



AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM GERADOR FOTOVOLTAICO INSTALADO NA REITORIA DO IFTM APÓS TERCEIRO ANO DE OPERAÇÃO

Sergio B. Silva*^{1,2}, Mateus E. Tagliaferro¹, Olívio C. N. Souto², Fernando N. Belchior³

¹IFTM – Instituto Federal do Triângulo Mineiro

²NUPSOL/IFG – Instituto Federal de Goiás

³UFG – Universidade Federal de Goiás

Resumo – O setor solar fotovoltaico na modalidade de geração distribuída cresce a cada ano no Brasil. Atualmente, a potência instalada distribuída supera em duas vezes a potência instalada na modalidade geração centralizada. Com todo esse crescimento, estudos que envolvam avaliação do desempenho global das instalações em operação de forma a confrontar com valores estimados de projeto fazem-se necessários. Neste sentido, este artigo tem como objetivo a avaliação de uma instalação real, operando a mais de três anos no Instituto Federal do Triângulo Mineiro. A avaliação aplica os índices de méritos como produtividade de referência, produtividade do sistema, desempenho global e fator de capacidade, considerando os dados obtidos pela estação de monitoramento local. Os resultados alcançados demonstram que o sistema opera em condições satisfatórias com desempenho global na ordem de 73% e produtividade anual de 1421 kWh/kWp. Apesar dos resultados se encontrarem dentro das médias globais para este tipo de empreendimento, é possível a melhora no desempenho global do sistema nos períodos de baixa produção, com manutenções simples, como, por exemplo, a limpeza dos módulos.

Palavras-Chave – Desempenho Operacional, Geração Distribuída, Solar Fotovoltaica.

PERFORMANCE ASSESSMENT OF A PHOTOVOLTAIC GENERATOR INSTALLED IN IFTM/REITORIA AFTER THIRD YEAR OF OPERATION

Abstract - The photovoltaic solar energy sector in distributed generation mode grows every year in Brazil. Currently, the installed distributed power exceeds twice the installed power in the centralized generation. With all this growth, studies that involve the evaluation of the global performance of the facilities under operating conditions, in order to compare with the estimated project values, are necessary. In this sense, this paper aims to evaluate a real installation, operating for more

than three years at the Federal Institute of Triangulo Mineiro, in Minas Gerais-Brazil. The evaluation applies the indices of merits such as Final Yield, Performance Rate and Capacity Factor, considering the data obtained by the local monitoring station. The results achieved demonstrate that the system operates under satisfactory conditions with performance rate in the order of 73% and final productivity of 1421 kWh/kWp. Despite the results within the global averages for this type of enterprise, it is possible that it can improve the performance of the system in the periods of low production, with simple maintenance, due to soiling.

Keywords - Operational performance, Distribute Generation, Solar Photovoltaic.

I. INTRODUÇÃO

A humanidade tem se tornado cada vez mais dependente da energia elétrica e no Brasil não tem sido diferente, por isso, é preciso produzi-la em larga escala e ampliar o parque gerador e, assim, atender esta demanda crescente. A matriz elétrica brasileira é predominantemente de fontes renováveis, principalmente hidroelétrica [1].

Grandes usinas hidroelétricas (UHEs) construídas recentemente no Brasil, foram alvos de discussões e impasses ambientais, relativos aos impactos que seriam gerados devido à sua construção e alagamento de terras para criação do reservatório de água, criando conflitos com populações locais e indígenas. Para minimizar estes efeitos colaterais, os projetos tenderam a utilizar turbinas tipo bulbo que operam com pouca queda d'água, inferiores a 20 metros.

Porém, uma limitação ocorre, pois este tipo de usina está à mercê das mudanças climáticas, e caso não haja chuva suficiente para manter o volume ideal do rio, a produção de energia é comprometida, inviabilizando seu funcionamento, sendo necessário o desligamento das máquinas.

Com o recente cenário apresentado relativo à escassez de água e baixo nível dos reservatórios das usinas hidrelétricas, faz-se necessário uma prospecção de novas alternativas para evitar problemas futuros.

