

PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

REVISTA DE
GEOGRAFIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia>

ANÁLISE GEOESPACIAL DAS INSTALAÇÕES DE PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS EM MUNICÍPIOS DO SEMIÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL

Júlia Rélene de Freitas Rodrigues¹ - <https://orcid.org/0000-0003-1853-3799>

Ilton Araújo Soares² - <https://orcid.org/0000-0002-9130-9622>

Rodrigo Guimarães de Carvalho³ - <https://orcid.org/0000-0001-9556-3874>

Diana Gonçalves Lunardi⁴ - <https://orcid.org/0000-0001-5535-2917>

¹ Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil*

² Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil **

³ Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil***

⁴ Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil****

Artigo recebido em 14/11/2022 e aceito em 15/03/2023

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar a expansão e distribuição geoespacial das centrais geradoras de energia solar fotovoltaica, com a finalidade de geração de pequeno porte em unidades familiares e comerciais, na zona urbana do município de Mossoró/RN, em comparação com a expansão dessas centrais em municípios situados no semiárido do Nordeste brasileiro. Foi utilizado um banco de dados geoespaciais com a distribuição dos painéis solares e os dados foram analisados em ambiente SIG para elaboração de mapas temáticos. Os resultados mostram que entre os anos analisados, de 2015 a 2021, Mossoró apresentou um crescimento exponencial do número de centrais geradoras, totalizando 3.514 unidades em 2021, com aumento de 117.000%, seguindo uma tendência global de expansão. Em Mossoró, o crescimento ocorreu principalmente nos bairros de maior poder aquisitivo, com maior concentração nas áreas de condomínios residenciais horizontais. Entretanto, a partir de 2019 ocorreu uma expansão da distribuição espacial e, em 2020, todos os bairros já apresentavam instalações de energia solar, configurando-se na maior democratização do acesso a este tipo de energia limpa. Dentre as quatro sedes municipais analisadas neste estudo, Mossoró é a cidade que possui mais centrais geradoras de energia solar por número de habitantes, mesmo não sendo a mais populosa. Por fim, os dados da pesquisa sugerem que o aumento do número de painéis solares no período de 2015 a 2021 está diretamente relacionado ao aumento das possibilidades de financiamento, à diminuição do valor do quilowatt pico (kWp) e ao aumento do valor do Megawatt hora (MWh).

Palavras-chave: Energia solar; energia renovável; geoprocessamento.

* Mestra em Ciências Naturais, Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais, E-mail: juliarelene@gmail.com

** Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Laboratório de Estudos Costeiros e Áreas Protegidas, E-mail: iltonet@yahoo.com.br

*** Pós-doutor em Geografia, Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais, E-mail: rodrigocarvalho@uern.br

**** Doutora em Psicobiologia, Programa de Doutorado em Desenvolvimento em Meio Ambiente, E-mail: lunardi.diana@ufersa.edu.br

GEOSPATIAL ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC SOLAR PANEL INSTALLATIONS IN MUNICIPALITIES IN THE SEMIARID REGION OF NORTHEASTERN BRAZIL

ABSTRACT

This work aimed to analyze the expansion and geospatial distribution of photovoltaic solar power plants, with the purpose of small-scale generation in family and commercial units, in the urban area of the municipality of Mossoró/RN/Brazil, in comparison with the expansion of these power plants in municipalities located in the semiarid region of Northeastern Brazil. A geospatial database with the distribution of solar panels was used, and the data was analyzed in a GIS environment to create thematic maps. The results show that, between the years analyzed, from 2015 to 2021, Mossoró had an exponential growth in the number of power plants, totaling 3,514 units in 2021, an increase of 117,000%, following a global expansion trend. In Mossoró, the growth was mainly noticed in higher purchasing power neighborhoods, with greater concentration in the areas of horizontal residential condominiums. However, as of 2019, the spatial distribution expanded and, in 2020, all neighborhoods already had solar energy installations, configuring the greatest democratization of access to this type of clean energy. Among the four municipalities analyzed in this study, Mossoró is the city with the most solar power plants per number of inhabitants, even though the municipality is not the most populous in the region. Finally, the research data suggests that the increased number of solar panels in the period from 2015 to 2021 is directly related to the increase in financing possibilities, the reduction in the price of the kilowatt peak (kWp), and the increase in the price of the Megawatt hour (MWh).

Keywords: Solar energy; renewable energy; geoprocessing.

ANÁLISIS GEOSPACIAL DE INSTALACIONES DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS EN MUNICIPIOS DEL NORDESTE SEMIÁRIDO DE BRASIL

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo analizar la expansión y distribución geoespacial de centrales generadoras de energía solar fotovoltaica, con el objetivo de pequeña generación en unidades familiares y comerciales, en el área urbana del municipio de Mossoró/RN, en comparación con la expansión de estas centrales, en municipios ubicados en la región semiárida del Nordeste brasileño. Se utilizó una base de datos geoespacial con la distribución de paneles solares. Los datos fueron analizados en un ambiente SIG para la elaboración de mapas temáticos. Los resultados muestran que entre los años analizados, de 2015 a 2021, Mossoró presentó un crecimiento exponencial en el número de plantas generadoras, totalizando 3.514 unidades en 2021, con un aumento porcentual de 117 mil, siguiendo una tendencia global de expansión. En Mossoró, el crecimiento se dio principalmente en los barrios de mayor poder adquisitivo, con una mayor concentración en las áreas de condominios residenciales horizontales. Sin embargo, a partir de 2019 se produjo una ampliación de la distribución espacial y, en 2020, todos los barrios ya contaban con instalaciones de energía solar, configurando la mayor democratización y acceso a este tipo de energía limpia. De los cuatro municipios analizados en este estudio, Mossoró es la ciudad que tiene más plantas de energía solar por número de habitantes, aunque no es la más poblada. Finalmente, los datos de la investigación sugieren que el aumento en el número de paneles solares en el período de 2015 a 2021 está directamente relacionado con el aumento de las posibilidades de financiación, la disminución del valor del kilovatio pico (kWp) y el aumento del valor del Megavatio hora (MWh).

Palabras llave: Energía solar; energía renovable; geoprocusamiento.

INTRODUÇÃO

Compreender e correlacionar os fenômenos sociais, econômicos e ambientais é um dos maiores desafios da atualidade (MONTEIRO, 2004). A redução de custo da tecnologia de informação vem permitindo acessar técnicas de tratamento analítico de dados sofisticados e o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), em uma tentativa de organizar dados por áreas, desde área da saúde coletiva, demográfica, políticas públicas até planejamento urbano (MONTEIRO, 2004). A análise espacial permite a incorporação do espaço e a determinação de diversos objetivos (FELIX; SILVA; FARIA, 2020). A partir da aplicação da análise exploratória dos dados espacializados, é possível produzir mapas temáticos, sendo estes de fácil interpretação e fonte de informações gráficas.

Até a década de 1970, as células fotovoltaicas eram restritas a programas especiais, devido ao seu alto custo. Entretanto, entre 1973 e 1974, houve uma crise energética mundial, que impulsionou a busca por novas formas de produção de energia (TORRES, 2012). O uso da energia solar surgiu a partir de uma política voltada para novas fontes renováveis, com a resolução de questões técnicas e econômicas, criação de novas indústrias e empregos, qualificação de mão de obra, acúmulo de experiências e desenvolvimento de uma cadeia produtiva para este novo tipo de mercado, que já movimentava dezenas de bilhões de dólares (TORRES, 2012; SHAHSAVARI, AKBARI, 2018).

Com a ampliação dos mercados e várias empresas voltadas para a produção de células fotovoltaicas, o preço médio dos módulos fotovoltaicos vem reduzindo ao longo dos anos, tornando o produto mais acessível à sociedade. Vale ressaltar que atualmente diversas opções de kits geradores de energia solar fotovoltaica são comercializadas na modalidade e-commerce. Em menos de 30 anos, de 1990 a 2018, a produção da energia solar fotovoltaica partiu de 91,0 GWh para 554.384 GWh, totalizando um aumento de 609%, com base nos dados da *International Energy Agency* (IEA, 2021), crescimento que poucas fontes tiveram - sejam as não renováveis ou as renováveis, que apresentaram os maiores investimentos das últimas décadas - e as perspectivas são de contínua expansão. O desenvolvimento de novas tecnologias para utilização da energia solar é considerado uma solução-chave para atender à crescente demanda mundial por energia (KABIR et al., 2018), além da emergência da descarbonização visando conter o aquecimento do planeta e, consequentemente, minimizar os efeitos das mudanças climáticas no século XXI (BRANNSTROM; SEGHEZZO; GORAYEB, 2022).

Uma das principais vantagens da energia solar fotovoltaica, quando comparada aos combustíveis fósseis, está na redução das emissões dos gases do efeito estufa (GEE), além de

contribuir para o crescimento sustentável e a segurança energética (e.g. KABIR et al. 2018; SHAHSAVARI; AKBARI, 2018; RABAIA et al. 2021; YO, 2022). Todavia, alguns desafios ainda persistem, como a baixa eficiência e baixo desempenho das células, alto custo inicial, dificuldades na obtenção de financiamentos, falta de infraestrutura adequada e mão de obra qualificada (KABIR et al. 2018; RABAIA et al. 2021). Na última década, porém as reduções significativas de custos estão possibilitando que uma nova usina solar fotovoltaica seja mais barata do que uma nova usina a carvão ou gás, na maioria dos países, e os projetos solares agora oferecem alguns dos menores custos de eletricidade já vistos (IEA, 2021).

