



Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico. ISSN: 2446-6778
Nº 5, volume 5, artigo nº 39, Julho/Dezembro 2019
D.O.I: <http://dx.doi.org/10.20951/2446-6778/v5n5a39>
Edição Especial

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA PARA IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM EDIFÍCIO DE UM TEMPLO RELIGIOSO NA CIDADE DE PORCIÚNCULA - RJ

Hugo Rezende Souza¹
Engenheiro Mecânico

Ricardo Siqueira Torraca Garcia Sanches¹
Engenheiro Mecânico

Victor Barbosa Souza²
Doutor em Engenharia Mecânica

Amanda Camerini Lima²
Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais

Daniel Passos Gallo
Engenheiro Mecânico

¹ Centro Universitário Redentor, Engenharia Mecânica, Itaperuna – RJ, prof.victorbsouza@gmail.com

² Centro Universitário Redentor, Engenharia Mecânica, Itaperuna – RJ, prof.victorbsouza@gmail.com

² Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna – RJ, prof.victorbsouza@gmail.com

² Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna – RJ, prof.victorbsouza@gmail.com

² Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna – RJ, prof.victorbsouza@gmail.com

Resumo

O contexto energético mundial associado à necessidade do desenvolvimento tecnológico sustentável implica na constante busca por fontes alternativas de energias renováveis. Nesse contexto, a energia solar se apresenta como uma fonte de energia inesgotável, considerando o alto índice de radiação que o sol fornece diariamente à terra. A energia solar fotovoltaica se apresenta como principal sistema de conversão da energia proveniente do sol. A localização estratégica do Brasil confere ao país uma capacidade de geração de energia solar singular. Baseado nessas considerações, o objetivo desse estudo é analisar a implantação de um sistema fotovoltaico na Igreja Cristã Casa de Oração de Porciúncula- RJ. De posse de uma ótima média de radiação anual, entre 4,9 e 5,09 Kwh/m².dia, e com amplo espaço útil nos telhados para instalação do sistema , concluiu-se que há a viabilidade técnica para implementação do projeto.

Palavras-chave: Fontes alternativas; energias renováveis; energia solar fotovoltaica.

Abstract

The global energy context associated with the need for sustainable technological development implies a constant search for alternative sources of renewable energy. In this context, solar energy presents itself as an inexhaustible source of energy, considering the high rate of radiation that the sun provides daily to the earth. Photovoltaic solar energy and solar thermal energy are the main systems for converting energy from the sun. The strategic location of Brazil gives the country a unique solar energy generation capacity. Based on these considerations, the objective of this study is to analyze the implantation of a photovoltaic system in the Igreja Cristã Casa de Oração de Porciúncula- RJ . With a good average of annual radiation, between 4.9 and 5.09 kwh / m².day, and with ample useful space on the roofs for installation of the system, it was concluded that there is the technical feasibility for project implementation.

Key words: Alternative sources; renewable energy; photovoltaic solar energy.

Keywords: Rolling Bridges, Analysis, Structural Change.

INTRODUÇÃO

O aumento constante do número de habitantes do planeta e, conseqüentemente, o dispêndio da energia consumida no mundo todo, ligado ao fato de que os combustíveis fósseis chegarão ao fim e também da questão ambiental, refuta o padrão energético atual adotado. Os esforços se voltam na busca de encontrar modelos que prezem pela sustentabilidade ambiental, incentivando a introdução no mercado de sistemas de energias renováveis que sejam capazes de suprir as carências atuais e que não coloque em risco a vida humana.

No Brasil o consumo energético cresce cada vez mais. Segundo a Agência Internacional de Energia, há uma estimativa de que o Brasil, ao longo dos 25 anos seguintes, terá o segundo crescimento mais rápido em relação ao consumo de energia primária no mundo. Ou seja, dentro desse período, o consumo energético do país aumentará cerca de 80% em relação ao que é gasto atualmente. Diante disso, o Brasil passará a ocupar o sétimo lugar no ranking de consumo energético no planeta.

Mesmo com a implantação de uma usina nuclear em Angra dos Reis, da usina hidrelétrica de Belo Monte e de pequenas centrais hidrelétricas, o país pode não conseguir suprir a demanda energética nos próximos anos. Mesmo que tudo isso sejam apenas especulações, o Brasil precisa ligar o sinal de alerta e fomentar iniciativas sustentáveis de geração de energia que elevem a nação para um patamar de excelência mundial.

Segundo Pereira, *et al.*, (2006), o Brasil dispõe de grande capacidade para utilização da energia proveniente do sol, uma vez que possui alto índice de irradiação solar global (alternando entre 4200 e 6700 Wh/m²/dia). O caminho para que o país não enfrente futuramente tragédias como apagões, racionamento ou até mesmo falta de energia é propagar a utilização de energias renováveis. Assim, a nação se tornaria sustentável, influenciando positivamente todo os países na atualidade e as gerações futuras, evitando catástrofes decorrentes da escassez de energia.