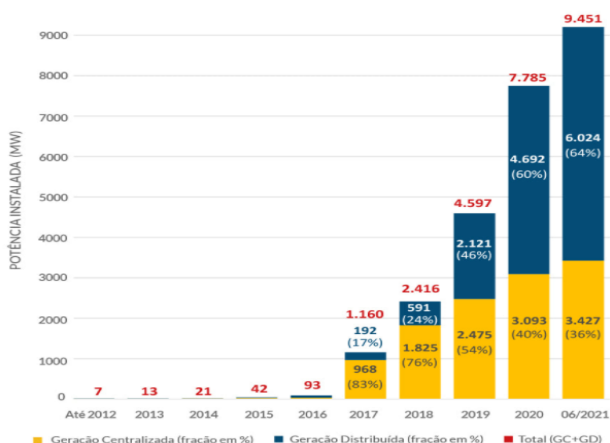
*sergiosilva@iftm.edu.br; sergio.eng@gmail.com

Nos últimos anos, o país tem enfrentado a situação com a construção de novas usinas por meio de fontes não renováveis, que não demandam grandes áreas. Porém, de acordo com [2], a utilização de fontes não renováveis provoca impactos ambientais que vêm sendo comprovados pelos cientistas e sentidos pelas populações mundiais [2,3].

Outras fontes renováveis têm aumentado sua participação na matriz elétrica nacional, entre elas, pode-se destacar as fontes eólica (com maior participação) e a solar fotovoltaica.

A geração solar fotovoltaica (GFV) destaca-se entre as outras fontes de energia renováveis por ser autônoma, não poluir o meio ambiente, ser inesgotável, e por reduzir custos a longo prazo após a instalação [2]. A GFV vem crescendo rapidamente no país, graças ao forte apelo ambiental e, principalmente, pela redução nos custos dos equipamentos. No cenário nacional, a capacidade instalada vem aumentando exponencialmente, conforme observado na Figura 1.

Figura 1: Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil.



Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2021 [8].

A potência instalada total atingiu 9,4 GW até o fim do primeiro semestre de 2021. São cerca de 3,4 GW instalados em grandes usinas fotovoltaicas na modalidade de geração centralizada, representando 1,9% de toda a matriz elétrica e 6,02 GW de potência instalada apenas na modalidade de geração distribuída (GD) espalhados nos telhados residências, comerciais, prédios públicos e áreas rurais [4].

Em 2017, a reitoria do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), por meio de adesão à ata RDC 01/2016 - Regime Diferenciado de Contratações Públicas) do Instituto Federal Sul de Minas [5-6], aderiu ao contrato para aquisição de uma usina fotovoltaica (UFV) de 72,9 kWp, o qual foi instalada e entrou em operação em agosto de 2018. Conforme visto em [7], vários campi dos institutos federais também aderiram a mesma ata para instalação de UFV de mesma capacidade. Ao todo o RDC 01/2016 previa a contratação de 82 UFV espalhadas em todo o país.

Neste contexto, este artigo tem como objetivo geral apresentar os resultados das análises das performances energéticas da UFV instalada na reitoria do IFTM, na cidade de Uberaba-MG, nos primeiros três anos de operação, de agosto de 2018 a julho de 2021.

II. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Para atingir os objetivos estabelecidos no artigo, as características do local (Reitoria/IFTM), e as características da UFV são apresentadas nesta seção. Além disso, informações coletadas da plataforma de monitoramento, tais como, irradiação mensal sobre o arranjo fotovoltaico e os dados de produção mensal de energia são registrados aqui, de forma a confrontar os valores teóricos e práticos.

A. Características do Local de Instalação

Conforme apresentado em [9], o IFTM é composto atualmente por sete *Campi* espalhados entre as Mesorregiões do Noroeste de Minas, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, de dos *Campi* Avançados, um na cidade de Campina Verde e o Parque Tecnológico na cidade de Uberaba, além da Reitoria que também se encontra na cidade de Uberaba-MG. A Fig. 2 apresenta a distribuição dos mesmos e a localização de cada prédio do IFTM.

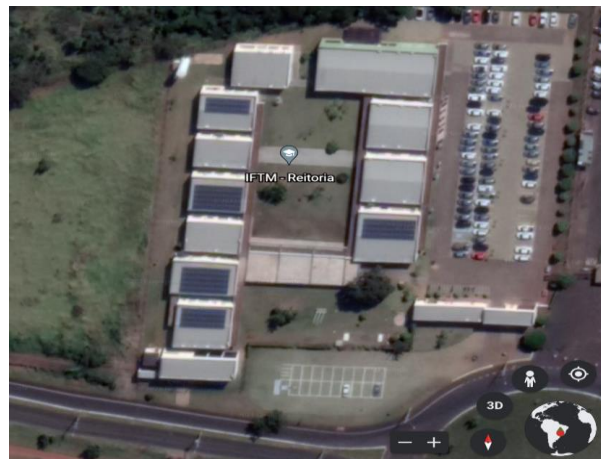
Figura 2: Localização da Reitoria e dos Campi do IFTM.



