 1.4 GW em projetos eólicos, totalizando um investimento de US\$ 2,5 bilhões (ABEEÓLICA, 2018).

Gráfico 1 – Brasil: Geração anual de energia eólica (MW), 2007 - 2017.

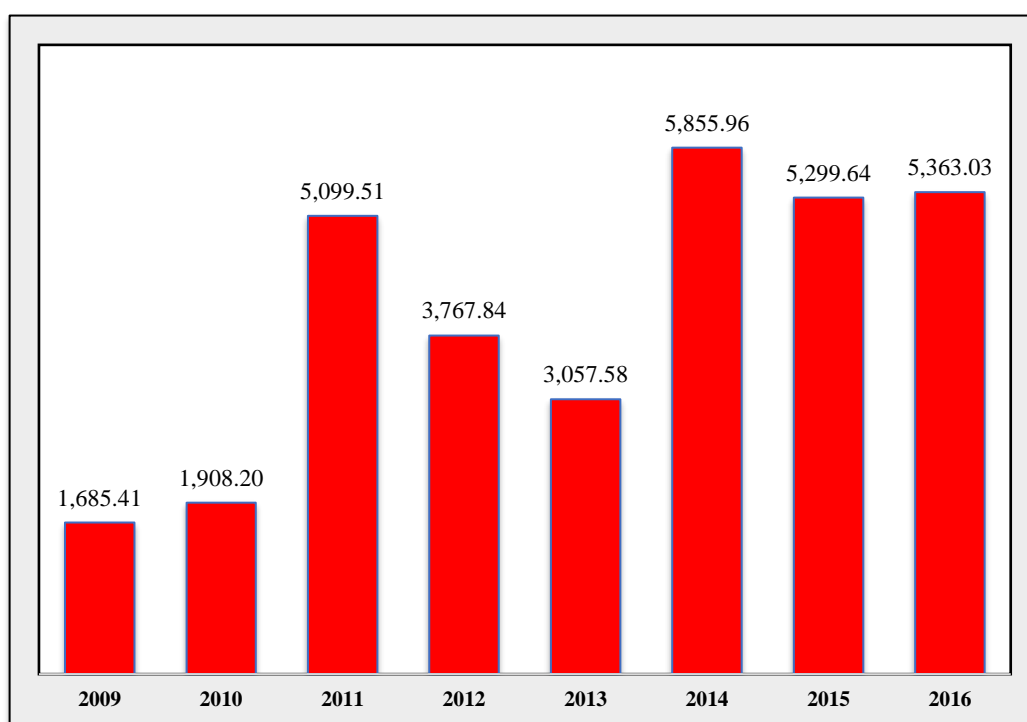


Fonte: Adaptado de IRENA, 2018.

À vista do crescimento eólico, se faz evidente a introdução de investimentos nessa atividade eólico-produtiva, direcionamento para a indústria de componentes eólicos e na construção dos empreendimentos eólicos. Nessa perspectiva, as porções do território que concentram a geração eólica e onde está fixada a cadeia produtiva demonstram as mudanças oriundas da inserção desses investimentos.

A dinâmica de investimentos está relacionada ao percentual de recursos governamentais disponíveis para essa atividade econômica e da iniciativa privada, de modo especial, o capital estrangeiro fruto da ação de empresas que ocupam posição relevante na cadeia produtiva em nível mundial. Entre 2009 a 2016 o valor total investido foi de US\$ 32.037,710 bilhões, com destaque para o período entre 2014 a 2016 (Gráfico 4).

Gráfico 2 – Brasil: Investimento anual (US\$ bilhões) na indústria eólica, 2009 – 2016.



