

SAZONALIDADE DA PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN

Daniel Lucas Galdino Moura¹, Geomar Galdino da Silva²

Resumo

Um dos grandes problemas enfrentados pelo mundo é a produção de energia, uma vez que grandes quantidades de energia vêm sendo cada vez mais requisitadas pelas sociedades modernas. No Brasil, esta realidade não é diferente. A utilizada em sua grande maioria provém de fontes não renováveis. Diante disso, outras fontes de energia vêm ganhando espaço em muitos países. A produção de energia através da utilização da energia solar é uma realidade. Este trabalho tem como objetivo determinar o período de maior produção de energia a partir do acompanhamento da produção mensal de energia solar fotovoltaica em projetos residenciais no município de Mossoró - RN. Para isso, selecionou-se cinco residências localizadas no município de Mossoró-RN que utilizam sistemas para produção de energia fotovoltaica. A produção de energia diária de cada residência foi acompanhada durante o período de janeiro a dezembro de 2022. O uso de energia solar a partir da instalação de painéis fotovoltaicos é uma opção viável em residências ou em empresas. Pois a produção de energia nas residências contribui significativamente para a redução econômica dos custos mensais do uso de energia.

Palavras-chave: Energia renovável. Geração. Energia Fotovoltaica.

ABSTRACT

One of the biggest problems facing the world is energy production, since large amounts of energy are increasingly required by modern societies. In Brazil, this reality is no different. Most of the energy used comes from non-renewable sources. Therefore, other energy sources have been gaining ground in many countries. The production of energy through the use of solar energy is a reality. This work aims to determine the period of greatest energy production by monitoring the monthly production of photovoltaic energy in residential projects in the municipality of Mossoró - RN. For this, five residences located in the municipality of Mossoró-RN were selected, which used projects to produce photovoltaic energy. The daily energy production of each residence was monitored during the period from January to December 2022. The use of solar energy from the installation of photovoltaic panels is a viable option in homes or companies. Because the production of energy in homes contributes significantly to the economic reduction of monthly energy use costs.

Key words: Renewable Energy source. Generation. Photovoltaic Energy Source

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, com a alta nas tarifas de energia (ocasionada por diversos fatores, mas principalmente pela alta carga tributária cobrada), as energias renováveis vêm ganhando cada vez mais força tanto em nível mundial quanto no Brasil. De acordo com Araújo *et al.* (2022) baseado no relatório anual REN21 (2022) os países com melhores desempenho na capacidade de energia solar (MW) são nesta ordem: China, Estados Unidos, Índia, Japão e o Brasil ocupa o quinto lugar com 5.5 MW.

Considerando-se a matriz energética do Brasil, observa-se que predomina a energia hidráulica. Segundo Araújo *et al.* (2022) e baseado no boletim anual do balanço energético nacional, com referência ao ano 2020, em relação as matrizes energéticas a fonte hidráulica corresponde a 62,5%, seguida pela eólica (9,8%), biomassa (8,8%), solar (1,9%), nuclear (1,1%) e fontes não renováveis (15,9%). De acordo com esses mesmos autores a região nordeste merece destaque notadamente os estados do Rio Grande do Norte, Bahia e Ceará.

Além de ser uma energia considerada limpa, pois não traz tantos danos ao meio ambiente comparando com outras, a energia solar vem sendo bastante difundida por ser considerada também um investimento para quem a adquire, principalmente numa região de semiárido na qual a cidade de Mossoró está localizada, fato que impacta no rendimento desta energia (a incidência da luz do sol é o fator principal para geração). Alguns estudos sobre o aproveitamento de energia solar já foram desenvolvidos no Brasil, pode-se destacar as pesquisas realizadas por Melo (2010) estudo de um sistema fotovoltaico integrado à construção e ligado à rede elétrica em uma edificação comercial; Bittencourt (2014) estudou a estratégia para o gerenciamento do balanço da geração fotovoltaica de energia elétrica integrada à edificação e também veículos elétricos em rede inteligente. Pinto (2018) estudou o impacto da geração da energia solar fotovoltaica e da modalidade da contratação da energia elétrica sobre as despesas com energia elétrica no caso do Campus Central da Universidade Federal de Santa Catarina, este autor recomenda que para ocorrer a redução da demanda da unidade consumidora e consequentemente a redução dos custos devido à demanda, torna-se necessário dimensionar um sistema de armazenamento de energia que seria utilizada apenas nos momentos de maior demanda e que pudesse garantir, nesse período, sua redução adequada e desejada.