Apesar deste enorme potencial, a contribuição da energia solar para o fornecimento global de energia ainda é baixa (KABIR et al. 2018; IEA, 2021). No entanto, por mais que não seja muito representativo nas matrizes, a geração de energia solar está em constante expansão. Como exemplo, no Brasil a primeira instalação de empreendimento de geração de energia solar ocorreu em 2008 e, em 2022, já existem cerca de 917 mil. Então, por mais que na matriz energética represente menos de 2%, a adesão, principalmente residencial e comercial, tem se mostrado intensa (ANEEL, 2022; RIGO et al. 2022).

No Brasil, os locais com maiores índices de incidência de raios solares encontram-se na região Nordeste, sendo esta a que apresenta maior disponibilidade de estabilidade de regime solar, em função de sua localização mais próxima à linha do Equador, seguida pelo Centro-Oeste e Sudeste (PEREIRA et al. 2017). Além disso, a baixa pluviosidade e nebulosidade contribuem para tornar essas regiões as mais propícias para o desenvolvimento dessa fonte de geração de energia. A região Norte, recebe menor incidência solar por ter características climáticas e geográficas que reduzem o alcance da radiação. Na região Sul do Brasil, apesar da baixa incidência solar, é possível gerar mais energia solar fotovoltaica do que na região mais ensolarada da Alemanha, por exemplo. Ressalta-se que a Alemanha está atualmente na 4ª posição em geração de energia solar fotovoltaica no planeta (PEREIRA et al. 2017; IEA, 2021).

No Brasil, o estado do Rio Grande do Norte, localizado na Região Nordeste, é líder na produção de energia eólica e apresenta grande potencial para geração de energia solar fotovoltaica. Contudo, é preciso estabelecer uma diferença marcante entre a expansão contemporânea da energia eólica e a solar: a energia eólica é viável para grandes parques com turbinas que envolvem logística e maquinário de grande porte e se prestam a geração de energia para o sistema elétrico nacional; já a energia solar tanto pode ser implementada a partir de grandes empreendimentos com estrutura de grande porte para a produção de energia elétrica com destino ao abastecimento nacional, como

também, pode ser implementada de forma relativamente simples para uma geração difusa de pequeno porte e complexidade visando a geração de energia elétrica residencial e comercial.

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a expansão e distribuição geoespacial das centrais geradoras de energia solar fotovoltaica, com a finalidade de geração de pequeno porte em unidades familiares e comerciais, na zona urbana do município de Mossoró, localizado no estado do Rio Grande do Norte, em comparação com a expansão das centrais geradoras de energia solar fotovoltaica de outras sedes municipais situadas no semiárido do Nordeste brasileiro. Esta pesquisa torna-se importante, pois, a expansão desse tipo de geração de energia solar de pequeno porte pode, em curto e médio prazos, impactar na organização, logística e arrecadação das concessionárias de energia elétrica gerando a necessidade de mecanismos institucionais que desestimulem essa expansão, o que se mostra contraditório em termos de sustentabilidade e confronta aspectos da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU).

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

A área de estudo corresponde a área urbana do município de Mossoró, localizada no interior do estado do Rio Grande do Norte, na região Nordeste do Brasil. Pertence à mesorregião do Oeste Potiguar e à microrregião homônima. Fica situada entre duas capitais nordestinas, Natal/RN e Fortaleza/CE, distante 278 km e 245 km, respectivamente. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), a área total do município é de 2.110,207 km², sendo considerado assim, o maior município do estado do Rio Grande do Norte, em termos de extensão territorial. Suas coordenadas geográficas são: Latitude: 5° 11' 17" Sul, Longitude: 37° 20' 39" Oeste (IBGE, 2020).

A população estimada em 2020 pelo IBGE foi de 300.618 pessoas, sendo o segundo município mais populoso do Rio Grande do Norte (IBGE, 2020). As principais atividades econômicas locais são voltadas para indústria extrativista, com os principais produtos correspondentes a exploração do petróleo e do gás natural, bem como o beneficiamento do sal marinho. A fruticultura tem tido destaque, com o RN produzindo 90% do Melão que é produzido no Brasil e Mossoró está entre os municípios com maior produção. A extração mineral, desde fábricas de cimento, cerâmicas, brita, entre outras, também são relevantes no município. Outro setor com destaque econômico na cidade é o das atividades imobiliárias, bem como a construção civil,

tornando possível uma diversidade comercial e dos serviços que impulsiona o crescimento urbano de Mossoró (SALLES, GRIGIO, SILVA, 2013; SARAIVA, 2014; DUARTE, 2019).

Sobre o clima, Mossoró encontra-se na categoria tropical-equatorial com sete a oito meses secos, também classificado como semiárido, com destaque para a irregularidade pluviométrica ao longo do ano e das elevadas temperaturas (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Além disso, conforme Carmo Filho e Oliveira (1995), e segundo a classificação climática de Köppen, o clima de é do tipo BSw^h“, isto é, semiárido muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média de 27,4°C, com precipitação pluviométrica anual muito irregular e com umidade relativa média do ar de 68,9% (IDEMA, 2008).

Sendo assim, Mossoró está inserido na região semiárida do Brasil, cujas principais características são altas temperaturas, precipitação média anual de até 800 mm/ano e mal distribuídas no tempo e espaço, onde a estação do ano outono (entre março e maio) caracteriza-se por ser mais chuvosa, e a estação do ano primavera (entre setembro e novembro), caracteriza-se por ser um período quente e seco (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; SARAIVA, 2014; SARAIVA, 2020). A irradiação solar é bastante intensa, o que confere excelentes condições para geração de energia fotovoltaica. A irradiação solar global média diária é de cerca de 5.600 Wh/m² em Mossoró. Dadas as características descritas, principalmente o índice de irradiação solar, tornam a cidade cada vez mais propícia ao uso de energia solar fotovoltaica (UFERSA, 2017).

Procedimentos metodológicos

Para elaboração dos mapas e realização da análise geoespacial foram utilizados os dados oficiais da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), por meio do Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (SIGEL), o qual possui os dados da Geração Distribuída dos Estados, Municípios, fontes de geração, períodos de conexão, bem como os pontos de referência geográfica dos locais, entre outras modalidades de informação, com recorte temporal dos anos de 2015 a 2021 (ANEEL, 2021). Para realização desta pesquisa foram utilizados dados das instalações de painéis solares fotovoltaicos residenciais e comerciais da área total do município.

Foram gerados 4 mapas temáticos, dos anos de 2017 a 2020, posto que os anos de 2015 e 2016 não apresentaram dados quantitativos relevantes para serem representados cartograficamente, e em 2021 o setor da Superintendência de Gestão técnica da Informação, setor superior a SIGEL, impossibilitou o acesso aos dados, utilizando a justificativa da quebra de sigilo para com os clientes contratantes dos painéis solares fotovoltaicos em cenário nacional. Portanto, não foi possível obter

os dados do ano de 2021 detalhadamente por cada bairro, conforme obtidos nos anos anteriores, apenas os dados gerais do total de instalações por município. Os mapas foram gerados utilizando o *software* Qgis, versão 3.0, com sistema de coordenadas geográficas, o DATUM Sirgas 2000 e projeção UTM Zona 24S.

Para a elaboração dos mapas foram criadas 5 classes sobre a concentração de Centrais Geradoras Fotovoltaicas – UFV (painéis solares fotovoltaicos), sendo a Classe 1, bairros com 0 UFV; a classe 2, bairros com 1 a 20 UFV; a classe 3, bairros com 21 a 50 UFV; a classe 4, bairros com 51 a 100 UFV e a última, a classe 5, para bairros com mais de 100 UFV. Além disso, foram gerados mapas de calor indicando as regiões com maior concentração das UFV acumuladas de 2015 a 2020, a partir do ponto central das regiões com alta concentração, com um raio de 500 m. Para isso, foram utilizados os dados com base nas instalações realizadas nos 30 bairros do município de Mossoró/RN (PMM, 2012).

As informações extraídas da base de dados do SIGEL também foram de suma importância para poder realizar a comparação de instalações residenciais e comerciais entre a cidade de Mossoró a outras sedes municipais que estão situados no semiárido nordestino, no tocante a quantidade de painéis solares residenciais e comerciais instaladas nas zonas urbanas. Para isso, foram levantados os municípios nessa região, através da lista gerada pelo IBGE (CANDIDO, 2017), onde foram selecionadas cidades com diferença de até 60 mil habitantes, para mais ou para menos, em relação a população de Mossoró, com base na população estimada do IBGE para 2020.