Nesse contexto, o presente trabalho busca abordar a utilização de energia solar ao longo da história, contribuindo com o fomento dessa prática, embora o

aproveitamento dos recursos solares no país ainda não serem devidamente aplicados, apesar de imenso seu potencial. Vale destacar que o presente trabalho visa analisar um local para a instalação de um sistema fotovoltaico, levando em consideração peculiaridades da região e outros requisitos para instauração do projeto. Além disso, objetiva pesquisar a respeito do desenvolvimento sustentável e economia de recursos, visto que a radiação solar é abundante e disponível para todas as pessoas. Esse artigo compõe o trabalho de conclusão de curso, no qual trata da instalação de um sistema fotovoltaico que possa suprir a demanda energética da Igreja Cristã Casa de Oração de Porciúncula.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Energia solar

O sol pode ser definido como a maior fonte de energia de abastecimento do planeta Terra, agindo diretamente ou indiretamente sobre todas as formas de energia conhecidas e existentes e sobre toda a vida do planeta (CEMIG, 2012). A figura 1 ilustra um diagrama dos processos de interação da energia solar através da radiação com a atmosfera terrestre.

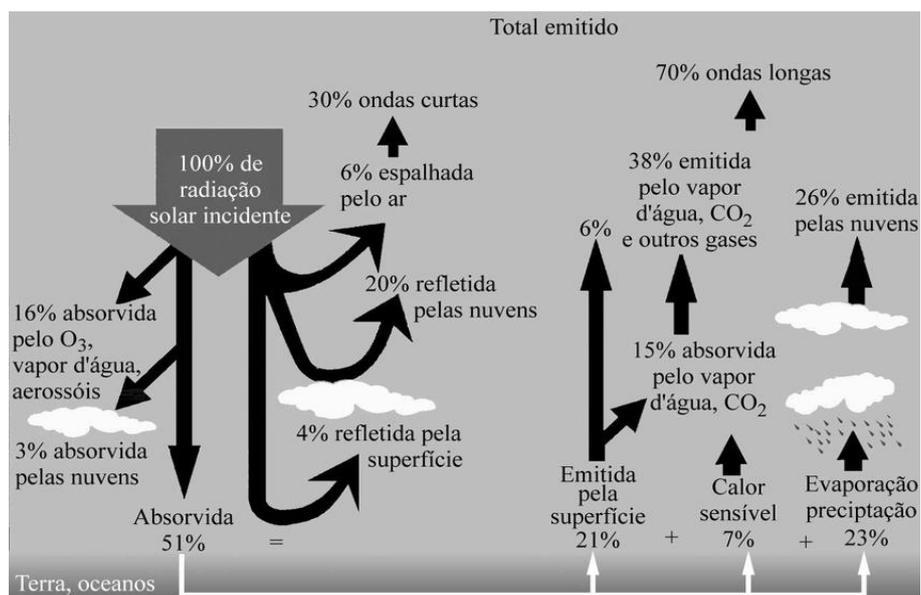


Figura 1: Diagrama ilustrativo dos processos de interação da radiação solar na atmosfera.

Fonte: Revista Brasileira de Ensino de Física, 2004.

De acordo com o diagrama apresentado, entende-se que nem toda radiação solar que chega à atmosfera terrestre é absorvida, considerando que uma parcela da radiação solar é refletida pela atmosfera, pelas nuvens e pela própria superfície terrestre. A intensidade da radiação solar que chega até a superfície terrestre é absorvida está, portanto, relacionada ao meio atmosférico, sendo necessário considerar a massa e composição do ar, além da distância percorrida pelos raios solares.

Uma das principais formas de se aproveitar o potencial energético do sol é através da geração de eletricidade por sistemas fotovoltaicos, sendo esses os sistemas de geração de energia que apresentam o maior crescimento a nível mundial, segundo dados da Agência Internacional de Energia (IEA).

A energia solar é responsável por realizar o aproveitamento do potencial solar para a geração de energia renovável e sustentável. A energia solar pode ser aproveitada por sistemas ativos, como aquecedores solares de água; por sistemas passivos, através da absorção de calor por edificações; por sistemas termosolares, onde ocorre o aquecimento de fluidos acoplados a geradores mecânicos e pela tecnologia presente nos sistemas fotovoltaicos, responsáveis pela conversão direta da energia solar em eletricidade (REIS *et al.* 2005). O presente estudo traz uma abordagem principal dos sistemas ativos e fotovoltaicos de aproveitamento e conversão de energia solar.

Energias renováveis e a energia solar fotovoltaica no cenário mundial

Segundo relatório de energias renováveis publicado no ano de 2017 pela Agência Internacional de Energia (IEA), que remete a dados do ano de 2016, impulsionados pelo grande crescimento da implantação de sistemas de energia solar fotovoltaica, as energias renováveis corresponderam em aproximadamente dois terços da nova capacidade instalada de geração de energia em todo o mundo, com aproximadamente 165 gigawatts (GW) instalados.