Fonte: Relatório Gestão [9].

A Reitoria é atendida com tensão entre 2,5 kV e 25 kV, pertencente ao grupo A4 (modalidade de tarifa verde), com uma demanda contratada atual em 110 kW [6]. A Figura 3 apresenta uma vista aérea com a distribuição dos 5 arranjos da UFV instalada nos telhados do prédio da Reitoria do IFTM.

Figura 3: Vista Aérea da UFV - Reitoria/IFTM.

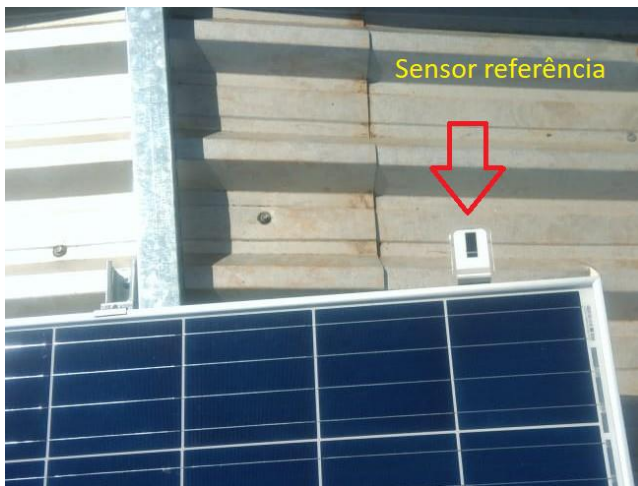


Fonte: GoogleEarth, 2021.

B. Irradiação Solar Local

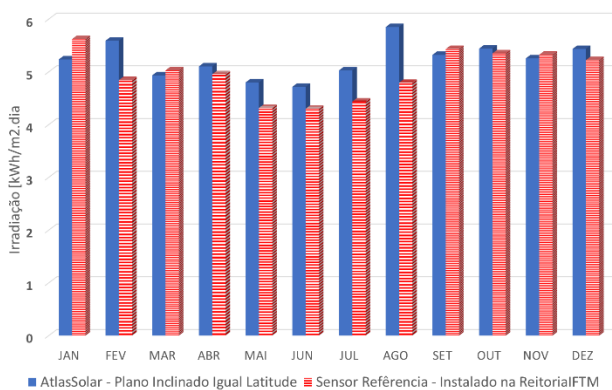
De acordo com os dados disponíveis na 2ª. Edição do Atlas Brasileiro de Energia Solar [10] para o local de estudo, a irradiação solar diária média no plano horizontal é de 5,15 kWh/m²/dia. Considerando o plano com ângulo igual a latitude do local, esta irradiação média sobe para 5,39 kWh/m²/dia. A UFV instalada na Reitoria do IFTM possui uma estação meteorológica, conforme pode ser observado na Figura 4. Os dados de irradiação foram obtidos por meio de uma célula de referência instalada junto aos módulos FVs.

Figura 4: Vista do Sensor de Referência instalado junto aos módulos FV no Bloco 11 da Reitoria/IFTM.



O gráfico da Figura 5 apresenta os valores das médias diárias mensais registrados nos três anos de operação junto à UFV instalada na Reitoria, juntamente com os dados obtidos do Atlas Brasileiro de Energia Solar, com ajustes para a inclinação de 12 graus, conforme instalação.

Figura 5: Irradiação média diária mensal [kWh/m².dia]



Ao comparar os valores da Figura 5, pode-se notar que no período de maio a agosto, os valores das médias registrados pelo Atlas foram superiores aos valores registrados pelo monitoramento do sistema instalado na Reitoria do IFTM.

C. Características Técnicas do SFCR em Operação

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas as características técnicas dos principais componentes da UFV instalada na reitoria do IFTM.

