

A ENERGIA SOLAR APLICADA AO USO RESIDENCIAL NA CIDADE DE MOSSORÓ.

Lorena Vitória Lourenço Viana¹, Luciana Angélica da Silva Nunes²

Resumo: Diante de um cenário de possível escassez dos recursos naturais e o aumento da demanda por oferta de energia, os países levantaram como maior preocupação a questão global, e com isso surgiu a necessidade da introdução de fontes renováveis na matriz energética. Dito isso, a energia solar vem se destacando como uma excelente saída às fontes convencionais. O Brasil, especialmente o estado do Rio Grande do Norte, devido a sua situação geográfica, apresenta um enorme potencial de aproveitamento de energia solar. Este documento tem como objetivo analisar a viabilidade de sistemas fotovoltaicos, assim como a sua aderência na cidade de Mossoró/RN, abordando toda o estudo sobre a cidade, o custo e instalação desse sistema, tempo de retorno do investimento e, também, situações reais abordando problemática real. É inegável que a luz solar é uma fonte inesgotável de energia, e que isso deve ser levado ao maior número de pessoas, para que possam descobrir as diversas vantagens, ainda mais agora que está acessível a unidades residenciais e tende a crescer cada vez mais.

Palavras-chave: Energia Solar; Fotovoltaica; Mossoró; Energia solar em residências; Viabilidade econômica.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o termo “sustentabilidade” vem ganhando impacto nas discussões ao redor do mundo. Com o grande crescimento da sociedade, a adoção de fontes diversificadas e renováveis se tornou imprescindível para suprir, de forma limpa, as necessidades humanas, impulsionando diversos países a abandonarem as fontes convencionais e adotando as renováveis. No Brasil, a principal matriz energética ainda são as hidrelétricas, que vem diminuindo com o passar dos anos, devido aos tempos de baixa que acarretam muitos prejuízos com a capacidade de geração reduzida [1].

Os impactos gerados sob o meio ambiente, junto com essa alta demanda, tem impulsionado a inserção das fontes renováveis, sobretudo a energia solar fotovoltaica, na matriz energética. A energia fotovoltaica é considerada um dos setores mais promissores na área das energias renováveis. A incidência solar no país é totalmente favorável à geração devido a sua posição geográfica que está a 5° da linha do Equador, de forma que o país fique à frente de países líderes no setor fotovoltaico, como a Alemanha. Porém, mesmo com todo avanço tecnológico, o país ainda se encontra muito atrás de outros países, ao que se deve à falta de incentivo durante vários anos.

No Brasil, a região mais favorável devido a incidência solar que chega ao local, é a região Nordeste e nela se abriga uma das maiores usinas solares do país, no estado da Bahia. Contudo, mesmo com essa característica, durante o primeiro semestre de 2021, os estados brasileiros que receberam maior investimento foram Minas Gerais, São Paulo (estado que mais consome, mas que compensa na produção) e Rio Grande do Sul, liderando a lista com maior potência instalada para geração de energia solar, e isso se deve a falta de incentivo que a região Nordeste recebe do governo [2].

O estado do Rio Grande do Norte, apresenta uma localidade geográfica totalmente propícia para a instalação, fato que vem se concretizando ao longo dos anos. Com esse tipo de energia crescendo, o estado também vem acompanhando, de forma que tenha tomado a iniciativa de se tornar autossuficiente em energia solar no ano de 2022, como já é na produção de energia eólica. Em busca dessa missão, foi iniciada, pela francesa Voltalia, a instalação de um novo parque solar na Serra do Mel, com capacidade de produção de 860 Megawatts (MW) [3].

Com o aumento do custo na conta de energia devido ao alto custo da produção e o aumento do valor do imposto pago, a inserção de painéis solares em residências, viabilizada pela Resolução Normativa 482/2012, tem se tornado possível e demonstrado um grande crescimento, principalmente durante a pandemia da Covid-19.

Dito isso, este documento tem como objetivo analisar a aplicabilidade de sistemas fotovoltaicos na cidade de Mossoró, já que possui uma ótima localização e incidência solar, mostrando sua viabilidade econômica e trazendo problemas que podem ser encontrados nessa instalação. Com isso, será realizado um levantamento bibliográfico e um estudo que contemplará essa análise dos recursos necessários para a instalação do sistema.

2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar é conhecida assim por ser obtida a partir da energia gerada pelo Sol, que chega na superfície como ondas eletromagnéticas, podendo ser de maneira difusa (como acontece nos polos), ou de maneira direta (nos hemisférios centrais) [4]. Inicialmente dois fatores principais que impulsionaram esse tipo de energia, a busca de fontes de energias para sistemas instalados em locais remotos e a “corrida espacial”, sendo a crise energética de 1973, o impulso final para essa tecnologia fosse aderida em aplicações terrestres [5].

Essa energia é resultante da conversão da luz solar em corrente elétrica, por meio de materiais semicondutores, denominado efeito fotovoltaico, sendo possível de abastecer diversos setores como industrial, residencial, comercial e outros. Nesse quesito, a energia solar vem se apresentando como uma excelente fonte de energia alternativa em comparação às fontes não renováveis, para atender uma demanda de energia elétrica crescente com o passar dos anos, além de ser possível a instalação em locais onde as convencionais são economicamente inviáveis, como as áreas rurais [6]. Com essa crescente demanda por energia elétrica, as fontes renováveis de energias se tornaram uma pauta muito importante para a sociedade, e a energia fotovoltaica foi a que apresentou maior crescimento e obteve maiores investimentos em todo o mundo.