Com base nisso, foram selecionadas três cidades, Petrolina/PE, Vitória da Conquista/BA e Juazeiro do Norte/CE. Para as análises comparativas foram realizados cálculos simples de porcentagem e somatórias totais das instalações de centrais geradoras fotovoltaicas nas áreas totais municipais. Por exemplo, o cálculo para determinar o número referente a quantidade de instalações por habitantes nas cidades foi realizado somando o número total da população estimada ao número de instalações, sendo realizado separadamente os valores das classes residencial e comercial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

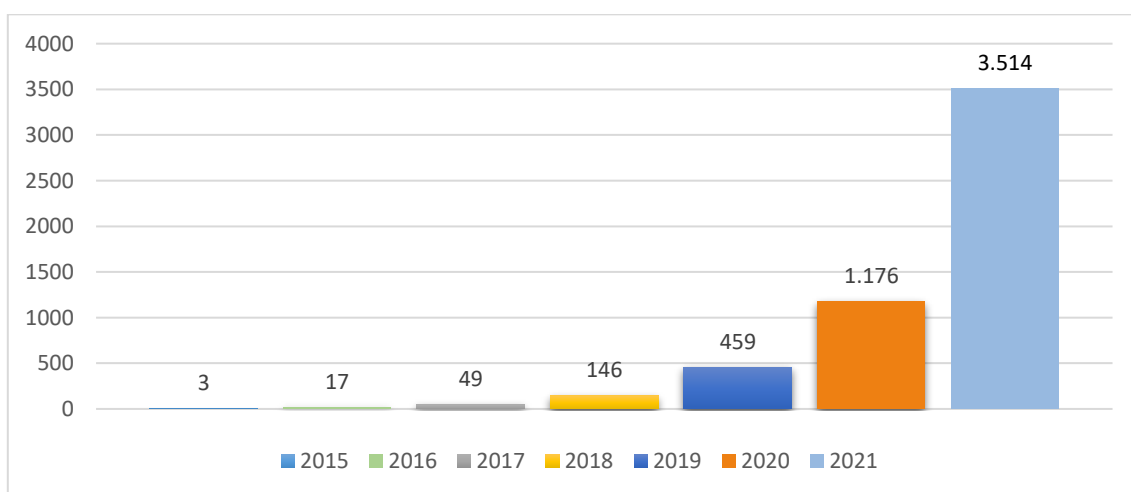
Análise geoespacial das instalações de painéis solares fotovoltaicos em Mossoró

As primeiras instalações de painéis solares na cidade de Mossoró datam de 2015 (ANEEL, 2021), entretanto, os principais motivos para a pouca adesão de instalações fotovoltaicas nesses anos foram principalmente a ausência de políticas públicas eficientes, incentivos fiscais e linhas de financiamento, ausência de profissionais técnicos e mão de obra qualificada, pouco incentivo a

pesquisa e desenvolvimento, alto custo de capital inicial, longo período para retorno do capital investido, falta de instituição ou mecanismos para disseminar a informação (CAVALCANTI, 2018).

Além disso, a grande burocracia, a regulamentação incipiente (apesar de que, até os dias atuais, ainda estão em evolução), a pouca divulgação no que tange a repercussão social, tornavam menos atrativa a adesão a esta tecnologia (CAVALCANTI, 2018). Contudo, entre os anos de 2017 a 2021 ocorreu um crescimento exponencial, seja no a nível mundial, nacional, como em Mossoró/RN. Desta forma, foi gerada a Figura 1, com as UFV residenciais e comerciais totais instaladas entre 2015 a 2021 na área urbana da cidade de Mossoró, a fim de ilustrar o seu crescimento de maneira acumulativa entre os anos.

Figura 1– Número total de UFV residenciais e comerciais por ano em Mossoró/RN (2015-2021).



Fonte: ANEEL (2022). Adaptado e Organizado pelos autores, 2022.

Com base na Figura 1, foram realizados cálculos sobre as porcentagens de aumento para comparar o nível de crescimento acumulativo de instalações residenciais e comerciais entre os anos (Tabela 1).

Tabela 1– Crescimento percentual das UFV em Mossoró/RN (2016-2021)

Anos	Porcentagem de aumento
2016	567%
2017	282%
2018	302%
2019	315%
2020	241%
2021	298%

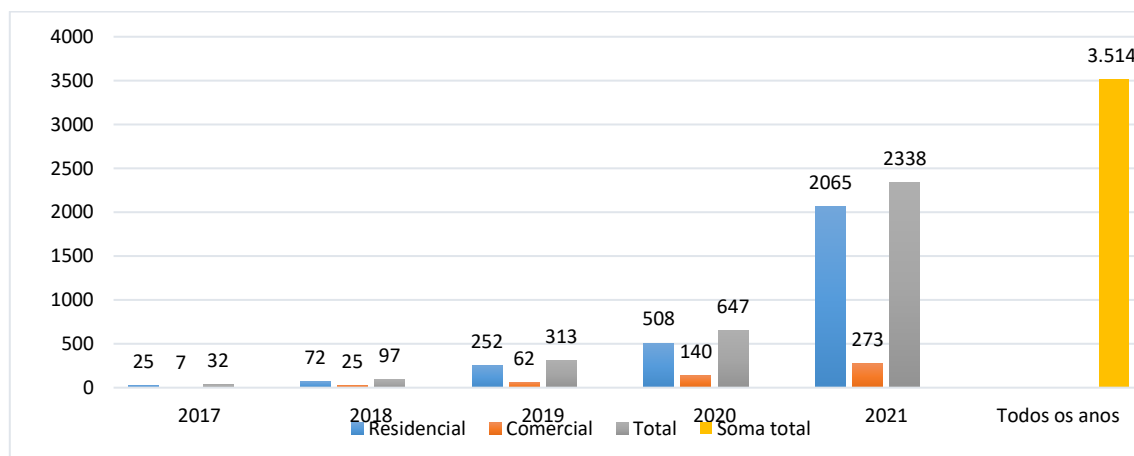
Fonte: ANEEL (2022). Adaptado e Organizado pelos autores 2022.

Os dados apontam um padrão exponencial de crescimento nos anos analisados, com um aumento percentual acumulado de 117.033,33% e em números absolutos apresentou um total de 3.511 instalações de painéis solares. Em relação aos dados absolutos, o ano de 2019 apresentou um aumento de 313 instalações na comparação com o ano anterior. Já entre 2019 e 2020 foram instaladas 717 unidades e, entre 2020 e 2021 houve um aumento de 2.338 unidades. Estes dados apontam uma tendência de crescimento nos próximos anos para a cidade de Mossoró, o que também pode ser observado no cenário nacional e global.

Vale apontar que 2020 foi o ano em que o Brasil começou a sentir os impactos socioeconômicos da pandemia do Covid-19, entretanto, mesmo em um ano de pandemia, o crescimento no setor solar em Mossoró/RN acompanhou o restante do mundo. Os principais motivos para o aumento podem estar relacionados, assim como no restante do país, às regulamentações, principalmente depois das Resoluções normativas da ANEEL n^o 482/2012 e a n^o 687/2019 (ANEEL, 2012; ANEEL, 2015), o aumento e facilidades de financiamentos, subsídios, facilidades de pagamento e o aumento no consumo de energia residencial com a ampliação do trabalho em casa (*home office*).

Em 2021 Mossoró ocupava o segundo lugar no Rio Grande do Norte no tocante às instalações de painéis solares, com pouca diferença quantitativa em relação a Natal, capital do estado, que apresentou 3.692 instalações, apesar de possuir aproximadamente o triplo de habitantes, sendo quase 590 mil habitantes a mais do que Mossoró. Dessa forma, esse dado demonstra que em Mossoró está havendo uma intensa aceitação e adesão a essa fonte alternativa e renovável de energia. A Figura 2 traz os dados das instalações residenciais e comerciais na área urbana da cidade de Mossoró entre os anos de 2017 e 2021.

Figura 2 – Total de Instalações de UFV por ano nas classes Residencial e Comercial em Mossoró/RN (2017-2021).

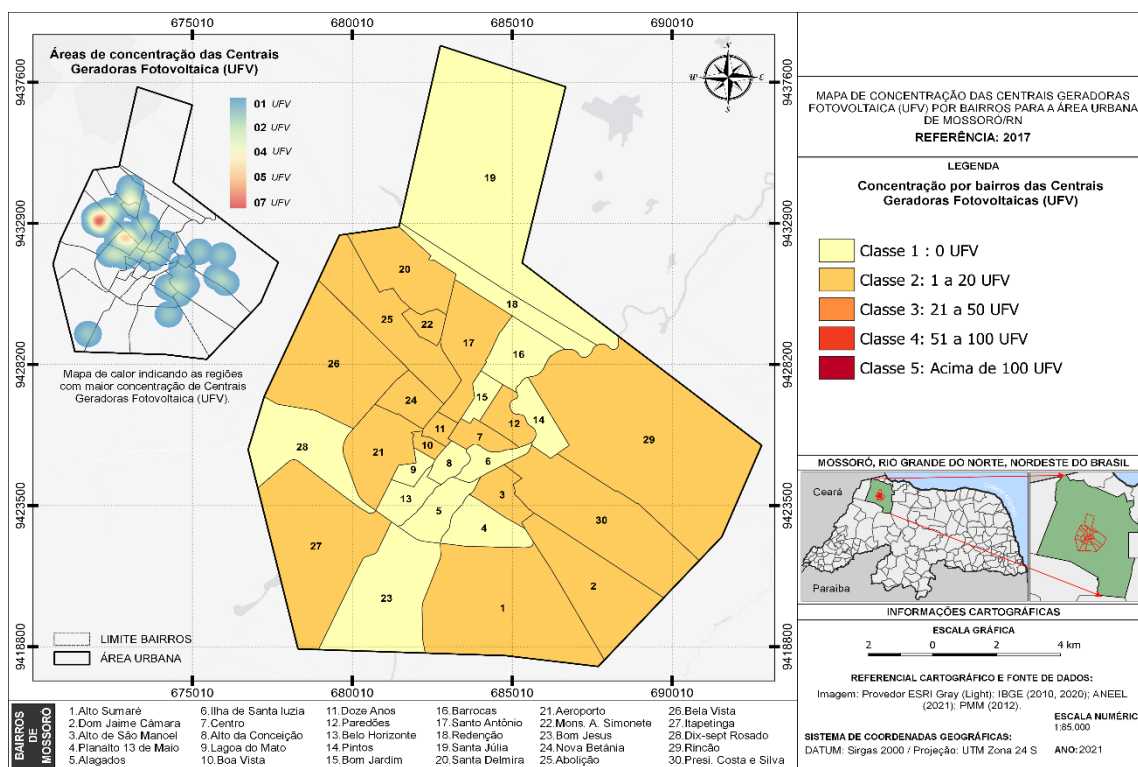


Fonte: ANEEL (2022), organizado e adaptado pelos autores (2022)