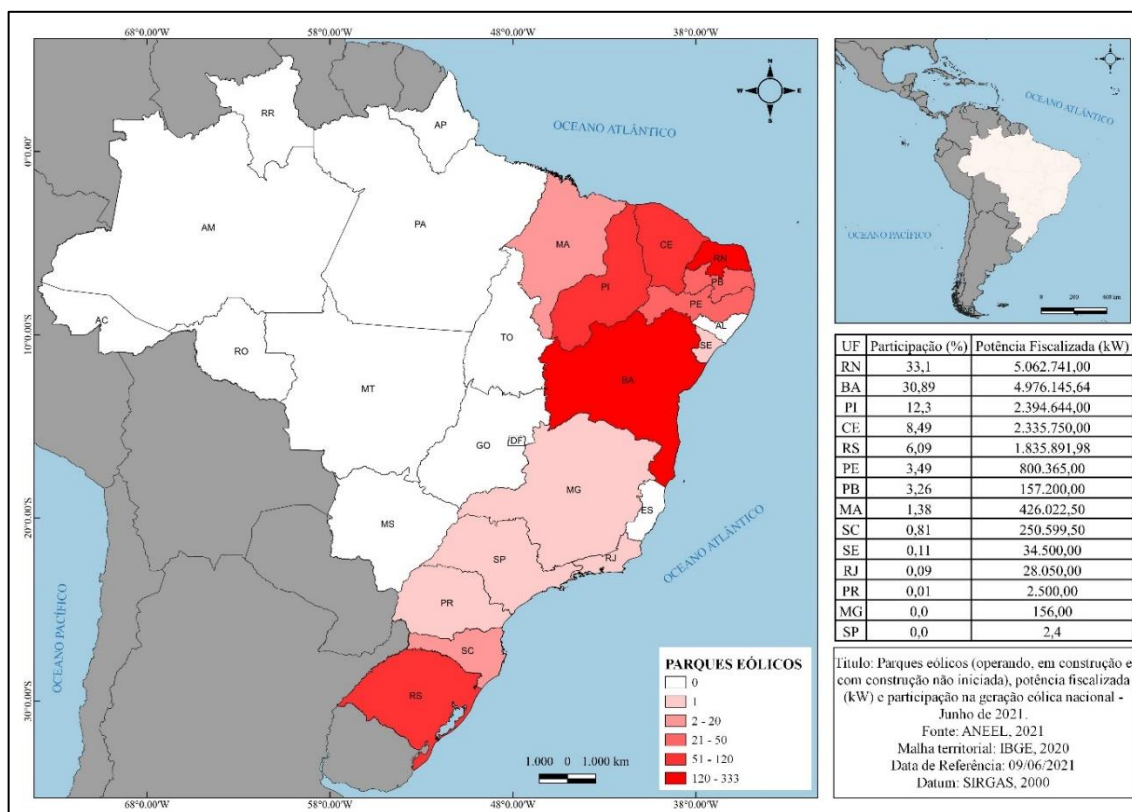
Fonte: Adaptado de IRENA, 2018.

Mediante os investimentos e políticas de incentivos à fonte eólica, algumas unidades federativas (RN, CE, BA, PI, RS) adquirem função importante na geração de energia elétrica, sendo, portanto, base para o estabelecimento das materialidades voltadas para a construção e operação comercial dos empreendimentos eólicos. Para Barros (2018), a presença da energia eólica se caracteriza através de uma seletividade espacial oriunda de lógicas externas aos lugares onde ocorre a geração de energia, possibilitando dessa forma um conjunto de modificações na dinâmica local, rebatendo nas esferas socioeconômica, política e ambiental.

Diante dessa distribuição espacial seletiva e concentrada os parques eólicos em operação comercial se localizam, sobretudo, no Rio Grande do Norte, Bahia, Piauí, Ceará e Rio Grande do Sul, sendo a produção eólica fiscalizada desses estados acima de 1.800,000 kW em cada (Figura 3). Outras unidades federativas como Pernambuco, Paraíba, Maranhão, Santa Catarina,

Sergipe, Rio de Janeiro, Paraná, Minas Gerais e São Paulo tem menor expressividade, tanto na quantidade de usinas eólicas como também na quantidade de energia gerada inserida no Sistema Interligado Nacional (SIN).

Figura 3 – Brasil: Parques eólicos (operação comercial, construção e construção não iniciada), potência fiscalizada e participação na geração eólica nacional - junho de 2021.



