

Geração de energia elétrica no Sudeste, Sul e Nordeste brasileiro analisando custo-benefício: Módulos fotovoltaicos e turbinas eólicas.

Electricity generation in the South-East, South and Northeast of Brazil analyzing cost-benefit: Photovoltaic modules and wind turbines.

¹Fábio Luís Figueiredo Fernandes
^{2,3} Gabriel Gonçalves Ribeiro
^{2,4} Gabriel Goulart Fernandes de Oliveira
^{2,5} Matheus William de M. Pinto
^{2,6} Rafael Borges de Oliveira
^{2,7} Rodrigo Almeida Martins

¹Professor do Centro Universitário de Itajubá – FEPI, Av. Dr. Antônio Braga Filho, nº 687, Varginha, Itajubá – Minas Gerais, fabiofepi@yahoo.com.br

² Discente do Centro Universitário de Itajubá – FEPI, Av. Dr. Antônio Braga Filho, nº 687, Varginha, Itajubá – Minas Gerais; ³ggoncalves1312@gmail.com; ⁴ggoulart404@gmail.com.

⁵matheuswilliammoraes@gmail.com, ⁶Rafaeloliveira156@hotmail.com, ⁷rodrigo.rdg99.rm@gmail.com

Recebido em 28 de Outubro de 2022; Aprovado em 21 de Dezembro de 2022

Resumo

Este trabalho tem como objetivo estudar sobre qual as melhores fontes de energia elétrica podem ser utilizadas nas regiões brasileiras, principalmente, as regiões Sul, Sudeste e Nordeste, destacando-se as energias eólica e fotovoltaica. Brasil, por ser um país com climas bastante diversificados devido a sua extensão territorial e as diferentes características de cada região, apresenta uma vasta gama de geração de energia elétrica. Deste modo, foi realizado testes paramétricos com amostras das médias de incidência e velocidade dos ventos nas três regiões durante cinco anos, entre 2017 e 2021, a fim de comparar os valores e obter um teste com maior porcentagem de confiabilidade, tomando três regiões para serem estudadas, Sudeste, Sul e Nordeste, sendo possível avaliar o tipo de geração de energia elétrica entre solar e eólica, que oferece o melhor custo-benefício para cada local escolhido e realizar o estudo para descobrir qual a melhor fonte de geração de energia para cada região. Por conseguinte, foi possível afirmar o melhor sistema de geração de energia elétrica em cada região além de precificá-las.

Palavras-chave: Energia elétrica. Fotovoltaica. Eólica. Renovável. Geração.

Abstract

This work aims to study which are the best sources of electricity that can be used in Brazilian regions, mainly in the South, Southeast and Northeast regions, with emphasis on wind and photovoltaic energy. Brazil, as a country with very diverse climates due to its territorial extension and the different characteristics of each region, presents a wide range of electric energy generation. Thus, parametric tests were carried out with samples of the average incidence and

speed of winds in the three regions for five years, between 2017 and 2021, in order to compare the values and obtain a test with higher percentage of reliability, taking three regions to be studied, Southeast, South and Northeast, being possible to evaluate the type of electric energy generation between solar and wind, which offers the best cost-benefit for each chosen location and carry out the study to find out which is the best source of energy generation for each region. Therefore, it was possible to state the best electricity generation system in each region, in addition to pricing them.

Keywords: Electric energy. Photovoltaic. Wind. Renewable. Generation.

1. INTRODUÇÃO

Diversos equipamentos foram inventados e confeccionados a partir da descoberta da alta faixa de diversidade que a eletricidade proporciona. Dessa forma, foram criados com a finalidade de facilitar tarefas do cotidiano ou trabalhos em que o ser humano levava muito tempo para conseguir executá-la. Assim, a eletricidade se tornou um meio indispensável por conta destes equipamentos e ferramentas que a sociedade se acomodou a fazer na utilização diária (SAKURAI, ZUCHI, 2018).

Atualmente, a energia elétrica é um importante elemento para a sociedade, com ela é possível obter conforto, segurança e bem-estar. Com estas palavras iniciou-se um estudo sobre produção de energia elétrica (BAÚ & MIOTTO, 2019). Neste contexto, a diversificação na geração de energia elétrica em cada região tem acarretado

formas sustentáveis de geração e formas pejorativas ao meio ambiente.

