



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MARIA GISLAYNNE DE ASSIS PEREIRA

**INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA POTENCIALIDADE DE
ENERGIA SOLAR DO MUNICÍPIO DE MACAU-RN**

ANGICOS

2021

MARIA GISLAYNNE DE ASSIS PEREIRA

**INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA POTENCIALIDADE DE
ENERGIA SOLAR DO MUNICÍPIO DE MACAU-RN**

Monografia apresentada à
Universidade Federal Rural do
Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Orientador: Danielle da Silva
Oliveira, Prof. Dra.

ANGICOS

2021

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P519i Pereira, Maria Gislaynne de Assis .
 Influência da precipitação pluviométrica na
 potencialidade de energia solar no município de
 Macau-RN / Maria Gislaynne de Assis Pereira. -
 2021.
 28 f. : il.

 Orientadora: Danielle da Silva Oliveira
 Oliveria.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2021.

 1. Precipitação. 2. Energia solar . 3.
 Temperatura . I. Oliveria, Danielle da Silva
 Oliveira, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MARIA GISLAYNNE DE ASSIS PEREIRA

**INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM UMA SÉRIE
HISTÓRICA NA POTENCIALIDADE DE ENERGIA SOLAR DO MUNICÍPIO DE
MACAU-RN**

Monografia apresentada à
Universidade Federal Rural do
Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia .

Defendida em: 16 / 11 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

Danielle da Silva Oliveira Martins, Prof.^a Dra. (UFERSA)
Presidente

Maristério da Cruz Costa, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Geomar Galdino da Silva, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, onde ele conseguiu me proporcionar esse momento para que eu possa alcançar meus objetivos, diante dos meus esforços e dedicação durante esses anos.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos que estiveram ao meu lado ao longo de todos esses períodos que tentei fazer o meu melhor. Muito obrigada pelo apoio e amizade!

Agradeço à minha orientadora Prof^a. Dr^a. Danielle da Silva Oliveira, pela paciência, empenho e dedicação durante todo o decorrer das orientações e pesquisas.

Agradeço a Banca Examinadora pela disponibilidade do tempo para que o trabalho seja avaliado.

Por fim, em geral a todos que esteve presente ou contribuiu de alguma forma para o desenvolvimento do trabalho.

“A verdadeira motivação vem da realização,
desenvolvimento pessoal, satisfação no
trabalho e reconhecimento.”

Frederick Herzberg

RESUMO

Nos últimos anos, as abordagens quanto aos estudos voltados a painéis fotovoltaicos e energia solar têm-se intensificado devido às energias predominantes e não renováveis se encontrar mais escassas. Nesse contexto, o trabalho referido buscou abordar um levantamento bibliográfico e com estatísticas quanto à precipitação e influências do sol. Foram analisadas nesse estudo os resultados obtidos a partir de dados de precipitação pluviométrica, temperatura e radiação solar durante os anos de 2009 a 2018 da cidade de Macau, com o objetivo de conhecer e analisar as influências que esses fenômenos podem causar para a geração de Energia Solar, tendo em vista os fatores que prejudicam e beneficiam esse geração, através de números coletados de dias, meses e anos.

Palavras-chave: Precipitação. Energia Solar. Temperatura.

ABSTRACT

In recent years, approaches to studies aimed at photovoltaic panels and solar energy have intensified due to the fact that predominant and non-renewable energies are scarcer. In this context, the referred work sought to approach a bibliographical survey and with statistics regarding the precipitation and influences of the sun. In this study, the results obtained from data on rainfall, temperature and solar radiation during the years 2009 to 2018 of the city of Macau were analyzed, with the aim of knowing and analyzing the influences that these phenomena can have on the generation of energy. Solar, in view of the factors that harm and benefit this generation, through numbers collected from days, months and years.

Keywords: Precipitation. Solar energy. Temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Oferta interna de energia 2011-2020	15
Figura 2 - Distribuição de dados pluviométricos ao longo dos anos de 2009 a 2018.....	26
Figura 3 - Índices de precipitação pluviométrica mensal no ano de 2009 da cidade de Macau-RN.....	27
Figura 4 - Índices de distribuição pluviométrica mensal no ano de 2014 da cidade de Macau-RN.....	27
Figura 5 - Índices de distribuição pluviométrica mensal no ano de 2012 da cidade de Macau - RN.....	28
Figura 6 - Resultado dos índices de Radiação Solar da cidade de Macau-RN no ano de 2014.....	29
Figura 7 - Índice do comportamento da temperatura média ao longo do ano de 2014.....	30
Figura 8 - Índice de comportamento da temperatura média ao longo do ano de 2016.....	31

Sumário

1- INTRODUÇÃO	11
2- REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1- Energia Solar: Conceito e Dinâmica	13
2.2- Uso e impacto no Brasil	14
2.3- Parâmetros quanto à precipitação pluviométrica.....	16
2.4- Influências da precipitação pluviométrica na Energia Solar.....	17
3- MATERIAL E MÉTODOS	19
4 -RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1- Distribuição pluviométrica da série histórica	21
5-REFERÊNCIAS	28

1-INTRODUÇÃO

A frequente busca juntamente com o aumento da população mundial concebe uma demanda de energia. Em se tratando das fontes de energias convencionais, são bastante impactantes trazendo efeitos negativos sejam eles poluentes e até mesmo prejudiciais na economia.

Nesse sentido, segundo a Agência Internacional de Energia (IEA) relatório publicado em 2018 cerca de 30% da matriz energética mundial é composta por petróleo, seguido do carvão e gás natural, mostrando que as energias não renováveis ainda são predominantes.