Os dados apontam que, apesar de apresentar um crescimento absoluto muito inferior às instalações residenciais, saindo de sete em 2017 para 273 no ano de 2021, as instalações comerciais também apresentaram um crescimento percentual muito alto entre os anos analisados, com 3.900%. Considerando que Mossoró tem a segunda maior população do RN e é um centro de polarização comercial e de serviços da região oeste do estado, há um mercado potencial para crescimento das instalações fotovoltaicas comerciais nos próximos anos.

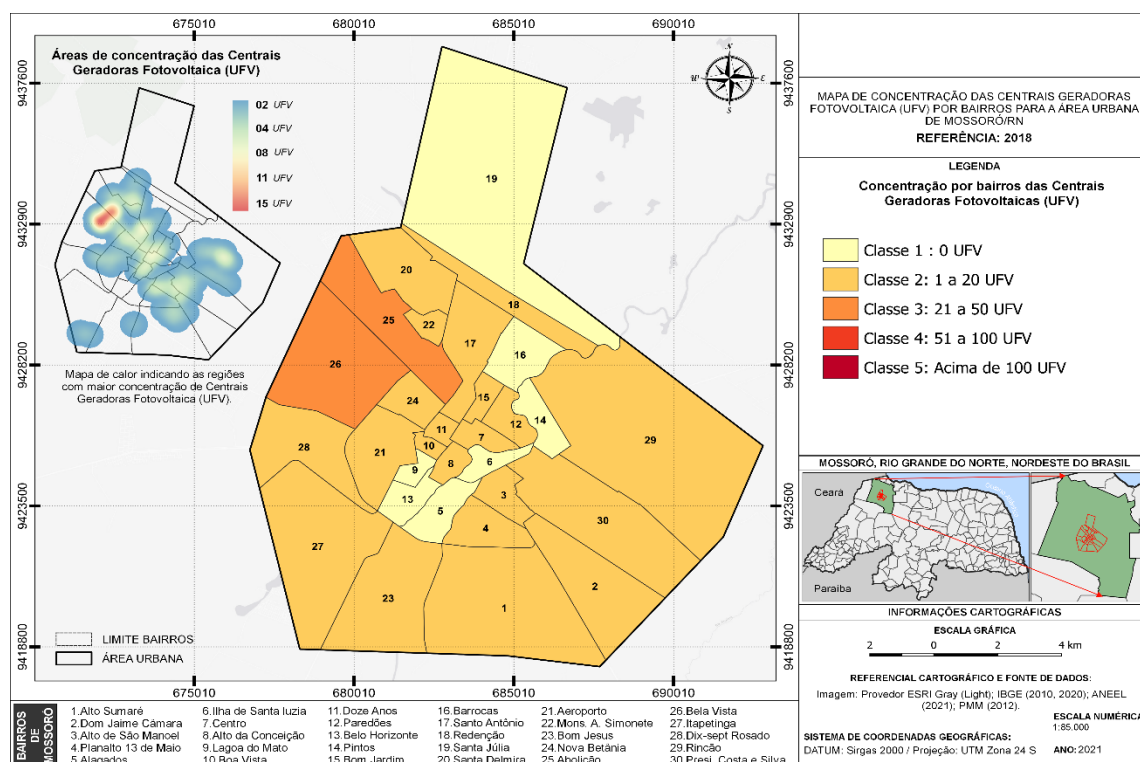
Para realizar uma análise espacial da expansão da energia solar fotovoltaica de 2017 a 2020 em Mossoró/RN, foram gerados mapas referentes à distribuição das Centrais Geradoras Fotovoltaicas por bairros para área urbana da cidade (Figuras 3, 4, 5, 6 e 7). Além disso, foram gerados mapas de calor indicando as regiões com maior concentração das UFV.

Figura 3 – Total de Centrais Geradoras Fotovoltaicas (UFV) por bairros para área urbana de Mossoró/RN (2017).



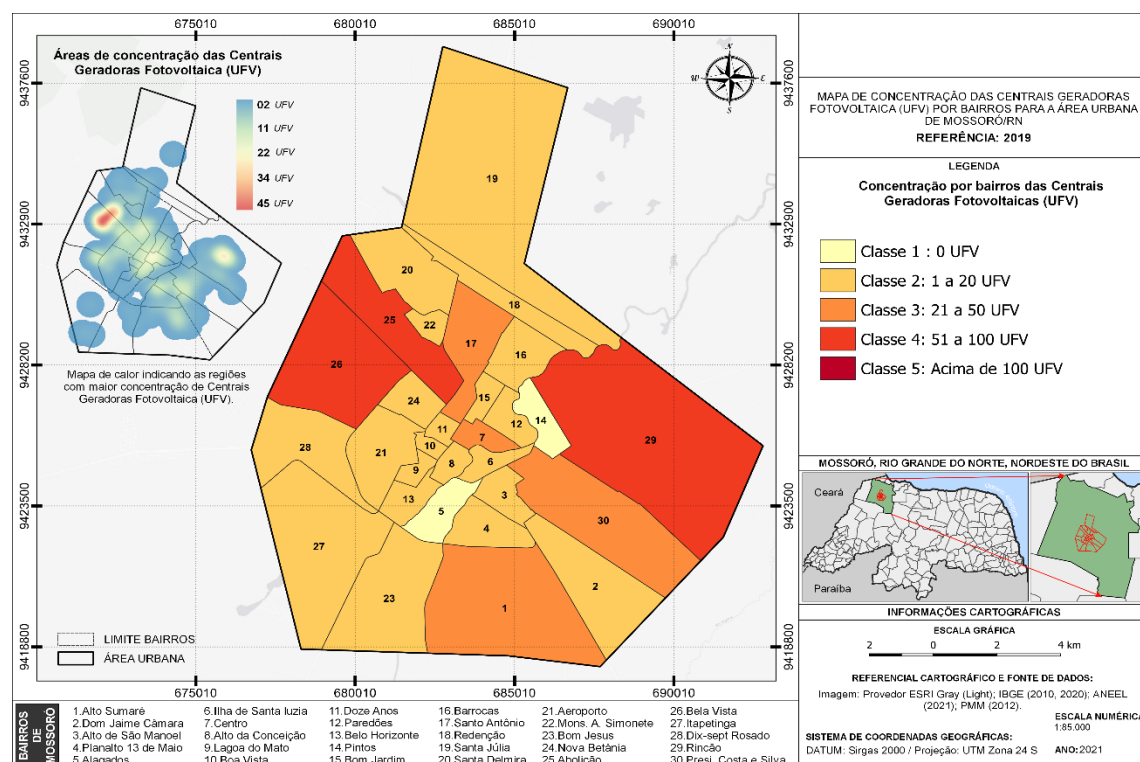
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Figura 4 – Total de Centrais Geradoras Fotovoltaicas (UFV) por bairros para área urbana de Mossoró/RN (2018).