Por mais que, de início, possa ser considerado um investimento de alto custo, por contar com mão de obra e equipamentos, após uma melhor análise a energia solar demonstra ser algo bastante viável e de certa forma imprescindível para aqueles que têm altos gastos com energia elétrica, seja no uso residencial ou principalmente no uso comercial e industrial.

Diante do exposto este trabalho tem como objetivo determinar o período de maior produção de energia a partir do acompanhamento da produção mensal de energia fotovoltaica em projetos residências no município de Mossoró - RN.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O estudo foi realizado em cinco projetos residenciais localizados no município de Mossoró, RN. Para isso foram selecionadas aleatoriamente residências que contavam com instalação de projetos baseado no uso de energia fotovoltaica, as residências foram denominadas de R1, R2, R3, R4 e R5. O período em que esses projetos foram instalados nas residências eram em torno de um ano. Na Figura 1, encontram-se as placas solares instaladas no teto das residências.

A produção de energia nas residências foi medida diariamente com a utilização dos dados dos inversores que ficam armazenados em nuvem, sendo expresso em (unidade). Foram realizadas medições de energia durante o período de janeiro a dezembro de 2022. Utilizou-se o programa Microsoft Excel ® para a confecção dos gráficos e tabela. Para discussão dos resultados utilizou-se o método de estatística descritiva.



Figura 1. Placas fotovoltaicas instaladas no teto das residências R1; R2; R3 e R5 no município de Mossoró-RN (Autoria própria, 2023).

2.2. Características climáticas da região em estudo

O clima do município de Mossoró é classificado como sendo semiárido quente (BSwh') com chuvas irregulares durante o ano, segundo a classificação climática de Köppen proposta em 1900, nessa classificação leva-se em consideração principalmente os valores médios mensais de temperatura e precipitação pluviométrica (WIKIPÉDIA, 2023). De acordo com Carmo Filho e Oliveira (1995); Sobrinho et al. (201) o município apresenta clima semiárido muito quente, precipitação média de 680 mm anuais e com estação chuvosa no verão arrastando-se para o outono, apresentado temperatura média de 27,4°C, umidade relativa do ar em torno de 68,9%.

De acordo com Sobrinho et al. (2011) as coordenadas geográficas do município de Mossoró são: latitude: 5° 12' 48" S; longitude: 37° 18' 44" W e altitude 37 m acima do nível do mar. Estes mesmos autores quando estudaram uma série histórica de 110 anos (1900 a 2010) afirmam que para o município de Mossoró os meses de fevereiro, março e abril são os mais chuvosos com valores médios oscilando de 102,8 a 167,9 mm nesse período, enquanto o período mais seco são os meses de setembro, outubro e novembro, com média mensal entre 1,90 e 4,90 mm de chuva.

Durante o ano de 2022, em que o estudo foi realizado na tabela abaixo encontram-se os dados climáticos de Mossoró, RN.

2.3. Fundamentação Teórica

2.3.1 Energia fotovoltaica

A energia solar é a conversão direta da irradiação solar em energia elétrica (IMHOFF, 2007; CIRILO, 2021), por meio de equipamentos específicos que são instalados em edificações: módulos ou painéis fotovoltaicos, inversor e o medidor bidirecional. De maneira resumida, funciona da seguinte forma: a radiação emitida pelo Sol é captada pelos módulos (placas) e, na sequência, transformada em energia elétrica, sendo equalizada pelo inversor para frequência normal em residências. A partir dessa conversão, qualquer equipamento eletroeletrônico pode utilizá-la.