Sendo assim, como no Brasil há predominância do petróleo como fonte de energia, tendo um possível esgotamento das reservas mundiais de petróleo, a mudança da matriz energética tomando como substituto as fontes renováveis, em grande escala, evidencia um enorme desafio não só no nosso país como mundialmente para os próximos anos (Direng, 2009). Assim como, as energias renováveis vêm crescendo em decorrência da falta de outras energias, as usinas hidrelétricas como fonte no Brasil é de notório crescimento com o passar dos anos, juntamente com a energia advindas de parques eólicas produzidas a partir da energia cinética do vento e não menos importante outra fonte renovável a produção de energia solar, em específico mas localizado na região do Nordeste do Brasil.

Em vista disso, de acordo com a publicação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPRE), na zona brasileira há cerca de 2.200 horas anuais de ações de raios solares, ou seja, insolação, o que é o mesmo que 15 trilhões de megawatts. Sendo assim, como mostram os números, toda essa energia cedida pela incidência do sol se torna um recurso onde pode ser aproveitados diretamente em tecnologias de painéis fotovoltaicos, convertidos em energia para residências e comércios.

Contudo, dentre as análises para que esse tipo de energia seja implementada e utilizada no mercado um dos fatores a serem estudados é a intervenção do clima, ou seja, as precipitações pluviométricas sejam analisadas para que esse sistema seja bem dimensionado para que produza mais energia e consequentemente, a região se beneficie não só economicamente, como também ecologicamente desse recurso natural.

Portanto, sendo fatores externos não controláveis, porém, desenvolvendo pesquisas de modo a procurar entender os efeitos tendo influência nas incidências solares e também nos desempenhos dos módulos fotovoltaicos. No entanto, pouco se estudam os impactos de outros fatores climáticos como as precipitações pluviométricas. Assim, o presente trabalho visa analisar dados aos longos dos anos por meio da influência das precipitações de chuvas da cidade de Macau-RN e com isso seja possível obter resultados juntamente com o funcionamento e eficiência da energia solar na região.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Energia Solar: Conceito e dinâmica

Segundo Brito (2004), é a partir da energia do Sol que se dá a evaporação, origem do ciclo das águas, que possibilita o represamento e consequente geração de eletricidade (hidroeletricidade). A energia serve para inúmeras funções como fonte renovável advinda do sol, sendo uma forma limpa e sem danos a natureza em gerar eletricidade tendo um grande aproveitamento e promissora como energia quanto ao passar dos anos com fontes cada vez mais escassas que atualmente são mais utilizadas. O uso do recurso natural, o clima, a temperatura e a incidência do Sol exercem grande influência na utilização dessa energia quanto ao que compõe a energia solar fornecida.

A energia solar pode propiciar basicamente cerca de três tipos de processos, sendo eles: térmicos, químicos e elétricos (COMETTA, 1978). Todos esses processos passam por diferentes transformações, respectivamente no que diz respeito ao aquecimento de ambientes, evaporação, fornos solares e destilação. Ao processo químico envolvendo a energia solar comumente estudado a fotossíntese e a fotólise, ou seja, a quebra envolvendo a ação da luz do sol e o processo elétrico onde se tem a transformação de energia por geradores termoeletrônicos e fotovoltaicos.

Sendo assim, o sol é uma fonte intensa de energia podendo ser considerado uma fornalha. O sol oferece a cada ano, para a atmosfera terrestre $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia, ou seja, se trata de mais ou menos um valor correspondente a 10000 vezes o que se consome mundialmente de energia nesse período de tempo (CRESESB, 2008). Nesse viés, se mostra e comprova em números que a manutenção a vida tendo em vista a necessidade de uma fonte de energia, com a radiação solar como fonte inesgotável tem um grande potencial, viável por meio de captação e conversão sendo uma deles a conversão de energia solar por meio de dispositivos como a células fotovoltaicas.

A Energia Solar Fotovoltaica é definida por meio da conversão que vem diretamente da luz para eletricidade. Essas células fotovoltaicas, ou seja, os dispositivos têm como base a luz em energia elétrica, onde esse efeito fotovoltaico converte energia solar em energia elétrica (IMHOFF, 2007). A incidência de radiação solar, tendo em vista também a variação da temperatura ambiente, compromete uma variação de temperatura nas células fotovoltaicas

que integra no módulo (PINHO & GALDINO, 2014). Os painéis fotovoltaicos suprimidos por incidência do Sol, ainda assim é uma fonte intermitente e que é dependente das condições climáticas, uma delas quanto à precipitação pluviométrica variando em determinados meses ao longo dos anos.

Para o desenvolvimento de uma ferramenta que simula as características de corrente e tensão em módulo fotovoltaico, o modelo matemático utilizado deve observar o comportamento de cada variável sob condições de temperatura e radiação solar diferentes das condições padrões de testes (radiação solar de 1000W/m^2 e temperatura 25°C). (IMHOFF, 2007)

Portanto, ao contrário do que se assemelha, não advém do calor o favorecimento da produção de energia solar e sim do auxílio da luz do sol, onde as placas solares atestam ter um melhor funcionamento em temperaturas mais amenas, todavia vale ressaltar que em altas temperaturas o que entra em análise é a temperatura da placa solar.

2.2 Uso e impacto no Brasil

Em se tratando do território brasileiro obtém altos índices de irradiação solar, ou seja, determinadas quantidades de radiação solar quando associados a outros países europeus, em que a tecnologia fotovoltaica é lançada para a produção de energia elétrica. Depreende-se, no entanto, que o avanço tecnológico no Brasil tem passado por fases de crescimentos, bem como por períodos de várias dificuldades.

Durante os anos 50, desencadeou-se o avanço de módulos fotovoltaicos no Instituto Nacional de Tecnologia (INT) e no Centro Tecnológico de Aeronáutica (CTA) – hoje Centro Técnico Aeroespacial, sendo realizado, em 1958, o Primeiro Simpósio Brasileiro de Energia Solar (PINHO & GALDINO, 2014).