Um dos principais pontos desse tipo de energia, é a possibilidade de ser usada de forma distribuída e de forma que possa reduzir as perdas e não haja desperdícios, algo que se tornou crucial devido as fontes de energia atuais serem insustentáveis para os padrões de uso atuais. Essas medidas servem para contribuir na mitigação dos efeitos do uso excessivo da energia pela sociedade desde o início da era industrial.

De acordo com Abiko et al. (2010) é necessário tratar a questão energética com urgência, reduzindo as ações do homem na natureza afim de se evitar maiores danos ao nosso planeta, por meio da exploração de energias renováveis na matriz energética do mundo. Apesar de ser considerada um tipo de energia que necessita de um alto investimento, esse modelo é capaz de gerar uma economia considerável por mês, além de possuir um baixo custo de manutenção e não gerar resíduos, sendo assim um meio autossuficiente e renovável [7].

2.1. Energia fotovoltaica no Brasil

O Sistema Interligado Brasileiro (SIN) é formado pelas instalações responsáveis por suprir toda a demanda energética do país, no qual foi toda planejada com base nas hidrelétricas e termelétricas. [1] Os impactos ambientais é uma grande característica desses tipos de matriz e, com base nisso, órgãos públicos como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a Secretaria de Assuntos Especiais (SAE) e o Ministério do Meio Ambiente vem identificando as mudanças climáticas que são geradas a partir dessas fontes de energia como, por exemplo, as hidrelétricas, que podem dificultar e/ou inviabilizar novas construções [8].

A matriz energética brasileira ainda enfrenta um grande problema, que é a dependência de uma única fonte, no caso, a hidrelétrica. Esta fonte, ainda a mais utilizada de maneira geral, ocasiona problemas enormes quando passam por crises, como a que estamos enfrentando hoje em dia, que são os períodos de estiagem. Esses períodos são responsáveis pelo aumento do uso das termelétricas e, também, pelo o aumento do preço da energia para o consumidor final, já que o custo de geração de um MWh dela é maior que o da hidrelétrica [9].

Desse modo, é notório que o uso da energia elétrica vem aumentando em conjunto ao crescimento da população fazendo com que os atuais modelos energéticos sejam questionados. No último relatório do Balanço Energético Nacional (BEN 2020), disponibilizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) – referente ao ano de 2019, já que em 2020 houve a pandemia e acabou por não se realizar, mostra que o consumo de energia maior se dava nos setores industrial e residencial, sendo 35,9% e 26,1%, respectivamente, contando ainda com a redução de -2,33% referente ao ano anterior, o que podemos visualizar no Gráfico 1 [10].

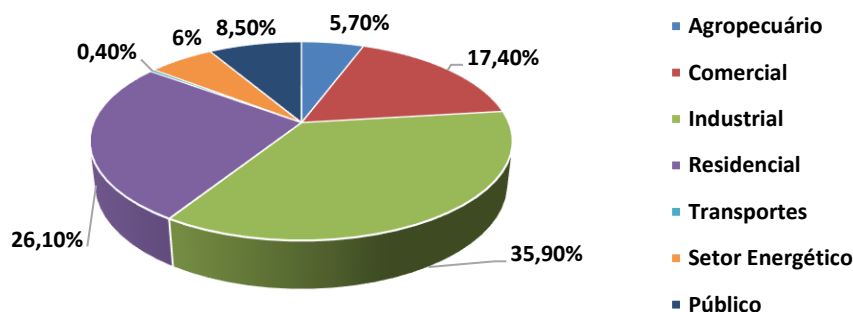


Gráfico 1. Participação no consumo de eletricidade. Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE, 2020)

Segundo o EPE, quando analisamos toda a matriz energética brasileira, vemos que as energias renováveis representam cerca de 83% da oferta interna de eletricidade no Brasil, ou seja, a soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, sendo a fonte fotovoltaica 1,0% da oferta interna total.

O Brasil é um país que possui um ótimo índice de radiação solar, principalmente na região Nordeste, especialmente o estado da Bahia, com valores típicos de 1.752 a 2.190 kWh/m² por ano de radiação incidente. Essa característica coloca o país em vantagem em comparação a diversos países industrializados no que tange à utilização de energia solar [11].

A energia solar é considerada uma solução para áreas afastadas que ainda não são eletrificadas, já que quase todo o território brasileiro possui bons índices de insolação, e com isso vem recebendo diversos incentivos governamentais para adoção desse tipo de energia.

É um tipo de energia que, apesar de apresentar diversas vantagens ecológicas como não emitir poluente e nem deixar detritos, ser viável devido ao seu custo de manutenção baixo e, por ocupar poucos espaços acaba por ser possível sua instalação em diversos locais. Apesar disso, esse tipo de energia é afetada por fatores como as condições climáticas, já que chuvas e nuvens interferem na eficiência, ou os locais mais afastados do Equador que possuem uma menor incidência solar e, como consequência, captam menos energia e, também, por ser uma energia com custo relativamente alto para instalação, que a longo prazo se mostra uma alternativa viável, já que o consumidor ainda obtém o retorno do investimento em alguns anos, além de não ser dependente de fatores climáticos. Essa fonte de energia vem sendo bastante procurada devido à crise energética que o país vem enfrentando, alta tarifária e maior consumo, principalmente durante a pandemia.

É importante destacar que, mesmo durante a pandemia, a Energia Solar teve um crescimento de 70% durante o ano de 2020, gerando 7,5 gigawatts, que representa quase metade da hidrelétrica de Itaipu. Isso se deve a necessidade de setores como o comércio e residências têm de reduzir a conta de luz. Apesar disso, esse salto foi só a cereja de um bolo que vem crescendo ao longo dos últimos 10 anos. Além disso, a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar) aponta que de 2021 em diante, a indústria fotovoltaica só tem a crescer cada vez mais, tanto pela redução da conta de luz, como necessidade mundial de se reduzir a emissão de carbono na atmosfera [12].