Existem dois tipos de sistemas de energia solar fotovoltaica, o sistema on grid e o off grid. De acordo com Fonseca (2021) os sistemas on grid são os ligados a geração distribuída, ou seja, ligados diretamente à rede. Eles funcionam, basicamente, como qualquer painel solar que gere energia em corrente contínua (CC), passando pelo inversor e gerando corrente alternada. Esse sistema envia a energia excedente para a rede pública gerando créditos. Enquanto que os sistemas off grid são autônomos ou isolados, ou seja, são sistemas que armazenam a energia excedente em baterias, para ser utilizada em períodos sem sol (FONSECA, 2021).

2.3.2. Projetos residenciais

Em relatório realizado por Fonseca (2021) o estado do Rio Grande do Norte ocupa o décimo quarto lugar em se tratando de potência instalada na geração distribuída com 157,2 MW equivalente a 2,2% do quadro geral, esse mesmo autor afirma também que se verificou um crescimento de 176,5% quando analisado o total anual em geração centralizada e distribuída no período de 2019 a 2021.

De acordo com Cirilo (2021) a instalação de projetos fotovoltaicos em residências e empresas se apresentam como uma alternativa viável em virtude de potencial para a produção de energia e que a utilização desse sistema é favorável economicamente, uma vez que pode contribuir para a redução dos custos mensais provenientes do uso de energia.

Outra grande vantagem desse sistema é a facilidade de instalação. É claro que é preciso contar com uma empresa capacitada e bons produtos, mas os módulos fotovoltaicos podem ser instalados em qualquer tipo de construção e em diferentes locais, seja no telhado, no chão ou até mesmo de forma flutuante. Assim, você poderá adaptá-los de acordo com seu espaço e necessidade e não precisa se preocupar com altos custos de adaptações e reformas (BLOG INTELBRAS, 2023).

É importante destacar ainda que um painel fotovoltaico de boa qualidade e bem instalado pode ser usado com eficiência por cerca de 25 anos, com poucas manutenções (basta limpar os painéis de seis meses a um ano). Tudo isso acaba sendo também um diferencial de valor caso o imóvel precise ser vendido ou alugado — construções com soluções sustentáveis podem ter até 30% de valorização de mercado, do valor inicial (BLOG INTELBRAS, 2023).

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1. Produção de energia das residências

As produções de energia fotovoltaica das residências denominadas R1 e R2 encontra-se na Figura 1. Observa-se que a produção de energia foi maior no segundo semestre, especialmente a partir do mês de agosto. As médias anuais para as residências R1 e R2, foram 683,6 kw.h e 981,72 kw.h, respectivamente. Vale destacar que as maiores médias mensais dessas residências foram atingidas nos meses de outubro para a residência R1 com 811,90 kw.h e no caso da residência R2 foi o mês de novembro com 1102,78 kw.h de produção de energia.