Tabela 1: Características Técnicas dos Módulos FV

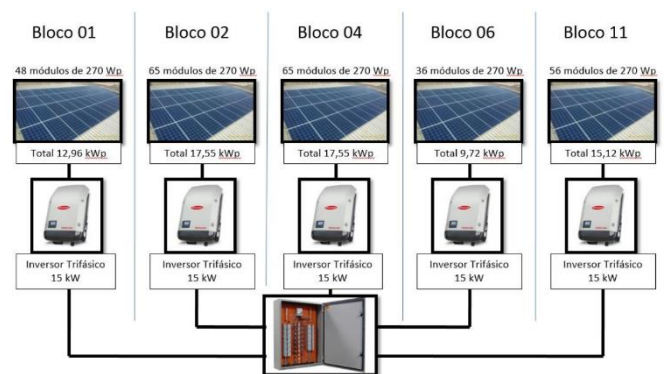
Item	Descrição
Fabricante	JINKO Solar
Modelo	JKM270PP-60
Potência Nominal CC (Pcc)	270 Wp
Eficiência	16,5 %
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	38,8 V
Tensão Ponto Máxima Potência (Vmpp)	31,7 V
Corrente Ponto Máxima Potência (Impp)	8,52 A
Corrente de curto-circuito (Isc)	9,09 A
Dimensões	1650 x 992 x 40 mm

Tabela 2: Características Técnicas dos Inversores FV

Item	Descrição
Fabricante	FRONIUS
Modelo	Symo 15.0-3 208
Potência FV recomendada (CC)	12 – 19 kWp
Max. corrente do conjunto curto-circuito (MPPT1/MPPT 2)	50 A
Max. tensão de entrada	1000 V
Número de MPPT	1
Max. potência de saída (CA)	15 kW
Max. corrente de saída	41,6 A
Max. Eficiência	97,3 %
Fator de distorção	< 3,4 %

De forma geral, o projeto instalado consta de 270 módulos de mesmas características (Tabela 1) e de 5 inversores conectados à rede, conforme apresentado na Tabela 2. A capacidade total da UFV é de 72,9 kWp. Conforme projeto de instalação, a UFV foi distribuída em 5 blocos, sendo eles: Bloco 01, Bloco 02, Bloco 04, Bloco 06 e Bloco 11, conforme Figura 6.

Figura 6: Configuração da UFV instalada na Reitoria/IFTM.



Fonte: Mateus, (2019) [6]

Na escolha dos blocos, foi utilizado o critério da disposição dos telhados quanto à melhor orientação e maior proximidade aos Quadros Gerais de Baixa Tensão (QGBT) dos blocos.

D. Índices de Méritos

Como descrito em [11], os índices de méritos são indicadores universais que permitem realizar comparações entre diferentes UFV. Neste artigo, foram consideradas:

- Fator de Capacidade (FC) - definido pela razão entre a produção de energia elétrica real e a produção de energia teórica se o sistema operasse 24h por dia em sua potência nominal nas condições padrão (STD - 1000W/m² e 25°C);
- Produtividade do Sistema (*Final Yield* - Y_F) - definido como a relação entre a energia elétrica produzida pela capacidade instalada da UFV;
- Produtividade de Referência (*Reference Yield* - Y_R) - determinada pela relação entre a irradiância no plano inclinado pela irradiância padrão;
- Taxa de Desempenho (*Performance Ratio* - PR) - definido como a relação entre a produtividade do sistema e a produtividade de referência.

O monitoramento de tais índices podem auxiliar na identificação de problemas operacionais dos geradores fotovoltaicos [12-13]. Além disso, permitem verificar se uma determinada UFV está operando de forma otimizada ou se deve ser reconfigurado para aproveitar ao máximo o recurso solar disponível [14]. Uma variação significativa do índice PR em intervalos de curto de tempo (como dias) pode estar relacionada a uma falha de algum componente do sistema. Já a variação gradual do PR pode estar relacionada ao surgimento de sombreamentos, sujeira [15] e/ou degradação da UFV.