2.2. Aumento de temperatura e o consumo de energia em Mossoró

O município de Mossoró, localizado no estado do Rio Grande do Norte, se encontra em uma região muito próxima a linha do Equador fazendo com que a região receba uma quantidade elevada de insolação anualmente, também como temperaturas elevadas e pouca variação delas entre as estações do ano. O clima da cidade é classificado como semiárido, e sua localização latitudinal 05° 11' 15" S colabora para que a região receba cerca de 2,5 mais radiações solar que os polos, pois os raios solares chegam de forma direta e com ângulos solares concentrados [13].

A cidade passou por diversas mudanças ao longo de sua trajetória e sua característica econômica em ascensão teve grande influência para que se tornasse a segunda maior cidade do Estado. O resultado dessa grande expansão foi a sua urbanização, afim de atender o crescimento da população, com a verticalização, aumento da economia, novos bairros, pavimentação das ruas e o grande fluxo de automóveis, gerando o aumento das temperaturas em vários locais da cidade e um desconforto térmico. Outro ponto causado por esses fatores e por ações globais, foi a redução da umidade do ar, como também a redução das chuvas, fazendo a cidade apresentar épocas mais quentes e secas durante a maior parte dos últimos anos.

Com essas mudanças ao passar dos anos, os valores diários de temperatura e radiação vem aumentando cada vez mais, sendo registrado durante o dia temperaturas acima de 35°C, com altos níveis de insolação e baixa umidade, sendo amenizada apenas durante o período da noite, onde o mesmo se encontra registrando temperaturas altas, quando comparado a outros anos.

Ao analisar registros de temperaturas da cidade durante os anos de 1970 e 1996, e comparando a temperatura média anual com a do ano de 2019, vimos que há um acréscimo na variação de temperatura, o que pode ser visto no gráfico 2.

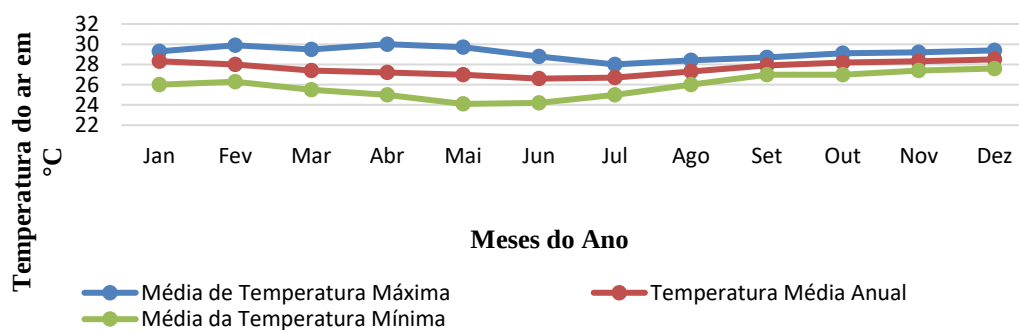


Gráfico 2. Comportamento anual dos valores médios de temperatura do ar, da temperatura máxima e temperatura mínima em Mossoró entre 1970 e 1996. Fonte: **O clima urbano de Mossoró (RN): o subsistema termodinâmico.** Organização pela autora.

Na análise desse intervalo entre os anos de 1970 e 1996 é possível de se perceber que, pela média das altas temperaturas, o somatório desse intervalo apresentava temperaturas mais elevadas durante o mês de Abril, chegando ao máximo de 30°C nessa média (Figura 1).

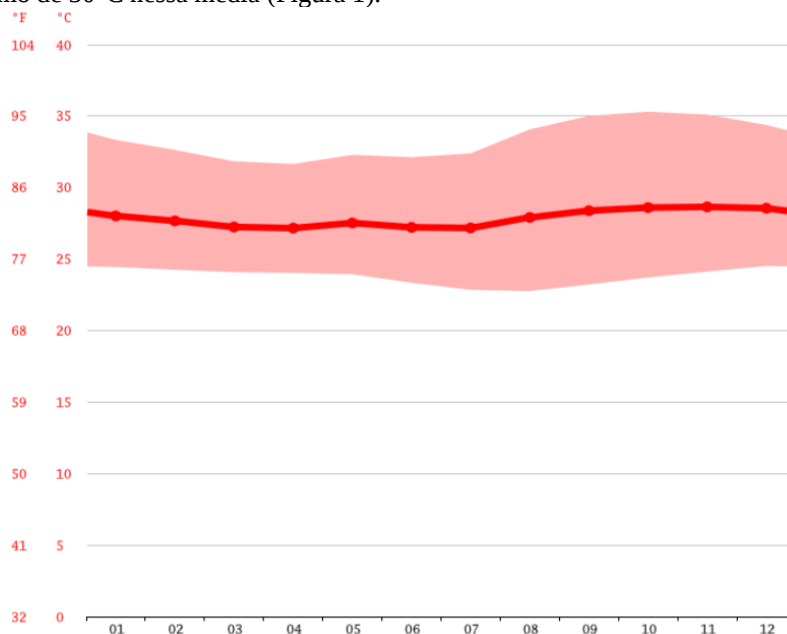


Figura 1. Gráfico da temperatura em relação aos 12 meses de 2019, em Mossoró.

Fonte: **CLIMATE-DATA.ORG**

Quando partimos para a análise da temperatura durante o ano de 2019, vimos que o maior pico de temperatura se dá no mês de outubro onde, apenas nesse ano, chegou a uma temperatura máxima de 35°C, se comportando de forma diferente a outros anos [15].