No Brasil foi observado um avanço em relação a oferta interna de 14,9 TWh em 2019, ocorrendo um acréscimo de 2,3% em relação ao ano anterior. Com isso, a participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira foi de 83% no ano de 2019, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020)

Em relação a energia elétrica gerada a partir de hidroelétricas, pode-se citar como desvantagens deste sistema: o comprometimento da qualidade de água, o impacto ambiental devido a retirada da mata nativa, atingindo tanto fauna como flora podendo prejudicar ecossistemas inteiros, além que mudanças de chuva podem alterar de forma direta a geração de energia elétrica (MUARIGUE e FORTES, 2022)

Segundo a ANEEL (2012) (Agência Nacional de Energia Elétrica) em 2020 cerca de 80% da energia elétrica produzida no país provém de fontes eólicas, solares e principalmente hídricas, que apresenta um total de 64,9% de toda matriz energética do país.

No caso da fonte solar, o aumento de sua competitividade nos últimos anos possibilitou a sua inserção na matriz elétrica brasileira, sendo atualmente uma das alternativas mais viáveis para se gerar energia elétrica no país. Foi possível perceber através de uma pesquisa realizada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020) entre os anos de 2018 e 2019, que a fonte de geração de energia elétrica por meio fotovoltaico teve um drástico aumento em seus fornecimentos. Tendo um acréscimo de aproximadamente 92,2%, onde a geração passou de 3.256.400 [MWh] para 6.652.360 Megawatt-hora [MWh].

A energia elétrica gerada a partir do sistema eólico, também pode-se observar um ganho de 15,5%, passando de, aproximadamente 48.485.470 Megawatt-hora [MWh] para 55.998.450 Megawatt-hora [MWh], segundo dados do EPE (2020).

E segundo Oliveira et al (2018) mostra que de acordo com seus estudos,

a energia eólica apresenta menor custo específico, enquanto a solar apresentou maior custo em relação as formas de geração que ele desenvolveu em seu artigo, tendo como comparativo a eólica, solar, rede e biomassa.

E ainda segundo Oliveira et al (2018), um ponto negativo da energia eólica é a falta de constância da frequência, velocidade e incidência dos ventos de forma que é necessário implantar o sistema em lugares muito específicos, onde o mesmo não acontece com o sistema solar.

E considerando as informações dadas, têm-se como problemática da pesquisa, a avaliação dos diferentes tipos de geração de energia elétrica, no caso deste trabalho, a partir da energia solar e eólica em considerando diferentes regiões afim de obter a forma mais eficaz de geração de energia elétrica que melhor atende as regiões analisadas, para isso deve ser considerado baseada nesta temática, a incidência solar e a velocidade de vento das regiões por serem os principais responsáveis por gerar este tipos de energia elétrica analisadas.

Deste modo, será estudado a incidência solar, a velocidade dos ventos e a produção de energia elétrica geradas pelo meio solar e eólico respectivamente.

Contudo, leva-se em conta que as estações do ano, a incidência solar e a velocidade média dos ventos podem variar, fazendo com que possa haver ou não uma diferença entre a geração de energia elétrica pelo princípio solar ou eólico.

O objetivo deste artigo é determinar o melhor tipo de geração de energia elétrica entre a solar e eólica para as regiões nordeste, sudeste e sul do Brasil, visando a rentabilidade, o investimento, o rendimento e o custo-benefício.

Com o intuito de verificar a confiabilidade deste artigo, serão realizadas análises estatísticas descritivas através de tabelas e gráficos, e a estatística exploratória dos dados através do teste comparativo de médias de três grupos comparando o potencial da geração de energia elétrica das três diferentes regiões.

2. METODOLOGIA

Para obter os resultados e respostas acerca da problematização apresentada neste trabalho, realizar-se-á uma pesquisa de natureza básica, com abordagem quantitativa a partir de dados secundários referentes aos relatórios mensais de sites que verificam a intensidade de incidência solar e a velocidade média dos ventos

relacionando elas à geração de energia elétrica comparando estas com geração de energia baseados em recursos hídricos, sendo coletados entre os meses de janeiro a dezembro dos anos de 2017 e 2021, através do tipo de amostragem estratificada, visando a obtenção de um estudo mais qualificado.