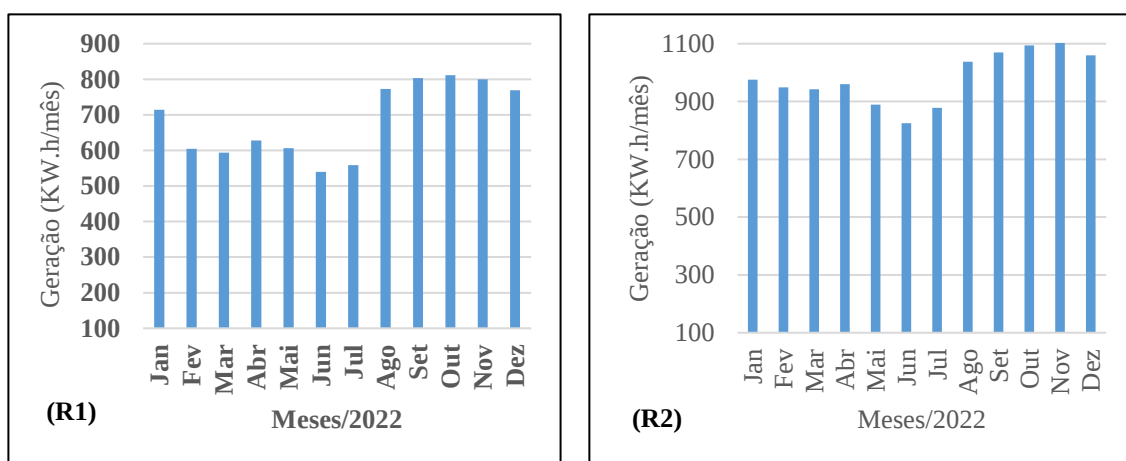


Figura 2. Produção de energia a partir de painéis solares das residências (R1 e R2) durante o ano de 2022 no município de Mossoró, RN. (Autoria própria, 2023)

Considerando-se as produções de energia fotovoltaica das residências R3 e R4 o comportamento da produção de energia encontra-se na Figura 2. Percebe-se também que as maiores produções foram alcançadas no segundo semestre do ano, ou seja, a partir dos meses de agosto e setembro nestas residências. As gerações médias anuais para as residências R3 e R4, foram 721,11 kw.h e 907,51 kw.h, respectivamente.

Os meses em ocorreram as maiores gerações de energia foram setembro na residência R3 e o mês de outubro para R4. Para estes meses os valores médios mensais foram 812,76 e 996,6 kw.h, nas residências R3 e R4, respectivamente. As maiores quantidades de energia produzidas nesse período do ano nas residências, são atribuídas as características climáticas do município que são favoráveis a produção de energia fotovoltaica e são explicadas pela maior intensidade luminosa recebidas nas placas solares e pelas baixas nebulosidades na região.

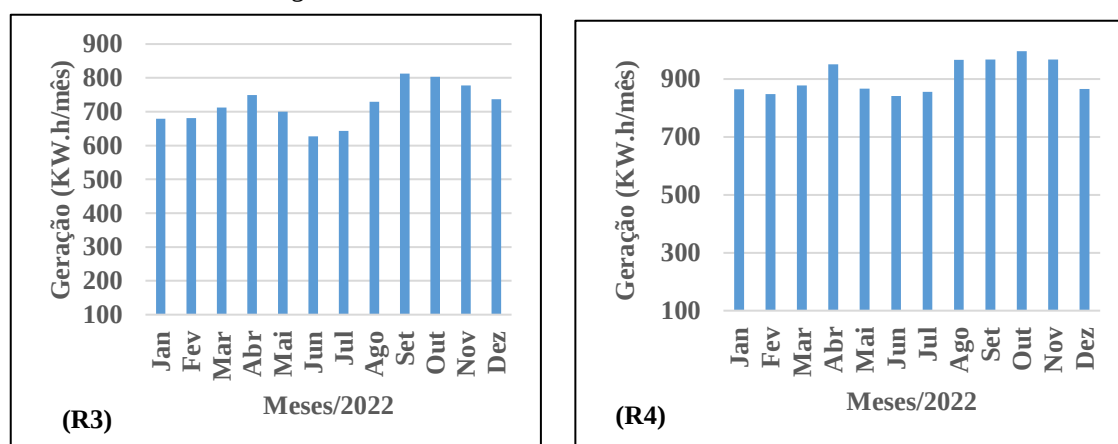


Figura 3. Produção de energia a partir de painéis solares das residências (R3 e R4) durante o ano de 2022 no município de Mossoró, RN. (Autoria própria, 2023)

