

BALANCE OF THE ELECTRICAL MATRIX WITH EMPHASIS ON THE PARTICIPATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

J. A. O. R. ALVES*, J. T. de C. NETO, F. A. P. de PAIVA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9360-7236>*

joyce.oliva@academico.ifrn.edu.br*

Submitted January 2, 2024 - Accepted April 2, 2024

DOI: 10pts.15628/holos.2024.16627

ABSTRACT

This article aims to present an overview of the participation of renewable energies in RN's electrical matrix, sharing quantitative data about generation projects, with an emphasis on renewable sources. This information can support academic research or studies associated with encouraging the use of renewable sources, characteristics that motivated and justified the option for this topic. The information gathering gathered and analyzed data relating to energy sources in RN made available by the SIGA/ANEEL platform. Regarding the results, maps, tables and graphs are presented, created

using the Python language and Pandas and Plotly libraries, representing the quantities of projects in operation, construction and with authorization for construction classified according to multiple criteria, namely: source, powers granted and supervised, performance and location, among other specificities. The results, in a preliminary assessment, attest to the trend towards decarbonization, concluding that the Rio Grande do Norte matrix is increasingly renewable, as it mitigates the effects of environmental pollution.

Keywords: energy balance, generation projects, renewable energy, electrical matrix, Rio Grande do Norte.

BALANÇO DA MATRIZ ELÉTRICA COM ÊNFASE NA PARTICIPAÇÃO DAS FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

RESUMO

Este artigo objetiva apresentar um panorama da participação das energias renováveis na matriz elétrica do RN, compartilhando dados quantitativos acerca dos empreendimentos de geração, com ênfase nas fontes renováveis. Estas informações podem subsidiar pesquisas acadêmicas ou estudos associados ao incentivo ao uso de fontes renováveis, características que motivaram e justificaram a opção por esta temática. O levantamento das informações reuniu e analisou dados relativos às fontes energéticas do RN disponibilizados pela plataforma SIGA/ANEEL. Acerca dos resultados, são apresentados

mapas, tabelas e gráficos, ideados através da linguagem *Python* e bibliotecas *Pandas* e *Plotly*, representativos dos quantitativos de empreendimentos em operação, construção e com autorização para construção, classificados segundo múltiplos critérios, a saber: fonte, potências outorgadas e fiscalizadas, atuação e localização, dentre outras especificidades. Os resultados, em uma avaliação preliminar, atestam a tendência pela descarbonização, concluindo que a matriz potiguar está cada vez mais renovável, porquanto mitigando os efeitos da poluição ambiental.

Palavras-chave: balanço energético, empreendimentos de geração, energias renováveis, matriz elétrica, Rio Grande do Norte.

1 INTRODUÇÃO

As formas de energia renováveis, também designadas de limpas, vêm ganhando cada vez mais espaço na matriz elétrica nacional em razão do vasto potencial que elas possuem nas diferentes regiões brasileiras, com maior projeção nos últimos anos para energia eólica e para energia solar fotovoltaica (Fadigas, 2011). Inúmeros governos e empresas têm investido em fontes renováveis de energia como forma de tentar minimizar os efeitos das crises energéticas que ocorreram nos últimos anos (Lima, Freire, Santos & Alburquerque, 2017). Gurgel, Lima e Sales (2023) defendem a produção de energia elétrica a partir de fontes de energias renováveis (eólica, solar, hidrelétrica, biomassa e geotérmica, por exemplo) como uma das formas de mitigar as mudanças climáticas. Dentro de uma conjuntura cada vez mais exigente e competitiva estas modalidades energéticas vêm conquistando cada vez mais espaço e investimentos, consolidando-se no mercado seja em usinas de geração centralizadas (potência instalada superior a 3 MW), seja em sistemas de geração distribuída, incorporadas em aplicações urbanas e rurais. Martins e Pereira (2022) defendem que a crescente pegada ecológica no Brasil e no mundo tem fomentado o aumento da conscientização da sociedade em relação à preservação do meio ambiente, além da necessidade de tomar medidas relacionadas à diversificação da matriz energética. Portanto, a diversificação da matriz pode ser entendida como a possibilidade de suprir a demanda por energia elétrica fazendo-se uso de variadas fontes de energia, não ficando refém de um único recurso ou fonte energética e, portanto, reforçando a segurança energética.

Celuppi (2017) defende que o emprego de energias do tipo renovável pode ser uma alternativa para redução dos impactos ambientais, visto que atendem à demanda de forma mais sustentável sem prejudicar os segmentos produtivos. Do ponto de vista ambiental, garantir uma alta sustentabilidade para as regiões onde estão inseridas, suprimindo suas necessidades, é uma forma de garantir que as novas gerações possam também se autossustentar (Oliveira, Detomi & Meneghin, 2013). Muito se tem debatido sobre sustentabilidade ambiental e meios para diminuir os gases de efeito estufa ao redor do mundo. Para Oliveira et al (2013) o desafio principal é a utilização de soluções energéticas alternativas para fomentar o desenvolvimento socioeconômico e tecnológico de modo a torná-las economicamente viáveis. Este artigo tem como objetivo apresentar um panorama geral referente à participação das fontes de energia renovável na matriz elétrica do Rio Grande do Norte, considerando dados quantitativos associados às usinas de geração que integram a sua matriz, alicerçados na consulta a séries de dados associados ao número de usinas de geração de energia elétrica (em operação, construção e autorizadas a iniciar suas obras) do Rio Grande do Norte, com marco temporal até dezembro de 2023. As informações apresentadas neste estudo são provenientes de bancos de dados da Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel, mas especificamente de seu Sistema de Informações de Geração – SIGA.

Ressalta-se, relativo à importância dos dados publicizados por este estudo, o intento em contribuir para o debate no contexto científico e/ou tecnológico da importância em incentivar a proposição de soluções tecnológicas que se opunham à nocividade da poluição atmosférica, das alterações climáticas e do aquecimento global. Neste escopo busca-se destacar a relevância do

estímulo à inserção de fontes de energias renováveis na composição da matriz elétrica do Rio Grande do Norte. No tocante à originalidade deste estudo, é apresentada uma compilação de dados técnicos que, na revisão bibliográfica que o antecedeu, não foram encontradas publicações científicas semelhantes e, portanto, fornecendo sua contribuição para o avanço da pesquisa no campo de estudos da matriz de geração de energia elétrica do estado do Rio Grande do Norte.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção destina-se a apresentar uma breve discussão teórica relativa aos conceitos diretamente relacionados com os assuntos tratados por este estudo, a saber: energias renováveis e não renováveis, as usinas eólica, fotovoltaica, pequenas centrais hidrelétricas e as usinas termelétricas. Por fim, são comentados alguns aspectos afins à relevância em adequar-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, propostos pela Organização das Nações Unidas – ONU.

2.1 Usinas eólicas, fotovoltaicas, PCH's e termelétricas

Bianchin, Beck e Seidel (2020) descrevem que o vento (massa de ar em movimento) é uma consequência direta do aquecimento irregular da crosta terrestre. Lima, Freire, Santos e Albuquerque (2017) informam que a energia disponível nas massas de ar sofre alterações em função das estações do ano, horas do dia, topografia e rugosidade do solo. As usinas eólicas fazem uso de dispositivos capazes de converter a energia cinética do vento em energia elétrica por meio da utilização de geradores elétricos rotativos que são impulsionados pelo giro das pás de aerogeradores (Campos & Moraes, 2012). No caso das usinas existe uma predominância por turbinas de eixo horizontal, constituídas por três pás, cuja área de varredura vai depender da potência nominal e da altura do respectivo aerogerador (Sá & Lopes, 2001). Apenas uma parte da potência disponível no vento é efetivamente convertida pelos aerogeradores em energia elétrica, sendo tal limite associado ao coeficiente de potência da turbina e ao limite de Betz, que prevê um aproveitamento teórico máximo de aproximadamente 59% (Borges Neto & Carvalho, 2012).

A otimização da captação de vento é obtida a partir de sistemas automatizados, eletropneumáticos ou eletrônicos, de orientação das pás e do eixo do aerogerador na direção mais favorável do vento em diferentes intervalos de tempo (Fadigas, 2011). De acordo com Campos e Moraes (2012) os ventos menos turbulentos e conseqüentemente melhores para geração eólica são obtidos em áreas com menos obstáculos e em maiores alturas, aspectos que justificam a construção de usinas eólicas em localidades afastadas dos grandes centros urbanos e com máquinas montadas em torres com altura próxima a 100 metros. Segundo Campos e Moraes (2012) a energia eólica é mais propícia à geração elétrica nos meses nos quais a afluência hídrica é menor, destacando a complementaridade entre a geração eólica e a geração proveniente de hidrelétricas. Bianchin, Beck e Seidel (2020) defendem a energia eólica como sendo a mais barata comparativamente às demais fontes de energias renováveis.