A Energia Solar Fotovoltaica em tese é uma fonte de energia renovável e recurso natural em se tratando tecnologicamente para produção de energia elétrica. No entanto, o que se refere ao Brasil a Energia Fotovoltaica vem se mostrando uma sucinta evolução nesses setores. Ainda assim, existem vários desafios para que a fonte renovável seja implementada, além de ser de grande importância para o panorama de potencial energético do país.

“Em 2020, a oferta interna de energia (total de energia disponível no país) atingiu 287,6 Mtep, registrando uma queda de 2,2% em relação ao ano anterior. O incremento das fontes eólica e solar na geração de energia elétrica (perda zero) e o avanço da oferta de biomassa da cana e biodiesel contribuíram para que a matriz energética se mantivesse em um patamar renovável muito superior ao observado no resto do mundo” (EPE; ENERGIA, 2021).

Sendo assim, houve redução de oferta quanto às não renováveis (petróleo e derivados, gás natural, carvão mineral e urânio), resultantes de um ano atípico com a extensão da pandemia da coronavírus, onde também colaborou para o aumento acentuado na renovação da matriz.

Quanto a energia elétrica de demanda na oferta interna a geração de energia solar atingiu 10,7 TWh (geração centralizada e MMGD), o que representou um avanço de 61,5% em relação ao ano anterior, com tudo tendo participação de renováveis na matriz energética atingiu 84,4% em 2020 (EPE; ENERGIA, 2021). O Brasil por se tratar de um país com altos índices de irradiação solar, pode se considerar um bom em que tratando de desempenho com sistemas fotovoltaicos, em que sua eficiência em determinadas regiões varia de desempenho. Nesse sentido, com a crise hídrica juntamente ocorreu o aumento o preço da energia, assim outras características contribuíram para a uma demanda maior no quesito de energia fotovoltaica no Brasil e também com a contribuição dos incentivos governamentais sendo feitas as linhas de financiamento de energia solar aumento prazos de pagamentos e juros menores, além de menor custo para aquisição de painéis solares.

Oferta Interna de Energia 2011-2020

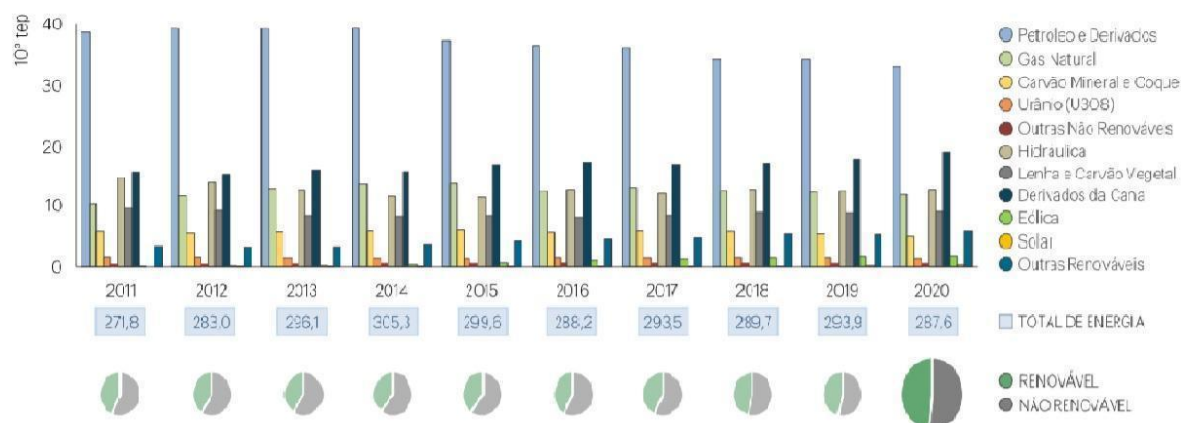


Figura 1 - FONTE: EPE (2021)

Pode-se observar que sucedeu uma diminuição na participação das energias renováveis entre 2011 e 2014 e a partir de 2015, às fontes de energia renováveis voltam uma trajetória de crescimento com a expansão das ofertas de derivadas da cana, eólica, e biodiesel, atingindo 48,9% em 2020.

2.3 Parâmetros quanto à precipitação pluviométrica

Quanto à formação das precipitações está associada à ascensão de massas de ar úmido, em que esse efeito provoca um resfriamento dinâmico, ou adiabático, que pode fazer com que o vapor venha a atingir seu nível de saturação, ou seja, mais comum ao chamá-lo de condensação na qual o ar prolonga nas zonas de menor pressão (APLICADA, 1993)

As mudanças climáticas desempenham certa influência sobre as atividades humanas, quando aos registros climáticos variam em longo prazo é importante para as sociedades modernas, a proporção em que concede uma base para o conhecimento de tendências climáticas e os seus fundamentos potenciais, uma vez que os impactos das oscilações climáticas na sociedade estão relacionados aos eventos extremos de precipitação e ainda nesse sentido, as respostas dos ciclos energéticos e hidrológicos sobre a superfície têm um papel crítico na determinação dos impactos da variabilidade e mudanças climáticas.

Em se tratando do nordeste brasileiro, percebe-se a distinção sendo ela do ponto de vista climático das demais regiões do Brasil em relação à baixa pluviometria média durante o ano e também por suas secas periódicas, no entanto, principalmente pelo elevado grau de predição média sazonal dessa região.

Em geral, as mudanças climáticas locais são medidas por meio de análise de séries históricas de variáveis meteorológicas, a exemplo da temperatura do ar e da precipitação pluvial. De acordo com as tendências destas variáveis para um determinado local é observado se ocorreram mudanças no clima.