No que se refere a residência R5 observa-se que a maior geração de energia fotovoltaica ocorreu também a partir do segundo semestre do ano, figura 3. Esse comportamento é semelhante aos das residências R1, R2, R3 e R4. A média anual foi de 514,57 kw.h enquanto o mês de outubro ocorreu uma

geração média de 576,47 kw.h. De um modo geral pode observar que para todas as residências estudadas ocorreu uma maior produção de energia no segundo semestre do ano em curso. Pode-se atribuir a especificidade do município de Mossoró que recebe grandes quantidades de horas de sol, especialmente no segundo semestre. Isso foi verificado por Victor (2022) quando estudava a correlação da radiação solar global diária e temperatura média em função do potencial de energia solar, no ano de 2015 para o município de Mossoró/RN, afirmando que ocorreu uma queda na quantidade de horas luz no primeiro semestre, seguido de um aumento em torno de seis para oito horas diárias de luz.

De acordo com Santos (2022) no caso do município de Caicó/RN um dos fatores positivos são os altos índices de radiação solar recebida, sendo os meses de agosto a dezembro apresentados os maiores índices, que o torna com potencial para o aproveitamento dessa energia. Segundo Gomes (2021) o município de Apodi também apresenta um grande potencial na produção de energia solar o que pode ser melhor aproveitado, isso se deve também pelo fato da alta intensidade de luz especialmente nos meses de julho a dezembro.

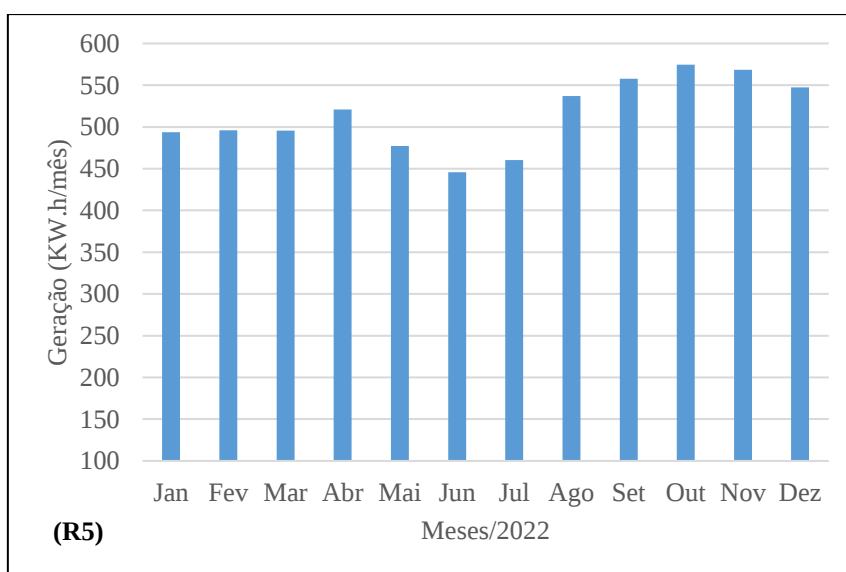


Figura 4. Produção de energia a partir de painéis solares da residência (R5) durante o ano de 2022 no município de Mossoró, RN. (Autoria própria, 2023)

2.4.2. Produção e consumo de energia das residências

A geração e o consumo das residências R1 e R2 estão apresentados na Figura 4. Observa-se que na residência R1 a geração sempre superou o consumo durante todo ano o que permite neste caso sempre um saldo positivo de energia. Contrariamente na residência R2 apesar da geração em suas placas durante o ano de 2022 sempre o consumo dessa residência superou a geração de energia, porém pode-se afirmar que o sistema reduziu os custos dessa residência com a energia produzida, o que seria muito pior sem o projeto implantado.