Energia solar é aquela irradiada pelo sol e que atinge a terra (Tundisi, 2009). Borges Neto e Carvalho (2012) afirmam que o Sol é a grande fonte primária de energia do planeta terra, controlando os movimentos das marés, ventos e ciclos de água, por exemplo. Tundisi (2009) informa que são múltiplas as possibilidades de aproveitamento da energia solar, seja de forma direta, seja de forma indireta, a saber: produção de biomassa, energia dos ventos, marés, gradientes térmicos dos oceanos ou várias outras. A energia solar possui aplicação como fonte de energia térmica ou como fonte de energia elétrica (Fialho Wanderley & Campos, 2013). Cavalcante, Lopes, Santos e Ribeiro (2022) informam que a energia solar pode ser utilizada através de dois métodos principais: o térmico e o fotovoltaico. No caso da energia solar térmica, usualmente designada de sistema termo solar, faz-se uso do calor presente na radiação solar. Sua aplicação mais corriqueira é o aquecimento de sistemas de águas (Cavalcante, Lopes, Santos & Ribeiro, 2022). Sistemas de energia solar fotovoltaica são aqueles que produzem energia elétrica a partir da radiação solar (Silva, Lana, Júnior & Talarico, 2022). No contexto de sua utilização como fonte para geração de energia elétrica, a energia solar é designada de energia solar fotovoltaica.

De acordo com Vilalva (2015), para o caso das usinas fotovoltaicas elas serão constituídas por elevadas quantidades de módulos interligados em layouts diversos, devendo ser avaliadas a área e a infraestrutura necessária à sua montagem, assim como a sua aplicabilidade em suprir energia para necessidades locais (edificações ou indústrias) ou para complementar a geração a partir de outras fontes. Fialho Wanderley e Campos (2013) descrevem que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre depende de variáveis atmosféricas tais quais nebulosidade e umidade relativa do ar. Os erros de previsão do recurso solar de uma determinada localidade serão inversamente proporcionais à quantidade de informações a respeito dos aspectos climáticos desta localidade, tais quais: temperatura, umidade, radiação, dentre inúmeras outras (Borges Neto & Carvalho, 2012). Maiores rendimentos das usinas implicam em maior eficiência energética, porquanto fazendo uso mais sensato dos recursos naturais. A geração de energia elétrica através do uso do sol pode ser considerada inesgotável do ponto de vista humano, evidenciando o potencial extraordinário da energia fotovoltaica comparativamente às outras fontes de energia (Silva, Lana, Júnior & Talarico, 2022).

Silva, Machado, Coelho e Carvalho (2020) informam que uma usina hidrelétrica utiliza a força do fluxo da água para produzir eletricidade. Vilalva (2015) descreve que o princípio de funcionamento da geração hidráulica é baseado no represamento de água, seguido do posterior escoamento dela através de dutos. As usinas hidrelétricas são compostas por três partes principais, a saber: reservatório, regulador de velocidade e unidade geradora. O regulador controla o fluxo da água de entrada e por conseguinte a quantidade de água que vai fluir pela turbina (Silva, Machado, Coelho & Carvalho, 2022). O deslocamento da água provocará o giro das pás da turbina, sendo esta última acoplada a um gerador de energia elétrica. No reservatório a energia estará na forma potencial gravitacional, sendo que ao entrar em movimento a energia passa a ser cinética e por fim, nos terminais do gerador tem-se a energia elétrica (Vilalva, 2015). Silva e Campos (2016) pontuam como desvantagens da geração hidráulica a perda produtividade durante períodos de seca e o uso da água para produção de energia, insumo que segundo seu ponto de vista, deveria ser priorizado para aplicações relacionadas à agricultura e ao consumo humano.

O aproveitamento hidráulico, proveniente do armazenamento de massas de água, em pequena escala recebe a designação de Pequena Central Hidrelétrica – PCH (Campos & Moraes, 2012). Nestas estações a energia potencial da água é convertida em energia cinética de rotação através de turbinas hidráulicas acopladas a geradores elétricos rotativos destinados a converter energia mecânica em energia elétrica. Para Campos e Moraes (2012), as PCH's podem ser diferenciadas das hidrelétricas de grande porte a partir da análise de dois aspectos principais, a saber: potência instalada e área inundada máxima. Outras variáveis de interesse na operação das PCH's são a altura de suas barragens e vertedouros, sua vazão turbinável, além do tipo de turbina que utilizam (Peltron, Kaplan, Francis etc.). Costa, Silva, Souza e Souza (2021) destacam, referindo-se à construção das instalações hidrelétricas, que os empreendimentos hidrelétricos são controversos quando avaliados sobre o prisma dos impactos ambientais e sociais que causam.

Hesse, Zonta, Amaral, Schuck e Zendron (2023) comunicam que as usinas termelétricas geram energia elétrica a partir da energia térmica fornecida pela queima de combustíveis. A termoeletricidade corresponde a produção de energia elétrica associada a processos térmicos que podem variar em função do tipo de combustível que será queimado. De modo simplificado o seu princípio operativo baseia-se na conversão de energia térmica em energia mecânica destinada a acionar geradores de energia elétrica (Borges Neto & Carvalho, 2012). A fonte primária de calor necessária ao processo advém de energia solar, biomassa fóssil e não fóssil, geotermia ou incineração de resíduos, dentre outras possibilidades. O petróleo, carvão mineral e gás natural são alguns dos principais meios fósseis nos quais funcionam as termelétricas brasileiras. Hesse, Zonta, Amaral, Schuck e Zendron (2023) citam como combustíveis de biomassa o bagaço de cana de açúcar, a casca de arroz, o capim elefante e o licor negro, dentre outros.

No caso do Rio Grande do Norte sua participação, conforme será discutido mais à frente neste artigo, é modesta comparativamente às fontes renováveis, entretanto no Brasil como um todo a termoeletricidade tem uma participação expressiva, principalmente complementando a geração hidrelétrica que ainda predomina em nossa matriz. Borges Neto e Carvalho (2012) listam que a geração termelétrica apresenta como vantagens o fato de que requisitam, comparativamente as usinas hidrelétricas e eólicas, de uma menor área ocupada, bem como sua alta capacidade de mobilidade, uma vez que podem ser desmobilizadas, removidas e instaladas em outras localidades e por fim, e principalmente, seu elevado grau de continuidade de serviço. Alusivo as desvantagens Gurgel, Lima e Sales (2023) pontuam que a queima de combustíveis fósseis para uma a produção de energia, tal qual ocorre nas termelétricas fósseis, contribui para o aumento das emissões de dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), todos prejudiciais a atmosfera terrestre.

2.2 Aspectos ambientais das energias renováveis e objetivos de desenvolvimento sustentável

As inquietações da sociedade no que tange às questões ambientais relativas a mudanças climáticas têm impulsionado o debate acadêmico-científico sobre a problemática das explorações dos recursos energéticos (Silva et al., 2015). Gurgel, Lima e Sales (2023) destacam o aumento na emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) como um dos principais causadores das mudanças

climáticas. Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS, propostos pela Organização das Nações Unidas, perfazem a inserção das dimensões econômica, social e ambiental, todas mutuamente integradas, conforme pode ser visto na Figura 1 extraída de Sena, Freitas, Barcellos, Ramalho e Corvalan (2016). A análise da Figura 1 permite concluir que a temática da energia (incluída na Figura 1 como “energia para todos”) integra-se principalmente com as dimensões econômica e ambiental, enquanto o combate à mudança climática está mais associado com as dimensões social e ambiental. Alves e Fernandes (2020) aludem a publicação das ODS o estabelecimento de uma mudança de perspectiva nos debates científicos relacionados ao desenvolvimento sustentável, deixando para traz as visões estritamente tecnicistas e unidimensionais, para adotar uma visão cada vez mais processual, multidimensional e transversal, com destaque para as esferas social e ambiental.

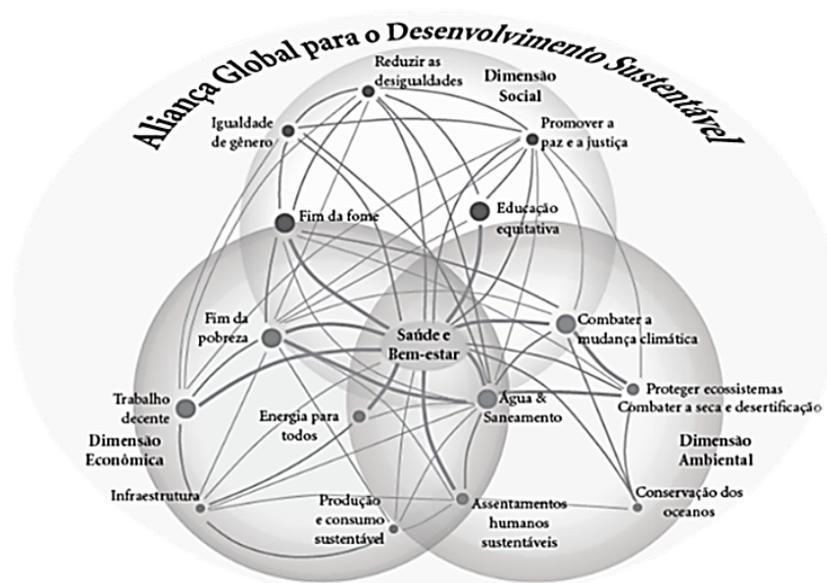


Figura 1: Integração das ODS's as dimensões econômica, social e ambiental.