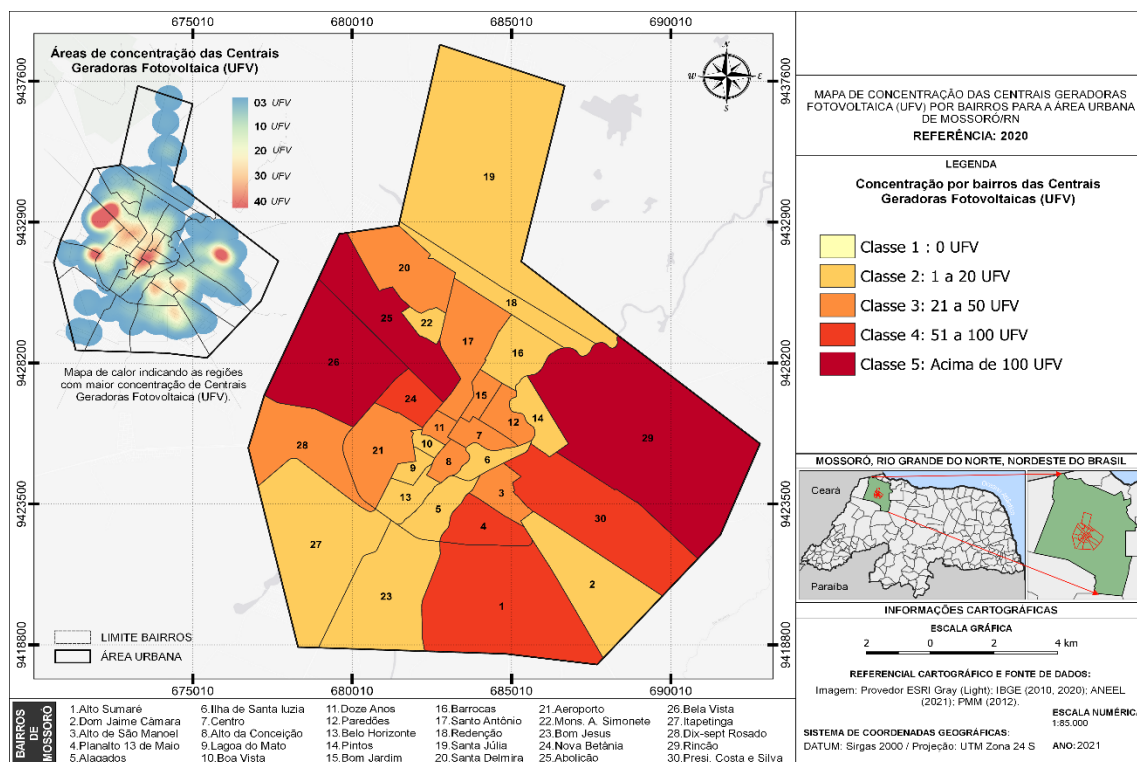
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Figura 5– Total de Centrais Geradoras Fotovoltaica (UFV) por bairros para área urbana de Mossoró/RN (2019).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Figura 6 – Total de Centrais Geradoras Fotovoltaicas (UFV) por bairros para área urbana de Mossoró/RN (2020).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Os mapas evidenciam que ao final de 2020, é verificado que todos os 30 bairros de Mossoró possuíam painéis solares fotovoltaicos. Contudo, ao analisar os mapas, desde 2017 como o primeiro ano analisado, ocorriam concentrações em apenas alguns grupos de bairros e que ainda não há uma distribuição espacial uniforme na cidade. Em nível de exemplificação, mesmo em 2019, quando os bairros Bela Vista, Abolição e Rincão, possuíam mais de 51 instalações cada, bairros como Alagados e Pintos não possuíam nenhuma, mostrando uma discrepância na distribuição espacial.

Com base na Figura 3, referente ao ano de 2017, é visualizado que 13 dos 30 bairros da cidade, correspondente a 43,33%, não possuíam nenhuma instalação de painéis solares fotovoltaicos, mesmo as primeiras instalações serem datadas de 2015. Em 2017 foram detectadas apenas as classes 1 e 2, correspondentes a nenhuma ou de uma até vinte instalações, respectivamente. Já a Figura 4, referente ao ano de 2018, retrata que sete bairros se encontravam na classe 1, sendo esses bairros caracterizados por ter população de menor poder aquisitivo, como Barrocas, Pintos, Lagoa do Mato e Alagados. Em contrapartida, dois bairros, Bela Vista e Abolição, passaram a destacar-se e foram para a classe 3, possuindo de 21 a 50 UFV, enquanto 21 bairros ficaram na classe 2, com até 20 UFV instaladas.

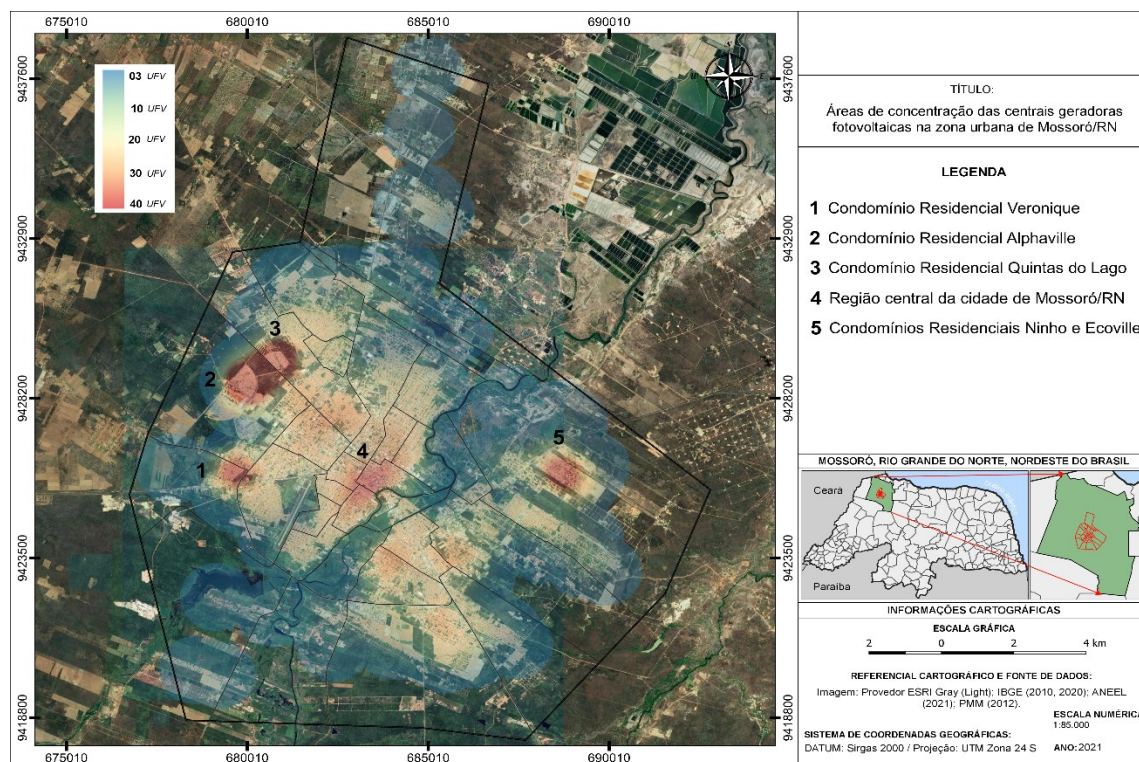
Na Figura 5, referente ao ano de 2019, pode-se notar o surgimento dos primeiros bairros de classe 4, possuindo de 51 a 100 UFV, chamando atenção para o bairro Rincão, que saiu da classe 2 e

foi direto para a 4. Em paralelo, os bairros Alagados e Pintos continuavam na classe 1, sem possuir nenhuma instalação. Quatro bairros expandiram-se para classe 3 e a maioria permaneceu na classe 2. E em 2020, na Figura 6 foi observado que o crescimento se faz presente na maioria dos bairros, elevando 3 bairros para classe 5, com mais de 100 instalações; 4 bairros na classe 4, chamando atenção para os bairros Nova Betânia e Planalto 13 de maio que saltaram da classe 2 para classe 4. De maneira geral, antes a predominância era da classe 2, e em 2020 mostrou-se um equilíbrio, onde a metade dos bairros permaneceu nessa classe, porém a outra parte evoluiu para as classes 3, 4 e 5, com crescimento predominante para classe 3 no ano de 2020.

Assim como na maioria dos grandes e médios municípios, nas zonas urbanas, alguns bairros são considerados como “áreas nobres”, considerando o poder aquisitivo dos seus habitantes em Mossoró, essas áreas podem ser descritas principalmente pelos bairros Nova Betânia, Bela Vista, Doze Anos, Alto de São Manoel e o Centro. Todavia, esses não são necessariamente os bairros com maiores quantidades de UFV instaladas na cidade. As áreas de condomínios residenciais horizontais fechados e conjuntos residenciais mais distantes do Centro, estão gradualmente se popularizando, e são justamente nessas áreas as maiores concentrações de painéis solares. Dentre todos os 30 bairros, até 2020 o que apresentou maior número de instalações foi o Abolição (n = 141), seguido pelo bairro Rincão (n = 123) e Bela Vista (n = 121), sendo esses 3 os únicos bairros categorizados na Classe 5, com mais de 100 instalações.

A análise geoespacial apontou que ocorrem concentrações das instalações fotovoltaicas em locais da zona urbana de Mossoró. Isto se dá principalmente em função da existência de condomínios residenciais horizontais fechados de médio e alto padrão, como o Ninho, Ecoville, Veronique, Alphaville e Quintas do Lago. No bairro Centro também ocorre a concentração de instalações, neste caso em função da grande quantidade de estabelecimentos comerciais. As UFV dessas 5 regiões (os círculos) concentram 26,17% de todas as UFV para a área urbana de Mossoró (Figura 7). Assim, o maior número de instalações nesses bairros se dá certamente pelo alto poder aquisitivo dos residentes. Outros possíveis fatores são: maior grau de instrução e acesso à informação sobre os benefícios da energia solar; e a “garantia” de que não haverá intercorrências paralelas, principalmente no tocante ao sombreamento das áreas próximas às instalações, as quais podem diminuir os níveis de irradiação recebidas.

Figura 7 – Áreas de concentração das centrais geradoras fotovoltaicas na zona Urbana de Mossoró/RN (2020).