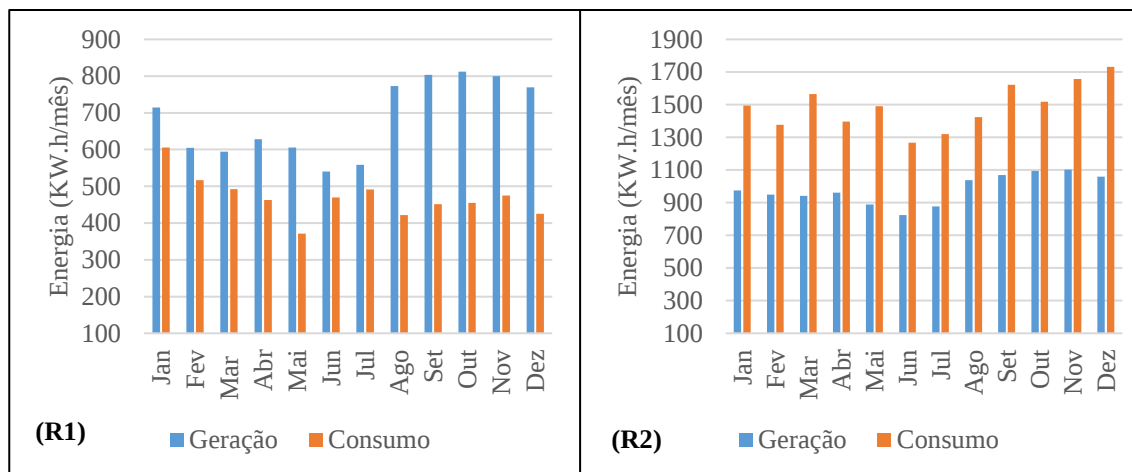


Figura 5. Geração e consumo de energia a partir de painéis solares das residências (R1 e R2) durante o ano de 2022 no município de Mossoró, RN. (Autoria própria, 2023)

Considerando-se as residências R3 e R4 as gerações e consumo encontram-se na Figura 5. Observou-se que na residência R3, a produção de energia foi superior apenas para os meses de agosto, setembro e dezembro. Contrariamente na residência R4 com exceção do mês de janeiro a produção de energia superou os demais meses, resultado bastante satisfatório.

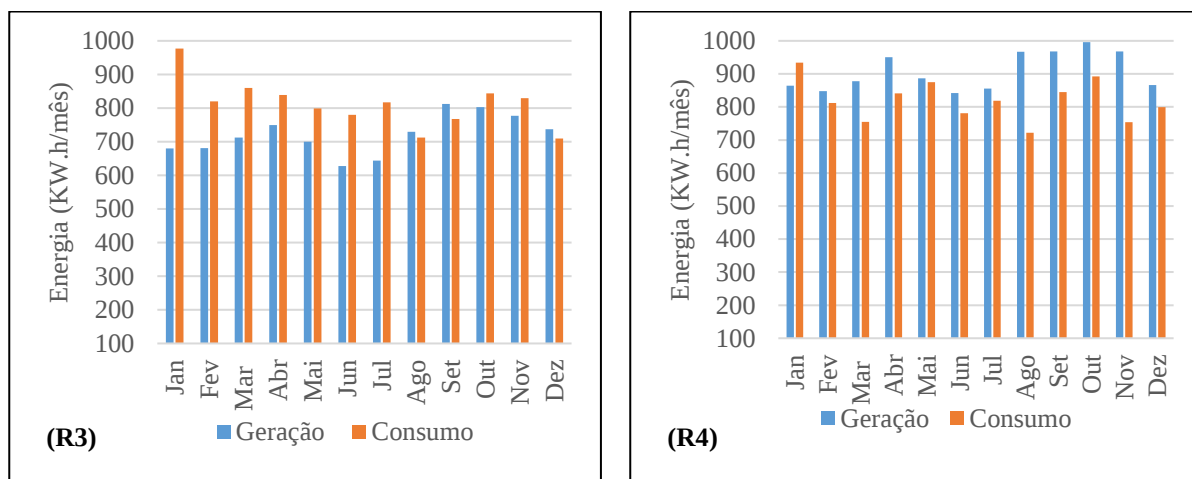


Figura 6. Geração e consumo de energia a partir de painéis solares das residências (R3 e R4) durante o ano de 2022 no município de Mossoró, RN. (Autoria própria, 2023)

A produção e o consumo da residência R5 pode ser observado na Figura 6. Nesta residência a produção e o consumo apresentaram valores muito próximos, porém com predominância para uma produção maior em relação ao consumo.