A estrutura de consumo da população que constitui a atual sociedade moderna é caracterizada por sua elevada dependência por energia elétrica, particularidade que gera desastrosos impactos ao meio ambiente (Celuppi, 2017). Toledo, Dutra, Zanesco e Moehlecke (2022) informam que o Brasil segue uma tendência mundial pelo aumento da dependência do uso da energia elétrica em múltiplos setores econômicos. Sob o prisma da sustentabilidade, deve-se tomar providências que contribuam para redução dos impactos ambientais e da dependência da energia elétrica, promovendo um consumo mais racionalizado. Tomando como base esta necessidade, o atendimento ao disposto nas metas que integram as ODS requisita de uma contínua, compromissada e efetiva participação governamental. Sena et al. (2016) destacam que, tal qual propõe a ODS 7 – energia limpa e acessível, o aumento na participação das fontes baseadas em energias renováveis na matriz energética até 2030 é uma meta que ainda demandará muito esforço por parte do Brasil. Matrizes energéticas baseadas em fontes renováveis, tal qual a do estado do Rio Grande do Norte, estão em direta consonância com a ODS 7. O pleno atendimento ao disposto na referida ODS perpassa ainda a necessidade de disponibilizar acesso universal e confiável à

energia elétrica. Este último intento, tanto no Brasil como no Rio Grande do Norte, infelizmente ainda está longe de ser atingido.

3 METODOLOGIA

Para consecução dos objetivos deste trabalho, adotou-se uma estratégia metodológica assentada na realização de pesquisas bibliográficas correlatas às modalidades de geração de energia elétrica, em especial as fontes de origem não-fóssil. Estas pesquisas subsidiaram a elaboração do referencial teórico, bem como forneceram os fundamentos para avaliar criticamente as informações disponibilizadas nas bases de dados. No que tange a classificação da pesquisa quanto a sua metodologia, a mesma pode ser enquadrada como uma pesquisa exploratória, em razão da finalidade ao qual ela foi desenvolvida, a saber: adquirir familiaridade com os dados coletados e vislumbrar novos insights sobre o aproveitamento das informações nele contidas. Atinente à abordagem trata-se de uma pesquisa quantitativa uma vez que emprega, manipula e analisa elementos quantificáveis. Em relação a sua natureza aproxima-se mais de uma pesquisa aplicada em razão de se propor a gerar conhecimentos aplicáveis na prática.

Em relação aos materiais utilizados, a base de dados consultada para desenvolver as tabelas, mapas e gráficos que compõem este estudo foi o Sistema de Informações de Geração da Aneel – SIGA/ANEEL. Tais informações estão disponíveis no portal web da referida agência de forma pública e gratuita, reunindo materiais acerca da capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil (Aneel, 2023). No que tangencia os métodos e procedimentos empregados, informa-se que, o download dos dados do SIGA ocorreu através da função *Request*, presente na linguagem de programação *Python 3.9*, e de uma *Application Programming Interface – API* disponibilizada pela própria Aneel. A fim de tratar e perscrutar os dados disponibilizados no SIGA, de modo a filtrá-los consoante as especificidades requeridas para este estudo, aplicaram-se técnicas de análise e manipulação de dados (*csv* e *xlsx*) calcadas na linguagem *Python* e nas bibliotecas de *Pandas* e *Plotly*, sendo estas três ferramentas os principais softwares utilizados neste estudo. A predileção pelo uso da biblioteca *Pandas* decorre de sua profusa e consolidada utilização na área de ciência de dados, aspecto que permite amplo acesso à documentação e exemplos de utilização em uma multiplicidade de cenários e aplicações.

No que se refere a metodologia utilizada para a resolução do problema, no contexto deste estudo, foram utilizadas as funcionalidades, estruturas e operações de manipulação de tabelas numéricas e séries temporais disponibilizadas pelo *Pandas* vislumbrando construir *dataframes* contendo dados de latitude e longitude, tipo de atuação, classificação de fonte energética, potências outorgadas e fiscalizadas e município, dentre outros dados pertinentes ao estudo. Uma vez de posse dos dados de geração referentes ao estado do Rio Grande do Norte, já armazenados em *dataframes Pandas*, buscou-se ferramentas que facilitassem a apresentação destas informações de forma mais intuitiva, neste sentido tendo-se optado pelo emprego de gráficos. Para o logro deste intento decidiu-se pela utilização da biblioteca *Plotly*. Seu uso em publicações acadêmicas tem sido cada vez mais difundido em razão da multiplicidade de formatos de gráficos disponíveis, do elevado grau de formatações à disposição e da qualidade visual diferenciada dos resultados que ele

proporciona a seus utilizadores. Nesta análise foi empregada a versão 2.1.4 do *Pandas* e a versão 5.18 do *Plotly*, em sua versão para *Python*. Outro aspecto que alicerçou a escolha das ferramentas computacionais supramencionadas foi o fato de que se tratam de soluções de código aberto (softwares livres) e apoiadas ativamente por uma engajada comunidade de desenvolvedores, garantindo atualizações periódicas e vastíssima compatibilidade com diversos sistemas operacionais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No que se refere à caracterização do local do estudo informa-se que o Rio Grande do Norte é constituído por 167 municípios que perfazem uma área total de 52 809,601 km². O estado tem por capital o município de Natal situado no litoral Leste do estado. O Rio Grande do Norte é constituído por 5 mesorregiões, quais sejam: Oeste Potiguar, Central Potiguar, Agreste Potiguar e Leste Potiguar. Inicia-se a discussão dos resultados expondo, na Figura 2, um gráfico alusivo ao total de empreendimentos de geração elétrica do Rio Grande do Norte que estão cadastrados no SIGA até dezembro de 2023. Tais usinas são diferenciadas segundo três classes: em construção, construção não iniciada e em operação. A vista dos dados coletados da Aneel afirma-se que o Rio Grande do Norte possui atualmente (dezembro/2023) 326 usinas de geração de energia elétrica em operação. A Figura 2 permite vislumbrar ainda, a partir da análise do número de usinas em construção ou com construção não iniciada, que para os próximos anos devem ser agregados mais 347 empreendimentos de geração ao estado, de modo a constituir um parque de geração cuja previsão é de pelo menos 673 usinas em operação. Os empreendimentos a serem pensados provocarão um acréscimo considerável na carga instalada do parque de geração do estado. Diante do exposto pode-se constatar que, caso não ocorram variações bruscas no perfil de consumo do estado durante próximos anos, o estado caminha a passos largos rumo a consolidação de sua autossuficiência energética.

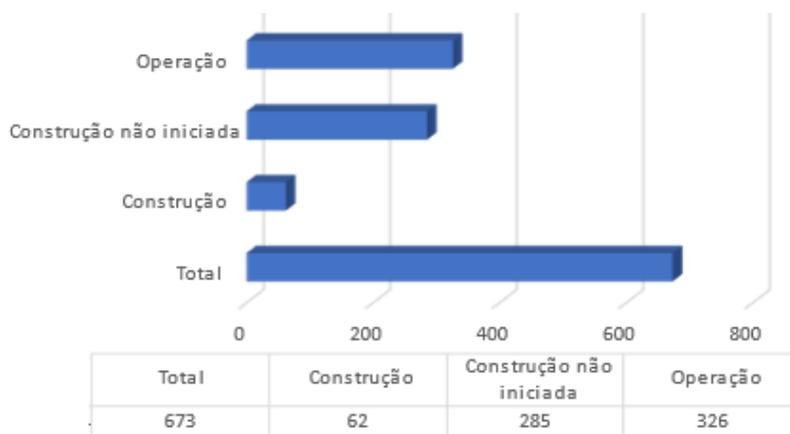


Figura 2: Quantitativo de empreendimentos de geração de energia elétrica no Rio Grande do Norte, cadastrados no SIGA/Aneel até dezembro de 2023.

Tomando por base unicamente nas informações constantes na Figura 2 não se pode avaliar se o acréscimo de usinas supracitadas representa um direcionamento da matriz do estado no sentido da redução do impacto ambiental mediante o acréscimo de fontes não poluentes. Para que

tal análise seja concretizada precisa-se verificar a natureza, renovável ou não-renovável, dos empreendimentos já em operação e principalmente daqueles que serão incorporados ao sistema elétrico estadual. A fim de fomentar e subsidiar o início da discussão sobre os tipos de empreendimentos, são apresentadas na Tabela 1 informações referentes ao número de usinas termelétricas em operação atualmente (dezembro/2023), classificando-as em usinas termelétricas não-fósseis (renováveis) e fósseis (não-renováveis). Explicita-se ainda o combustível final utilizado para geração de energia elétrica.

Tabela 1: Quantitativo de usinas termelétricas em operação no Rio Grande do Norte até dezembro de 2023.