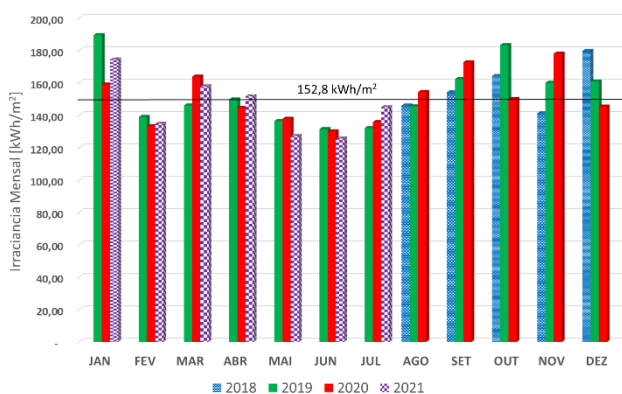
III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os principais resultados obtidos para a análise de desempenho da UFV avaliada.

A. Avaliação da Irradiação Solar Local

O gráfico da Figura 7 apresenta os valores mensais da irradiância no plano dos módulos FVs instalados na Reitoria (com inclinação de 12°) registrados no período avaliado neste artigo, compreendido entre ago/2018 e jul/2021). A média mensal para o período foi de 152,8 kWh/m².mês.

Figura 7: Dados de Irradiação Mensal registrados pelo sistema de monitoramento local [kWh/m²]



Nos anos de 2019 e 2020, os valores anuais da irradiância recebida no local foram respectivamente 1835,65 kWh/m² e

1804,09 kWh/m². Vale ressaltar que a irradiância média diária mensal registrada pelo sensor de referência resultou em 6% a menos, comparada ao valor da média fornecida pelo Atlas Solar Brasileiro para o local de estudo. Importante registrar que essa diferença se deve ao fato de ajustes de inclinação e condição de manutenção da célula solar, quanto a limpezas regulares.

B. Produção de Energia pela UFV

A soma de energia produzida pela UFV nos três primeiros anos de operação totalizou 310,8 MWh. A média mensal de energia no período completo alcançou 8,63 MWh. A Tabela 3 mostra os valores registrados mensalmente no período avaliado neste artigo (ago/2018 a jul/2021).

Tabela 3: Produção Mensal de Energia em MWh

Mês	Ano1 2018/19	Ano 2 2019/20	Ano 3 2020/21
AGO	8,61	8,22	8,01
SET	9,32	8,95	8,35
OUT	9,45	10,13	8,35
NOV	8,78	8,88	10,03
DEZ	10,60	9,38	8,73
JAN	10,91	9,19	10,20
FEV	8,05	7,88	7,92
MAR	8,41	9,22	9,03
ABR	8,80	8,20	8,61
MAI	8,01	7,80	6,85
JUN	7,42	7,35	7,30
JUL	7,78	7,65	8,42
Total	106,14	102,85	101,80
Média	8,84	8,57	8,48

O mês com maior produção de energia registrado foi o mês de Janeiro/2019 com 10,91 MWh de energia produzida. Já o mês com menor produção de energia foi maio de 2021, com 6,85 MWh registrados no período.

C. Avaliação de Desempenho

Nesta seção são apresentados os resultados da análise do desempenho operacional da UFV. As análises foram apuradas aplicando os índices de mérito mencionados no item D da seção anterior. De forma geral, para o período completo avaliado, o SFCR da Reitoria/IFTO registrou produtividade total média de 1421,07 kWh/kWp e produtividade média mensal de 118,42 kWh/kWp. Os valores mensais são apresentados na Tabela 4.

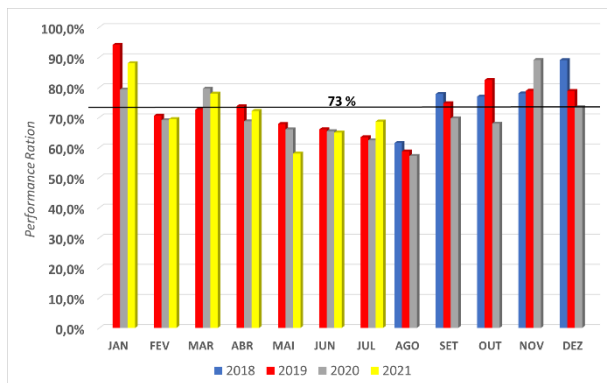
Tabela 4: Produtividade Mensal (Y_F) em kWh/kWp

Mês	Ano1 2018/19	Ano 2 2019/20	Ano 3 2020/21
AGO	118,11	112,76	109,88
SET	127,85	122,77	114,54
OUT	129,63	138,96	114,54
NOV	120,44	121,81	137,59
DEZ	145,40	128,67	119,75
JAN	149,66	126,06	139,92
FEV	110,43	108,09	108,64
MAR	115,34	126,47	123,87
ABR	120,71	112,48	118,11
MAI	109,88	107,00	93,96
JUN	101,78	100,82	100,14
JUL	106,72	104,94	115,50
Total	1.455,95	1.410,84	1.396,43
Média	121,33	117,57	116,37

Para o ano de 2020, os valores apresentaram a menor média mensal. Fatores como limpeza dos módulos neste período influenciaram os resultados.