Fonte: Elaboração dos autores.

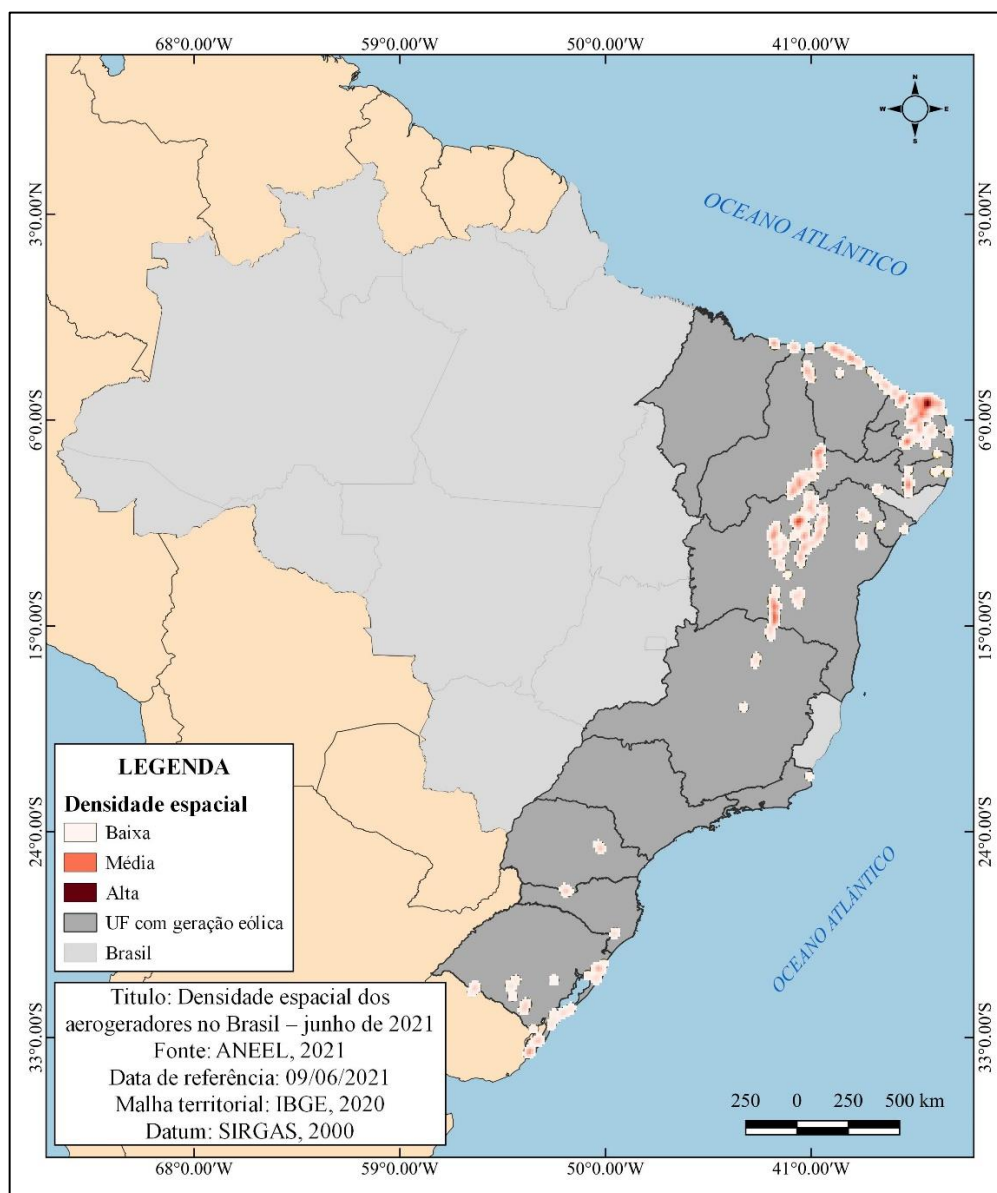
Com grande presença nas regiões nordeste e sul, o setor eólico nacional totalizava no início de junho de 2021, 719 empreendimentos em operação que gerava potência fiscalizada de 18.295.576,86 kW, 149 empreendimentos em construção (potência outorgada de 4.697.520 kW) e 199 com a construção não iniciada (potência outorgada de 7.942.315 kW) (ANEEL, 2021). Esse cenário se consolida conforme um discurso com inúmeras intencionalidades alheias aos locais de geração realizado pelo Estado, empresas nacionais e internacionais do ramo eólico, instituições e pela mídia (ARAÚJO, 2015).