Origem	Quantidade de empreendimentos	Combustível final	Quantidade de empreendimentos por tipo de combustível
Biomassa	2	Bagaço de cana de açúcar	2
Fóssil	34	Gás natural	6
		Óleo diesel	28

Uma análise pormenorizada da Tabela 1 permite constatar uma predominância das termelétricas de óleo diesel (28 usinas) sobre aquelas que utilizam o bagaço de cana de açúcar (2 empreendimentos), caracterizando a matriz termelétrica do Rio Grande do Norte como sendo quase que totalmente fóssil, aspecto negativo no que refere a poluição ambiental gerada por estas formas de geração. Dados correlatos as termelétricas em construção ou com obras a iniciar não são apresentados na Tabela 1, como consequência do fato de que, segundo consulta ao SIGA/Aneel, não está prevista a construção de empreendimentos desta natureza em nosso estado no horizonte dos próximos anos. Esta peculiaridade é bastante representativa, embora não possa ser considerada conclusiva, da tendência pela descarbonização gradativa do parque de geração do Rio Grande do Norte nos próximos anos. A fim de estabelecer um contraponto para a predominância fóssil da geração a partir de termelétricas, pode-se analisar os dados que constituem a Tabela 2. Nesta última percebe-se que avaliando-se unicamente sob o prisma da quantidade, ou seja, sem levar em conta as respectivas potências instaladas de geração, o número total de empreendimentos renováveis (292 usinas não-fósseis em operação) é consideravelmente superior as 34 unidades de geração de origem não renovável correspondentes às termelétricas de combustível fóssil (gás natural e óleo diesel). Esta superioridade alicerça a argumentação em favor da redução da poluição atmosférica inerente à utilização de renováveis em detrimento ao uso de usinas termelétricas.

Tabela 2: Perfil do parque estadual de geração a partir de fontes renováveis.

Origem	Quantidade de empreendimentos	Fase	Quantidade de empreendimentos por fase
PCH	1	Operação	1
		Construção	23
Fotovoltaica	256	Construção não iniciada	212
		Operação	21
Eólica	382	Construção	39
		Construção não iniciada	73
		Operação	270

Uma análise baseada unicamente na quantidade de empreendimentos torna a discussão muito vaga, visto que o potencial poluidor guardará relação direta com a potência de geração de cada unidade. Neste sentido, a potência outorgada (potência declarada para fins de regulamentação da operação da usina, representando a potência a qual a usina foi autorizada a operar) deverá ser um dos pilares que vai conferir maior robustez ao estudo, devendo, portanto, ser avaliada. Seguindo esta linha de raciocínio, as Figuras 3 e 4 apresentadas na sequência destacam, respectivamente, as potências outorgadas (MW) das usinas eólicas e fotovoltaicas em fase de construção e com construção não iniciada.

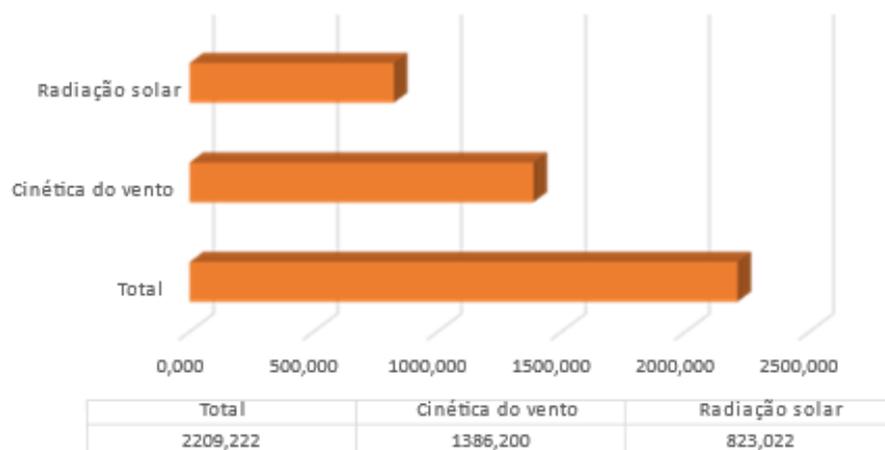


Figura 3: Potências outorgadas (MW), para as fontes eólica (cinética do vento) e fotovoltaica (radiação solar), dos empreendimentos do Rio Grande do Norte em fase de construção.

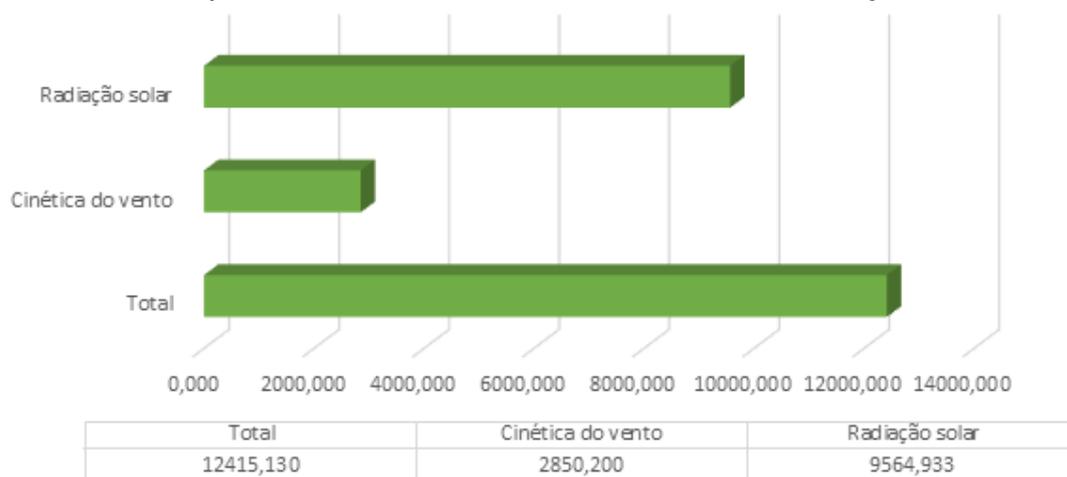


Figura 4: Potências outorgadas (MW), para as fontes eólica (cinética do vento) e fotovoltaica (radiação solar), dos empreendimentos do Rio Grande do Norte em fase de construção não iniciada.

Já na Figura 5 (incluindo eólica, fotovoltaica, PCH e termelétrica), têm-se acesso à potência das usinas já se encontram em operação. Conforme descrito anteriormente, empreendimentos termelétricos, em construção ou com obras a iniciar, não são indicados nas Figuras 3 e 4 por não estarem cadastrados no SIGA da Aneel. Também não estão previstas construções de PCH's, portanto elas também não estão incluídas nas Figuras 3 e 4. Verificando a Figura 3 percebe-se que um total de 2209,222 MW (2,20 GW) associados às fontes renováveis de natureza eólica e fotovoltaica estão em construção e, portanto, devem entrar em operação no estado nos próximos anos. Tal potência

está associada a 39 empreendimentos eólicos e 23 empreendimentos fotovoltaicos, em consonância com os dados descritos na Tabela 2.

De modo análogo a análise em termos de quantidades de estabelecimentos de geração, a análise centrada em potência instalada novamente traz luz ao fato de que para os próximos anos a matriz energética potiguar será cada vez mais renovável e por conseguinte não poluente, neste sentido contribuindo para melhoria dos índices de concentração de gases de efeito estufa na atmosfera potiguar. Repetindo a análise, porém desta vez considerando as informações apresentadas na Figura 4, a fonte eólica, cuja origem está associada à cinética do vento, deve iniciar obras que acrescentarão 2850,2 MW de potência, que ao serem integralizadas aos 9564,933 MW de usinas fotovoltaicas cujas respectivas obras também estão previstas para iniciar nos próximos anos, disponibilizarão aproximadamente 12,41 GW adicionais de energia limpa ao sistema elétrico norte riograndense. Considerando-se empreendimentos com construção não iniciada e com construção iniciada, o total de potência adicional é estimado em 14.61 GW de energia praticamente isenta de efeitos adversos ao meio ambiente. A Figura 5 a seguir permite confrontar as potências instaladas dos empreendimentos, considerando aqueles que já se encontram em fase de operação, proporcionando assim um panorama geral das potências instaladas de cada fonte energética do Rio Grande do Norte.

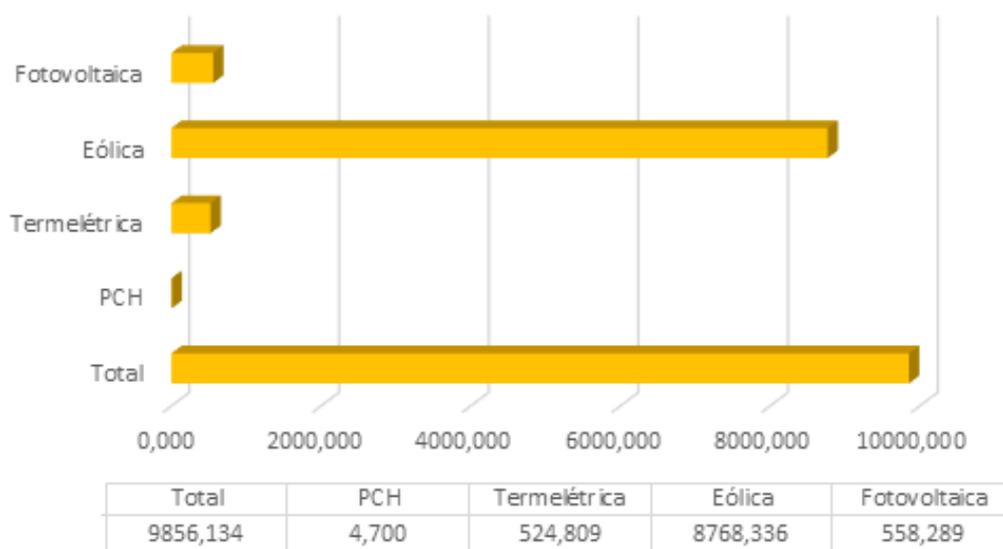


Figura 5: Potências outorgadas (MW), para todas as fontes que compõem a matriz energética norte riograndense, dos empreendimentos do Rio Grande do Norte cuja operação já está ativa.

