

<http://dx.doi.org/10.48005/2237-3713rta2023v12n2p1524>

InclinaSol: Um aplicativo para o cálculo do ângulo ótimo de painéis solares*

InclinaSol: An application for calculating the optimal angle of solar panels

Alexandro Gomes

Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro - SEE/RJ
ag.fisica@hotmail.com

Maria Francisca do Nascimento Oliveira

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ
maria.francisca.oliveira@uerj.br

Marcelo Musci

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ
marcelo.musci@uerj.br

RESUMO

A energia solar é uma das fontes de energia renovável promissoras que tem o potencial de atender à demanda energética futura em todo o mundo. Este artigo analisa os diferentes parâmetros que intervêm na determinação do ângulo de inclinação ótimo para a coleta máxima de energia solar. Ele propõe uma nova equação para calcular o ângulo de inclinação ótimo com base nos valores da latitude e longitude da instalação dos painéis solares. Um programa de computador, InclinaSol, foi implementado levando em consideração efeitos indesejados, como pó, poeira e outros fatores atmosféricos, que podem afetar a eficácia de funcionamento dos painéis solares. Foram realizados estudos de casos para os bairros de Guaratiba, Deodoro e Copacabana, por serem situados em diferentes regiões da Cidade do Rio de Janeiro. A escolha dessas localidades deveu-se ao fato das suas coordenadas geográficas e o distanciamento territorial. A investigação é realizada levando-se em consideração os ângulos de instalação de 0° , 17° , 30° e 45° . A partir daí, foram estimadas as incidências solares na superfície dos painéis solares a partir dos calculados pelo aplicativo RadiaSol, criado pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Os resultados obtidos pelo aplicativo desenvolvido mostraram que, para a cidade do Rio de Janeiro, instalar um painel solar com a mesma inclinação média do telhado das residências (17°) é viável do ponto de vista técnico para instalação dos painéis. Porém, quando se avalia os efeitos indesejados, a inclinação calculada pelo aplicativo (30°) é mais vantajosa e resulta em valores de irradiação solar com uma diferença de no máximo 3,9%, em relação à inclinação de 17° .

Palavras-chave: Painéis solares. Energia renovável. Inclinação de painéis solares. Energia solar.

ABSTRACT

Solar energy is one of the promising renewable energy sources that has the potential to meet future energy demand worldwide. This article analyzes the different parameters that influence the determination of the optimal tilt angle for maximum solar energy collection. It proposes a new equation to calculate the optimal tilt angle based on the latitude and longitude values of the solar panel installation site. A computer program, *InclinaSol*, was implemented taking into consideration undesired effects such as dust, dirt, and other atmospheric factors that can affect the solar panel's operating efficiency. Case studies were conducted for the districts of Guaratiba, Deodoro, and Copacabana, as they are located in different regions of Rio de Janeiro City. The choice of these locations was based on their geographical coordinates and territorial distance. The investigation is carried out considering installation angles of 0° , 17° , 30° , and 45° . Solar incidences on the surface of the solar panels were estimated using data calculated by the *RadiaSol* application, developed by the Solar Energy Laboratory of the Federal University of Rio Grande do Sul. The results obtained from the developed application showed that, for the city of Rio de Janeiro, installing a solar panel with the same average roof tilt angle of residential buildings (17°) is technically feasible. However, when considering the undesired effects, the tilt angle calculated by the application (30°) is more advantageous and results in solar irradiation values with a difference of at most 3.9% compared to the 17° tilt angle.

Keywords: Solar panels. Renewable energy. Tilt of solar panels. Solar energy.

INTRODUÇÃO

Os painéis solares têm sido uma opção fundamental para propiciar uma redução financeira na conta de luz do consumidor final, assim como para diminuir os níveis de hostilização ao meio ambiente. Para tal, a angulação dos painéis solares é de crucial importância para a melhor absorção da radiação solar (MONTALVÃO, 2009).

Não é praticável fazer a acomodação das placas solares em espaços sombreados, já que o objetivo é beneficiar-se ao extremo da incidência solar. Também se deve instalar os módulos o mais próximo possível do local final de consumo, tendo em vista a economia com a perda de energia na transmissão e com gasto de material (DA SILVA LEMOS; RAMOS, 2020). As placas podem ser instaladas sobre postes, como mostra a Figura 1, sobre telhados de estacionamentos, entre outros e não exclusivamente sobre telhados das residências e/ou empresas, o essencial é que sejam áreas mais altas e sem incidência de sombras.