Essas elevadas temperaturas e a baixa umidade foram os principais fatores que levaram os moradores a buscarem formas de amenizar essa situação, aumentando o uso de ventiladores, umidificadores, ar-condicionados, além de abertura nas casas para melhor circulação do ar. Com a pandemia, o consumo desses eletrônicos aumentou ainda mais, já que durante a maior parte do ano de 2020, na alta da Covid-19, as pessoas tinham que ficar em casa. Além dessa necessidade de se combater o calor, o uso de computadores também aumentou bastante devido o home office e às aulas remotas, com isso, visando o melhor conforto e não incômodo, durante o dia inteiro, causando assim um aumento do consumo de energia residencial e, consequentemente, a conta de luz.

Além do alto consumo, desde o mês de setembro, os consumidores brasileiros estão sentindo no bolso o aumento da energia elétrica. Isso ocorreu porque a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) criou um novo patamar de bandeira tarifária para a conta de luz de todo o país. A “bandeira tarifária escassez hídrica” custa R\$ 14,20 para cada 100 kW/h consumidos, ou seja, na prática, o brasileiro está pagando quase 7% a mais pela conta de luz, ainda podendo perdurar até 30 de abril de 2022.

Diante disso, muitos estão tentando, ao máximo, economizar energia a fim de diminuir o valor da conta, no final do mês, seja trocando de lâmpadas, de equipamentos, ou mudando a fonte de energia. Portanto, existem ainda alguns setores que não são possíveis de se realizar a diminuição desse consumo, se tornando um ponto bastante preocupante, como o setor comercial, em um restaurante específico na cidade de Mossoró. A proprietária comenta que, após o reajuste da tarifa, sua conta de luz chegou a R\$ 1500,00, e isso se deve ao grande número de freezers e eletrônicos que são utilizados para o preparo dos alimentos.

Visando essa redução, as fontes alternativas cresceram muito no estado, e a energia solar fotovoltaica vem crescendo muito, inclusive na cidade de Mossoró, sendo muito aceita em condomínios, pontos comerciais, já que possuem maior consumo, além das residências que estão tendo fácil adesão, devido as facilidades que são cedidas pelo Governo, para compensar o que é consumido. Segundo Daniel Pablo Dantas, professor de Engenharia Elétrica da UnP, diz que “Futuramente, a energia solar será usada não só como suporte para energia residencial, mas para o abastecimento de carros elétricos, que serão a regra no futuro.”, analisando a adesão do tipo renovável ao longo dos anos [16].

2.3. Energia solar em residências em Mossoró

A Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, diz que a geração solar fotovoltaica se dá sob as vertentes centralizada e distribuída. Na primeira, a usina tem grande escala e está conectada, em geral, a uma linha de transmissão que leva energia até a rede da distribuidora e, a partir desse ponto, chegar ao consumidor. Já na segunda o alvo é a usina de menor escala, presente em comércios e residências, que está diretamente ligada à rede.

Essa normativa ficou conhecida como a lei de incentivo ao uso de energia solar, por permitir a instalação em sistemas de residências. Por isso, hoje é possível de introduzir o sistema de energia solar em residências. Pensando nisso, será analisada toda a função do sistema de painéis, contendo sua estrutura e também analisando duas residências iguais, mas em situações diferentes [16].

Para este trabalho foi solicitada a empresa Solar Energy, localizada na cidade de Mossoró/RN, para a retirada de dúvidas, e as seguintes situações apresentadas, sendo citada toda logística apresentada pela empresa para a instalação desses painéis.

a. Módulos Fotovoltaicos

Conforme o CRESESB (2004), célula fotovoltaica é um dispositivo elétrico que converte a energia solar diretamente em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. A energia gerada por esses painéis é chamada de energia solar fotovoltaica. Com base nos dados do Portal Solar, o efeito fotovoltaico ocorre devido a movimentação dos elétrons de alguns materiais com a presença da luz do Sol, gerando a corrente elétrica [17].

Esses painéis (figura 2) são formados a partir de um conjunto de células de silício, as quais são texturizadas, laminadas e tratadas com materiais específicos que aumentam sua absorção e vida útil. Três tipos de células de silício podem compor esses painéis, primeiramente, as de silício monocristalino que são as mais utilizadas comercialmente e possuem maior eficiência, de 15 a 18%; também a de silício policristalino, com eficiência até 12,5% e a de silício amorfo, sendo a mais barata e de menor eficiência, variando de 5 a 7%.

A potência do módulo é definida a partir da ligação entre essas células, que podem estar em série, em paralelo ou em série-paralelo. A parte frontal do painel é revestida com resina ou vidro temperado de alta transparência e com resistência a eventos climáticos, com a corrente gerada sendo contínua (CC) e podendo alimentar os equipamentos diretamente [18].



Figura 2. Módulos fotovoltaicos instalados.

A empresa Solar Energy trabalha com módulos da empresa ULICA Solar, que abrange uma variedade de placas solares mono e policristalinas, desde molduras em prata até os painéis bifaciais em vidro preto duplo, ideais para aplicações On Grid e Off Grid, e bombeamento solar, com a potência de 450 W cada [19].

A eficiência desses painéis é medida pela proporção da radiação solar que incide sobre a superfície dessa célula que é convertida em energia elétrica, ou seja, quantos Watts/hora por m^2 o painel gera. No cenário brasileiro, o índice de radiação solar direta, está em média 4000 Wh/ m^2 .dia.

b. Inversores

Os inversores são aparelhos responsáveis por converter a tensão contínua vinda dos painéis solares em uma tensão alternada adequada para a rede elétrica. Além disso, também é responsável por direcionar para onde vai a energia gerada por esses painéis solares. Em casos de sistemas ligados à rede, é responsável por fazer essas trocas de energia com a rede, garantindo que a instalação elétrica receba energia de forma constante.