2.4- Influências da precipitação pluviométrica na Energia Solar

Segundo Klugmann-Radziemska (2015) *apud* (MACHADO; ZAMPIVA, 2021), levando em consideração os parâmetros externos ao módulo fotovoltaico, a performance das células fotovoltaicas sofre influência do material de cobertura do módulo fotovoltaico, da

orientação e do ângulo de inclinação, o tipo de instalação seja por rastreio ou estacionário, localização, temperatura da célula fotovoltaica, sombreamento, deposição de poeira e da sujidade do módulo.

De acordo com Pinho e Galdino (2014), quando se há o aumento de irradiação solar incidente ocorre também o aumento continuamente a corrente elétrica gerada por uma célula fotovoltaica, no entanto 30 a tensão de circuito aberto eleva de forma crescente ao ser sustentada uma temperatura constante de operação das células.

Assim, as precipitações apresentam classificações conforme as condições que geram o movimento vertical do ar, em que essas condições são advindas de fatores como a convecção térmica, ação das massas de ar e também quanto ao relevo, nesse sentido os três tipos de precipitação são as precipitações convectivas, precipitações orográficas e as precipitações ciclônicas.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o Brasil é um dos países juntamente com outros países que faz parte de acordos internacionais quanto ao combate às mudanças climáticas, tomando como exemplo cientistas brasileiros que participam do Painel Governamental para as Mudanças Climáticas (IPCC), ou seja, são grupo de pesquisadores onde estudam e monitoram as mudanças climáticas globais.

Nesse sentido, a geração de energia solar em determinadas mudanças de clima sejam elas mais chuvosas ou mais secas, em dias de chuva e nubladas há de se comprovar o baixo funcionamento desse recurso renovável juntamente com os painéis fotovoltaicos, dessa forma a diminuição na produção de energia é de grande influência da formação de nuvens tendo pouca incidência solar nos painéis.

De acordo com o Portal Solar a produção de energia solar em determinados períodos chuvosos ou nublados não se dissemina totalmente, entretanto, seu grau de funcionamento fica entre 10% e 30%, devido ao fato da maior concentração de nuvens atrapalharem o desempenho de irradiação. Em contrapartida, o estudo através de dados e cálculos é possível equilibrar os níveis de incidência e irradiação solar quanto ao desempenho dos painéis solares.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando-se dados provenientes da Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, nº 82594, situada no município de Macau/RN, Latitude: 5.1 S, Longitude: 36.5 W, Altitude 17,4 m. O município de Macau se caracteriza, mesmo localizado no litoral, por apresentar um clima semiárido do tipo Bsh, segundo a classificação climática de Koppen, geralmente com temperaturas médias mensais de 28 °C e índice pluviométrico em torno de 500 mm um dos mais baixos do país, concentrados em poucos meses, sendo o pico observado em março e abril, com ocorrência de secas (Sampaio et al., 2020) (INMET, 2021)

Situado no bioma Caatinga com formações vegetais da Savana Estépica que está entre os mais vulneráveis ao aumento das temperaturas num cenário global. (Sampaio et al., 2020). A insolação direta representa a duração da recepção da radiação solar sem interferência das nuvens. Além da nebulosidade, depende da posição do sol e, portanto, é uma função da latitude e do dia do ano. É expresso como horas de sol (horas), como uma porcentagem de insolação direta (%) ou como fração de insolação direta (fração). O tempo de insolação do município em média é de aproximadamente 2.600 horas/ano. (INMET, 2021)

Com base nos dados climáticos dos anos de 2009 a 2018, foi realizada a probabilidade de distribuição dos índices de precipitação acumulada anual, levando em consideração o ano mais chuvoso, o ano médio e o ano mais seco. Correlacionando a relação da insolação com a velocidade dos ventos e com radiação solar, para caracterizar o potencial de produção de energia solar nesses anos para a região, sob influência dos índices de precipitação.

O cálculo da Radiação Solar (R_s), expressa em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ que chega à superfície do solo, foi realizado com o auxílio do programa CROPWAT 8.0. A radiação extraterrestre (R_a) representa a radiação recebida na parte externa da atmosfera terrestre sobre uma superfície horizontal, em função da latitude. A radiação calculada representa a quantidade de radiação extraterrestre que chega a um plano horizontal sobre a superfície do solo. Parte da radiação solar se reflete desde a superfície do solo (αR_s) e outra parte é absorvida (R_{ns}) (Allen et. al, 2006).

Foram analisados estatisticamente os dados descritivos de índice pluviométrico, calculando-se a média do acumulado de precipitação durante o período de 10 anos. Avaliou-se os valores obtidos pela estação da insolação e radiação solar total anual correlacionando com anos de cenário pluviométricos distintos, o ano mais seco, o ano médio e o ano mais chuvoso.

Também foram agrupados e organizados os dados da insolação e velocidade dos ventos medidos pelo INMET onde os seus valores foram medidos através do coeficiente de correlação de Pearson (ρ). A demonstração gráfica gerada permitiu a informação tanto do comportamento do acentuado do regime de chuvas, como a visualização dos valores da radiação solar incidente no solo, que desconsidera o céu nublado.

Analizou-se o que ocorre nessa localidade ao longo de um ano em cenários pluviométricos distintos, para auxiliar na avaliação da potencialidade de produção de energia solar mediante a instalação de módulos fotovoltaicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Distribuição pluviométrica da série histórica

Na região Nordeste, de modo geral, a precipitação pluviométrica se distingue muito ao longo dos anos, podendo ser observado o referido comportamento no município de Macau/RN através da análise da série histórica de 2009 a 2018 (Tabela 1), com os dados fornecidos pelo INMET. Os valores acumulados obtidos da variável precipitação durante a série foi de 393,14 mm, sendo a variável de acumulo mensal encontrada no ano de 2016 com 179,2 mm, o ano considerado médio foi 2014 com 271,8 mm e a máxima obtida foi em 2009 com 1.171 mm registrados. Em trabalho realizado por PEREIRA NETO (2015) no município de Macau, analisando-se uma série histórica de 1961 a 2015, a média obtida por ele foi de 514 mm. Ainda nesse sentido, não só quanto a Energia Solar que a cidade tem, Macau ainda dispõe de dupla potencialidade renovável por possuir Parque Eólico, localizado no município onde foi inaugurado no ano de 2004, sendo empreendimento iniciado pela Petrobras, onde produz energia limpa e renovável, contando com 3 geradores de potência total de 1,8 mW.