Três princípios básicos atestam a eficácia da instalação de um conjunto de absorção de energia solar, que são: orientação, área e inclinação. Caso esses três fatores sejam ignorados, o conjunto não operará com máxima eficiência, isto ocorre porque a absorção solar e a partilha apropriada da energia serão prejudicadas (TORRES, 2012).

É relevante determinar a orientação certa para otimizar o conjunto, de maneira que as placas fiquem o máximo de tempo expostas à incidência solar. Desta forma, elas terão condições de captar a maior quantidade possível da energia do sol (SCHERER, 2015).

No hemisfério sul, a mais vantajosa orientação para o conjunto de painéis solares é o norte geográfico, que não é o norte magnético apontado pela bússola, já que existe uma diferença angular que varia entre 20° e 30° entre o norte geográfico e o magnético. Mesmo que os conjuntos orientados para o oeste ou para o leste sejam eficazes em algum momento do ano, eles fornecem ganhos muito menores em relação aos apresentados pelos conjuntos orientados para o norte, em relação ao todo do ano, porque quando direcionados para o leste perdem irradiação à tarde e quando direcionados para o oeste perdem irradiação durante a manhã (DASSI, 2015).

As condições climáticas locais também influenciam na eficácia dos painéis solares. Manhãs e/ou tardes muito nubladas e temporadas de muito nevoeiro ou poeira diminuem a incidência da radiação, tendo por consequência uma perda da capacidade de produção de energia, por isso notar a melhor posição das placas em relação às estações do ano, minimiza essas perdas, pois leva em consideração a melhor posição para o todo do ano (MACIEL, 2006).

Sendo assim, além de notar a posição norte é importante considerar na hora dos cálculos do conjunto o aclave ideal, já que um aclave maior terá melhor rendimento no inverno e um aclave menor terá melhor performance no verão. Se for necessário, podem-se fazer pequenos ajustes na direção, considerando o Leste e o Oeste (MADEIRA, 2008).

Geralmente as coberturas das casas (telhados e lajes), continuam sendo os locais mais acolhedores para as placas solares. Isso acontece porque se acomodam bem e não ocupam novas áreas, além de harmonizar as placas instaladas com a alvenaria do local, podendo corrigir-se facilmente sua inclinação por meio de estruturas metálicas (MACIEL, 2006).

Figura 1 – Postes com placas solares no Arco Metropolitano do Estado do Rio de Janeiro



Fonte: LINS, 2016.

Também o ângulo de inclinação utilizado para instalação precisa ser otimizado levando em consideração fatores ambientais, como acúmulo de poeira e sujeira. Nos últimos anos, muitos estudos teóricos e experimentais têm sido conduzidos para maximizar os benefícios energéticos dos sistemas baseados em painéis solares. Sado, A., Hassan e Sado, S. (2021) realizaram um estudo experimental onde calcularam matematicamente os ângulos de inclinação diários, mensais e sazonais e mediram a radiação incidente na superfície dos painéis. Li et al. (2017) desenvolveram um modelo de simulação para determinar o ângulo de inclinação ótimo para os painéis solares em diversas regiões climáticas da China. Melhem e Shake (2023) utilizaram um modelo matemático baseado em latitude e longitude para calcular o ângulo de inclinação ótimo e compararam os resultados com um software online que fornece mapas solares internacionais. Liu et al. (2018) aplicaram um modelo de radiação solar para otimizar o ângulo de inclinação de painéis solares em telhados, levando em consideração fatores como latitude, radiação solar e áreas de cobertura. Hachicha, Al-Sawafta e Said (2019) conduziram estudos sobre o acúmulo de poeira e sujeira em painéis solares nos Emirados Árabes Unidos devido ao seu ângulo de inclinação. Simsek, Willians e Pilon (2021) investigaram o impacto de gotículas na performance de células fotovoltaicas causadas pela condensação em gotas ou chuva que cai na superfície do painel.

Portanto, o ângulo de inclinação ótimo para instalação de painéis solares depende não somente da localização dos painéis, latitude e longitude, mas também de diversos fatores

ambientais como o acúmulo de pó e poeira, que devem ser levados em consideração em sua instalação.