Ainda segundo o relatório, a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica apresentou um crescimento a nível mundial de 50 %, o que representa

uma capacidade de geração de energia adicional na ordem de 74 GW. A capacidade instalada de energia solar fotovoltaica se apresentou, de forma inédita, maior do que qualquer outro combustível, conforme é observado na figura 2 que representa a capacidade de geração de energia elétrica por diferentes combustíveis.

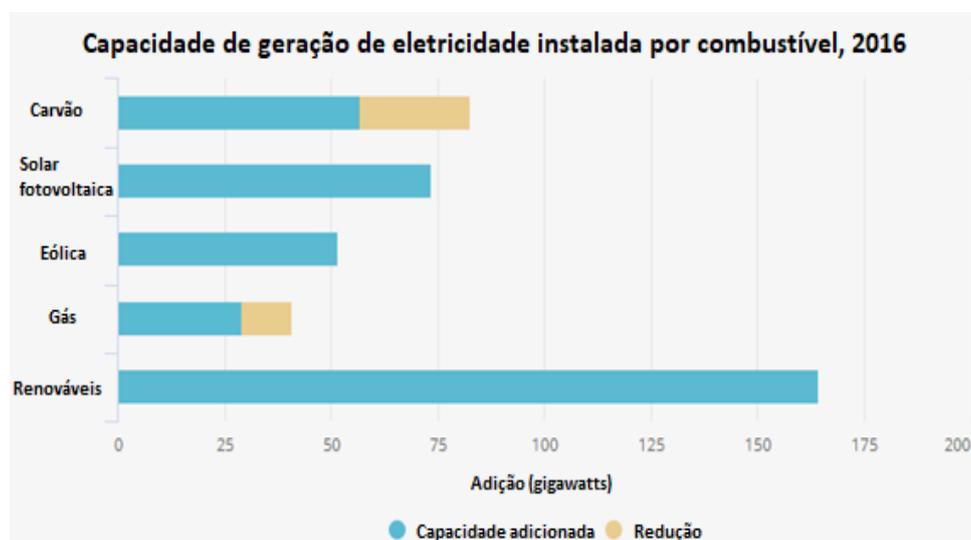


Figura 2: Gráfico da capacidade de geração de eletricidade adicionada por diferentes combustíveis.

Fonte: Renewables IEA, online (adaptado).

O IEA realizou ainda uma previsão em que é vislumbrado um crescimento contínuo deste cenário recorde registrado no relatório. Estima-se que até o ano de 2022, a expansão da capacidade de geração de energias renováveis será de aproximadamente 920 GW, representando um aumento de 43 %, com extremo destaque para a energia solar fotovoltaica.

Energias renováveis e a energia solar fotovoltaica no Brasil

A participação de fontes renováveis no Brasil vem crescendo gradativamente e de forma considerável. Segundo dados do relatório de energias renováveis publicado no ano de 2017 pela Agência Internacional de Energia (IEA), o Brasil se apresenta como um dos destaques na geração de energia por fontes renováveis.

Com a publicação da Resolução Normativa nº 482/2012 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) no ano de 2012, responsável por estabelecer e regulamentar o sistema de compensação de energia, o mercado de energia solar fotovoltaica vem crescendo de forma exponencial no Brasil.

Como validação dos dados que descrevem o crescimento de energias renováveis no Brasil, a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar) divulgou que no ano de 2018 a energia solar fotovoltaica alcançou a marca de 1 gigawatt de potência instalada na matriz elétrica brasileira. Ainda segundo a Absolar, esse número é suficiente para abastecer cerca de 500 mil residências atendendo ao consumo de 2 milhões de brasileiros.

De acordo com a ANEEL, a energia hídrica (hidroelétricas) é a principal fonte de energia na matriz energética brasileira atualmente, representando cerca de 60 % da matriz. Apesar de representar apenas 0,8 % da matriz energética brasileira, a energia solar vem se apresentando como o carro chefe das energias renováveis no Brasil.

Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, constantemente denominados de sistemas *on-grid* ou *grid-tie*, operam em paralelismo com a rede de eletricidade das concessionárias. O que difere esse sistema dos sistemas isolados (*off-grid*) é que esses são empregados em locais já atendidos por energia elétrica através das concessionárias. Por não possuírem dispositivos de armazenamento de energia (baterias), todo o excedente de energia produzida pelo sistema é injetado na rede elétrica, ou no caso de usinas fotovoltaicas, toda a energia produzida.

O sistema é constituído basicamente por um conjunto de módulos fotovoltaicos responsáveis por absorver a radiação solar e convertê-la em eletricidade, um grupo de inversores responsáveis por realizar a conversão de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA), além das caixas de junção, dispositivos de proteção e de medição da energia produzida.