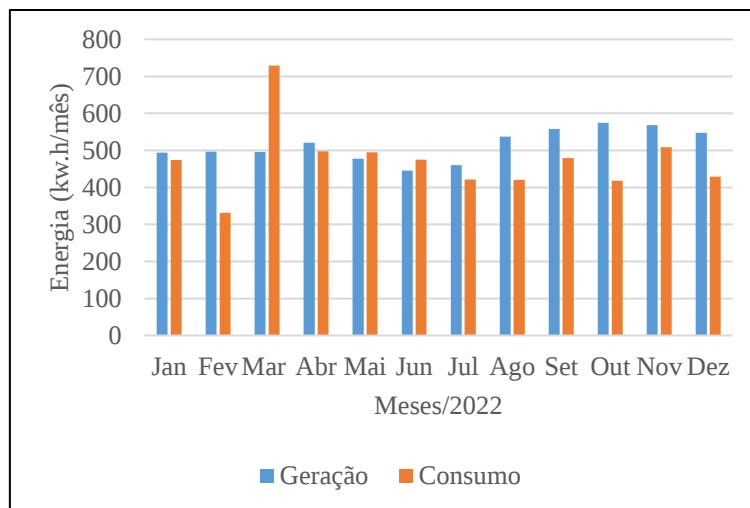


Figura 7. Geração e consumo da residência R5 no ano de 2022 em Mossoró, RN. (Autoria própria, 2023)

2.4.3. Diferença percentual entre a energia produzida e a energia consumida nas residências

As diferenças entre as produções e consumo de energia nas diversas residências encontram-se na Tabela 1. Os valores negativos indicam que houve maior consumo em relação à produção. Observa-se que apenas na residência R1 a produção foi sempre superior ao consumo em todo decorrer do ano. Por outro lado, comportamento inverso ocorreu na residência R2, em que o consumo foi sempre superior a produção. No que se refere a residência R4, somente o mês de janeiro indicou consumo maior. Na residência R3 a geração foi superior somente nos meses de agosto e setembro. Para a residência R5, ocorreu consumo maior para os meses de março, maio e junho. Diante desses resultados pode-se destacar que a utilização dessa energia é uma grande aliada para minimizar os efeitos dos custos com elevadas taxas de energia, especialmente de outras fontes. Mesmo para as residências que ainda apresentem um consumo superior ao produzido, ainda assim vai contribuir para redução de custo na conta de luz.

Tabela 1. Diferença percentual (%) entre os valores de energia consumida e produzida pelas residências, Mossoró, RN. 2022. (Autoria própria, 2023)

Meses/2022	Residências				
	R1	R2	R3	R4	R5
Jan	15,27	-53,26	-43,75	-8,06	3,89
Fev	14,51	-45,22	-20,51	4,29	33,19
Mar	17,18	-66,13	-20,69	14,02	-47,09
Abr	26,38	-45,42	-11,89	11,56	4,62
Mai	38,73	-67,64	-14,06	1,27	-3,70
Jun	13,00	-53,74	-24,34	7,19	-6,58
Jul	12,11	-50,46	-26,96	4,30	8,52
Ago	45,40	-37,32	2,37	25,38	21,78
Set	43,76	-51,67	5,58	12,68	14,04
Out	43,94	-38,85	-5,13	10,40	27,33
Nov	40,64	-50,32	-6,71	22,10	10,57
Dez	44,71	-63,34	3,75	7,72	21,53