A atividade eólica no território provoca mudanças na paisagem e nas relações sociais locais, tendo na verticalização das estruturas de geração (aerogeradores) um momento que materializa a apropriação e consolidação de novos usos na porção territorial com um jogo de relações dissimétricas entre os detentores do capital globalizado, nesse caso as corporações

empresarias e as comunidades que residem nos locais de geração, tendo no caso brasileiro a predominância dos assentamentos rurais, zonas litorâneas e comunidades indígenas.

Perante a aglomeração eólica nas regiões Nordeste e Sul é visualizado a formação de pontos de acumulação de aerogeradores, com expressividade para as regiões do Mato Grande e Serra de Santana do Rio Grande do Norte, regiões serranas da Bahia, litoral do Ceará e em pontos específicos das regiões sudeste e sul (Figura 4). No contexto nacional somava-se 8.469 aerogeradores em operação em 713 parques eólicos em maio de 2021, equivalendo a 10% da energia elétrica injetada no SIN, fornecendo energia elétrica para 28,8 milhões de residências e aproximadamente 86,4 milhões de habitantes por mês (ABEEÓLICA, 2021).

Figura 1 – Brasil: Densidade espacial dos aerogeradores no Brasil – Junho de 2021.



Fonte: Elaboração dos autores.

Essas localidades tornam-se produtos da atuação do capital e alta especulação de seus recursos eólicos, fazendo principalmente do RN, BA, PI, CE e RS bases territoriais para a promoção do setor eólico nacional, configurando dessa forma em produto de contradições e conflitos, já que a expansão eólica tem ritmo acelerado em comparação com a dinâmica local. Conforme a inserção dessas novas estruturas técnicas no território ocorre o surgimento de novas territorialidades no processo produtivo em escala local, sendo constante a ênfase pela obtenção de significativos lucros, mesmo que esse objetivo seja alcançado por meio da fragmentação e da incoerência dos demais atores (SANTOS; SILVEIRA, 2006).

Com o crescimento de usinas eólicas em operação comercial é evidente a maior participação da fonte eólica na matriz energética brasileira, indicando juntamente com outras fontes renováveis, por exemplo a biomassa, na competitividade com as demais fontes, mas claro que não retira a predominância da fonte hidráulica no fornecimento de energia para o país. Na tabela 1 é possível visualizar o crescimento da fonte eólica entre 2015 a 2020, passando de 6,2% em 2015 para 10,3% em 2020 com acréscimo de 3,1% nesse intervalo de tempo. A ascensão eólica foi acompanhada da pequena diminuição da fonte hidráulica em 2,6% e a significativa contribuição da biomassa e do gás natural entre 2015 e 2020.

Tabela 1 – Brasil: Participação da fonte eólica na matriz energética, 2015 - 2020.

<i>Fontes</i>	<i>2015</i>		<i>2016</i>		<i>2017</i>		<i>2018</i>		<i>2019</i>		<i>2020</i>	
	GW	%	GW	%	GW	%	GW	%	GW	%	GW	%
<i>Hidrelétrica</i>	86,76	61,3	92,44	61,2	95,26	60,4	95,3	60,9	102,9	61	103	58,7
<i>Biomassa</i>	13,25	9,4	14,18	9,4	14,56	9,2	14,5	9,3	14,9	9	15,2	8,7
<i>Gás natural</i>	12,43	8,8	13	8,6	13,02	8,3	13	8,3	13,4	8	14,9	8,5
<i>Eólica</i>	8,73	6,2	10,75	7,1	12,77	8,1	12,8	8,2	15,3	9	18	10,3
<i>Óleo</i>	9,96	7	10,15	6,7	10,17	6,5	10,1	6,5	8,9	5	9	5,1
<i>PCH</i>	4,84	3,4	4,92	3,3	5,02	3,2	5	3,2	6	4	6,3	3,6
<i>Carvão</i>	3,59	2,5	3,61	2,4	3,73	2,4	3,7	2,4	3,6	2	3,6	2
<i>Nuclear</i>	1,99	1,4	1,99	1,3	1,99	1,3	2	1,3	2	1	2	1,1