Esse sistema funciona com uma ponte de transistores que chaveia a tensão contínua de forma que ela fique alternada, ligando e desligando o circuito várias vezes por segundo de forma a imitar um sinal senoidal. Dessa forma, para deixar o sinal de saída ainda mais perfeito, utiliza-se filtros indutivos e capacitivo [20]. O equipamento utilizado pela empresa solicitada é da LIVOLTEK GT1-5K, com a potência de 5W, mostrado na figura 3



Figura 3. Inversor solar Livoltek GT1-5K. Fonte: Solar Inove.

c. Medidor bidirecional

Caso o proprietário do sistema deseje interligá-lo na rede de distribuição, seja para gerar créditos ou para consumir ambas as energias, é necessário esse tipo de medidor [21]. Esse equipamento (figura 4) mede a energia consumida e injetada na rede de forma simultânea, em kWh, ou seja, se esse cliente injetar na rede, por exemplo 500 kWh/mês, e consumir da concessionária exatamente os mesmos 500kWh/mês, ele não terá que pagar nada para o fornecedor naquele período (exceto as taxas obrigatórias que dependerão do tipo de ligação contratada, iluminação pública, etc.), mas se injetar na rede quantidades maiores que aquela consumida, serão gerados créditos que podem ser posteriormente abatidos na fatura.



Figura 4. Medidor bidirecional para sistema solar fotovoltaico. Fonte: Green Volt

d. Instalação

Para todo tipo de residência é analisada a quantidade de moradores, o consumo médio de Kwh/mês durante os últimos 12 meses do ano, e também uma média de custo levando em consideração os últimos 6 meses. No cálculo de custo, é levada em consideração os meses da média de custo, devido ao aumento da tarifa cobrada pela concessionária responsável pelo fornecimento de energia, ou seja, os valores são reajustados para uma estimativa próxima do cenário futuro no valor de 10% anual [22].

As características locais da propriedade onde será feita a instalação do sistema fotovoltaico são de extrema importância para a condução do projeto, sendo necessário realizar um estudo a fim de se verificar a presença de situações indesejáveis para a instalação do sistema no local, para assegurar a melhor disposição dos painéis, de modo que o sistema opere de maneira otimizada.

Como descrito acima, a cidade de Mossoró possui as seguintes coordenadas, latitude: 05° 11' 15" S e longitude: 37° 20' 39" W, com insolação diária em torno de 7 horas, como mostrado no mapa da figura 5 desenvolvido pela CRESESB (2004) [13]:

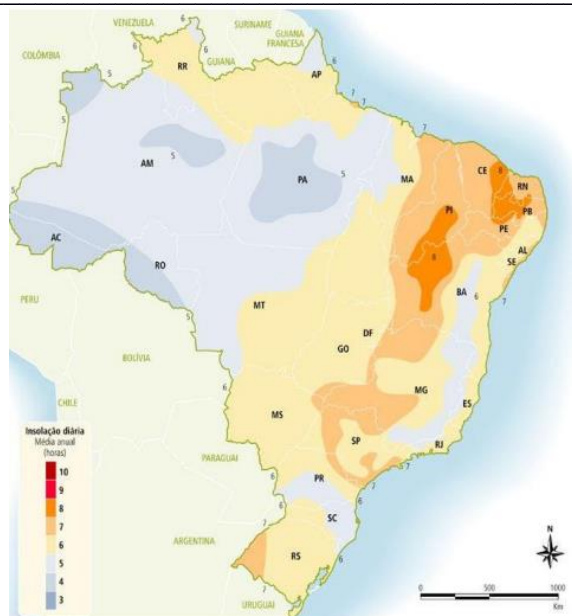


Figura 5. Média anual da insolação do Brasil (horas). Fonte: Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (2004).

Um exemplo prático cedido pela Solar Energy, é uma residência com consumo de energia de 688,33 kWh/mês e, pelas características dos módulos, será necessária uma quantidade de 17 módulos, e o sistema com geração de 1091,82 kWh/mês, onde é possível se fazer uma comparação do sistema com e sem a instalação, como mostrado na Figura 5. A análise financeira do projeto considera como economia o valor da compensação energética. Esse procedimento se faz necessário pois, ao ser instalado e começado a operar, o sistema poderia suprir toda a demanda energética, levando a zero o valor do consumo de energia.

No entanto, esse fato não irá zerar a conta de energia, já que ainda será cobrada uma taxa mínima mensal referente a contribuição de iluminação pública, e o custo de disponibilidade equivalente a 30 kWh, cobrado pela COSERN (Companhia Energética do Rio Grande do Norte), totalizando o valor de 73,20 R\$/mês. Assim, mesmo que a energia vinda da rede não seja consumida, o cliente pagará essa taxa que será subtraída do custo total mensal, sendo o valor da compensação energética.

Com isso, deve lembrar que todo o sistema é dimensionado subtraindo o custo de disponibilidade oferecido pela COSERN, ou seja, o valor do sistema subtraído 30 kWh, de forma que não aumente o custo do investimento.

O período de 25 anos do projeto e o retorno do investimento é referente à garantia que existe das placas pelo fabricante.