ESTUDO DO ESPAÇO DISPONÍVEL

Para a determinação e verificação do espaço disponível para a instalação do projeto é necessário levar em consideração o acervo de informações da CRESESB, Google Earth e APPOLO 11. Através da figura 3 é possível ver o mapa do estado do Rio de Janeiro e adjacências.



Figura 3 - Mapa do Estado do Rio de Janeiro e adjacências.
Fonte: APOLLO II, 2019.

Após essa etapa, através do Google Earth, foi recolhido dados de localização geográfica da igreja (Figura 4 e 5).

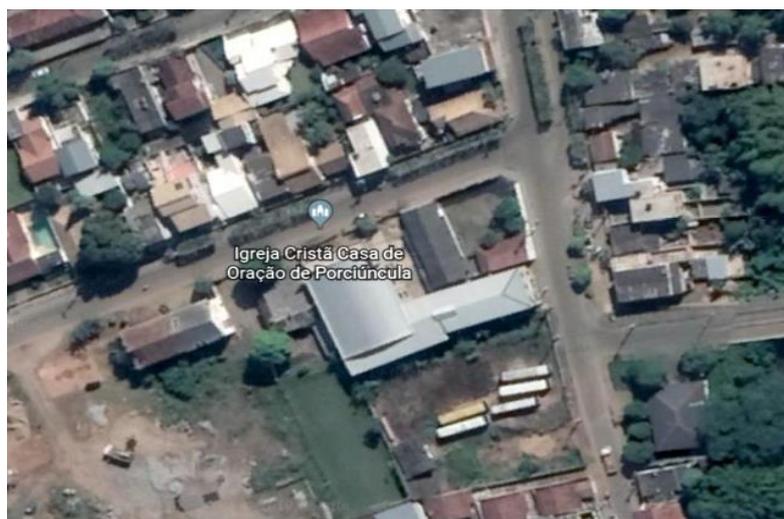


Figura 4 - Localização da Igreja Cristã Casa de Oração de Porciúncula.
Fonte: Google Earth (Vista Superior).



Figura 5 - Localização da Igreja Cristã Casa de Oração de Porciúncula
 Fonte: Google Earth (Vista Panorâmica).

A igreja está situada na rua Pedro Lopes de Oliveira, número 49, Bairro Centro, com latitude é $20^{\circ}58'15''$ Sul e longitude: $42^{\circ}02'15''$ Oeste, apresentando altitude de 190 metros.

Para uma análise completa verifica-se também as interferências suscitadas pelas particularidades da geometria solar. A figura 6 faz uma abordagem nesse sentido.

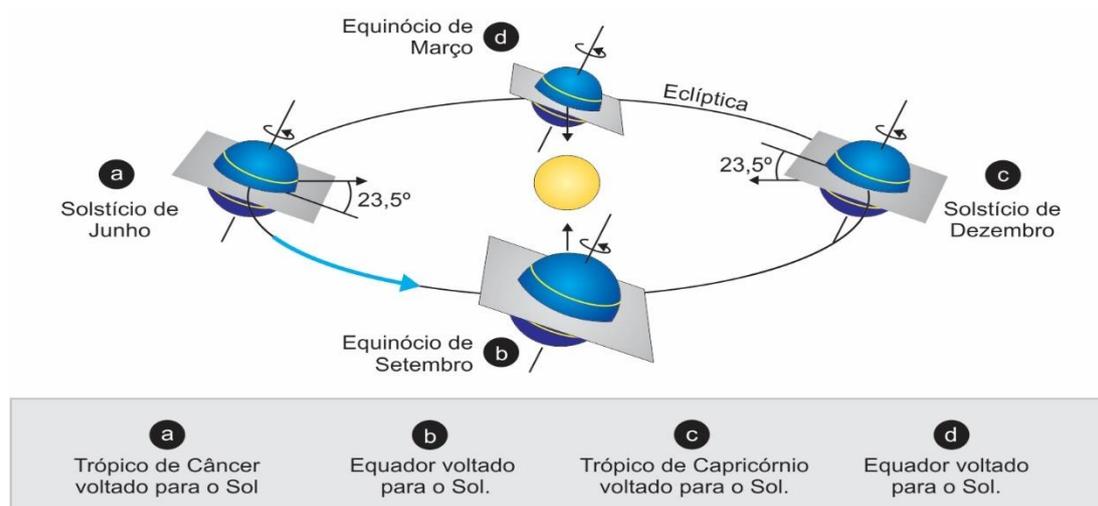


Figura 6: Declinação solar de acordo com as estações do ano.

Fonte: Souza, 2017.

Em um movimento rotacional, de um ano de duração, ao redor do Sol, o planeta descreve uma trajetória elíptica de acordo com um plano inclinado com cerca de $23,5^{\circ}$ tomando como referencial o plano equatorial. Desse ângulo

concomitantemente com o movimento de translação, derivam as estações do ano. Conforme visto na figura anterior, a declinação solar (δ) é determinada como o posicionamento angular do sol, tomando como base o plano do Equador, ao meio dia solar e pode sofrer variação conforme o dia do ano, dentro da faixa compreendida entre $-23,45^\circ$ e $23,45^\circ$ (CEPEL, 2006).