DETERMINAÇÃO DA DEMANDA ANGULAR

Levando-se em consideração as coordenadas de Longitude e Latitude, estabelece-se que o ângulo horário (W) é uma variante angular da qual o valor é nulo no momento em que o horário solar local é meio-dia. De acordo com Campos (2013), levando em consideração que a cada hora o planeta gira 15° , que seria o equivalente a $360^\circ/24$, então o ângulo horário será:

$$W = (12 - T) \cdot 15^\circ \quad (1)$$

Onde:

W = ângulo horário (resultado em graus)

T = horário solar no local (T varia entre 0 e 24h).

Segundo Campos (2013), é necessário calcular a inclinação solar para estipular o ângulo que a placa solar deve ter ao longo do ano, tendo em vista que a inclinação imaginária do eixo terrestre interfere no ângulo de zênite (θ_z) nas várias latitudes. Levando-se em conta os dias de Equinócio e de Solstício, responsáveis pelos inícios das estações do ano em todos hemisférios e também o pelo meio-dia solar verídico, que é estabelecido no preciso momento do auge dos raios do sol no meridiano do observante, e que há uma mudança sazonal de inclinação no eixo do planeta de $23^\circ 27'$ (cerca de $23,45^\circ$) com relação à normal ao plano da eclíptica, o declive solar assistido por um observador no equador terrestre, em um determinado dia do ano (J), é dado por meio de

$$\delta = 23,45 \cdot \text{sen} \left[360 \cdot \frac{(J - 80)}{365} \right] \quad (2)$$

Onde:

δ = valor do declive solar, em graus.

J = indica o número de ordem dos dias, considerando $J = 1$ em primeiro de janeiro, tomando se fevereiro sempre como 28 dias, acarretando assim em 365 dias no ano.

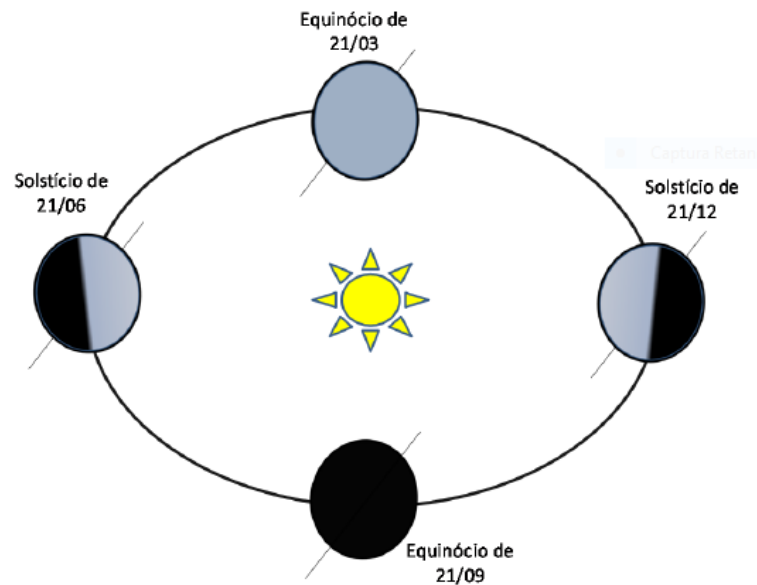
Conforme o planeta efetua o movimento de translação em torno do astro rei, a inclinação do eixo imaginário terrestre na direção da reta que liga o Sol à Terra vai modificando, como mostra a Figura 2. Isso acarreta na incidência da radiação solar em qualquer região, em ângulos que se modificam consideravelmente no transcorrer do ano. É justamente a equação 2 que demonstra a variação do ângulo ao longo do ano, que assume como padrão a convergência solar no equador terrestre, ao meio-dia e no decorrer do ano conforme muda a variante J .

Segundo Varejão-Silva (2006), o ângulo solar de convergência sobre o sistema de painéis solares modifica ao longo do ano, de acordo com a altitude solar, exigindo uma angulação específica para melhor aproveitamento dos raios solares. Porém, a maioria das placas solares instaladas hoje em dia utiliza o ângulo de declive dos telhados por falta de conhecimento, comodidade do instalador ou economia de material, tendo em vista o gasto com mais ferragens na montagem dos painéis. Além de melhor aproveitar o potencial energético das placas, o correto posicionamento do sistema pode diminuir efeitos indesejados e o vento.