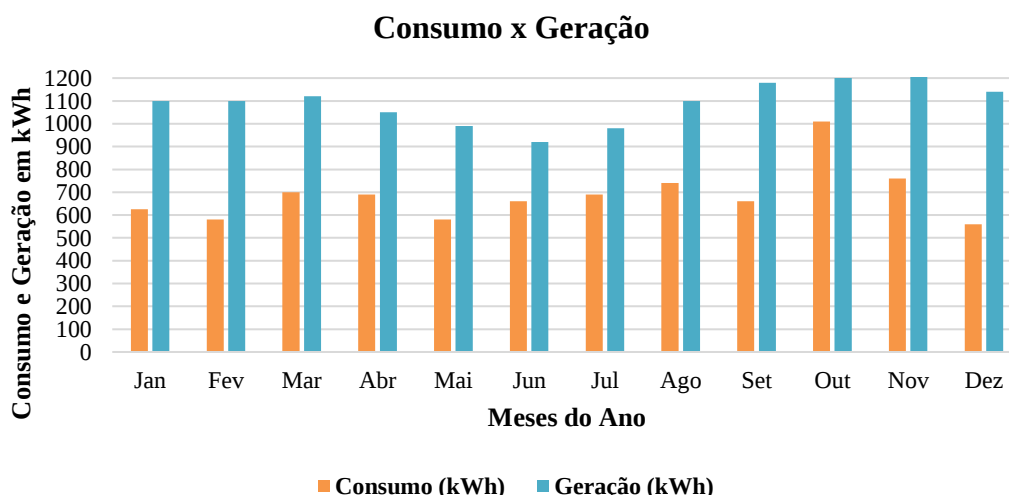


Gráfico 3. Representação de Consumo x Geração durante o ano, com sistema fotovoltaico instalado. Fonte: Solar Energy. Organização pela autora.

É necessário salientar que, como mostrado no gráfico 3, a importância dessa análise se deve, também, à identificação dos períodos de sazonalidade que, em Mossoró, se mostra durante o mês de outubro, de forma que o consumo de energia quase alcance a geração, por ser a época onde há o aumento de temperatura.

O projeto apresentado tem um valor de investimento de R\$ 28.402,57, podendo ser financiado de diversas formas. E, ao analisar toda a proposta, o tempo de *payback* simples é dado a partir de 4 anos e 4 meses após sua instalação, obtendo uma economia total de R\$ 505.503,95 em 25 anos, como visto na Gráfico 4.

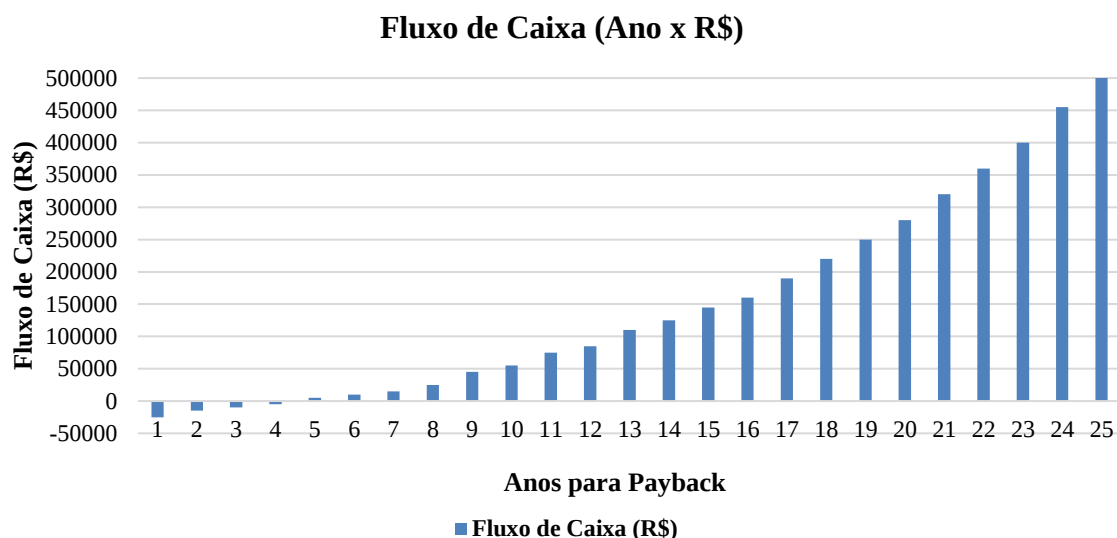


Gráfico 4. Representação do Fluxo de caixa no decorrer dos 25 anos. Fonte: Solar Energy. Organização pela autora.

e. Análise da viabilidade e o estudo das placas para a instalação

Deve-se ter em mente que cada situação, projeto e cada residência possuem uma condição diferente para a instalação do sistema fotovoltaico. Algumas casas, por exemplo, que possuem o telhado com inclinação diferente das outras, devem fazer o estudo para instalar as placas com o grau de inclinação e com a posição que mais tire proveito da irradiação solar.

Ou seja, o primeiro passo a ser tomado deve ser o estudo dessa localidade para que essa instalação ocorra de maneira eficiente, levando em conta os pontos citados. Deve ser estudado toda a posição de fixação, e sua inclinação é dado pelo CRESESB. Em seguida, feito o projeto com todas as placas interligadas e com o diagrama de todos os componentes que formam o sistema e a análise do local que será instalado. Depois de instaladas, vem a parte do cabeamento que será interligado ao controlador de carga, nos inversores e, caso necessário, na bateria. Além disso, outra vertente que deve ser levada em conta é a questão do sombreamento [23].

As sombras costumam ser uma das principais preocupações na instalação de sistemas fotovoltaicos. Esses sistemas, quando instalados em áreas urbanas, estão sujeitos a sombras causadas por árvores, antenas, prédios vizinhos durante alguns horários do dia, de forma que diminua o rendimento dos sistemas além de poder causar pontos de aquecimento. Mesmo com alguma quantidade de sombras em uma parte dos módulos fotovoltaicos o sistema fotovoltaico ainda pode ser viável.