A expressão radiação solar é aplicada para descrever o fluxo de potência por unidade de área, também chamada de irradiância solar. A mesma pode sofrer variações de acordo com a posição da terra e o ângulo de incidência dos raios solares. A irradiância solar no topo da atmosfera, no período de um ano, sofrerá uma variação entre 1.325 W/m^2 e 1.412 W/m^2 , tendo como valor médio 1.367 W/m^2 (CEPEL, 2006).

De posse da teoria de Rayleigh e Mie é possível fazer uma relação simplificada:

$$AM = \frac{1}{\cos\theta} \quad AM = \frac{1}{\text{Sen}\alpha}$$

Sendo:

AM = Massa de ar;

θ e α = Ângulos de incidência.

A partir daqui é necessário buscar informações climáticas que podem interferir na capacidade da geração de energia solar. A tabela 1 apresenta alguns dados coletados em relação a cidade de Itaperuna, pois o Instituto Nacional de Meteorologia não apresenta dados da cidade de Porciúncula. Portanto, foi escolhida como parâmetro a cidade mais próxima do local de instalação do sistema.

Tabela 1: Climática de Itaperuna- RJ.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Máx	32	31	33	32,5	32	31,5	33,8	26,1	27,5	29	32	34
Min	22	21,5	21,5	23	21	20,1	20,2	22,5	21	20,2	19	18,5
Média	27	26,25	27,25	27,75	26,5	25,85	27,1	24,3	24,25	24,6	25,5	26,15
Prec (mm)	160	85	105	95	45	25	30	25	50	115	200	205

Fonte: Fonte: INMET, 2019.

De acordo com os dados apresentados, é possível constatar que o mês de dezembro terá a maior temperatura no ano, 34°C. A menor temperatura mínima se apresentará também em dezembro, 18,5°C. A menor média é no mês de setembro, 24,25°C. Enquanto isso, o mês de abril mostra a maior temperatura média, 27,75°C. Em relação a precipitação, o mês de dezembro tem o maior índice, aproximadamente 205 milímetros.

A próxima etapa consiste em determinar o potencial de radiação solar na cidade de Porciúncula- RJ. A radiação pode ser encontrada no site da CRESESB, conforme a tabela 2 e o gráfico 1.

Tabela 2: Radiação solar diária média no município de Porciúncula-RJ.

Radiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
6,1	6,3	5,1	4,5	3,8	3,7	3,8	4,6	5,0	5,2	5,0	5,8	4,9

Fonte: CRESESB, 2018.

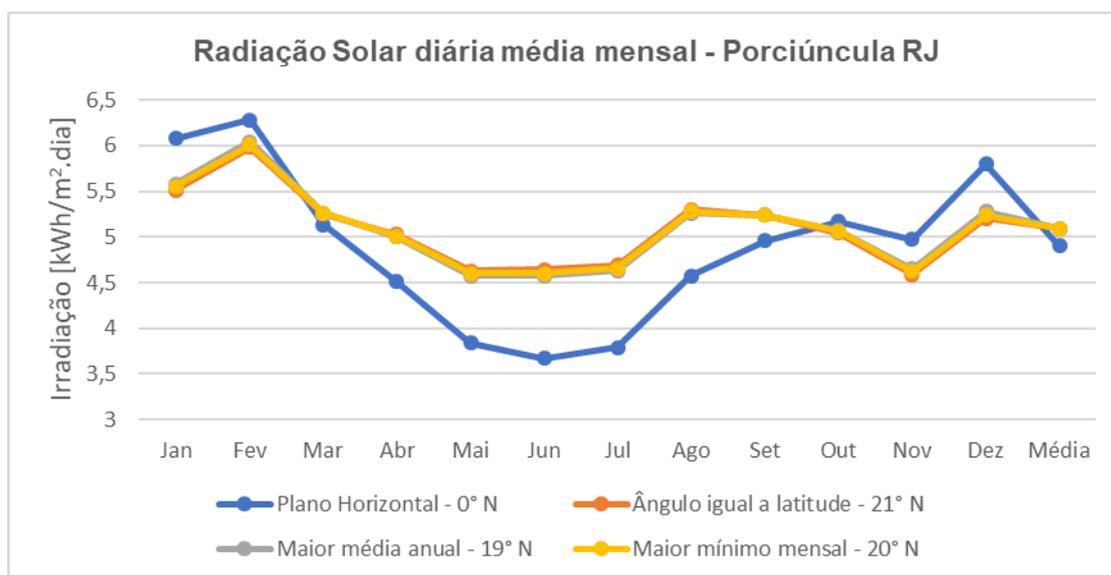


Gráfico 1: Radiação Solar no Plano Horizontal - Porciúncula-RJ.