Fonte: Adaptado de ABEEÓLICA, 2021; ANEEL, 2020.

A complementariedade da fonte eólica com a hidráulica é um ponto que estimula a promoção da energia eólica na matriz energética, tendo no Nordeste brasileiro, região com os maiores índices naturais de geração, um regime anemométrico com maior potência para geração elétrica no intervalo temporal entre agosto e dezembro, mesmo período que constitui os menores regimes pluviométricos nordestinos.

De acordo com o crescimento das usinas eólicas e da instalação de milhares de aerogeradores consolida-se a cadeia produtiva dessa atividade econômica, com o estabelecimento de empresas especializadas nas mais diferentes fases de um projeto eólico, com destaque para as produtoras das estruturas eólicas (torre (aço e de concreto e as pás) e as montadoras de aerogeradores (tabela 2) e empresas voltadas para construção civil, regulação ambiental, transporte e logística.

Tabela 2 – Brasil: Empresas fabricantes de componentes eólicos (pás, torre (aço e concreto) e aerogerador) e montadoras eólicas- 2018.

UF	MONTADORA DE AEROGERADORES	TORRE		PÁS
		Concreto	Aço	
PE	Wind Power	-----	Gestamp	LM Wind Power
SP	Wobben Windpower	-----	Engebasa, ICEC-SCS	Wobben
RS	Wobben Windpower	Confer Construtora	Intecnial, Alstom	-----
BA	Aciona Windpower Brasil, Siemens Gamesa, GE, Wobben Windpower	Wobben	Torrebras, Torres Eólicas do Nordeste	Tecsis
CE	Vestas, Wobben Windpower	Cassol, CTZ Eolic Tower,	NTB (Nordeste Torres Brasil)	Wobben, Aeris
SC	WEB	-----	-----	-----
PR	-----	-----	Brasilsat	-----
RN	-----	DST - Dois a Tower System, Eolicabras,	-----	-----

Fonte: Adaptado de ABDI, 2018.

Com localização em dois polos, Nordeste e Sul-Sudeste, a cadeia eólica-produtiva se instala em decorrência da proximidade com os empreendimentos eólicos, presença de condições de transporte e logística, infraestrutura industrial e fabril, incentivos fiscais e oferta do recurso humano qualificado (ABDI, 2014).

A consolidação eólica nacional por intermédio da competitividade da fonte eólica nos leilões de energia, pelos incentivos governamentais, construção das usinas geradoras e linhas de transmissão e o fortalecimento da cadeia produtiva é viabilizada pela atuação de diversos agentes, entre os quais destacam-se: o Estado através das corporações estatais, especialmente a ANEEL; as corporações estaduais, nacionais e internacionais financiadoras e proprietárias dos empreendimentos eólicos; as empresas especializadas que oferecem serviço terceirizado (consultoria ambiental, fabricação de equipamentos eólicos, construção civil); e as populações locais (pescadores, assentados rurais, agricultores e quilombolas) (TRALDI, 2014;

HOFFSTAETER, 2016).