Tabela 1. Valores acumulados mensais de precipitação pluviométrica (mm) ao longo da série histórica (2009 – 2018) no município de Macau-RN.

Meses	Anos									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Jan	74,6	4	54,7	12,8	1	4,6	0	173,1	8,8	0
Fev	144,2	10,6	82,3	136,5	7	32	61,2	0	0	0
Mar	217,7	13,2	82,3	28,2	31,8	27,8	155,1	2,7	94,1	25,3
Abr	303,5	179	165,4	3,2	31	36,4	40,2	0	84,9	130,4
Mai	274,4	2,6	239,4	6,5	23,1	115,8	25,4	0	49,3	78,6
Jun	86,3	16	36,2	9,4	96,8	28,4	3,4	0	5,4	32
Jul	40	21,6	85,4	5,4	42,1	18,6	28,4	0	12,2	8,4
Ago	27,4	0	6,8	0	3,2	0	0	0	1,4	*
Set	1	0	0	0,4	0,3	1,8	0	0	0	*
Out	2,2	2,4	0	0	1	2,4	0,6	0	1	*
Nov	0,2	0	1,6	0	1,6	3,6	0	0	0	*
Dez	0	15,2	1	0	1,8	0,4	0	3,4	0	*
Total	1171,	264,6	755,1	202,4	240,7	271,8	314,3	179,2	257,1	274,7

*NÃO HOUVE REGISTRO

Dentre os dez anos analisados, 2009 registrou maiores índices de precipitação, ou seja, um ano considerado acima da média convencional, foi classificado como o mais chuvoso, sendo o mês de abril o maior índice pluviométrico com 303,5 mm. De janeiro a junho ocorreram chuvas acima de 50 mm. Os meses de setembro a dezembro não apresentaram registros, como pode ser observado na Figura 3.

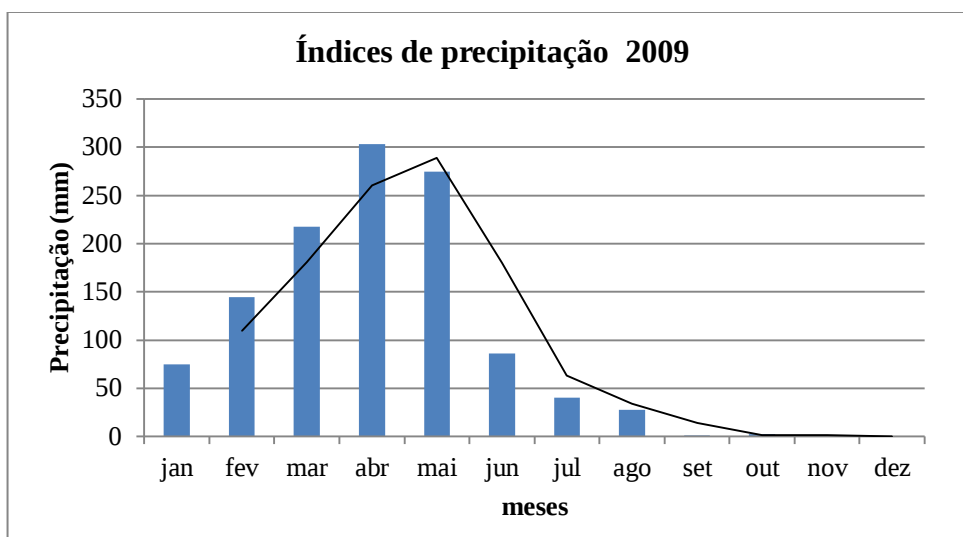


Figura 3. Índices de precipitação pluviométrica mensal no ano de 2009 no município de Macau- RN

O ano de 2014 foi considerado o ano médio da série histórica, de fevereiro a abril os volumes mensais foram inferiores a 40 mm, com exceção para o mês de maio onde o maior índice pluviométrico foi registrado com 115,7 mm, de agosto a dezembro no maior registro foi 3,6 mm em novembro (Figura 4).

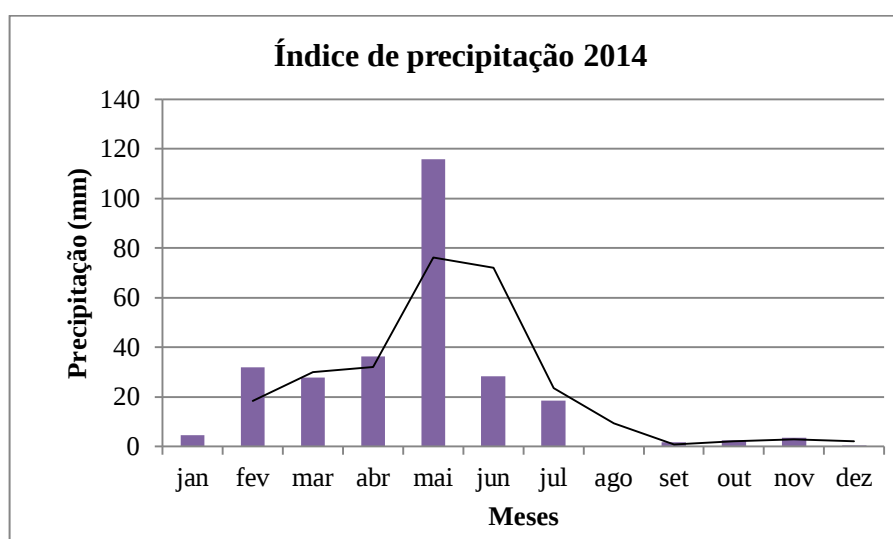


Figura 4 - Índices de distribuição pluviométrica mensal no ano de 2014 no município de Macau- RN

O ano de menor volume anual registrado foi 2016, com uma distribuição mensal concentrada em um único mês, janeiro, sendo que de abril a novembro não ocorreram registros pela estação, como pode ser observado através da Figura 5. Considerando-se um ano atípico por estar muito abaixo da média considerada, sendo o ano de maior tempo de duração da estiagem da série histórica.