Fonte: CRESESB, 2018.

De acordo com a tabela e o gráfico anteriores, o mês onde há a maior radiação solar é fevereiro, com 5,98 kWh/m². dia. A menor radiação solar se mostra

em novembro, com 4,59 kWh/m². dia. Já a média anual obtida é de 5,09 kWh/m². dia. É notório que há um padrão excelente de radiação solar na região, facilitando a implantação do projeto. Verificou-se por meio do Atlas Anual Solarimétrico do Brasil (Figura 7) que os resultados que foram levantados através da CRESECSB coincidem com o Atlas.

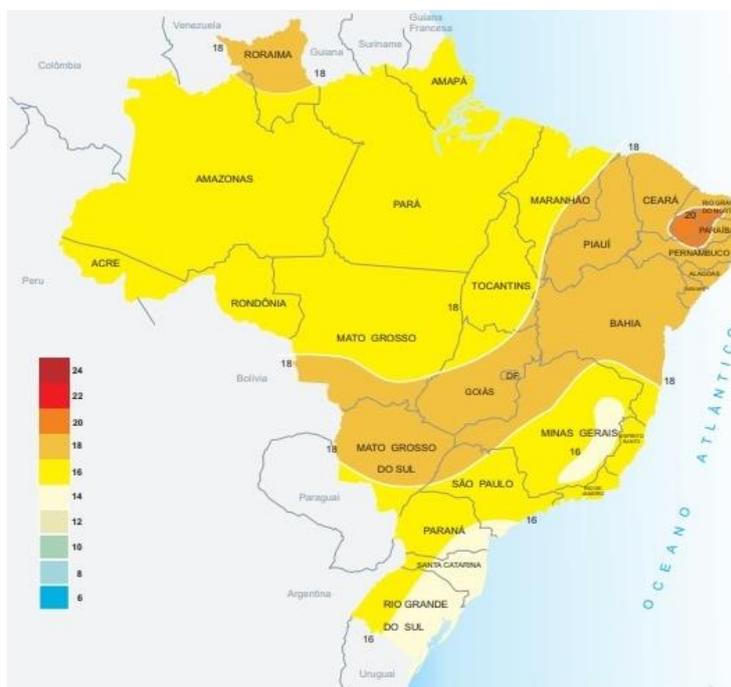


Figura 7: Mapa da Radiação Solar Global Diária.

Fonte: CRESECSB, 2018.

Após esse procedimento, analisou-se a quantidade de radiação de acordo com a orientação e inclinação dos módulos fotovoltaicos (tabela 3 e gráfico 2).

Tabela 3 - Radiação Diária de Itaperuna com inclinações.

Radiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]															
Ângulo	Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Plano Horizontal	0° N	6,1	6,3	5,1	4,5	3,8	3,7	3,8	4,6	5	5,2	5	5,8	4,9	2,6
Ângulo igual a latitude	21° N	5,5	6	5,3	5	4,6	4,6	4,7	5,3	5,2	5	4,6	5,2	5,09	1,39
Maior média anual	19° N	5,6	6	5,3	5	4,6	4,6	4,6	5,3	5,2	5,1	4,7	5,3	5,09	1,47
Maior mínimo	20° N	5,6	6	5,3	5	4,6	4,6	4,7	5,3	5,2	5,1	4,6	5,2	5,09	1,41

mensal															
--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fonte: CRESEB, 2019.

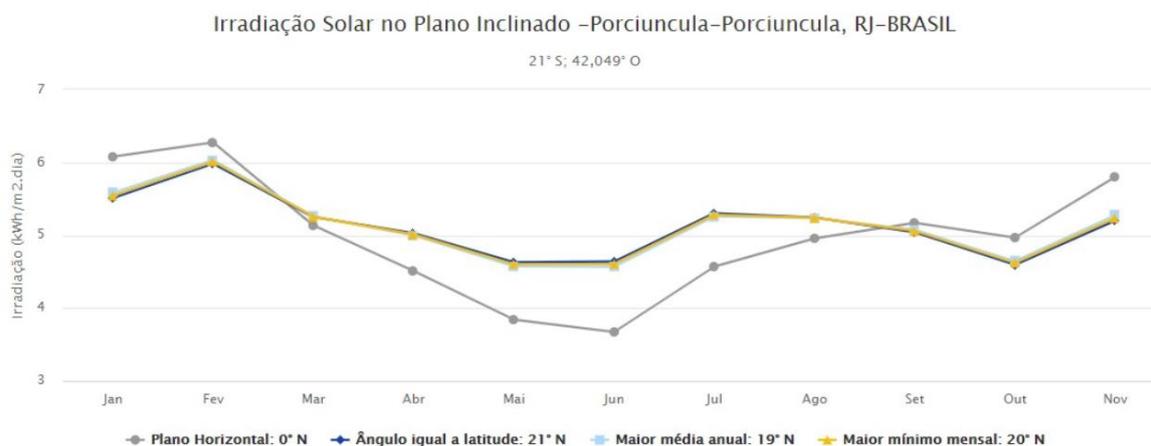


Gráfico 2: Radiação Solar no Plano Horizontal - Porciúncula-RJ.