Propõe-se nesse trabalho estipular que a melhor média angular anual, tendo em vista os painéis solares serem fixos no local de instalação e ainda que não é aconselhável instalar placas

com inclinação inferior a 15°, a fim de evitar o acúmulo de sujeira, seja a mostrada na equação 4, que é uma variação da equação utilizada em (MEDEIROS e MARTINS, 2020).

Figura 2 – Órbita da Terra em torno do Sol



Fonte: CAMPOS, 2013.

$$|M| = \frac{\left(\varphi + \frac{\varphi}{3}\right) + \left(L - \frac{L}{3}\right)}{2} \quad (4)$$

Onde:

M = média angular anual

φ = latitude

L = longitude

Tal equação está sendo proposta, pois, como cita Duarte *et al.* (2015), a longitude deve ser considerada ao se calcular a angulação das placas, a fim de se ajustar o ângulo de inclinação evitando, com isso, os efeitos de acúmulo de pó, poeira e outros efeitos indesejados, mas mantendo a melhor incidência solar possível para o local de instalação.

A equação proposta foi implementada no aplicativo InclinaSol¹ (GOMES, OLIVEIRA e MUSCI, 2022) para o cálculo da inclinação dos painéis solares fixos, com a informação da latitude e longitude do local de instalação.

DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO INCLINASOL

O aplicativo possibilita o cálculo do ângulo de inclinação dos painéis solares utilizando como base a equação 4. Possui como dados de entrada a latitude e a longitude do local de instalação dos painéis solares. O aplicativo efetua a busca diretamente no mapa de localização das coordenadas geográficas informadas e calcula o ângulo de inclinação ideal.

¹ Registrado sob o número 512022001558-7, em 28/06/2022, pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI)

O aplicativo foi construído em HTML5 utilizando o *framework* React Native (META, 2022), para a plataforma Android® e a Interface de Programação de Aplicações (API) Google Geocoding (GOOGLE, 2022), que converte endereços em coordenadas geográficas. Segundo VENTEU (2018), a utilização dessa API traz consideráveis vantagens ao programador, principalmente a apresentação de informações geográficas na tela de um *smartphone*. Esse tipo de visualização é importante, pois as referências numéricas de latitude e longitude são de difícil interpretação para o usuário do aplicativo.

A Figura 3 ilustra em (a) a tela inicial do aplicativo InclinaSol e em (b) a indicação do ângulo ótimo de instalação dos painéis solares, para uma determinada geolocalização.

Figura 3 – Em (a) é mostrada a tela inicial do aplicativo InclinaSol e em (b) a indicação do ângulo ótimo de instalação dos painéis solares para as coordenadas geográficas informadas.



(a)

(b)

Fonte: O autor, 2022.

METODOLOGIA

Para criar referenciais em determinadas posições, foram definidos como estudo de caso três bairros da Cidade do Rio de Janeiro com razoável distância entre eles, que são: Guaratiba, Deodoro e Copacabana. Cujas localizações estão elencadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores da latitude e longitude terrestre de três bairros da cidade do Rio de Janeiro

BAIRRO	LATITUDE TERRESTRE	LONGITUDE TERRESTRE
Deodoro	- 22,849999°	- 43,379999°
Guaratiba	- 22,986950°	- 43,611775°
Copacabana	- 22,969629°	- 43,185329°

Fonte: Google Maps (n.d.). [Rio de Janeiro].

A validação do estudo de caso com o uso do aplicativo InclinaSol, será a comparação dos resultados obtidos, com os valores da incidência solar na superfície dos painéis solares, obtidos com a utilização do aplicativo RadiaSol, criado por Krenzinger *et al.* (1997) no Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O estudo leva em consideração que todas as casas situadas nos bairros estudados possuam telhados com inclinação de 17°, pois segundo Nascimento *et al.* (2016) esta é a inclinação média dos telhados brasileiros.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a utilização do aplicativo InclinaSol para cada um dos bairros selecionados dentro da cidade do Rio de Janeiro, tem-se os resultados elencados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores, da média angular anual, obtidos com o aplicativo InclinaSol

BAIRRO	Média angular anual
Deodoro	29,693332°
Guaratiba	29,861892°
Copacaban	29,708196°

Fonte: O Autor, 2021.