Conforme amplamente divulgado nos meios de comunicação em geral e principalmente na mídia especializada é nítida (Figura 5) a prevalência, em termos de capacidade de geração, da energia eólica no Rio Grande do Norte, particularidade que demonstra de forma incontestável a predominância de fontes não poluentes na matriz energética de nosso estado em termos de quantidade de empreendimentos ou de suas respectivas capacidades de geração (potências outorgadas). Ainda em consonância com a Figura 5, para valores de potências outorgadas, pode-se calcular uma potência renovável de 9331,325 MW (eólica, PCH e fotovoltaica) em oposição aos 524,809 MW de capacidade instalada de natureza não-renovável. Logo, no território potiguar, a potência fóssil corresponde a menos de 10% da potência não-fóssil, ratificando a natureza renovável

da matriz elétrica do estado do Rio Grande do Norte. Um retrato da geração a partir de empreendimentos termelétricos do Rio Grande do Norte, por município, é apresentado nas Figuras 6 e 7, sendo a Figura 6 associada a potência outorgada e a Figura 7 é referente a potência fiscalizada. Nelas, as usinas termelétricas supracitadas são associadas a seus respectivos municípios, permitindo verificar uma predominância de empreendimentos fósseis nos municípios de Natal e Parnamirim.

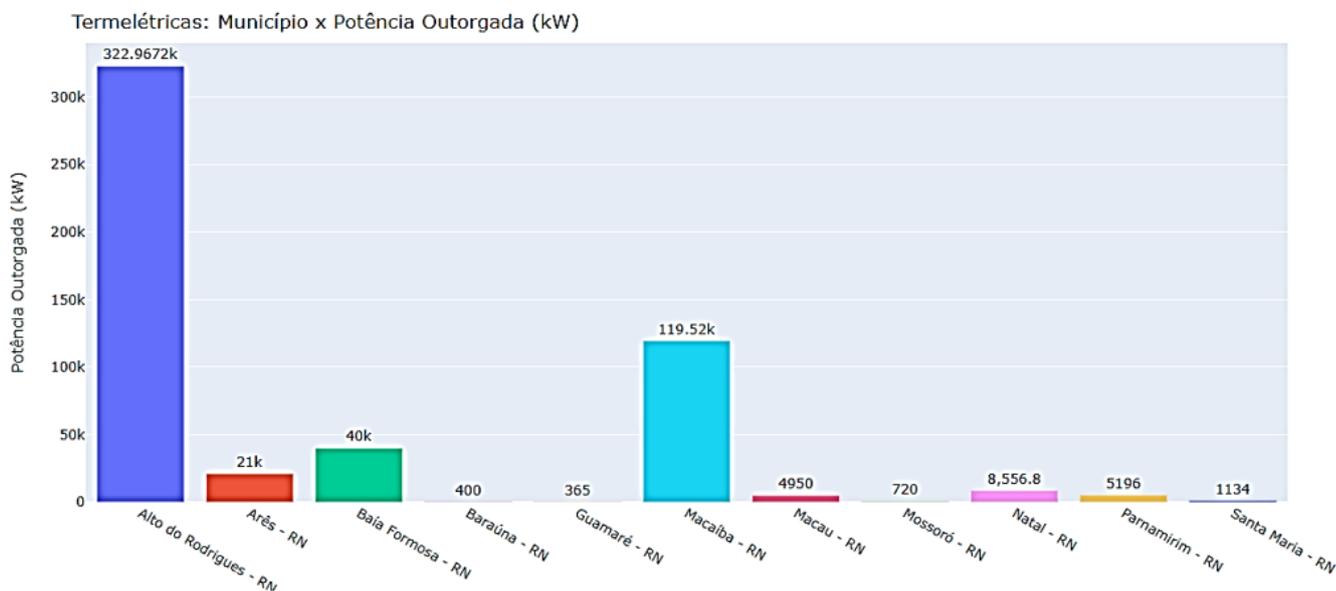


Figura 6: Potência outorgada referente a geração termelétrica e respectivos municípios onde os empreendimentos estão localizados.

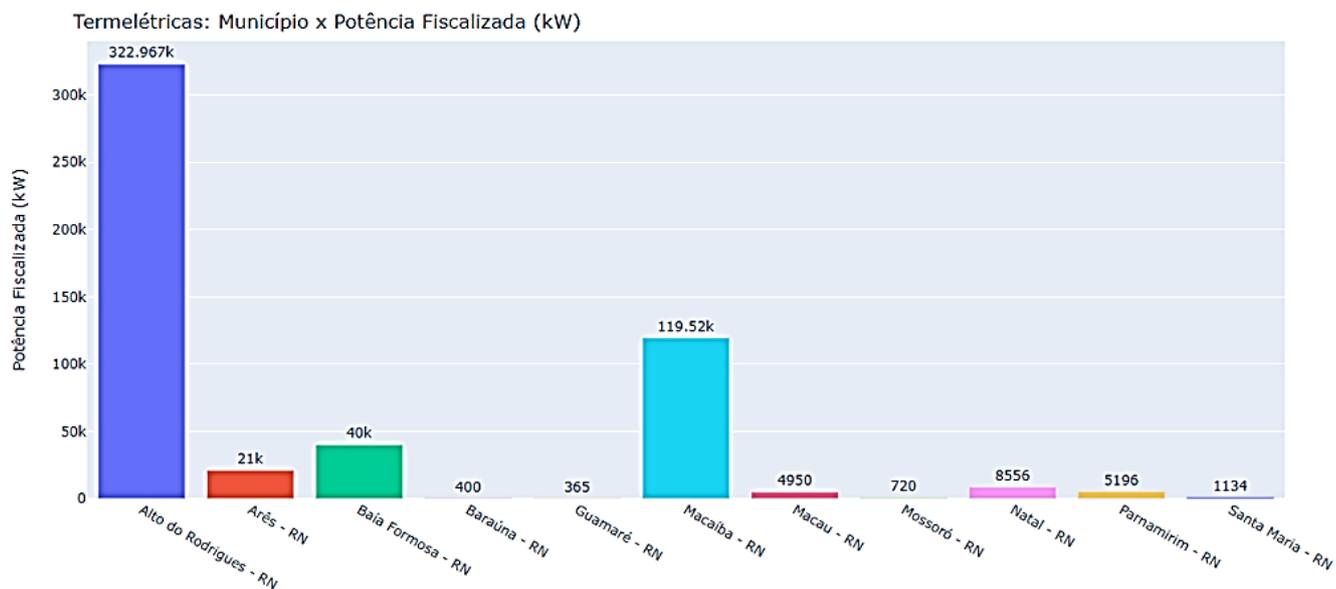


Figura 7: Potência fiscalizada referente a geração termelétrica e respectivos municípios onde os empreendimentos estão localizados.

Como as fontes renováveis que o estado dispõe, particularmente eólica e fotovoltaica, requerem vasta área para sua instalação, o fechamento e a substituição das termelétricas situadas nos municípios citados por empreendimentos renováveis em regiões no interior do estado seriam uma possível solução para descarbonização de nossos centros urbanos. A Figura 8 a seguir oportuniza visualizar a disposição geográfica dos empreendimentos de geração termelétrica no

mapa do Rio Grande do Norte. De modo complementar ao apresentado na Figura 6, a Figura 8 traz ainda informações de potência outorgada termelétrica das cidades potiguares localizadas ao longo do mapa do estado. A análise da Figura 9 possibilita concluir que, segundo a disposição física, o Rio Grande do Norte possui uma maior concentração de usinas termelétricas nas imediações da chamada grande Natal (cidade de Natal, Parnamirim, Macaíba, Extremoz e São Gonçalo do Amarante), com maior preponderância para as cidades de Natal e Parnamirim anteriormente aludidas.