O setor eólico nacional e, conseqüentemente, os agentes que o compõem se sustentam e se desenvolvem por intermédio de uma “psicoesfera moldada pelo *marketing*, pelo *slogan* atrativo e pelo discurso, muitas vezes superficial” (BARROS, 2018, p. 102). Nessa perspectiva, a atividade eólica no Brasil é caracterizada por altas perspectivas futuras de crescimento e maior participação na matriz energética, contudo, é objeto de consideráveis contradições, afetando seu discurso de sustentabilidade ambiental e desenvolvimento socioeconômico nos locais de geração, no qual, através de suas ações, causa impactos na dinâmica sociocultural da população residente, tornando-se, no recente período, um retrato representativo em várias partes do país.

5 Considerações finais

Como uma promissora atividade econômica, a energia eólica denota a diversas porções do mundo uma interferência no arranjo territorial, incorporando novas lógicas e formas-conteúdo nas relações sociais e, sobretudo, nas bases materiais presentes no território, vinculando-se aos interesses do capital globalizado, sob a tutela do Estado.

Na escala global, o setor eólico se concentra em países da Europa, Ásia e os EUA, mas vem sofrendo processo de evolução em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil. Diante disso, essa fonte de energia aumenta sua participação nas matrizes energéticas dos países e apresenta forte crescimento de investimentos financeiros dos grandes grupos empresariais e, conseqüentemente, o fortalecimento da cadeia produtiva, sendo, portanto, no cenário mundial uma promissora atividade econômica, uma alternativa para a diversificação energética e para a diminuição da poluição atmosférica, e um assunto muito discutido no planejamento dos países geradores eólicos.

No caso brasileiro, é visível o processo de expansão da atividade eólica, sendo fundamentado por uma seletividade espacial conforme as potencialidades naturais, incentivos do Estado, introdução do capital estrangeiro por grandes empresas do ramo eólico mundial e crescente participação na matriz energética nacional. A energia eólica em diversos municípios brasileiros tornaram-se agente ativo na morfologia física e social, impondo lógicas produtivas alheias a escala local, ocorrendo o surgimento de conflitos e de prejuízos ao sentimento de pertencimento da população residente, tendo como exemplos, o processo de apropriação de terras indígenas, quilombolas e Áreas de Proteção Ambiental (APA), modificação nas rotas das comunidades pesqueiras pescadores, interferência nas atividades de subsistência da população

rural (agricultura familiar e criação de animais), poluição sonora, desequilíbrio ecológico e geofísico, mudanças na dinâmica do lugar e no cotidiano dos moradores.

Por fim, é visível que o setor eólico nas duas escalas analisadas se fundamenta mediante um discurso de desenvolvimento socioeconômico e forte apropriação territorial, com o uso mais corporativo do território e significativa interferência da lógica capitalista do setor eólico global, caracterizando a geração de energia eólica mediante a atuação de agentes externos aos lugares onde ocorre efetivamente a geração de energia elétrica. Tanto no Brasil como nos demais grandes países geradores eólicos, o desenvolvimento dessa atividade produtiva fundamenta-se na lógica capitalista de produção e na forte atuação do Estado.

Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI.

Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil. 2014. p. 152, 2014. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

_____. **Atualização do Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil.** 2018. Disponível em: <http://inteligencia.abdi.com.br/wp-content/uploads/2017/08/2018-08-07_ABDI_relatorio_6-1_atualizacao-do-mapeamento-da-cadeia-produtiva-da-industria-eolica-no-brasil-WEB.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Dados de Geração.** 2020. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 02 mar. 2020.

_____. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA.** 2021. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/siga>>. Acesso em: 09 jun. 2021.

_____. **Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico – SIGEL.** 2021. Disponível em: <<https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/index.html>>. Acesso em: 09 jun. 2021.

AMARANTE, O. A. C.; ZACK, M. B. J.; SÁ, A. L. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro.** Brasília: MME, ELETROBRAS, CEPEL, CRESESB, TrueWind Solutions e Camargo Schubert Engenharia Eólica, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA - ABEEÓLICA. **InfoVento 19.** Fevereiro de 2021. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2021/02/2021_02_18_InfoVento19.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2021.

_____. **InfoVento 20.** Maio de 2021. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2021/06/2021_05_InfoVento20.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2021.