A comparação com o aplicativo RadiaSol é mostrada na Tabela 3, para o bairro de Deodoro, na Tabela 4, para o bairro de Guaratiba e finalmente na Tabela 5, para o bairro de Copacabana. Em todas as tabelas foram consideradas as análises para quatro ângulos, sendo um plano horizontal (0°) e três planos inclinados. Dos planos inclinados, o primeiro corresponde ao valor da média de inclinação dos telhados brasileiros (17°), o segundo, o mesmo valor (30°) obtido pelo aplicativo InclinaSol e o último um ângulo bem mais acentuado (45°), para se avaliar os efeitos do aumento do ângulo de inclinação.

Tabela 3 – Irradiação solar diária média – Deodoro/RJ

Irradiação solar diária média (kWh/m ² .dia)													
Ângulo / Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
0°	5,33	4,74	5	5,02	5,16	5,13	5,03	5,52	5,47	5,41	5,48	5,05	5,19
17°	5,35	4,90	4,87	4,65	4,39	4,02	4,04	5,26	5,07	5,32	5,42	5,46	4,89
30°	5,59	4,62	4,6	4,35	4,29	4,11	4,31	4,53	4,86	5,68	5,89	5,96	4,90
45°	4,59	4,13	3,95	3,3	2,56	2,21	2,55	3,34	3,96	4,49	4,88	4,75	3,72

Fonte: UFRGS, 2021 – Dados obtidos no aplicativo RadiaSol

Tabela 4 – Irradiação solar diária média – Guaratiba/RJ

Irradiação solar diária média (kWh/m ² .dia)													
Ângulo / Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
0°	5,33	4,43	5,08	5,02	5,36	5,13	5,13	5,62	5,97	5,42	5,42	5,48	5,28
17°	5,36	4,90	4,97	4,26	4,42	4,05	4,58	5,09	5,15	5,02	5,83	5,12	4,89
30°	5,29	4,92	4,87	4,87	3,94	3,97	4,59	4,59	4,88	5,59	5,91	5,49	4,91
45°	4,59	4,14	3,96	3,34	2,63	2,29	2,65	3,42	4,00	4,50	4,88	4,74	3,76

Fonte: UFRGS, 2021 – Dados obtidos no aplicativo RadiaSol

Tabela 5 – Irradiação solar diária média – Copacabana/RJ

Irradiação solar diária média (kWh/m ² .dia)													
Ângulo / Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
0°	5,51	5,43	5,11	4,45	4,54	3,88	4,13	5,07	4,78	5,07	5,12	5,47	4,88
17°	5,56	5,52	5,18	4,43	3,63	3,34	3,59	4,56	4,81	5,12	5,20	5,54	4,71
30°	5,55	5,67	4,98	4,99	4,81	3,98	3,92	3,97	4,89	5,11	5,22	5,65	4,90
45°	4,95	4,70	4,06	3,09	2,16	1,76	1,88	2,67	3,53	4,25	4,49	4,90	3,54

Fonte: UFRGS, 2021 – Dados obtidos no aplicativo RadiaSol

Por meio da análise dos dados foi possível observar que as maiores médias de irradiação solar ocorrem para o ângulo 0° e foram de $5,28 \text{ kWh/m}^2$, $5,28 \text{ kWh/m}^2$ e $4,88 \text{ kWh/m}^2$ para os bairros de Deodoro, Guaratiba e Copacabana. Embora a instalação dos painéis na horizontal, ângulo de 0° , possam captar uma maior irradiação solar (em média), inclinações abaixo de 10° podem gerar acúmulo de sujeira e devem ser evitadas. Para os ângulos de 17° e 30° o valor da média para os três locais analisados ficou entre $4,71 \text{ kWh/m}^2$ e $4,90 \text{ kWh/m}^2$. O menor valor observado foi para o ângulo de 45° que obteve a pior média para os três locais em análise, ficando entre $3,54 \text{ kWh/m}^2$ e $3,76 \text{ kWh/m}^2$.

Comparando o menor valor observado (de irradiação solar) com o maior valor, percebe-se que houve uma redução de aproximadamente 28%, para os três locais em análise, em relação ao ângulo 0° (de maior valor de irradiação solar observado). Isso demonstra que um ângulo acentuado em relação aos raios solares não absorve irradiação solar com a mesma eficiência que ângulos menores.