Fonte: Provedor ESRI Gray (Light), IBGE (2010, 2020), PMM (2012), ANEEL (2021)

Além disso, o consumo elétrico dessas famílias tende a ser consideravelmente maior, visto o maior número de eletrodomésticos, onde de acordo com Stahler (2022) o condicionador de ar é o equipamento que mais consome energia elétrica em uma residência e nesses condomínios esses equipamentos são muito comuns, seguido do chuveiro elétrico, fogão elétrico (*cooktop*), geladeiras e *freezers*, entre outros. Portanto, o investimento para essas residências torna-se ainda mais compensatório, uma vez que suas contas de energia já são naturalmente altas, sendo semelhantes às parcelas de financiamento, e assim, demonstra-se vantajosas pelo alto custo-benefício.

Em contraponto, bairros considerados “nobres”, como Centro (42 instalações) e Nova Betânia (54 instalações) estão na classe 3 e 4, respectivamente. No bairro Nova Betânia, o diferencial volta-se à grande demanda ocorrida no ano de 2020, onde foram 34 instalações somente neste ano, correspondendo a 62,96% de aumento. No bairro Centro também foi verificada uma diferença para com os bairros supracitados no parágrafo anterior, onde a maioria dos UFV área é da classe residencial, já no Centro a maioria é de classe comercial, o que é algo esperado em função da concentração de empreendimentos comerciais de varejo e serviços.

Os dados apontam que a partir de 2020 foram constatadas instalações em todos os bairros da cidade, sejam esses os de maior poder aquisitivo, de certa forma já esperado, como também nos bairros de menor poder aquisitivo, demonstrando assim, que a população menos favorecida

economicamente também está conseguindo ter acesso a esse tipo de tecnologia, ainda considerada cara e inacessível a maior parte da população (CARVALHO, MAGALHÃES, DOMINGUES, 2019; JÄGER, WALDAU, 2020).

Comparação do uso de Energia Solar Fotovoltaica em Mossoró/RN com outras sedes municipais situados no Semiárido do Nordeste do Brasil

A região semiárida do Nordeste possui os melhores índices de irradiação solar no território brasileiro e, além disso, baixa nebulosidade se comparado a outras regiões do país. Desta forma, é a porção do território nacional que apresenta as características mais favoráveis à implementação da tecnologia fotovoltaica (DUTRA, 2020).

Buscando compreender o crescimento das instalações de painéis solares fotovoltaicos de Mossoró no contexto regional, foi realizada uma análise comparativa com três municípios da região Nordeste do Brasil: Petrolina/PE, Vitória da Conquista/BA e Juazeiro do Norte/CE. Para realizar o procedimento de comparação, foi gerada a Tabela 2, que buscou listar o município, a quantidade de habitantes e a quantidade de painéis solares fotovoltaicos instalados em duas categorias: as de uso residencial e as de uso comercial. Os municípios foram posicionados na ordem decrescente de habitantes, ou seja, dos que possuíam a maior para a menor população.

Tabela 2 – Total de Centrais Geradoras Fotovoltaicas (UFV) residenciais e comerciais na zona urbana de alguns municípios do semiárido do Nordeste do Brasil (2021).

MUNÍCIPIO/ ESTADO	POPULAÇÃO ¹	CC ² RESIDENCIAL	CC ² COMERCIAL	TOTAL
Petrolina/PE	354.317	3.357	416	3.773
Vitória da Conquista/BA	341.128	736	274	1.010
Mossoró/RN	300.618	2.973	541	3.514
Juazeiro do Norte/CE	274.264	1.074	140	1.214

Fonte: IBGE (2020); ANEEL (2022). Adaptado e organizado pela autora, 2022.

¹ População Estimada com base nos dados do IBGE 2020

² CC - Classe de Consumo

Petrolina possuía 3.773 painéis instalados ao final do ano de 2021, Mossoró 3.514, Juazeiro do Norte 1.214 e Vitória da Conquista, 1.010 instalações (ANEEL, 2022). No entanto, quando se compara o número total de instalações de painéis solares em relação ao número total de habitantes por município, Mossoró destaca-se ficando em primeiro lugar (Tabela 3).

Tabela 3 – Relação entre o total de Centrais Geradoras Fotovoltaica (UFV) residenciais e comerciais da zona urbana e o número de habitantes em alguns municípios do semiárido do Nordeste do Brasil (2021).

MUNICÍPIO/ ESTADO	POPULAÇÃO ¹	CC ² RESIDENCIAL	CC ² COMERCIAL	TOTAL
Petrolina/PE	354.317	0,0094	0,0011	0,0106
Vitória da Conquista/BA	341.128	0,0021	0,0008	0,0029
Mossoró/RN	300.618	0,0098	0,0017	0,0116
Juazeiro do Norte/CE	274.264	0,0039	0,0005	0,0044

Fonte: IBGE (2020); ANEEL (2022). Adaptado e organizado pela autora, 2022.

¹ População Estimada com base nos dados do IBGE 2020

² CC - Classe de Consumo

O maior número de instalações por habitante em Mossoró pode estar atrelado a diversos fatores, entre eles a Temperatura Média Anual (TMA), uma vez que devido às elevadas taxas de temperatura, a população sente uma maior necessidade de equipamentos que possam amenizar os desconfortos térmicos causados, como o uso constante de ar-condicionado e ventiladores. Além disso, o Produto Interno Bruto (PIB) pode ser retratado como um dos indicativos quanto ao poder aquisitivo da população desse município. Assim, foi elaborada a Tabela 4 para realizar uma comparação desses dados.

Tabela 4 – Temperatura média anual e Produto Interno Bruto dos municípios analisados

MUNICÍPIO/ ESTADO	TEMPERATURA MÉDIA ANUAL	PRODUTO INTERNO BRUTO PER CAPITA ¹
Petrolina/PE	26,6°C	R\$ 20.811,26
Vitória da Conquista/BA	20,8°C	R\$ 21.459,85
Mossoró/RN	27,8°C	R\$ 23.290,37
Juazeiro do Norte/CE	26,6°C	R\$ 20.811,26

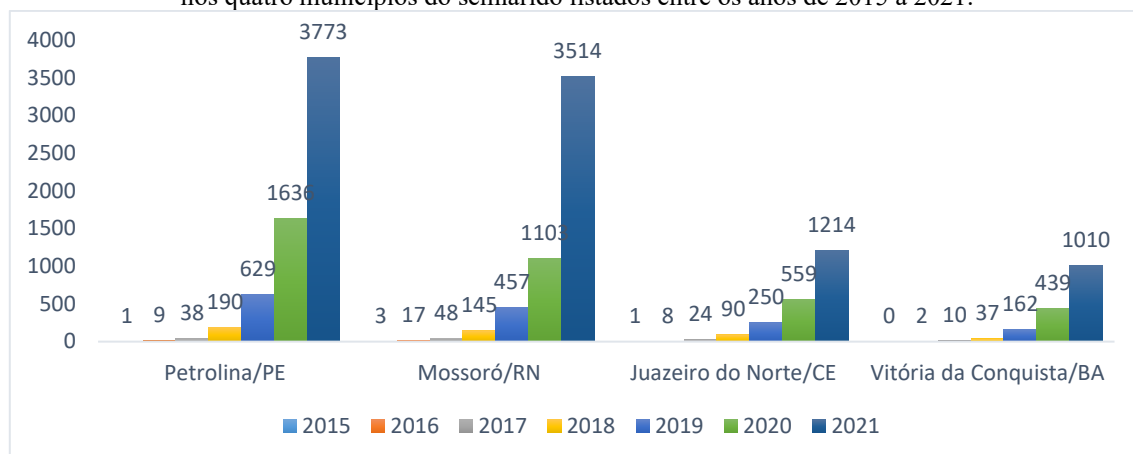
Fonte: IBGE (2020); CLIMATE-DATA (2022). Adaptado e organizado pela autora, 2022.

¹ Produto Interno Bruto Per Capita de 2019, conforme dados do IBGE

Com base no exposto, é notório que em Mossoró, não somente a temperatura média anual, como também o PIB, são maiores entre todas as cidades analisadas, sendo esses os possíveis fatores que explicam as razões pelas quais o número de instalações fotovoltaicas é maior. Já, em Vitória da Conquista, é onde verifica-se o menor número de painéis solares, sendo o município com menor TMA.

Para complementar a discussão foi gerada a Figura 8 que busca mostrar a evolução do crescimento do número dos painéis solares fotovoltaicos nas classes de consumo residencial e comercial na zona urbana dos quatro municípios listados, entre os anos de 2015 a 2021, a fim de tornar palpável o conglomerado de dados para se ter uma discussão mais profunda do assunto.

Figura 8 – Evolução do crescimento do número de painéis solares fotovoltaicos residenciais e comerciais da área urbana nos quatro municípios do semiárido listados entre os anos de 2015 a 2021.



Fonte: ANEEL (2022), adaptado e organizado pela autora, 2022.

Na Figura 8 é visualizado que os picos de expansão ocorrem a partir de 2019, todavia, pode-se afirmar que há uma tendência de crescimento em todo o período analisado das instalações dos painéis solares em todos os municípios, seja na classe residencial quanto na classe comercial. Assim, é possível constatar que o que vem ocorrendo em Mossoró nos últimos anos segue uma tendência de crescimento apresentada em outras cidades de outros estados do Nordeste brasileiro, certamente provocados pelos mesmos fatores, como: maior oferta de financiamentos, subsídios e facilidades financeiras, popularização social da adesão aos painéis solares entre os contratantes podem ser os principais motivos para os números expressados.