Em situações em que o sombreamento não pode ser evitado, deve ser um fator levado em conta durante o cálculo do projeto de forma que seja compensado na instalação. Dessa forma a produção de energia não é prejudicada, nem o retorno financeiro [24].

Essa problemática pode ser analisada em um exemplo real, fazendo um comparativo entre duas casas com a mesma planta baixa, ambas situadas no Condomínio Luzia Rodrigues, onde uma se localiza em um lote completamente favorável para a instalação desse sistema, enquanto a outra está situada em um lote suscetível a sombreamento causado por um prédio, sendo necessária todo um cálculo diferenciado para a instalação do projeto.

No primeiro lote, como mostrado na Figura 6, foram instaladas 12 placas de 360 W com potência de 4,12 kWh, já que não sofria efeito do sombreamento. Porém, no segundo lote, como não havia muito espaço devido ao sombreamento do prédio situado atrás, mostrado na Figura 9, e não havia espaço suficiente no telhado para ser colocado mais placas, resolveu-se instalar a mesma quantidade de placas que no primeiro lote, porém com potências maiores, estimado no valor de 440 Watts, a de maior potência na época.

Na segunda situação (figura 7), foi informado que a instalação das 12 placas ocorreu apenas na parte da frente, pois na parte de trás pegaria sombra bem mais cedo. As placas nessa localidade geram o suficiente durante o período da manhã para cobrir o consumo da residência, mas caso fosse possível contornar o sombreamento, e receber a incidência durante os dois períodos do dia, daria uma sobra bem maior para o consumo. Vale atentar que não foram tiradas imagens da residência do Lote 2 após a instalação das placas para melhor demonstração, sendo possível de analisar com a imagem apenas da incidência solar no local.



Figura 6. Lote 1 no Condomínio Luzia Rodrigues, na residência em que a incidência solar é favorável para a instalação do sistema fotovoltaico. Fonte: Solar Energy.



Figura 7. Lote 2 no Condomínio Luzia Rodrigues, onde é perceptível o efeito do sombreamento que interfere na total eficiência da instalação do sistema foto voltaico. Fonte: Solar Energy.

Analisando toda a área de captação, é possível de se perceber que a porcentagem de área para cada lote é diferente. Enquanto o Lote 1 apresenta uma boa captação, com 100% da sua área coberta viável para receber a radiação solar, o Lote 2 apresenta somente 60% de sua área coberta favorável para receber a radiação, caso que ocorre devido total influência do sombreamento que recebe.

Para entender melhor o quanto o sombreamento influencia na eficiência do sistema é importante analisar o comportamento da curva de geração de energia nas duas situações, como mostrado nas Figuras 8 e 9.



Figura 8. Curva de Geração do Sistema no Lote 1. Fonte: Solar Energy.



Figura 9. Curva de Geração do Sistema do Lote 2. Fonte: Solar Energy.

Analisando por esses gráficos, no Lote 1 é possível perceber que a curva de geração cresce e decresce de forma suave, de modo que a captação tenha seu pico no intervalo entre às 12h, mas nada de forma brusca. Já no Lote 2, a curva de geração se apresenta de forma acentuada durante as primeiras horas de incidência solar, permanecendo quase constante até às 12h, onde começa ter uma queda um pouco mais acentuada que a captação e, a partir das 14h30min, tem uma queda brusca, que é quando o Sol passa do local de captação e o sombreamento fica mais aparente.

3. CONCLUSÕES

Este artigo retrata alguns aspectos principais relacionados à energia solar, de forma que aborda seu conceito em relação ao Brasil, mostrando seu crescimento e adaptação do setor renovável nas residências. Além disso, mostra também toda a situação climática da cidade de Mossoró ao longo dos anos, que vem aumentando a temperatura, fato que levou ao aumento do consumo de alternativas, como o aumento do uso de eletrodomésticos para driblar essa problemática, principalmente durante a pandemia e, consequentemente, o aumento da conta de energia.

Como analisado, é muito importante que haja todo o estudo dos locais onde esses sistemas serão instalados, de forma que o sistema funcione com total eficiência, driblando todos os problemas possíveis nesse estudo. A adoção desse tipo de energia é total necessária em questão mundial, principalmente para a redução do lançamento de poluentes, visando a melhoria do meio ambiente e qualidade de vida.

O incentivo às renováveis por parte do Governo deve ser intensificado cada vez mais, principalmente na região Nordeste, com seu alto índice de participação na geração e sua ótima localidade, de forma que geração desse tipo de energia cresça, como ocorreu com a eólica, e que possa diminuir a dependência de matrizes que geram problemas ambientais, como a Hidrelétrica e Termelétrica. Outro ponto importante, é a conscientização da população para adoção da energia solar, de modo que entendam como o sistema funciona e todas as vantagens que podem ser percebidas junto com a sua instalação, também que entendam como é importante fazer todo o estudo de sua residência e não apenas sua instalação.