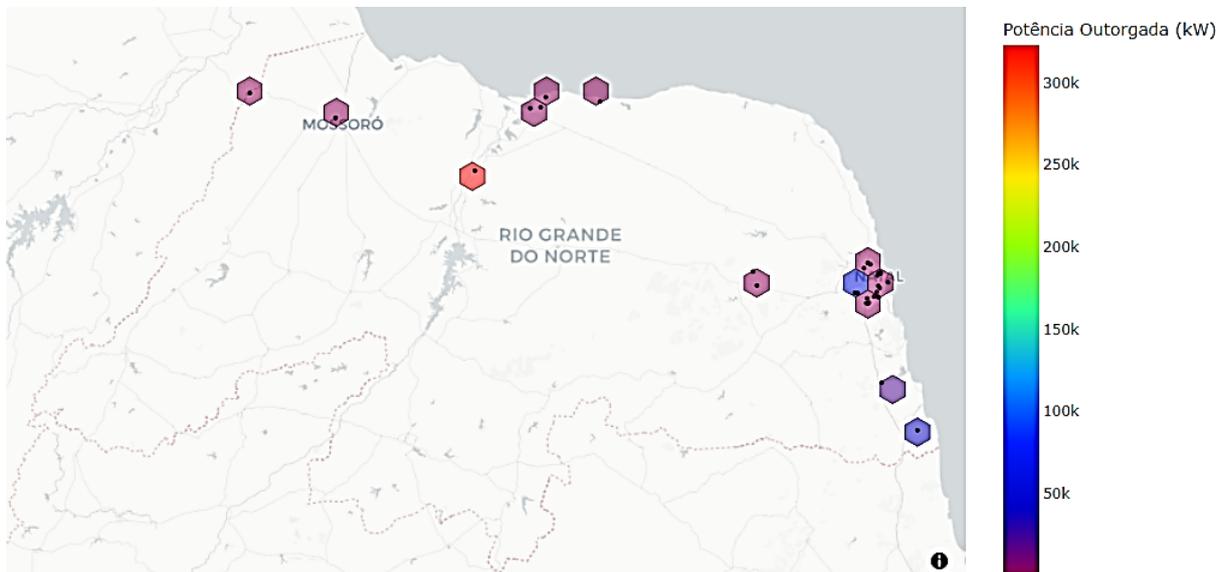


Figura 8: Disposição geográfica dos empreendimentos de geração termelétrica no mapa do Rio Grande do Norte, colorizados segundo suas respectivas potências outorgadas.

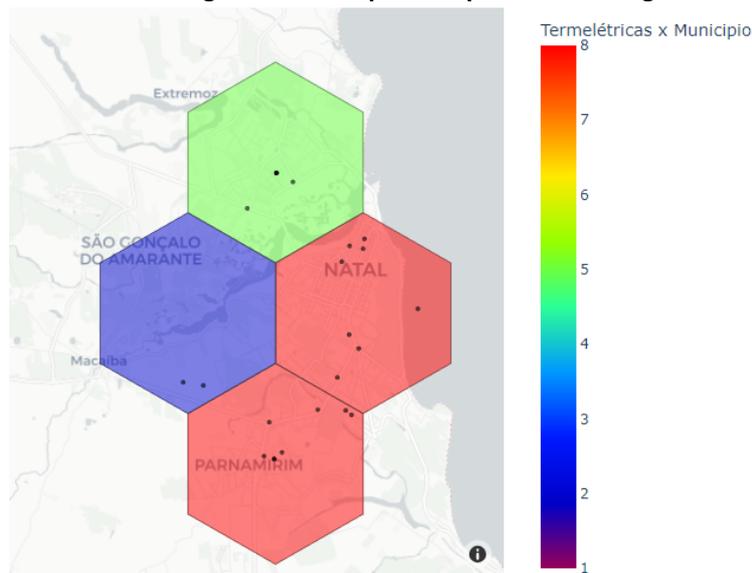


Figura 9: Disposição geográfica dos empreendimentos de geração termelétrica em torno da grande Natal.

Prosseguindo a análise, direcionando as atenções para as usinas eólicas, a Tabela 3 coaduna os valores de potência outorgada em MW atinentes ao somatório das potências de empreendimentos eólicos divididos por município, contemplando aqueles que possuem usinas eólicas em seu território. Para construção da Tabela 3, os empreendimentos eólicos foram inicialmente divididos por município, posteriormente foram calculados os respectivos somatórios

de potências outorgadas cadastradas no SIGA, porquanto, os valores reproduzidos na Tabela 3 podem ser entendidos como a potência eólica outorgada de cada município, até dezembro de 2023. Algumas usinas, por suas elevadas dimensões, ocupam mais de uma cidade, por isso a combinação de municípios em algumas linhas da Tabela 3. A Figura 10 posiciona as usinas eólicas ao longo do mapa do Rio Grande do Norte.

Tabela 3: Empreendimento de eólica no Rio Grande do Norte – dados de potência outorgada (kW) cadastrados no SIGA/Aneel.

Município	Potência Outorg. (kW)
Afonso Bezerra	29400,00
Angicos	91200,00
Angicos, Fernando Pedroza	51300,00
Areia Branca	345570,00
Bento Fernandes, Riachuelo	130200,00
Bodó	282800,00
Bodó, Cerro Corá, Santana do Matos	279300,00
Brejinho	6,00
Caiçara do Norte	92300,00
Caiçara do Rio do Vento	321200,00
Caiçara do Rio do Vento, Riachuelo	63000,00
Campo Redondo	63000,00
Ceará-Mirim	145800,00
Cerro Corá	73600,00
Currais Novos	504000,00
Currais Novos, São Vicente	138600,00
Equador	27000,00
Fernando Pedroza	108600,00
Fernando Pedroza, Lajes	68400,00
Fernando Pedroza, Lajes, Santana do Matos	49500,00
Galinhos	118570,00
Guamaré	284450,00
Jandaíra	637290,00
Jandaíra, Lajes	27500,00
Jardim de Angicos	90400,00
João Câmara	741560,00
Lagoa Nova	92000,00
Lagoa Nova, Santana do Matos, São Vicente	16800,00
Lajes	1197500,00
Macau	200470,00
Monte das Gameleiras, São José do Campestre, Serra de São Bento	103500,00
Parazinho	629200,00
Parelhas	220500,00
Pedra Grande	353500,00
Pedra Grande, São Bento do Norte	21000,00
Pedra Preta	513600,00

Pedro Avelino	513200,00
Pureza	139500,00
Riachuelo	63000,00
Riachuelo, Ruy Barbosa	63000,00
Rio do Fogo	77300,00
Ruy Barbosa	121800,00
Santana do Matos	115500,00
Santana do Matos, São Vicente, Tenente Laurentino Cruz	46200,00
São Bento do Norte	605210,00
São José do Campestre	45000,00
São José do Campestre, Serra de São Bento	54000,00
São Miguel do Gostoso	584375,00
São Tomé	664200,00
Serra do Mel	1288320,00
Tenente Laurentino Cruz	28000,00
Touros	483515,00

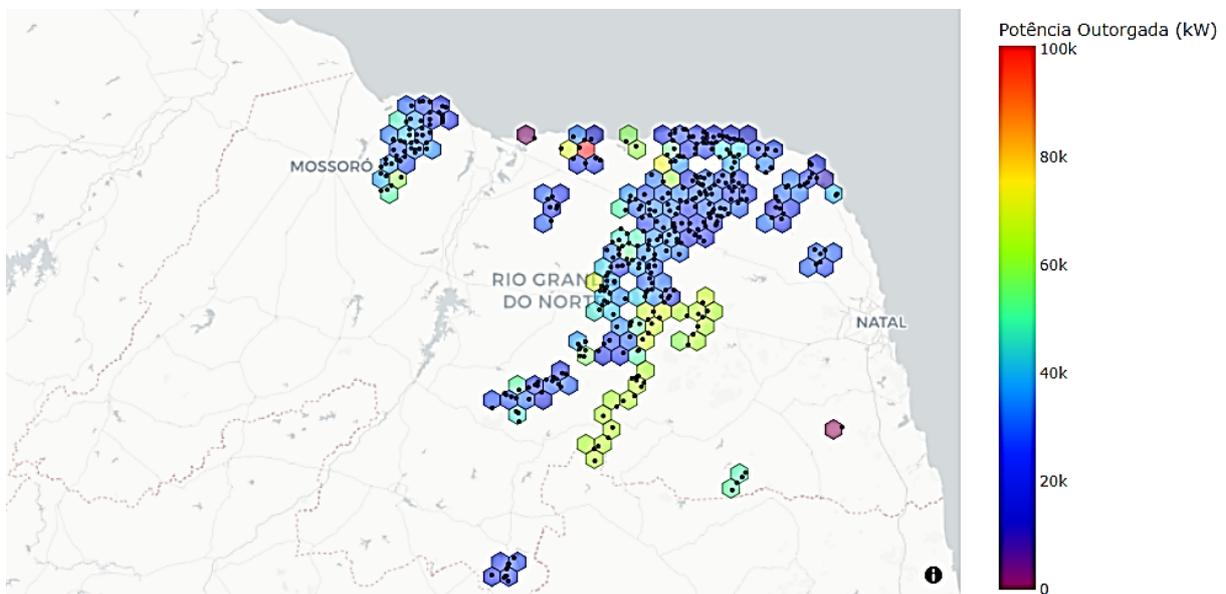


Figura 10: Disposição geográfica dos empreendimentos de geração eólica no mapa do Rio Grande do Norte, colorizados segundo suas respectivas potências outorgadas.