Para realização deste artigo foi desenvolvido uma análise comparativa de médias entre a incidência solar e a velocidade do vento nas regiões sul, sudeste e Nordeste, para avaliar qual das três regiões têm mais potencial na geração de energia elétrica obtida pelo sistema fotovoltaico e eólico, a partir do teste estatístico de análise de variância ANOVA de um fator para variáveis independentes, considerando uma significância de 0,05 e 95% de confiabilidade.

A partir dos dados coletados, será necessário a realização de uma análise estatística identificando as variações referentes a geração de energia elétrica, calculando-se a média e o desvio padrão, levando em consideração as estações do ano, e assim verificando a aleatoriedade, a normalidade dos dados e a variância dos dados. Para a realização do estudo, foram utilizados dados de 60 meses para estimar a média de irradiação solar e velocidade dos ventos. Com estes dados

pretende-se analisar em tese o tipo de geração de energia elétrica mais rentável para cada região do Brasil levando em consideração o preço médio do mercado. A análise dos dados descritivos foi feita através dos programas Microsoft Excel© versão 365 e MINITAB© 16.

3 - Resultados e Análise de Resultados

I) Geração de energia elétrica através de placas fotovoltaicas:

Para a realização dos cálculos utilizou-se como base uma casa com demanda de 152,2kW/mês, valor este firmado como média de consumo residencial de energia elétrica (FEDRIGO et al, 2021), com o intuito de comparar as gerações de energia elétrica nas regiões escolhidas. Deste modo foi calculado a geração de energia solar dividindo a demanda de potência pela quantidade de dias dos meses anuais (TEXEIRA et al, 2018). Levando em consideração que há meses com 28 a 31 dias, fez-se uma média de dias de um ano (\bar{x} dias mensais) e obteve o valor de aproximadamente 30,4 dias mensais.

Logo, a energia utilizada por dia (ED) é calculada pela razão do consumo mensal (CM) dividido pela média de dias mensais conforme mostrada na equação

$$1: \quad ED = CM/\bar{x} \text{ dias mensais} \quad (1)$$

Obtendo o valor:

$$\frac{152,2}{30,4} = 5,01 [kWh/dia]$$

Com isso deve-se dividir o resultado do consumo médio pela média de incidência de incidência para cada região, com o intuito de encontrar a potência das placas em Watt de pico (Wp) como mostrado na equação 2, esta medida de potência energética é associada com células fotovoltaicas visando a máxima potência que um painel pode fornecer em condições ideais (BENASSI JÚNIOR et al, 2021).

$$C_0 = \frac{5,01}{\bar{x}_{regional}} = x * 1000 \quad (2)$$

Com os valores obtidos em Watt-Pico, é necessário levar em consideração as perdas no sistema, as quais segundo a CRESESB em média totalizam 25% de toda geração. Ou seja, tendo em vista toda geração de energia elétrica, são aproveitados 75% da eficiência total (ARAÚJO et al., 2016).

Assim calculando a consumo corrigido (Wp) conforme equação 3:

$$C_c = P_0 * 1,25 \quad (3)$$

Por fim, irá calcular a quantidade de placas necessárias para suprir a necessidade de 152,2kW/mês da unidade consumidora. Logo, deve-se dividir o resultado obtido pela potência da placa fotovoltaica escolhida, a qual é de 360Wp (Figura 1), com o intuito de encontrar a quantidade mínima de placas a serem instaladas para suprir a demanda de consumo elétrico (P_c) da forma mostrada na equação 4:

$$N^{\circ} = \frac{P_c}{360} \quad (4)$$

Assim, arredondando sempre o valor obtido para um valor inteiro superior, foi possível a realização de um comparativo entre a geração de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico e o valor da implementação deste método em uma unidade consumidora.

Figura 1 – Módulo fotovoltaico 360Wp



Abaixo segue os valores do módulo fotovoltaico e do inversor de corrente:

- Preço médio de mercado do módulo fotovoltaico 360Wp: R\$ 1.000,00.
- Preço médio de mercado do inversor de corrente 1.000W (Figura 2): R\$ 2.500,00.

Figura 2 – Inversor de corrente 1000W



II) Geração de energia elétrica através de turbinas eólicas:

Para o cálculo da geração de energia elétrica através do meio eólico irá ser utilizado a seguinte fórmula mostrada na equação 5 (BARROS, 2016):

$$P = 0,5 * (\rho * A * V_m^3) \quad (5)$$

Onde P será a potência nominal fornecida pelo vento, ρ será a densidade do ar seco (1,225 kg/m³), A é a área de varredura do rotor que, para uma turbina eólica de pequeno porte (2,01m²) e V_m é o valor da velocidade do vento.