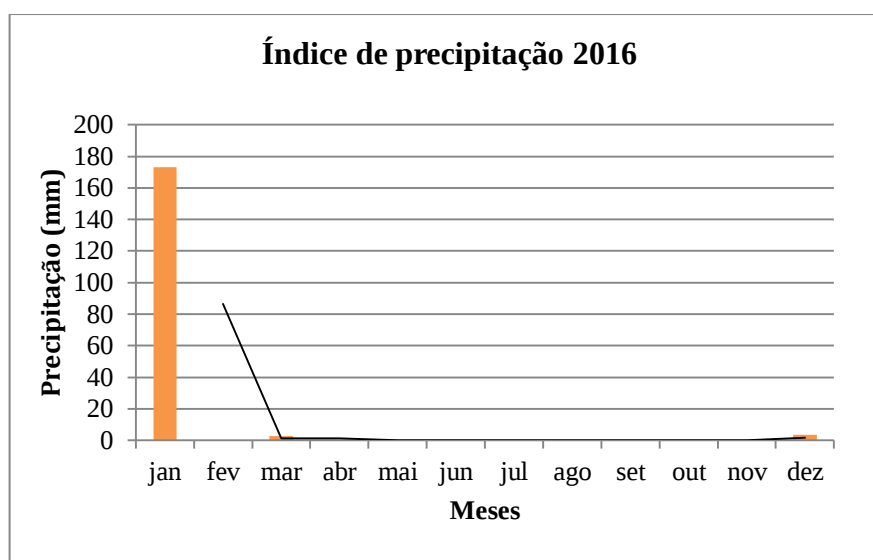


Figura 5 - Índices de distribuição pluviométrica mensal no ano de 2012 no município de Macau- RN

O comportamento pluviométrico do município pode estar associado à variação da radiação solar que alcança a superfície terrestre, em que o período de maior incidência de radiação ocorre nos anos de 2012 e 2016 (solstício de verão). A elevação da radiação solar promove o aumento dos processos de evaporação e evapotranspiração e consequentemente a saturação do ar, onde este, quando aliado a redução da temperatura pela chegada de massas de ar frio condensa-se, formando assim as chuvas.

4.2 Radiação Solar

Os anos representativos da radiação solar para a série histórica foram 2014 e 2016, o ano de 2009, considerado o mais chuvoso, apresentou muitos dias com falhas no registro dos valores de temperatura, insolação e velocidade do vento, impossibilitando o cálculo diário da Radiação Solar. A base de dados possui uma grande quantidade de informações a serem observadas. Pode-se observar na Figura 6 que a incidência de Radiação Solar permanece quase que constante durante todos os dias julianos obtidos para o ano de 2014, tendo a mínima registrada de 7,8 e a máxima de 27,4 MJ m⁻² dia⁻¹, a média para esse ano foi de 22 MJ m⁻² dia⁻¹, a média necessária para boas condições de captação desse recurso sendo assim um fator determinante para um bom estudo do recurso solar.

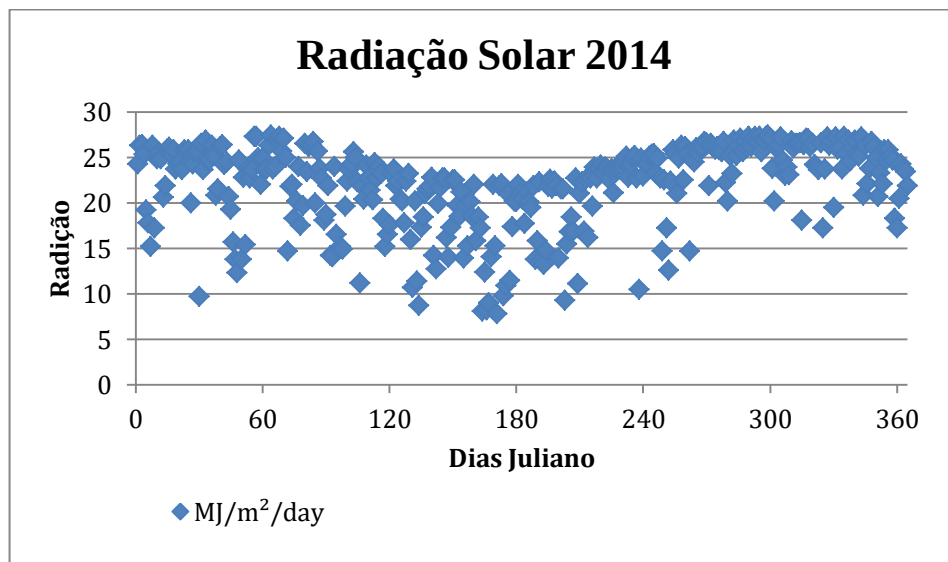


Figura 6- Resultado dos índices de Radiação Solar da cidade de Macau-RN no ano de 2014

O ano de 2014 registrou um total de 3.168,3 horas de sol (insolação), em função da elevada incidência solar a correlação de Pearson entre as variáveis Insolação e Radiação Solar obtida foi de 0,95, o que permite afirmar que ocorreu uma forte interação no ano estudado. Medeiros (2017) ao estudar alguns municípios do RN, dentre eles Macau, obteve média da insolação nos anos de 2008 a 2013 de 2.686 h.