Fonte: CRESEB, 2019.

Posteriormente aos estudos da possibilidade do uso de energia fotovoltaica na cidade de Porciúncula, torna-se necessário procurar a inclinação ótima para a instalação do sistema, de modo a levar em consideração o custo benefício. Um detalhe importante é que a média de radiação solar em locais inclinados é maior do que em locais horizontais. Não há constância na radiação do sol. Há uma variação ao longo do dia, se mostrando mais intensa ao meio-dia-solar. Nesse momento, chamado hora solar pico, há a maior geração de energia do sistema. É importante ter conhecimento sobre esse momento, pois é justamente nesse intervalo de tempo que se observa o melhor aproveitamento das placas fotovoltaicas. Na cidade de Porciúncula, há um espaço de tempo diário de insolação e esse período dura, aproximadamente, 11,5 horas. Em relação as horas de pico, tem-se um período diário de 5,5 horas. A Figura 8 evidencia o período das horas de pico e insolação.

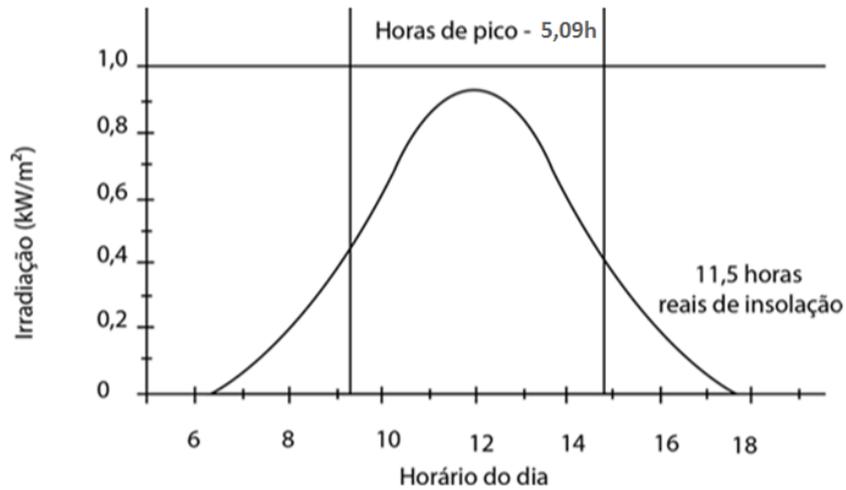


Figura 8 - Gráfico de Horas Solar Pico e Insolação.
 Fonte: HCC engenharia elétrica, 2019.

O mapa apresentado pela figura 9 apresenta as informações de insolação.

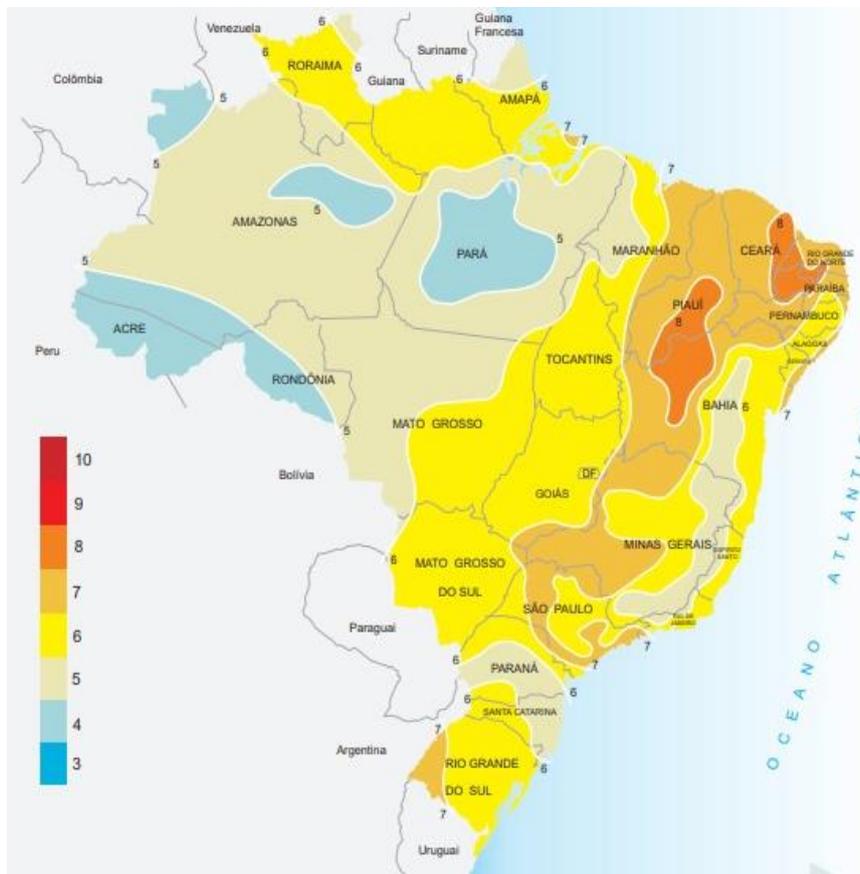


Figura 9 - Mapa da Radiação Insolação Diária.
 Fonte: CRESESB, 2019.