Consoante a Tabela 3, o destaque de potência eólica no território potiguar fica por conta das cidades de Serra do Mel, Lajes e João Câmara, cujas respectivas potências outorgadas são 1,288 GW, 1,197 GW e 0,741 GW. Para as usinas fotovoltaicas, de modo análogo às análises anteriores, sua localização no Rio Grande do Norte é ilustrada através da Figura 11, com escala de cores baseada nas potências outorgadas dos municípios (Tabela 4). A maior proeminência em termos de usina solar é a cidade de Açu com 4,304 GW de potência outorgada partícipe a empreendimentos tipificados como usinas fotovoltaicas. Tal qual na geração eólica, a cidade de Serra do Mel também se sobressai em termos de geração fotovoltaica tendo, segundo a Aneel, 866,124 MW de potência outorgada fotovoltaica. Em uma faixa intermediária de potência cabe menção às cidades de Ceará Mirim,

Currais Novos e Galinhos, com valores que variam na faixa entre 570 MW e 708 MW de potência outorgada fotovoltaica.

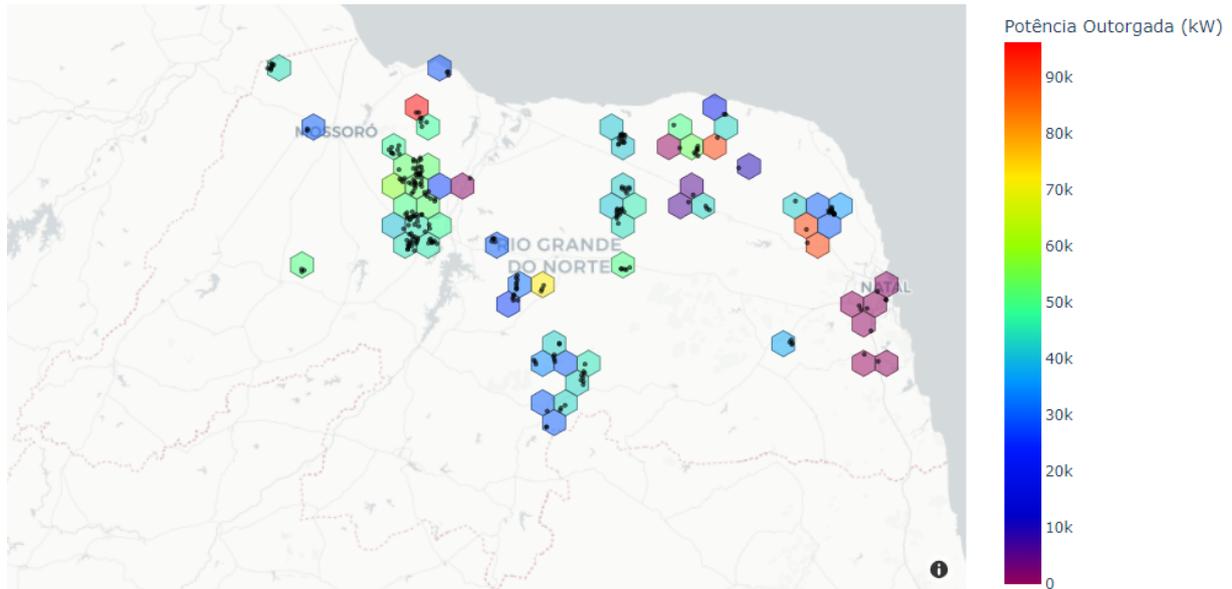


Figura 11: Disposição geográfica dos empreendimentos de geração fotovoltaica no mapa do Rio Grande do Norte, colorizados segundo suas respectivas potências outorgadas.

Tabela 4: Empreendimento de fotovoltaica no Rio Grande do Norte – dados de potência outorgada (kW) cadastrados no SIGA/Aneel.

Município	Potência Outorg. (kW)
Açu	4304992,00
Alto do Rodrigues	1100,00
Angicos	150000,00
Areia Branca	86000,00
Baraúna	354312,00
Bodó	118650,00
Bom Jesus	149985,00
Caraúbas	151848,00
Carnaubais	208000,00
Ceará-Mirim	708642,00
Currais Novos	570000,00
Galinhos	577416,00
Jandaíra	164673,39
João Câmara	141136,00
Lagoa Nova	204920,00
Lajes	338926,13
Macaíba	721,00
Mossoró	60000,00
Natal	2065,04
Parazinho	465000,00
Parnamirim	360,00
Pedra Grande	64548,00

Pedro Avelino	551811,13
Pureza	42000,00
Santana do Matos	602115,00
São Bento do Norte	50000,00
São José de Mipibu	899,30
Serra do Mel	866124,00
Touros	10000,00

Finalizando as discussões, a Tabela 5 exhibe dados de potência outorgada, fiscalizada (potência de operação comercial do empreendimento) e garantia física (capacidade que o gerador é capaz de suprir) do único empreendimento de geração do tipo Pequena Central Hidrelétrica – PCH do estado do Rio Grande do Norte, localizado na cidade Açu.

Tabela 5: Empreendimento de PCH no Rio Grande do Norte – dados de potência cadastrados no SIGA/Aneel.

Município	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Garantia Física (kW)
Açu	4700,00	4700,00	3200,00

No que se refere às potencialidades do presente estudo, por exemplo, como e quem poderia fazer uso dos resultados aqui apresentados, pode-se citar que a leitura dos dados aqui constantes por parte de empresas que desejem mapear geograficamente seus parques de geração e/ou a abrangência geográfica de seus consumidores, empresas interessadas pelo perfil de geração do estado em relação ao mercado livre de energia, além do mapeamento de dados por parte de instituições de pesquisa, observatórios de pesquisa e instituições análogas. No que concerne às limitações deste estudo, os resultados obtidos avaliam os empreendimentos de geração classificados, segundo os critérios estabelecidos pela Aneel (Resolução Normativa Nº 482/2012), como usinas, ou seja, centrais geradoras com potência instalada superior a 3 MW. Assim, os resultados obtidos não incluem informações relativas aos empreendimentos de minigeração (potência instalada entre 75 kW e 3 MW) e de microgeração (potência instalada inferior a 75 kW), particularidade que circunscreve o escopo do estudo a um quantitativo menor de empreendimentos e que não proporciona uma abrangência e espalhamento geográfico tão grande quanto aquele que seria obtido em um estudo envolvendo a microgeração, por exemplo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho primou pela apresentação objetiva e direta, materializada primordialmente pela utilização de mapas, tabelas e gráficos, de um conjunto de dados acerca das fontes energéticas do Rio Grande do Norte. A leitura dele permitiu ter um panorama geral, considerando o marco temporal de dezembro de 2023, das usinas de geração elétrica distribuídas nas diferentes regiões do estado, visto que algumas das informações são divididas por município. Quantitativo de empreendimentos em operação, em construção e com autorização para iniciar a construção foram algumas, dentre múltiplas outras, questões apresentadas e discutidas durante o transcorrer deste texto. Conforme apresentado e discutido, o vasto potencial energético disponível no referido estado vem sendo progressivamente mais explorado, caracterizando a crescente tendência de fazer com que sua matriz se torne paulatinamente mais limpa. Verificou-se o uso cada vez mais crescente de

fontes energéticas renováveis na matriz elétrica do estado do Rio Grande do Norte. Solar fotovoltaica e eólica são exemplos de fontes cujos respectivos empreendimentos já estão em operação ou obtiveram autorização para funcionamento nos próximos anos, atestando que esta tendência pela limpeza da matriz deverá manter-se em rota de crescimento dentro do contexto energético do Rio Grande do Norte.

Neste íterim pode-se considerar, em uma avaliação preliminar, que a matriz potiguar está cada vez mais renovável, contribuindo decisivamente para mitigar os efeitos nocivos associados à poluição ambiental, visto que a utilização de fontes renováveis, em detrimento das fontes fósseis, traz como consequência direta uma descarbonização da atmosfera no entorno dos respectivos empreendimentos de geração. Múltiplos desafios ainda estão sendo enfrentados, como por exemplo questões associadas ao licenciamento ambiental, falta de legislações específicas e distribuição de emprego e renda nos municípios que recebem estes empreendimentos. Tais questões não foram alvo do presente estudo, porém, como sugestões de trabalhos futuros, os dados aqui apresentados poderiam, a depender da interpretação deles sob o outro ponto de vista, dialogar com estas temáticas, seja através de cruzamento de dados seja pela elaboração de gráficos de tendências. Ainda no cerne dos trabalhos futuros, pretende-se avaliar a proporção de descarbonização da matriz elétrica do Rio Grande do Norte considerando também os sistemas com potência instalada inferior a 3 MW. Por fim, destaca-se que em trabalhos futuros, uma análise congênere a que foi proposta neste estudo poderia ser replicada de modo a abarcar outros estados vizinhos ou uma região específica, por exemplo a região nordeste.