A Figura 9 representa o comportamento diário dos valores registrados pela Estação da radiação solar para o ano de 2016, onde o valor máximo foi de 26,7 MJ m⁻² dia⁻¹, mesmo sendo considerado o ano mais seco da série histórica seu valor máximo não ultrapassou a máxima registrada em 2014, já a mínima de 14 MJ m⁻² dia⁻¹ foi o dobro do valor de 2014,

permitindo afirmar que em 2016 é possível afirmar que os dias foram mais quentes, o que será confirmado com os valores de temperatura.

A correlação entre as duas variáveis apresentou valor igual à obtida em 2014 de 0,95. O total obtido de 2.815,5 horas de sol (insolação) foi relativamente inferior ao ano de 2014, é possível afirmar que mesmo sendo um ano muito seco o fato do valor ter sido inferior pode estar relacionado com a ausência de dados no mês de fevereiro de 2016.

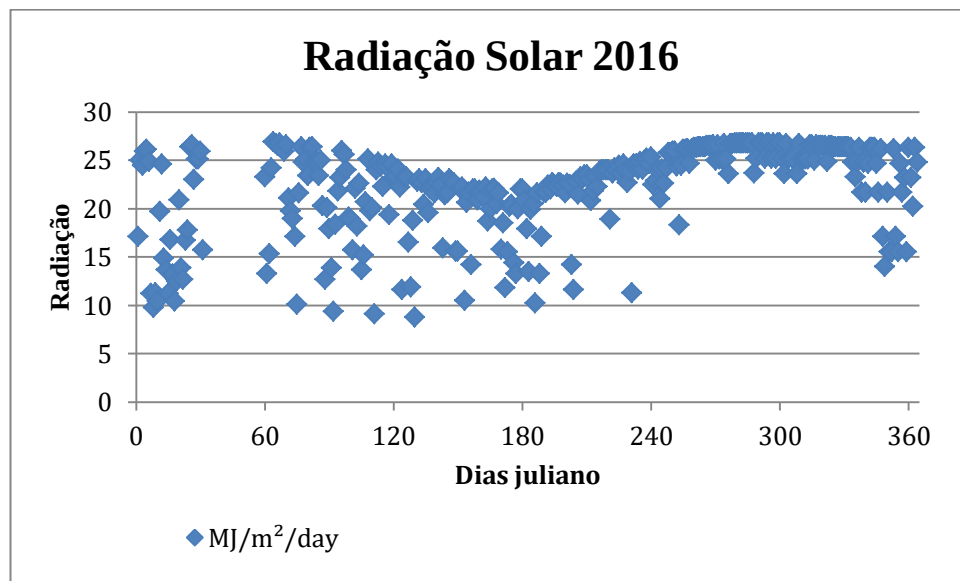


Figura 7 - Resultado dos índices de Radiação Solar da cidade de Macau-RN no ano de 2016

4.3 Temperatura

O comportamento da temperatura média ao longo do ano de 2014, representado na Figura 7, demonstrou que o menor valor de 27,4°C foi registrado para o mês de julho, mesmo não sendo este o mês de maior volume de precipitação pluviométrica. A média geral registrada foi de 28,2 °C, no entanto, MEDEIROS (2017) em seu estudo obteve média de 26,8 °C.

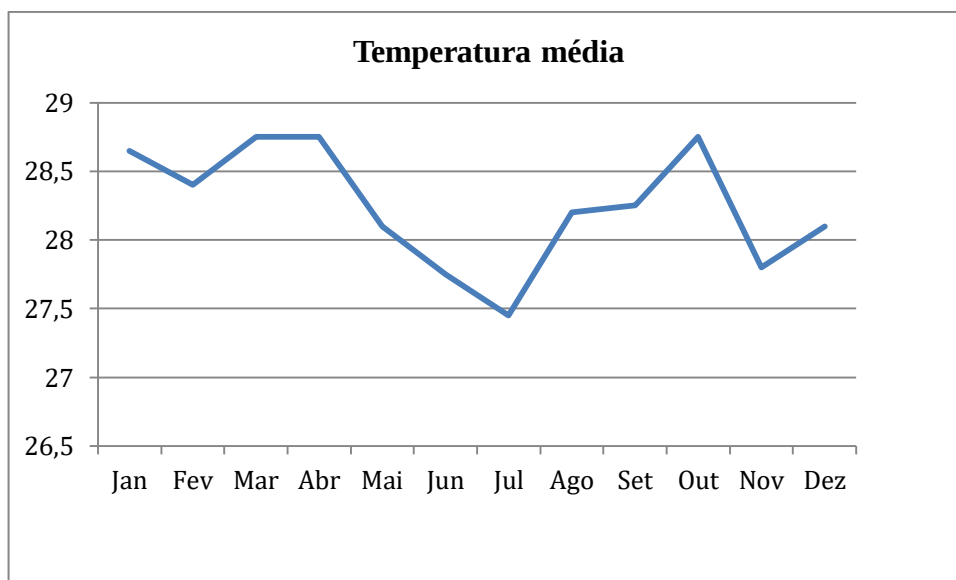


Figura 8 - Índice do comportamento da temperatura média no ano de 2014 no município de Macau/RN

Para o ano de 2016 o comportamento da temperatura média ao longo do ano demonstrou ao longo dos meses uma variação de 1°C (Figura 8), de 28,4 a 29,4 °C, os menores valores registrados foram nos meses de janeiro e junho, sendo o primeiro o mais representativo da variável precipitação pluviométrica, o que permite afirmar que a interação entre as variáveis nesse mês.