Considerando o período analisado, o crescimento ocorrido a partir de 2020 mostra-se expressivo em todas as cidades, seguindo a tendência de crescimento nos números de painéis solares instalados.

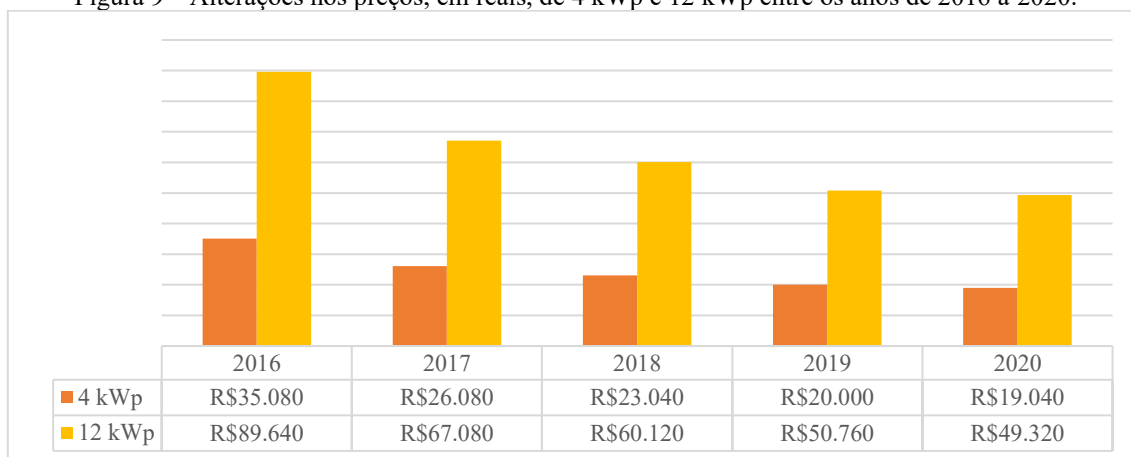
Análise das alterações de kWp e mWh entre anos de 2016 e 2020

Para tentar compreender possíveis fatores relacionados ao aumento da instalação dos painéis solares nas classes residencial e comercial, foi realizada uma análise sobre os valores de duas variáveis entre os anos de 2016 a 2020: quilowatt pico (kWp) e Megawatt hora (MWh). O quilowatt pico é caracterizado por ser o pico de energia gerada quando se está em desempenho máximo por um painel solar fotovoltaico, sendo que cada módulo possui sua própria potência nominal, onde essa pode variar dependendo das condições em que elas forem submetidas. Esse desempenho é determinado pela Condição Padrão de Teste (STC – *Standard Test Conditions*).

Enquanto que o kWh é o total de energia (kW) consumida ou concedida dentro de um período de 60 minutos (SOARES, 2019).

Por meio da Nota Técnica da ANEEL nº 56/2017, é estabelecido uma média de 3 kWp como valor médio das instalações residenciais e 10 kWp para os consumidores comerciais (ANEEL, 2017). Desta maneira, optou-se por escolher os valores mais próximos a esses dentro dos estudos da *Greener*, ficando então definidos 4 kWp como média para consumidores residenciais e 12 kWp para consumidores comerciais (GREENER, 2019). Ressalta-se que os estudos da *Greener* são relatórios técnicos desenvolvidos semestralmente sobre o mercado da energia solar fotovoltaica, focando principalmente na Geração Centralizada e na Geração Distribuída. Os valores escolhidos referem-se aos fechamentos do segundo semestre de cada ano listado, citados como junho e ano em seguida, exemplificando: Jun/2016. Os valores presentes na Figura 9 estão na moeda real e na unidade de medida Wp, então foi necessário multiplicar por 1.000 para atingir o valor referente aos kWp.

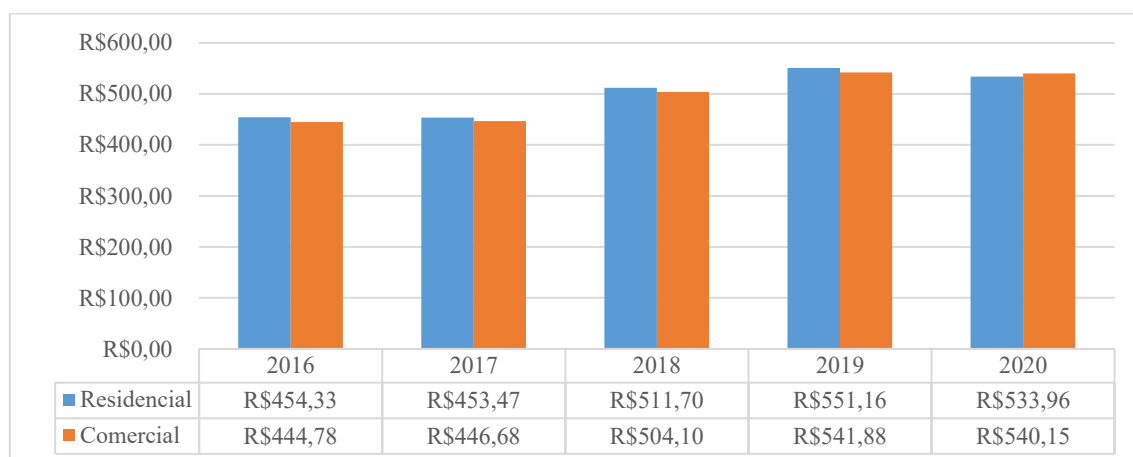
Figura 9 – Alterações nos preços, em reais, de 4 kWp e 12 kWp entre os anos de 2016 a 2020.



Fonte: ANEEL, 2017; GREENER, 2019; GREENER, 2020. Organizado e adaptado pela autora, 2022.

Os dados apontam uma significativa diminuição dos valores, principalmente entre os anos de 2016 a 2017, tanto nos consumidores residenciais quanto nos comerciais. No KWp referente às instalações residenciais houve uma redução no valor de 46% entre os anos analisados. No mesmo período a redução foi de 45% no KWp referente às instalações comerciais (GREENER, 2019, 2020).

Figura 10 – Alterações nos preços, em reais, de megawatts-hora entre os anos de 2016 a 2020.



Fonte: EPE, 2021. Organizado e adaptado pela autora, 2022.

No que refere aos dados de MWh, constata-se um aumento nos valores entre os anos analisados, sendo de 17,52% no MWh residencial, e 21,44% no comercial (Figura 10). Esses aumentos ocorreram principalmente devido aos aumentos tarifários de impostos e também em função da crise hídrica que vem afetando o Brasil nas últimas décadas, refletindo diretamente na principal matriz energética brasileira, a hidrelétrica (FALCÃO et al. 2019). Os dados de kWp e MWh sugerem, portanto, que o aumento do número de painéis solares no período analisado está diretamente relacionado a diminuição do valor do kWp e ao aumento do valor do MWh.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É indiscutível a necessidade da inserção de novas fontes renováveis na matriz energética mundial e expandir as já existentes, tendo em vista o aumento recorrente da demanda de energia e as preocupações de caráter voltadas ao desenvolvimento sustentável. Dessa forma, a energia solar fotovoltaica apresenta-se como uma importante fonte alternativa e renovável de geração de energia elétrica, por ser oriunda de uma fonte praticamente inesgotável, limpa, possível de ser encontrada em diversos locais (inclusive próxima ao ponto de consumo), possibilitando integrar-se às edificações urbanas e rurais, entre outros diversos motivos.

Mossoró/RN encontra-se em processo de crescimento exponencial de instalação de painéis solares fotovoltaicos, com 3.514 instalações ao final de 2021, sobressaindo-se na classe residencial, apresentando um crescimento expressivo em somente 3, dos 30 bairros da cidade, apesar de outros estarem evoluindo também. A explicação dada a essa concentração nesses bairros se dá pelo alto poder aquisitivo dos residentes desses locais, o que leva a supor um melhor acesso à informação,

além de uma provável educação financeira, ao analisar a relação de custo-benefício diretamente relacionada a adesão da energia solar fotovoltaica nesse cenário de expansão em paralelo aos aumentos nas tarifas energéticas.

A cidade de Mossoró destaca-se inclusive em cenário estadual, pois apesar da diferença exorbitante de residentes com a capital, possuindo, aproximadamente, três vezes menos do que Natal, o quantitativo de instalações é bastante semelhante, com menos de 200 instalações de diferença, até o final do ano de 2021. Ao comparar Mossoró/RN com outras cidades do semiárido com características populacionais semelhantes, foram observados, de modo geral, crescimentos duplicados e ou triplicados entre os anos analisados, de 2016 a 2021, observando-se que o mesmo fenômeno natural (temperatura do ar e taxa de insolação) que gera desconforto térmico e impulsiona ao aumento do consumo energético, é também o que viabiliza a geração solar, podendo ser, possivelmente, um aspecto fundamental para diferenciar a evolução desse tipo de geração de energia entre as cidades. É indiscutível o crescimento dessa fonte energética, a qual demonstra uma constante evolução para uma popularização cada vez mais viável.