Logo após ter realizado este cálculo deve-se levar em consideração a Lei de Betz, onde está descrito que uma turbina

eólica irá funcionar aproveitando apenas 59,3% de toda energia cinética do vento, ou seja, 40,7% desta energia é perdida. (BUCK & ARAÚJO; 2013). Logo, deverá multiplicar o resultado da potência calculada (P) anteriormente pelo fator de Betz para obter a potência mecânica (P_m) em (W) no eixo do rotor conforme equação 6:

$$P_m = P * 0,593 \quad (6)$$

Quando já obtidos esses resultados de potência com seu respectivo coeficiente de potência, deverá ser feita uma relação para converter potência mecânica em potência elétrica gerada (P_{el}) mostrada na equação 7: (LIMA *et al*, 2011)

$$P_{el} = \frac{(P_m \cdot \eta)}{1000} \quad (7)$$

Onde η é a eficiência dos diversos componentes do sistema. Como este valor é variado, será escolhida uma média entre o máximo e o mínimo valor de eficiência (67% e 81%) e assim terá a eficiência dos componentes da turbina (Figura 3) escolhida será de aproximadamente 74%.

Figura 3 – Turbina eólica Master 940



Por meio destas equações, poderá ser calculado o quanto de energia uma turbina irá gerar de modo a atender a demanda de consumo de energia elétrica.

3.1 – Incidência solar e velocidade dos ventos

Foram retirados os dados de velocidades dos ventos e nível de irradiação solar nas regiões em estudo. Estes dados foram retirados do site de meteorologia Weatherspark (WEATHER SPARK, s.d.), que possui um histórico gráfico destes dados durante diversos anos.

Então para meios comparativos, realizou-se o teste ANOVA nos dados obtidos os quais apresentaram como valor de $F=37,44$ e $P=0,000$ para incidência solar e $F=191,91$ e $P=0,000$ para velocidade dos ventos nas três regiões, como mostram as tabelas 1 e 2

1

Tabela 1: Resultados do teste ANOVA para valores de Incidência Solar

Regiões	Média (dp)	IC da diferença (95%)		
-	-	Sul	Sudeste	Tukey
Sudeste	5,3167 (0,9033)	(-0,320; 0,6407)	-	B
Sul	5,5517 (1,2212)	-	(-0,320; 0,6407)	B
Nordeste	6,7055 (4,914)	(0,7481; 1,5596)	(0,9831; 1,7946)	A

De acordo com a tabela 1, nota-se, que as médias na incidência solar se mantêm com uma diferença mínima entre os estados, já em relação a tabela 2

(Velocidade do vento), percebe-se que a região nordeste está com uma grande diferença em relação a média das outras regiões.

1

Tabela 2: Resultados do teste ANOVA para valores de velocidade do vento

Regiões	Média (dp)	IC da diferença (95%)		
-	-	Sul	Sudeste	Tukey
Sudeste	11,498(1,059)	(-0,320; 2,250)	-	B
Sul	12,463(1,166)	-	(-0,320; 2,250)	B
Nordeste	21,172(4,914)	(7,424; 9,993)	(8,389; 10,958)	A

Na análise feita, os dados foram analisados no intervalo mensal de janeiro de 2017 até dezembro de 2021, totalizando 60 valores referentes a velocidade dos ventos [km/h] na região e o nível de ondas de irradiação solar [W/m²]. Sendo assim, foi analisado e adicionados em uma planilha o rendimento mensal desses dados em cada uma das três regiões que estão sendo analisadas, nordeste, sudeste e sul. Com o comparativo do rendimento de cada modo de geração em sua respectiva região, é possível analisar qual é o modo mais rentável, visando o investimento e o retorno.