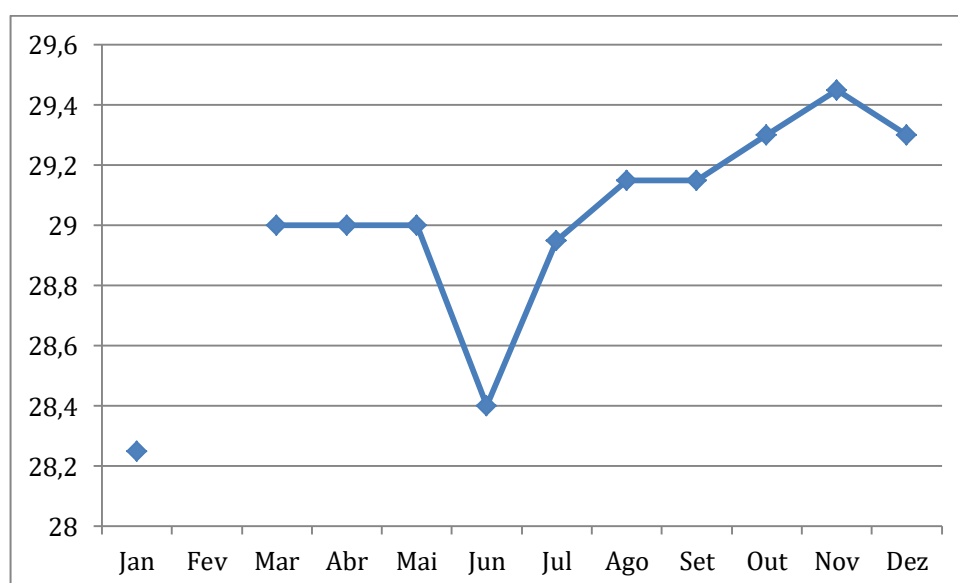


Figura 9 - Índice de comportamento da temperatura média ao longo do ano de 2016 no município de Macau/RN

4.4 Correlação Insolação x Velocidade dos Ventos

Para o ano de 2014, ano esse caracterizado como ano normal, a insolação média foi de 8,6 horas por dia, e uma velocidade dos ventos com média de 4,7 m/s. Ao analisar a correlação da insolação com a velocidade dos ventos através da equação de Pearson, o valor obtido foi de 0,24, demonstrando uma correlação baixa entre as variáveis.

Já para o ano de 2016, ano esse caracterizado como ano normal, a insolação média foi de 9,23 horas por dia, e uma velocidade dos ventos com média de 4,9 m/s. Ao analisar a correlação da insolação com a velocidade dos ventos através da equação de Pearson, o valor obtido foi de 0,42, demonstrando uma correlação moderada entre as variáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A média da precipitação pluviométrica durante a série foi de 393,14 mm;

O maior valor da média anual de temperatura foi registrado em 2016, sendo este o ano mais seco de toda a série histórica;

As correlações da insolação x radiação solar para os anos de 2014 e 2016 foram iguais para os dois anos;

A correlação da insolação x velocidade dos ventos foi menor para o ano de 2014;

REFERÊNCIAS

COMETTA, Emilio. **Energia Solar**: utilização e empregos práticos. Tradução: Norberto de Paula Lima. São Paulo: Hemus Livraria Editora Limitada, 1978.

EPE, E. D. P. E. –; ENERGIA, M. D. M. E. Plano Decenal De Expansão De Energia 2021. p. 387, 2021.

SAUER, Luis Ildo. **Energias renováveis: ações e perspectivas na Petrobras**. Salvador: Bahia Análise e Dados, 2009.

IMHOFF, J. Desenvolvimento de Conversores estáticos para sistemas autônomos. Universidade Federal de Santa Maria, p. 146, 2007.

INMET. NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO BRASIL. Acesso em: 5 de novembro de 2021. RADIAÇÃO SOLAR, CRESEB, 2014. Disponível em: < http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=301 >. Acesso em: 3 de setembro de 2021.

MACHADO, M.; ZAMPIVA, M. ELÉTRICA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS NA. 2021.

MEDEIROS, F J de; SILVA, C M e S; BEZERRA, B G. CALIBRATION OF ÅNGSTRÖM-PRESCOTT EQUATION TO ESTIMATE DAILY SOLAR RADIATION ON RIO GRANDE DO NORTE STATE, BRAZIL. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 32, n. 3, 409-461, 2017.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E TRANSIÇÃO ENERGETICA, Empresa de pesquisa energética, 2004. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/pt/abcedenergia/clima-e-energia> >. Acesso em: 4 de setembro de 2021.

PEREIRA NETO, M C; ARAÚJO, J P R de; PEIXÔTO, M C S. ANÁLISE DO BALANÇO HÍDRICO E ÍNDICE DE ARIDEZ PARA O MUNICÍPIO DE MACAU/RN. II Workshop Internacional, sobre a água no semiárido brasileiro. ASB - Editora Realize. 2015.

PINHO, J.; GALDINO, M. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.

RELATÓRIO DE SÍNTESE, BEN, 2021. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021> >. Acesso em: 5 de setembro de 2021.

SAUER, I L; QUEIROZ, M S de; MIRAGAYA, J C G; MASCARENHAS, R C; QUINTINO JÚNIOR, A R. ENERGIAS RENOVÁVEIS: AÇÕES E PERSPECTIVAS NA PETROBRAS. Bahia Análise & Dados. Salvador, v. 16, n. 1, p. 9-22, jun. 2006

VOCÊ SABE COMO O CLIMA AFETA A ENERGIA SOLAR NO BRASIL?, Engie, 2021.
Disponível em: < <https://blog-solucoes.engie.com.br/energia-solar/como-clima-afeta-a-energia-solar-no-brasil/>>. Acesso em: 4 de Setembro de 2021.