6 REFERÊNCIAS

- Alves, E. E. C., & Fernandes, I. F. d. A. L. (2020, July 20). Objetivos do desenvolvimento sustentável: uma transformação no debate científico do desenvolvimento? *Meridiano 47 - Journal of Global Studies*, 1-17. <https://periodicos.unb.br/index.php/MED/article/view/29887>;
- ANEEL. (2022, January 13). Agência nacional de energia elétrica. Retrieved November 3, 2023, from <https://www.gov.br/aneel/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/a-aneel>;
- Bianchin, L. S., Beck, D., & Seidel, D. J. (2020). Influência da razão de sobreposição no torque estático da turbina Savonius. *Holos*, 6, 1–13. <https://doi.org/10.15628/holos.2020.9891>;
- Borges Neto, M. R., & Carvalho, P. C. M. d. (2012). Geração de energia elétrica: fundamentos (1st ed.). Érica;
- Campos, A. F., & Moraes, N. G. d. (2012). Tópicos em energia: teoria e exercícios (1st ed.). Synergia;
- Cavalcante, M. de A., Lopes, R. S., Santos, W. J. C. dos., & Ribeiro, E. A. N.. (2022). Os impactos da tecnologia de energia solar *On-Grid* e *Off-Grid* para o meio ambiente e seus aspectos positivos. *E-Acadêmica*, 3(3), e6433382. <https://doi.org/10.52076/eacad-v3i3.382>;
- Costa, M. C. A., Silva, G. G. da., Souza, D. B. de., & Souza, M. P. de. (2021). Governança ambiental em construções de hidrelétricas. *P2P E INOVAÇÃO*, 7(2), 253–276. <https://doi.org/10.21721/p2p.2021v7n2.p253-276>;
- Celuppi, R. (2017). Energia solar: uso renovável na indústria (1st ed.). Appris.
- Fadigas, E. A. F. A. (2011). Energia eólica (1st ed.). Manole;

- Ferreira de Lima, N., Freire, M. A. C., Santos, J. J. dos, & Albuquerque, R. R. C. de. (2017). Correlação de longo alcance temporal da velocidade do vento nos municípios de Ceará-mirim e Natal No Rio Grande do Norte. *Holos*, 8, 56–64. <https://doi.org/10.15628/holos.2017.5491>;
- Fialho Wanderley, A. C., & Campos, A. L. P. S. (2013). Perspectivas de inserção da energia solar fotovoltaica na geração de energia elétrica no Rio Grande do Norte. *Holos*, 3, 3–14. <https://doi.org/10.15628/holos.2013.1493>;
- Hesse, H. M., Zonta, M. E., Amaral, V. H. do, Schuck, C., & Zendron, F. (2023). Usina termelétrica a base de biomassa. *Anais da mostra de ensino, pesquisa, extensão e cidadania (MEPEC) - ISSN 2596-0954*, 5. Recuperado de <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/MEPEC/article/view/4705>;
- Martins, F. R., & Pereira, E. B. (2019). *Energia solar: estimativa e previsão de potencial solar* (1st ed.). Appris;
- Oliveira, G. R. d., Detomi, A. M., & Meneghin, R. A. (2013). *Patentes de energia eólica: uma forma sustentável de suprir as necessidades do nordeste brasileiro* (1st ed.). Lumen Juris;
- Gurgel, A. R. C., Lima, K. C., & Sales, D.C. (2023). Análise de componentes principais para correlacionar variáveis climáticas sobre a região do Rio Grande do Norte. *Holos*, 3(39). Recuperado de <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/15369>;
- Sá, A. L. d., & Lopes, J. D. S. (2001). *Energia eólica: para geração de eletricidade e bombeamento de água* (1st ed.). Centro de Produções Técnicas - Cepel;
- SIGA - Sistema de Informações de Geração da Aneel. (2022, February 2). Agência nacional de energia elétrica. Retrieved December 12, 2023, from <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/signa-sistema-de-informacoes-de-geracao-da-aneel>;
- Silva, A. F., & De Campos, M. F. (2017). Recentes avanços e tendências em novos materiais para energia renovável. *Holos*, 8, 47–60. <https://doi.org/10.15628/holos.2016.4315>;
- Silva, C. de O. e, Machado, B. S., Coelho, C. J., & Carvalho, R. V. de. (2020). Modelagem de sistema de partida e parada de uma turbina hidrelétrica usando redes Petri. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 48579–48593. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-488>;
- Silva, M.S., Lana, T.R., Júnior, J.A.S., & Talarico, M.G. (2021). Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. *Revista Mythos*, 14(2), 51-61. <https://doi.org/10.36674/mythos.v14i2.467>;
- Silva, S. S. F. da, Alves, A. C., Ramalho, Ângela M. C., Lacerda, C. de S., & Sousa, C. M. de. (2015). Complementaridade hidro eólica: desafios e perspectivas para o planejamento energético nacional. *Holos*, 6, 32–53. <https://doi.org/10.15628/holos.2015.2006>;
- Sena, A., Freitas, C. M. d., Barcellos, C., Ramalho, W., & Corvalan, C. (2016). Medindo o invisível: análise dos objetivos de desenvolvimento sustentável em populações expostas à seca. *Ciência & Saúde Coletiva*, 21(3), 671-684. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232015213.21642015>;
- Toledo, L. M., Dutra, A. B., ZanESCO, I., & Moehlecke, A. (2022, May 23). Análise Da Evolução Do Mercado Da Tecnologia Fotovoltaica Em Propriedades Rurais No Brasil. Congresso Brasileiro De Energia Solar, Florianópolis. <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1104/1106>.
- Vilalva, M. G. (2015). *Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações* (2nd ed.). Érica.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Alves, J. A. O. R., Neto, J. T. de C., & Paiva, F. A. P. de. BALANÇO DA MATRIZ ELÉTRICA DO RN COM ÊNFASE NA PARTICIPAÇÃO DAS FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. *HOLOS*, 1(40). Recuperado de <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/16627>

ABOUT THE AUTHORS**J. A. O. R. ALVES**

Engenheira Eletricista com experiência em iluminação pública, perdas não-técnicas, recuperação de energia, geração distribuída, consumidores, análise espacial, conhecimentos em banco de dados SQL, ferramenta de análise espacial geográfica e mapeamento, gestão de processos, diagramas elétricos, projetos fotovoltaicos, PRODIST e sistema SAP. Graduação em Engenharia Elétrica (2020) e em Sistemas de Informação (2013) ambas pela Universidade Potiguar (UNP). Pós Graduação Lato Sensu em Energias Renováveis pela Universidade Potiguar (2019) e Lato Sensu em Gestão de Projetos (2015) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Stricto Sensu em Mestrado profissional em Uso Sustentável dos Recursos Naturais pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN).

E-mail: eng.joyceoliva@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9360-7236>

J. T. CARVALHO

Possui graduação em Engenharia da Computação com ênfase em automação industrial e em engenharia de processos de plantas de petróleo e gás natural pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2010), mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela mesma Universidade (2012 e 2016). Professor do quadro efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) desde 2013 na área de Manutenção de Equipamentos de Informática. Ministra disciplinas do ensino técnico e graduação na área de eletrônica e manutenção e suporte em informática. É professor permanente do Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais (PPgUSRN) do IFRN onde ministra disciplinas na área de sustentabilidade e gestão dos recursos naturais. Atualmente ocupa o cargo de Diretor de Inovação Tecnológica e Coordenador do Núcleo de Inovação Tecnológica do IFRN. É membro do IEEE desde 2012 e atualmente é membro da Sociedade de Eletrônica de Potência da IEEE (PELS-IEEE) e membro da Sociedade de Eletrônica Industrial da IEEE (IES-IEEE). Tem experiência em pesquisa e desenvolvimento tecnológico na área de engenharia elétrica e eletrônica, com ênfase em energia solar fotovoltaica, sistemas fotovoltaicos e eletrônica de potência, atuando principalmente nos seguintes temas: análise de eficiência de células fotovoltaicas, sistemas fotovoltaicos autônomos e conectados à rede, projeto de conversores de potência, rastreamento do ponto de máxima potência, carregamento de baterias, veículos elétricos, controladores lineares e não-lineares.

E-mail: joao.teixeira@ifrn.edu.br

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4257-3937>

F. A. P. PAIVA

Doutor (2016) e mestre (2007) em Engenharia Elétrica e de Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Bacharel (1999) em Sistemas de Informação pela Universidade Potiguar (UnP). Possui experiência em análise e desenvolvimento de sistemas, administração e programação de sistemas de gerenciamento de banco de dados. Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), atuando nos cursos técnicos e superiores da área de Sistemas de Informação e desenvolve projetos de pesquisa em parceria com a Universidade de Coimbra, em Portugal. As áreas de interesse incluem: Meta-heurísticas bioinspiradas, Sistemas de recomendação, Aprendizagem de máquina e Propriedade intelectual.

E-mail: fabio.procopio@ifrn.edu.br

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6868-2787>

Editor: Gustavo Fontoura Souza

Ad Hoc Reviewer: Marcos Antônio Tavares Lira e Natalya Reis da Silva



Submitted January 02, 2024

Accepted April 02, 2024

Published April 19, 2024