Após todos esses estudos, a próxima etapa consiste em fazer um levantamento da área que estará disponível para a instalação do projeto. Diante

disso, chegou-se a conclusão que o telhado (figura 10) seria a melhor localização para a instalação desse sistema.

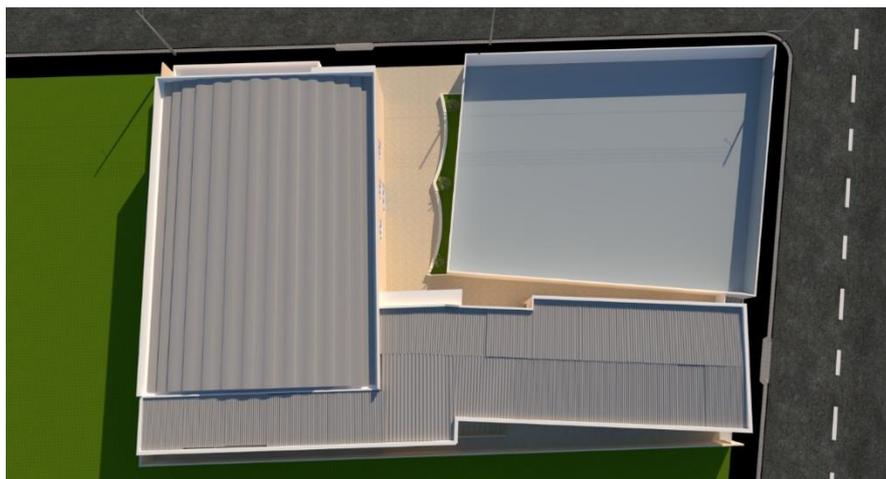


Figura 10 - Desenho renderizado da parte superior.
Fonte: Igreja Cristã Casa de Oração de Porciúncula, 2019.

Verificou-se a necessidade de uma área de cobertura de 328 m², para que seja aproveitada para implantar o sistema fotovoltaico. Esse espaço é satisfatório para a geração de energia, pois a carga total da igreja não é muito elevada. Portanto, a parte superior atende absolutamente as necessidades do projeto.

CONCLUSÃO

De acordo com o material desenvolvido, é possível inferir que o local onde a Igreja Cristã Casa de Oração de Porciúncula foi instalada, diante de um estudo da região, é adequado para adquirir um sistema fotovoltaico. Foi encontrado uma temperatura média anual de 22,40 °C. Esse dado ratifica a excelente incidência de radiação solar, que tem o seu ápice em fevereiro, 6,10 kWh/m². dia, enquanto o seu menor nível é em junho, 3,76 kWh/m².dia. Se for comparado com alguns países que utilizam a energia solar em demasia como Holanda, Alemanha, Japão; Porciúncula exibe uma radiação solar ótima, se mostrando muito maior do que todos esses países. É interessante lembrar que a cidade possui disponibilidade de, aproximadamente, 5,09 horas picos e 11,5 horas de insolação por dia. Outro dado importante é que os painéis devem ter inclinações de 19° tomando como base o nível do solo, para que haja uma melhora no rendimento. A área da cobertura de

328 m² faz com que o sistema seja totalmente viável e acessível. Dessa forma, é possível concluir que a Igreja Cristã Casa de Oração de Porciúncula poderá receber um projeto de instalação de um sistema de geração de energia fotovoltaica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Internacional de Energia - IEA. **Renewables 2017**. Disponível em: <<https://www.iea.org/renewables/>>. Acesso em 05 out 2018.

Agência Nacional De Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482/2012: Micro e Minigeração**. ANEEL, 2012.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. **Alternativas energéticas: uma visão CEMIG**. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br/Inovacao/AlternativasEnergeticas>>. Acesso em 06 out. 2018.

CRESESB/CEPEL - Grupo de Trabalho de Energia Solar Fotovoltaica. Energia Solar e suas Aplicações, 2006. Disponível em: http://www.creseb.cepel.br/download/tutorial_solar_2006.pdf. Acessado em 13 maio de 2019.

Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: www.inmet.gov.br. Acessado em 13 de maio de 2019.

PEREIRA, E. B., MARTINS, F. R., ABREU, S. L. & RUTHER, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2ª ed, São José dos Campos: INPE, 2017.

REIS, L. B. D.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**. Ed. Manole. 2005.