ARAÚJO, M. A. A. **Território, Técnica e Eletrificação:** as novas configurações do circuito espacial de produção de energia elétrica no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. 2019. 637f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

_____, M. A. A. O uso do território do Rio Grande do Norte pelo setor eólico-elétrico e suas implicações nos municípios de Galinhos, Guamaré e Macau. In: XI ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE, n. 21, 2015, Presidente Prudente. **Anais...** São Paulo: 2015. p. 6.984-6.995.

AZEVEDO, F. F.; ARAÚJO, M. A. A.; SILVA, R. P. Novas estratégias de geração de energia no estado do Rio Grande do Norte – Brasil: o caso do setor eólico energético. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA DE LA ELECTRIFICACIÓN, 3., 2015, Cidade do México. **Anais...** México: 2015. p. 1-20.

BARROS, L. F. F. **O Uso do Território e o Sistema Técnico Eólico-Energético:** Coexistências, conflitos e solidariedades com os assentamentos rurais de reforma agrária no Rio Grande do Norte. 2018. 219f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

BRASIL. **Lei Complementar nº 10.438, de 26 de abril de 2002.** Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nº 9.648, de 27 de maio de 1998, nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, nº 5.655, de 20 de maio de 1971, nº 5.899, de 5 de julho de 1973, nº 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.htm>. Acesso em: 27 jul. 2020.

CÂMARA DE GESTÃO DA CRISE DE ENERGIA ELÉTRICA - CGE. **Resolução nº 24, de 5 de julho de 2001.** Fica criado o Programa Emergencial de Energia Eólica - PROEÓLICA no território nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Resolu%C3%A7%C3%A3o/RES24-01.htm>. Acesso em: 27 jul. 2020.

CENTRO DE ESTRATÉGIAS EM RECURSOS NATURAIS E ENERGIA - CERNE. Disponível em: <<http://cerne.org.br/>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

DUTRA, R. M. **Propostas de Políticas Específicas Para Energia Eólica no Brasil Após a Primeira Fase do PROINFA.** 2007. 436f. Tese (Doutorado em Ciências e Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

_____, R. M.; SZKLO, A. S. A Energia Eólica no Brasil: PROINFA e o Novo Modelo do Setor Elétrico. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA – CBE, v. 2, 2006, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro:2006, p. 842-868.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL - GWEC. **Global Wind Report 2019.** 2019. Disponível: <<https://gwec.net/global-wind-report-2019/>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

HOFSTAETTER, M. **Energia Eólica:** Entre ventos, impactos e vulnerabilidades socioambientais no Rio Grande do Norte. 2016. 178f. Dissertação (Mestrado em Estudos Urbanos e Regionais) – Centro de Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Geociências**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias>>. Acesso em 09 jun. 2021.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA. **Statistics**. 2018. Disponível em: <www.irena.org/Statistics>. Acesso em: 02 abr. 2021.

LAGE, E. S.; PROCESSI, L. D. Panorama do Setor de Energia Eólica. **Revista do BNDES**, v. 39, p. 183-206, 2013.

MACEDO, L. D. O Estado da Arte da Geração de Energia Eólica no Mundo: Apresentação e discussão. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, Vitória da Conquista, n. 21, p. 133-149, 2016.

REDE DE POLÍTICAS ENERGÉTICAS RENOVÁVEIS PARA O SÉCULO XXI - REN21. Disponível em: <<http://www.ren21.net/>>. Acesso em: 14 fev. 2018.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço**. São Paulo: Edusp, 2012.

_____, M. **Técnica, Espaço e Tempo**. São Paulo: Edusp, 2013.

_____, M.; SILVEIRA, M. L. **O Brasil: Território e sociedade no início do século XXI**. Rio de Janeiro: Record, 2006.

TRALDI, M. **Novos Usos do Território no Semiárido Nordestino: Implantação de parques eólicos e valorização seletiva nos municípios de Caetité (BA) e João Câmara (RN)**. 2014. 272f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, São Paulo, 2014.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim** / Robert K. Yin ; trad. Daniel Bueno – Porto Alegre: Penso, 2016.