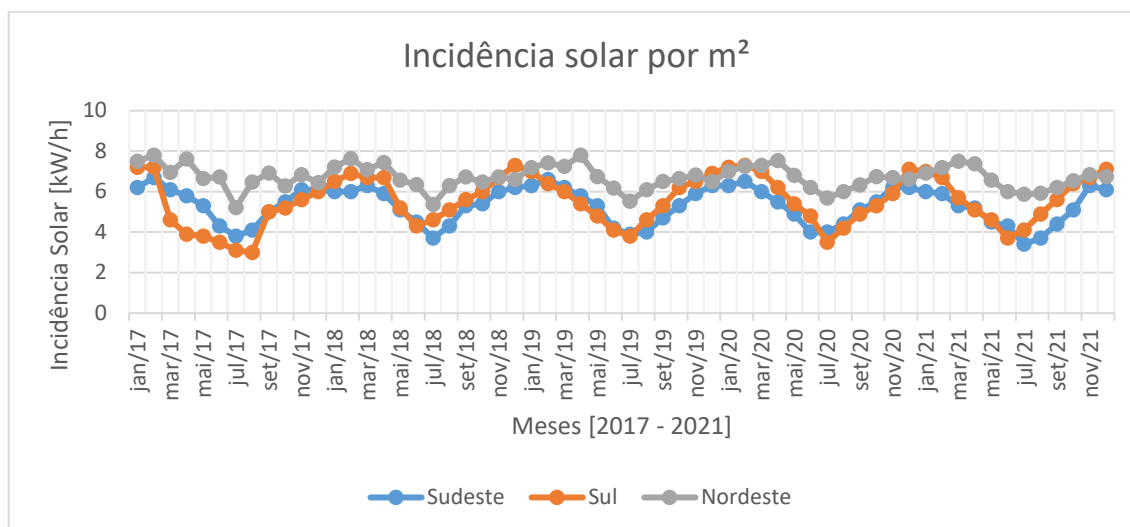
É importante também ter um estudo a respeito das variáveis climáticas na

região em estudo pois isto pode acarretar gerações inesperadas e não compatível com o dimensionamento que foi elaborada para a situação.

Por exemplo, o clima da região pode sofrer alterações por conta de algum fenômeno não previsto e assim ocasionar grandes nuvens impedindo a irradiação direta da luz solar nos painéis captadores, diminuindo o seu rendimento e consequentemente afetando na sua produção diária de energia. (TOMASINI, 2011).

Dessa forma, foi possível observar que os valores da incidência solar nas três regiões variam pouco, apesar de ser levemente maior no Nordeste, como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Incidência solar em cada região.



Em relação aos cálculos para módulos fotovoltaicos obteve-se as seguintes respostas mostradas na tabela 3, onde verifica-se que a região nordeste gera um menor custo de implantação considerando os valores de materiais, não levando em consideração os valores de mão de obra e de projeto, isso porque é considerado um mesmo sistema instalado, onde o preço de projeto deve ser considerado o mesmo. E a mão de

obra não houve necessidade pois o preço de 1 a 5 placas solares é o mesmo preço segundo (CRONOSHARE, s.d.) o que não seria possível verificar alguma diferença no valor levando estes pontos em consideração, sendo assim, com um valor de R\$ 1000,00 reais a menos quando comparado as outras regiões, devido à maior incidência solar nesta região, o que gera um menor consumo de Wp necessitando de uma menos placas.

Tabela 3: Resumo de dados para análise do custo-benefício

	Sudeste	Sul	Nordeste
Incidência Solar (kWh/m²)	5,317	5,641	6,727
Consumo em WTT-PICO (Wp)	941,62	877,53	745,03
Consumo corrigido com perdas (Wp)	1177,02	1109,42	931,28
Nº de placas utilizadas	4	4	3
Somatório de Custos (R\$)	6.500,00	6.500,00	5.500,00
Preço da placa (R\$)	1.000,00	1.000,00	1.000,00
Preço do inversor (R\$)	2.500,00	2.500,00	2.500,00
Total (R\$)	10.000,00	10.000,00	9000,00

Vale ressaltar que os fenômenos climáticos apresentam variáveis a serem analisadas, assim como na geração solar, pois podem gerar correntes de ventos mais potentes ou até inexistentes.