Sendo a inclinação um dos fatores usados para determinar a potência efetiva do sistema de painéis solares, percebe-se que uma placa com inclinação de 0° seria aquela mais eficiente no aproveitamento da energia do sol. Porém, é o ângulo mais favorável ao acúmulo de poeira, sujeira e gotas de chuva o que acaba comprometendo ao longo do tempo a eficácia do sistema.

O ângulo de 17° , o mesmo da inclinação dos telhados, apresenta aproximadamente a mesma irradiação média anual em kWh/m^2 que o ângulo de 30° , com uma variação máxima de 3,9% para o bairro de Copacabana, demonstrando que ambas as inclinações (17° e 30°) seriam igualmente aconselháveis para um melhor aproveitamento da energia do sol. Novamente a questão esbarra no fato de que uma placa solar com a mesma inclinação do telhado também favorece o acúmulo de poeira, sujeira e gotas de chuva o que acaba comprometendo ao longo do tempo a eficácia do sistema. Sendo assim, o ângulo calculado pelo aplicativo InclinaSol (obtido pela equação 4) de aproximadamente 30° , apresentado na Tabela 2, é o mais favorável para evitar os efeitos indesejados, que também comprometem a eficiência de uma placa solar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi desenvolvido um aplicativo baseado em um modelo matemático para determinar o ângulo de inclinação ótimo para maximizar a radiação solar total incidente em um painel solar. O aplicativo leva em consideração os efeitos indesejados de forma a evitar o acúmulo de poeira, sujeira e gotas de chuva nos painéis solares. Em seguida, os resultados foram testados e comprovados através do software RadiaSol em um estudo de caso realizado em três locais distintos da Cidade do Rio de Janeiro.

A partir dos dados apresentados pelo aplicativo InclinaSol, concluiu-se que a melhor angulação de instalação dos painéis solares tem como resultado final um melhor aproveitamento dos painéis solares, tendo como consequência maior produtividade de energia elétrica. Comprovando que o posicionamento dos painéis solares é de grande importância para o melhor aproveitamento do potencial do sistema instalado.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, M. S. Programa para o cálculo da variação da direção de incidência dos raios solares ao longo do ano. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 41., 2013, Gramado. Disponível em: <https://turing.pro.br/anais/COBENGE-2013/pdf/117056_1.pdf>. Acesso em: 17 set. 2020.

DA SILVA LEMOS, L.; RAMOS, M. Aplicação do Sistema Tracker em estruturas de Rastreamento Solar. Boletim do Gerenciamento, v. 16, n. 16, pp. 60-74, 2020. Disponível em: <<http://www.nppg.org.br/revistas/boletimdoGerenciamento>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

DASSI, J. A.; ZANIN, A.; BAGATINI, F. M.; TIBOLA, A.; BARICHELLO, R.; MOURA, G. D. de. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Custos, 22., 2015, Foz do Iguaçu. Disponível em: < <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3924>>. Acesso em: 02 fev. 2022.

DUARTE, D. M. M.; SILVA, F. E. M. da; NETO, J. A. do N. Sistema seguidor solar microcontrolado. Revista Principia. n 27. 2015. Disponível em:< <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/538/323>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

GOMES, A., OLIVEIRA, M. F. do N., MUSCI, M. InclinaSol, versão 1.0. Aplicativo para o cálculo do ângulo de inclinação solar [S.I.], 2022.

GOOGLE. Geocoding API, version 3.4. 2022.

HACHICHA, A. A.; AL-SAWAFTA, I.; SAID, Z. Impact of dust on the performance of solar photovoltaic (PV) systems under United Arab Emirates weather conditions. Renewable Energy, 2019, vol. 141, pp. 287-297. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.004>

KRENZINGER, A.; COPETTI, J.B.; WAGNER, J. A.; CHENLO, F. e BALENZATEGUI, J. L. SOLARCAD: A Windows Based Software for Solar Energy System Design and Simulation. In: European Photovoltaic Solar Energy Conference, 13., Nice, França, 1995. Disponível em: <<https://www.tib.eu/en/search/id/TIBKAT%3A213152649/Thirteenth-European-Photovoltaic-Solar-Energy-Conference/>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

LI, X.; PENG, J.; LI, N.; WANG, M.; WANG, C. Study on Optimum Tilt Angles of Photovoltaic Shading Systems in Different Climatic Regions of China. Procedia Engineering, 2017, vol. 205, pp. 1157-1164. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.185>

LINS, M. N. Arco Metropolitano tem 4 mil postes de iluminação sem necessidade, segundo DNIT. Jornal Extra, p. Online, 24 nov. 2016. Disponível em: < <https://extra.globo.com/noticias/rio/arco-metropolitano-tem-4-mil-postes-de-iluminacao-sem-necessidade-segundo-dnit-20529444>>. Acesso em 28 fev. 2022.