4. REFERÊNCIAS

- [1] SANTOS, Romi Stella dos. **Conservação de energia: uma ferramenta para analisar o aproveitamento de energia solar em instalações residenciais**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008.
- [2] JESUS, Fernando. **Energia solar fotovoltaica cresce no Brasil quase 50%**. Portal Energia, 2021. Disponível em: < <https://www.portal-energia.com/energia-solar-fotovoltaica-cresce-brasil/> >. Acesso em: 24 novembro 2021.
- [3] RIO Grande do Norte quer se tornar autossuficiente em energia solar em 2022. **Portal Solar**, 19 out. 2020. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/rio-grande-do-norte-quer-se-tornar-autossuficiente-em-energia-solar-em-2022.html> >. Acesso em: 24 novembro 2021.
- [4] DIENSTMANN, Gustavo. **Energia solar: uma comparação de tecnologias**. Projeto de Diplomação. Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009. Disponível em: < <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/24308/000736300.pdf?...1> >. Acesso em: 15 setembro 2021.
- [5] ENERGIA Solar: Princípios e Aplicações. **CRESESB**. Disponível em: < http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf >. Acesso em: 15 setembro 2021.
- [6] CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. **Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente**. III Congresso Nacional de Gestão Ambiental, 19 a 22 de novembro de 2012. Goiânia/GO. Acesso em: 15 de setembro de 2021.
- [7] TSURUDA, L. K.; MENDES, T. A.; VITOR, L. R.; SILVEIRA, M. B. **A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável e social**. 6th International Workshop: Advances in Cleaner Production – Organizational Report. São Paulo/SP, 26 de maio de 2017. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/files/sessoes/6B/1/tsuruda_et_al_report.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2021.
- [8] GOBBO, Emilia Ribeiro; SILVA, Maria Antonia Tavares Fernandes da. **Viabilidade econômica da energia fotovoltaica no Brasil**. Rio de Janeiro. UFRJ/Escola Politécnica, 2017. XVI, 169 p.: il. Acesso em: 16 de setembro de 2021.
- [9] GASPARIN, Fabiano Perin; BÜHLER, Alexandre José. **Panorama atual da geração distribuída no Brasil e o papel da energia solar fotovoltaica no setor**. Grupo de Pesquisa Aplicada em Energias Renováveis, GPAER. Rio Grande do Sul, 2018.
- [10] EPE. Empresa de Pesquisa. **Balanco Energético Nacional 2020: Ano Base 2019** – Relatório Final. Acesso em: 16 de setembro de 2021.
- [11] MARQUES, Rubéria Caminha; KRAUTER, Stefan C. W.; LIMA, Lutero C, de. **Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o nordeste brasileiro**. Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 30, n. 2, p. 153-162, dez. 2009. Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjs5daP84f0AhU9qpUCHaD8DMAQFnoECACQAQ&url=https%3A%2F%2Fperiodicos.unifor.br%2Ftec%2Farticle%2FviewFile%2F1049%2F4494&usq=AOvVaw0kg3U2gYcNKJvWsXRDJolR>>. Acesso em: 15 de setembro de 2021.
- [12] FADDUL, Juliana. **Energia solar cresce 70% no Brasil apesar da pandemia e espera 2021 positivo**. CNN, 2021. Disponível em: < <https://www.cnnbrasil.com.br/business/energia-solar-cresce-70-no-brasil-apesar-da-pandemia-e-espera-2021-positivo/> >. Acesso em: 07 novembro 2021.
- [13] GÊ, Maria Clara de Oliveira; CARLOS, Gabryelle Tatyane Souza; SANTIAGO, Patrick Klysman Costa. **Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia fotovoltaica numa residência em Mossoró/RN**. XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia De Produção – ENEGEP, 16 a 19 de outubro de 2018. Maceió/AL. Acesso em: 06 novembro 2021.
- [14] SARAIVA, Ana Luiza Bezerra da Costa, 1986- S243c. **O clima urbano de Mossoró (RN): o subsistema termodinâmico**. p.109. 2014. 234 f.: il. Acesso em: 06 novembro 2021.
- [15] CLIMA MOSSORÓ: Temperatura, Tempo e Dados Climáticos. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-grande-do-norte/mossoro-4448/>>. Acesso em: 06 novembro 2021.
- [16] COSTA, Amina. **Professor dá dicas para reduzir o consumo de energia elétrica**. DeFato.com, 2021. Disponível em: <<https://defato.com/mossoro/97980/professor-d-dicas-para-reduzir-o-consumo-de-energia-eltrica>>. Acesso em: 06 novembro 2021.
- [17] CÉLULA fotovoltaica. **Portal Solar**. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html> >. Acesso em: 07 novembro 2021.
- [18] MARQUES, L. A. A.; FERNANDES, I. C. S.; COSTA, J. A. **Energia solar fotovoltaica em unidades residenciais: estudo de caso**. In: Congresso de Iniciação Científica do IFRN.; Tecnologia e Inovação para o Semiárido, 2013, Currais Novos – RN. IX CONGIC, 2013. Acesso em: 06 novembro 2021.
- [19] NEO SOLAR. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/neosolar-energia/fornecedores/placa-solar-ulica-solar>>. Acesso em: 06 novembro 2021.
- [20] INVERSOR Solar – O que é e como funciona. **Athos Electronics**. Disponível em: <<https://athoselectronics.com/inversor-solar-o-que-e/>>. Acesso em: 06 novembro 2021.

-
- [21] CONHECENDO o sistema fotovoltaico: relógio bidirecional. **Elysia**, 12 jul. 2020. Disponível em: < <https://elysia.com.br/relogio-bidirecional/> >. Acesso em: 06 novembro 2021.
- [22] SANTOS, Fabrício Almeida; SOUZA, Carlos Alberto de; DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira. **ENERGIA SOLAR: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG**. XII SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA: Desenvolvimento de Competências Frente aos Desafios do Amanhã, 2016, Resende/RJ. Acesso em: 07 novembro 2021.
- [23] DIAMANTE, Luiz André. **Estudo sobre a implementação de placas fotovoltaicas**. 27f. 2020. UniCesumar - Universidade Cesumar: Maringá 2020. Disponível em: <<http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/7567>>.
- [24] ENTENDENDO o efeito das sobras parciais nos sistemas fotovoltaicos. **Canal Solar**, 06 mar. 2020. Disponível: < <https://canalsolar.com.br/efeito-das-sombras-parciais-nos-sistemas-fv/> >. Acesso em: 07 novembro 2021.