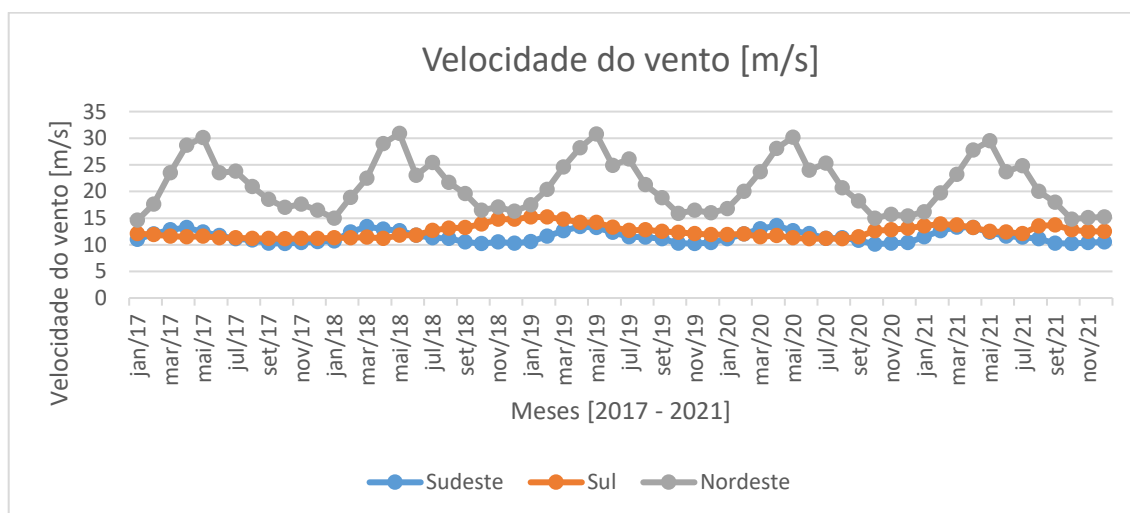
É de grande relevância levar em conta que velocidade dos ventos sofre uma influência significativa por conta do relevo presente onde é analisado. Com a presença de uma cadeia de montanhas e deformidades no solo ou até mesmo o tipo de vegetação e construções civis no local analisado influencia no índice da velocidade dos ventos apresentado uma diferença, já que estes afetam diretamente no sentido onde passam as

correntes de ventos. (TOMASINI, 2011).

E, relação aos resultados obtidos de forma secundária foi desenvolvido o gráfico mostrado na figura 5 que mostra que a região Nordeste apresenta uma maior incidência de ventos, mostrando ser uma região mais propícia no investimento para a geração eólica. Mas vale ressaltar que a partir dos resultados, é importante observar que nas outras regiões, apesar de menor incidência de ventos, possui mais estabilidade nesta incidência gerando assim uma geração de energia elétrica de forma mais contínua, sem grande variabilidade, como observado na região Nordeste.

1

Figura 5 – Velocidade do vento em cada região.



Em relação aos cálculos obteve-se as seguintes respostas mostradas na tabela 4 que mostra um resumo dos

dados referentes as potências Eólica, Mecânica e Elétrica gerada por cada região estudada.

Assim com valores de custo de implantação do sistema, onde verifica-se que novamente a região Nordeste apresenta uma maior potência de ventos de forma significativa devido a grande incidência de ventos, e

consequentemente uma maior potência mecânica e elétrica, o que faz com que reduza o custo de implementação deste sistema, obtendo uma diferença de R\$ 4.128,00 reais em relação as outras regiões analisadas.

1

Tabela 4: Resumo de dados comparativo em relação aos custos e potencial de energia.

	Sudeste	Sul	Nordeste
Potência Eólica	1.872,132 W/m ²	2.384,155 W/m ²	11.686,835 W/m ²
Potência Mecânica	1.104,558 W/m ²	1.406,651 W/m ²	6.895,233 W/m ²
Potência Elétrica	0,817 kWh	1,041 kWh	5,102 kWh
Valor da Turbina	R\$ 4.200,00	R\$ 4.200,00	R\$ 4.200,00
Somatório dos outros custos	R\$ 21.000,00	R\$ 21.000,00	R\$ 16.872,00
Total (R\$)	25.200,00	25.200,00	21.072,00

CONCLUSÃO

O estudo teve como objetivo avaliar a melhor geração de energia elétrica em relação a geração fotovoltaica ou eólica, de forma que o objetivo foi cumprido de forma que possível identificar que, mesmo com o elevado custo da energia elétrica produzida pelo meio solar no Brasil, este método é mais rentável quando comparado com a geração pelo meio eólico, mesmo que o potencial eólico seja bem elevado nas regiões brasileiras, sendo 11.686,835 W/m² no Nordeste, 2.384,155 W/m² no Sul e 1.872,132 W/m² no Sudeste. Visto que o custo de geração através da energia cinética dos ventos é ainda inviável para casas com consumo elevado de energia

elétrica. Logo nota-se pelo resultado obtido que a geração de energia fotovoltaica tende a crescer cada vez mais, assim como a eólica também está crescendo, porém, esta última em uma velocidade mais lenta.