LIU, H.; XU, X.; MENG, Y.; YU, D.; LIU, H.; SHI, K. A Research for the Influence of Tilt Angles of the Solar Panel on Photovoltaic Power Generation. In: International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies (ICSGCE), Kajang, Malaysia, 2018, pp. 95-100. <https://doi.org/10.1109/ICSGCE.2018.8556655>

MACIEL, M. J.; Vitruvius: Tratado de Arquitectura, Lisboa: IST – Instituto Superior Técnico, 2006. ISBN 978-9728469443.

MADEIRA, M. O. Análise do desempenho de um gerador fotovoltaico com seguidor solar azimutal. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – PROMEC/UFRGS, Porto Alegre. 2008. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/14737/000668141.pdf>>. Acesso em; 24 ago. 2021

MEDEIROS, C. A.; MARTINS, A. M. Geometria sol-terra: revisão didática com ênfase no hemisfério sul e direcionada pela ABNT NBR 10899:2013. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar, 8., 2020, Fortaleza. Disponível em: <<https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/747/747>> Acesso em: 10 mar 2020.

MELHEM, R.; SHAKER, Y. Optimum Tilt Angle and Solar Radiation of Photovoltaic Modules for Gulf Collaboration Council Countries. International Journal of Energy Research, 2023, vol. 17. <https://doi.org/10.1155/2023/8381696>

META, Microsoft Corporation. React Native, version 0.70. Develop applications [S.I.], 2022.

MONTALVÃO, E. Impacto de Tributos, Encargos e Subsídios Setoriais Sobre as Contas de Luz dos Consumidores. Centro de Estudos da Consultoria do Senado Federal. Texto Para Discussão nº 62. Brasília: Senado Federal, 2009. Disponível em: <<http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/eletrobras/estudos/montalvao1.pdf>>. Acesso em 02 jul. 2020.

NASCIMENTO, A.V.; BONO, G.F.F.; BONO, G. Estudo computacional de edificações com diferentes inclinações de telhado. 2016. Mecânica Computacional, Córdoba. Disponível em: <<http://venus.santafe-conicet.gov.ar/ojs/index.php/mc/article/view/5125/5057>>. Acesso em: 28 fev. 2021.

SADO, K. A.; HASSAN, L. H. and SADO, S. Photovoltaic panels tilt angle optimization. In: International Conference on Renewable Energy (ICREN 2020), vol. 239, n. 19, p. 8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123900019>

SCHERER, L. A. et al. Fonte Alternativa de Energia: energia solar. In: Seminário Interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão, 20., Cruz Alta, 2015. Disponível em <<https://home.unicruz.edu.br/seminario/anais/anais-2015/XX%20SEMIN%C3%81RIO%20INTERINSTITUCIONAL%202015%20-%20ANAIS/Graduacao/Graduacao%20-%20Resumo%20Expandido%20-%20Exatas,%20Agrarias%20e%20Ambientais/FONTE%20ALTERNATIVA%20DE%20ENERGIA%20ENERGIA%20SOLAR.pdf>>. Acesso em 30 jan. 2022.

SIMSEK, E.; WILLIAMS, M. J.; PILON, L. Effect of dew and rain on photovoltaic solar cell performances. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2021, vol. 222, pp. 110908-110924 <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2020.110908>

TORRES, R C. Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais. 2012. 164 f Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e climatologia. Versão Digital 2, Recife, 2006, 463p. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/livros/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2021.

VENTEU, K. C.; PINTO, G. S. Desenvolvimento móvel híbrido. Revista interface Tecnológica, v. 15, n. 1 pp.86-96, 2018. Disponível em: <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2020/07/revista-ambiente-academico-v06-n01-artigo02.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2022.