Os dados analisados na pesquisa também sugerem que, no Brasil nos últimos cinco anos, há uma relação direta entre o crescimento da utilização da energia solar e o aumento do valor do MWh da energia elétrica e entre o crescimento da utilização da energia e solar e a redução do kWh. Por fim, constatou-se que o crescimento exponencial da utilização da energia solar em Mossoró acompanha o cenário nacional e global em decorrência de fatores como: a existência de diversas fontes de financiamento, vantagens econômicas e ambientais e investimentos em pesquisa.

Assim, além de fortalecer a sustentabilidade do país, na amenização de impactos negativos ao meio ambiente, o viés econômico e social está diretamente relacionado à energia solar fotovoltaica, pois esta contribui diretamente na movimentação dos setores produtivos brasileiros, desde residenciais, comerciais, industriais aos serviços do agronegócio, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável, garantindo os usos e suprimentos da necessidade da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das gerações futuras e possibilitando uma relevante contribuição a transição energética e descarbonização.

Para isso, ações governamentais de incentivo, como subsídios e isenções de impostos, devem ser fortalecidas para que a aquisição dos painéis solares seja cada vez mais crível a sociedade, dos mais variados poderes aquisitivos, pois apesar do aumento de instalações e diminuição dos valores para adquirir serem inegáveis, ainda é uma tecnologia inacessível a maior parte da sociedade. Então essas medidas tornam-se essenciais para que haja uma maior democratização ao acesso das fontes de energia limpa.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Bandeiras Tarifárias**. [S.l.]: ANEEL, 2021. Disponível em: <https://www.ANEEL.gov.br/bandeiras-tarifarias>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Geração distribuída**. [S.l.]: ANEEL, 2018. Disponível em: https://www.ANEEL.gov.br/geracao-distribuida?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=14461914&_101_type=content&_101_groupId=656827&_101_urlTitle=geracao-distribuida-introduc-1&inheritRedirect=true. Acesso em: 13 abr. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL: Atualização das projeções de consumidores residenciais e comerciais com microgeração solar fotovoltaicos no horizonte 2017-2024**. [S.l.]: ANEEL, 2017. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica_0056_PROJE%C3%87%C3%95ES+GD+2017/. Acesso em: 24 nov. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução normativa nº 482 de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1814607. Acesso em: 20 jun. 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012 e os módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- BRASIL. Lei nº14.300 de 6 de janeiro de 2022. **Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências**. Brasília, Diário Oficial, 6 de janeiro de 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm. Acesso em: 10 fev. 2022.
- BRANNSTROM, Chistian; SEGHEZZO, Lucas; GORAYEB, Adryane. **Descarbonização na América do Sul: conexões entre o Brasil e a Argentina**. Mossoró, RN. Edições UERN, 2022.
- CANDIDO, Ivandro. **IBGE divulga lista de Municípios localizados na Região Semiárida do Brasil**. Brasil: Centro de Ciências Agrárias, 2017. Disponível em: <http://www.cca.ufpb.br/cca/contents/noticias/ibge-divulga-lista-de-municipios-localizados-na-regiao-semiarida-do-brasil>. Acesso em: 09 ago. 2021.
- CARVALHO, Micaele Martins de; MAGALHÃES, Aline Souza; DOMINGUES, Edson Paulo. **Impactos econômicos da ampliação do uso de energia solar residencial em Minas Gerais**. Nova

Economia, [S.l.], v. 29, n. 2, p. 459-485, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/rYXdfgJnQdFfYKMcyYzKp9G/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CAVALCANTE, Rafael de Carvalho. **Análise das barreiras e incentivos para a implantação da energia fotovoltaica na Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal da Paraíba, 102 p, 2018.

CLIMATE-DATA. **Dados climáticos para cidades mundiais**. 2022. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/>. Acesso em: 02 de Abril de 2022.

DUARTE, Meire Eugênia. **Evolução Econômica do município de Mossoró/RN**. 2019. 119 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Economia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

DUTRA, Ailton do Egito. Impactos Socioeconômicos da Energia Solar Fotovoltaica no Estado da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar, VIII, 2020, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: [S.n.], 2020. p.[8].

CARMO FILHO F.; OLIVEIRA O. F. 1995. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: ESAM, (Coleção Mossoroense, Série B) 62p.

ENERGY BRASIL. **Brasil passa a integrar grupo de 20 países líderes em energia solar**. Brasil: Energy Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.energybrasilsolar.com.br/brasil-passa-a-integrar-grupo-de-20-paises-lideres-em-energia-solar/>. Acesso em: 07 abr. 2021.

FALCÃO, Ângelo Wesley de Souza *et al.* Os reflexos da crise hídrica brasileira na estrutura de custos das empresas do setor de energia elétrica. **ABCustos**, São Leopoldo, v. 14, n. 2, p. 01-36, mai./ago. 2019. Disponível em: <https://revista.abcustos.org.br/abcustos/article/view/475/720>. Acesso em: 20 abr. 2021.

FELIX, Gustavo Estevo; SILVA, Nicole Costa da; FARIA, Lucas Teles. Análise Espacial Exploratória das Perdas Não Técnicas em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica. **Sociedade Brasileira de Automática**, [S.l.], v. 1, n. 1, 2020. p. [7]. Disponível em: https://www.sba.org.br/open_journal_systems/index.php/sbse/article/view/2317/2011. Acesso em: 30 abr. 2021.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Impactos sociais da pandemia**. Brasil: Fiocruz, [202-]. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/impactos-sociais-economicos-culturais-e-politicos-da-pandemia>. Acesso em: 24 ago. 2021.

G1. **Bolsonaro sanciona lei que prevê subsídio à energia solar**. Brasília: G1, 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/politica/noticia/2022/01/07/bolsonaro-sanciona-lei-que-preve-subsidio-a-energia-solar.ghml>. Acesso em: 10 fev. 2022.

GREENER. **Estudo estratégico Geração distribuída mercado fotovoltaico 2º Semestre de 2020**. [S.l.]: Greener, 2020. Disponível em: <https://www.greener.com.br/pagina-estudo-do-mercado-fotovoltaico-gd-2o-semester-2020/>. Acesso em: 21 nov. 2021.

GREENER. **Estudo estratégico Mercado fotovoltaico de Geração Distribuída 1º Semestre de 2019:** Impactos das alterações da RN 482. [S.l.]: Greener, 2019. Disponível em: <https://www.greener.com.br/estudo/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-1o-trimestre-de-2019/>. Acesso em: 21 nov. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados.** Brasil: IBGE, Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do censo demográfico 2010.** Brasil: IBGE, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>. Acesso em: 21 jun 2021.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE. **Perfil do seu município 2008.** Brasil: IDEMA, 2008. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000013950.PDF>. Acesso em: 04 abr 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Data and Statistics.** Paris: IEA, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics>. Acesso em: 05 abr. 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Model.** Paris: IEA, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-model/stated-policies-scenario>. Acesso em: 09 abr. 2021.

JÄGER-WALDAU, Arnulf. Snapshot of photovoltaics—February 2020. **Energies**, [S.l.], v. 13, p.1-8, 2020.

KABIR, Ehsanul et al. Solar energy: Potential and future prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 894-900, 2018.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia:** noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007

MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira *et al.* **Análise espacial de dados geográficos.** Brasília: EMBRAPA, 2004.

PEREIRA, B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L. de; RÜTHER, R.; ABREU, S. L. de; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. de. **Atlas brasileiro de energia solar.** 2a. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html. Acesso em: 11 abr. de 2021.

RABAIA, Malek Kamal Hussien et al. Environmental impacts of solar energy systems: A review. **Science of The Total Environment**, v. 754, p. 141989, 2021.

RIGO, Paula D. et al. Competitive business model of photovoltaic solar energy installers in Brazil. **Renewable Energy**, v. 181, p. 39-50, 2022.

SALLES, Maria Clara Torquato; GRIGIO, Alfredo Marcelo; SILVA, Márcia Regina Farias da. Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN-Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 25, p. 281-290, 2013.

SARAIWA, Ana Luiza Bezerra da Costa. **O clima urbano de Mossoró (RN): o subsistema termodinâmico**. 2014. 243 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SARAIWA, Ana Luiza Bezerra da Costa. **A natureza cíclica do clima: uma leitura do ritmo climático no semiárido potiguar – Mossoró/RN**. Assú/RN. In: PEREIRA NETO, Manoel Cirício; SARAIWA, Ana Luiza Bezerra da Costa. *Geografia do Semiárido: Perspectivas geoambientais para planejamento e reconhecimento do território*. Edições UERN: Mossoró, 2020.

SHAHSAVARI, Amir; AKBARI, Morteza. Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 90, p. 275-291, 2018.

SOARES, Thalita. **kW, kWh e kWp: qual a diferença entre eles?** [S.l.]: Instituto Solar: 2019. Disponível em: <https://institutosolar.com/kwh-kwp-e-kw-qual-a-diferenca/>. Acesso em: 04 jan. 2022.

TORRES, Regina Célia. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. 2012. 164 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012

UFERSA. **Usinas solares da Ufersa**. Mossoró: 7 de Mar. de 2017. Disponível em: <<https://usinasolar.ufersa.edu.br/historico/>>. Acesso em: 10 de abril de 2021.