Com estudo desse artigo foi possível obter resultados que mostram que a energia solar para fornecimento residência tem um preço bem abaixo quando comparado a produção de energia eólica, como o caso da região nordeste onde mesmo com altos índices de irradiação solar e altos volumes de ventos pode se ver uma diferença de valor de 3 vezes mais custos para produção de energia eólica dentro dos moldes analisados, com R\$ 16.872,00

reais para apenas R\$ 5.500,00 reais para instalação e produção de energia solar.

REFERÊNCIAS:

- ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica** – Resolução Normativa nº 482. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 12 Dez, 2021.
- ARAÚJO, A. J. N.; et al; **Análise dos fatores de perdas nos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica em Curitiba**. Universidade tecnológica federal do paraná departamento acadêmico de eletrotécnica curso de engenharia elétrica (utfpr).; Curitiba - PR - 2016.
- BARROS, P. K. de S.; **Metodologia para cálculo de perdas elétricas em sistemas com geração eólica**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- BAÚ, M T.; MIOTTO, F.; et al; **A produção da energia elétrica e a importância das usinas hidrelétricas**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC). 76ª ed. Palmas - TO, 2019.
- BENASSI JÚNIOR, M.; RIBEIRO, S. L.; SILVA, L. C. DA. UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO (SAD) PARA A ESCOLHA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO. **Teoria & Prática: Revista de Humanidades, Ciências Sociais e Cultura**, v. 3, n. 1, p. 1-26, 31 jul. 2021.
- BUCK, C. A. B.; ARAÚJO, M. E.; **Microgeração eólica na cidade do Rio de Janeiro**; 2013, 67 f. Monografia (Especialista em Gestão Ambiental) - Universidade Cândido Mendes; Rio de Janeiro, 2013.
- CRONOSHARE, s.d. Disponível em: [Quanto custa instalar painéis solares? Guia de preços em 2022 \(cronoshare.com.br\)](http://cronoshare.com.br)
- EPE; **Balanco Nacional Energético**. Rio de Janeiro – RJ, 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf . Acesso em: 15 nov. 2021.
- FEDRIGO, N. S. et al.; **Uso finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (labEEE) - 2021. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/node/480>. Acesso em: 29 nov. 2021.
- LIMA, L. F., GUIMARÃES JR. S. C. & DE PAULA, A. A.; **Potência extraída de turbinas eólicas baseada na comparação de diferentes tipos de velocidade dos ventos**. Alternativas (NUPEA), Uberlândia – MG, 2011.
- MUARIGUE, Abdala Raúl; FORTES, António Gonçalves. **Geração de energia hidrelétrica através de uma turbina Francis para o uso residencial**. Conexões-Ciência e Tecnologia, v. 16, p. 022007, 2022.
- OLIVEIRA, A. P. M. de; FUGANHOLI, N. S.; CUNHA, P. H. de S.; BARELLI, V. A.; BUNEL, M. P.

M.; NOVAZZI, L. F. **Análise técnica e econômica de fontes de energia renováveis.** The Journal of Engineering and Exact Sciences, Viçosa/MG, BR, v. 4, n. 1, p. 0163–0169, 2018. DOI: 10.18540/jcecv14iss1pp0163-0169.

SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. **As revoluções industriais até a Indústria 4.0.** Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018. DOI: 10.31510/infa.v15i2.386.

SOLARVIEW. **Inovação, Sustentabilidade e Alta Tecnologia,** 2020. Disponível em: <<http://solarview.com.br/about>>. Acesso em: 12 dez de 2021

TEXEIRA R. O. et al; **Avaliação de potenciais para instalação de placas fotovoltaicas para a produção de energia solar no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande/PB;** Congresso Nacional da Diversidade Semiárido (CONADS). Campina Grande / PB; 2018.

TOMASINI, J.; **Padrão de variabilidade do vento à superfície, em lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil: Implicações ambientais.** Centro Universitário Unitaves. Lajeado – RS, 2011.

WEATHER SPARK. **O clima de qualquer lugar da Terra durante o ano inteiro.** [s.d.] Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/> Acesso em: 10 de out. 2021