3. CONCLUSÕES

Baseado nos resultados de produção de energia obtidos nos projetos de painéis fotovoltaicos instalados nas residências, conclui-se pela recomendação da utilização do sistema de produção de energia fotovoltaica a partir de placas fotovoltaicas em residências ou em empresas;

De um modo geral observou-se maior produção de energia nos sistemas de todas as residências estudadas no segundo semestre do ano de 2022, isso pode ser explicado pelas características climáticas da região em estudo, haja vista receber maior quantidade de horas de luz nesse período;

A produção de energia nas residências contribui significativamente para a redução econômica dos custos mensais do uso de energia;

Sugere-se que outros estudos sejam realizados na região levando-se em consideração outras variáveis tais como: o dimensionamento do sistema, custos para implantação e demanda da unidade consumidora.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, R. S.; SOUSA, F. L. N.; VANDERLEY, P. S.; BENTES, S. O. S.; GOMES, L. M.; FERREIRA, F. C. L. Fontes de energia renováveis: pesquisas, tendências e perspectivas sobre as práticas sustentáveis. **Research, Society and Development**. v. 11, n. 11, 2022.

BITTENCOURT, A. H. Estratégia para o gerenciamento do balanço da Geração Fotovoltaica de Energia Elétrica Integrada à Edificação e Veículos Elétricos em Rede Inteligente. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis - SC. 2014. 226 f.

CIRILO, M. C. S. **Viabilidade econômica para instalação de painéis solares (estudo de caso)**. 2021. 12 p. TCC (Bacharelado) Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Angicos, RN. 2021.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró: um município do semiárido nordestino, caracterização climática e aspectos florísticos**. Mossoró, ESAM, (Coleção Mossoroense, Série B), 62 p. 1995.

FONSECA, M. D. N. **Panorama de geração de energia fotovoltaica no Brasil com foco no Rio Grande do Norte**. 2021. 53 p. TCC (Bacharelado) Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Angicos, RN. 2021.

GOMES, J. A. **Análise da insolação em função do potencial de energia solar no município de Apodi/RN**. 2021. 28 p. TCC (Bacharelado) Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Angicos, RN. 2021.

IMHOOF, J. Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos. **Dissertação de Mestrado**. Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. RS. 2007. 146 f.

INTELBRAS; O que é energia solar? Tudo sobre sistema fotovoltaico; Janeiro de 2023; <https://blog.intelbras.com.br/o-que-e-energia-solar-tudo-sobre-o-sistema-fotovoltaico/>

MELO, D. F. Estudo de um Sistema Fotovoltaico Integrado à Construção e Ligado à Rede Elétrica em uma Edificação Comercial. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. SC. 2010. 105 f.

PINTO, G. X. A. Impactos da Geração solar Fotovoltaica e da Modalidade de Contratação de Energia Elétrica sobre as despesas com Energia Elétrica em Campus Universitário. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. SC. 2018. 119 f.

SANTOS, R. H. M. **Análise da radiação solar no município de Caicó/RN**. 2022. 28 p. TCC (Bacharelado) Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Angicos, RN. 2022.

SOBRINHO, J. E.; PEREIRA, V. C.; OLIVEIRA, A. D.; SANTOS, W. E.; SILVA, N. C.; MANIÇOBA, R. M. Climatologia da precipitação no município de Mossoró – RN. Período: 1900-2010. **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, julho 2021. Guarapari, ES.

VICTOR, E. A. O. **Correlação da radiação solar global diária e temperatura média em função do potencial de energia solar no município de Mossoró/RN**. 2022. 28 p. TCC (Bacharelado) Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Angicos, RN. 2022.

WIKIPÉDIA; Classificação climática de Köppen-Geiger; 1900;
https://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o_clim%C3%A1tica_de_K%C3%B6ppen-Geiger