Ao avaliar o rendimento global do sistema ou *Performance Ratio (PR)*, este registrou uma variação entre 58,7% a 94% nos três primeiros anos, com uma média igual a 73%. A Figura 8 apresenta os valores percentuais do Rendimento Global da UFV.

Figura 8: Valores percentuais PR mensal.



Por fim, a última análise apresentada é o Fator de Capacidade, o qual está relacionado diretamente à disponibilidade do recurso solar. Os resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Fator de Capacidade em %

Mês	Ano 1 2018/19	Ano 2 2019/20	Ano 3 2020/21
AGO	15,9	15,2	14,8
SET	17,8	17,1	15,9
OUT	17,4	18,7	15,4
NOV	16,7	16,9	19,1
DEZ	19,5	17,3	16,1
JAN	20,1	16,9	18,8
FEV	16,4	16,1	16,2
MAR	15,5	17,0	16,6
ABR	16,8	15,6	16,4
MAI	14,8	14,4	12,6
JUN	14,1	14,0	13,9
JUL	14,3	14,1	15,5
Média	16,6	16,1	15,9

Na média geral, o FC da UFV foi de 16,2%, valor considerado dentro da faixa geral para os sistemas solar fotovoltaicos conectados à rede.

A Tabela 6 apresenta um comparativo com relação aos seus índices de mérito, entre as UFVs instalada na Reitoria do IFTM, no IFG campus Itumbiara-GO e no Laboratório Elétrica da UFU [15-16].

Tabela 6: Comparativos entre UFVs Instaladas em Instituições Públicas na Região.

UFV	IFTM Uberaba	IFG [15] Itumbiara	UFU [16] Uberlândia
Potência Instalada (kWp)	72,9	70,2	2,16
Período de Operação	2018-2021	2018	2014
Y_f (kWh/kWp)	1.421,07	1.518,52	1.454,21
FC (%)	16,35	-	16,26
PR (%)	73,0	82,44	69,18

Analisando a Tabela 6, verifica-se que a UFV instalada na Reitoria do IFTM Uberaba apresenta desempenho médio em relação às demais UFV consideradas. Comparado com o sistema instalado no IFG Itumbiara, possui índices inferiores. Vale ressaltar que, de acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar, a irradiação média diária mensal é superior para essa localidade. Além disso, para o período de 2018, de acordo com o estudo apresentado em [15], houve várias intervenções no processo de limpeza dos módulos, o que contribuiu para melhora no desempenho geral (PR).

Ao comparar a UFV instalada no IFTM Uberaba e na UFU Uberlândia, observou-se que os valores finais ficaram próximos.

IV. CONCLUSÕES

Com o aumento do número de geradores fotovoltaicos conectados à rede de baixa tensão no Brasil, é importante avaliar os parâmetros que levam esses sistemas a operarem em condições normais, alcançando os resultados aos quais foram especificados. Assim, este artigo buscou apresentar os principais índices de méritos para avaliação de uma UFV instalada e operando a três anos na Reitoria do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – IFTM, campus Uberaba.

A metodologia utilizada para a obtenção de dados e, posteriormente cálculo dos índices, foi apresentada. Estes índices caracterizam o recurso disponível, bem como o desempenho das UFVs.

Após a análise dos resultados dos índices de méritos calculados para a UFV em operação no telhado do prédio da Reitoria do IFTM, nos seus três primeiros anos de operação, conclui-se que o sistema está operando em um regime satisfatório. A taxa de desempenho global atingiu 73%, com fator de capacidade geral de 16,2%, e a produtividade mensal média na ordem de 120 kWh/kWp.

Dessa forma, comparando com outras UFV instaladas em outras instituições de ensino, sendo elas localizadas nas cidades de Uberlândia-MG e Itumbiara-GO, verificou-se que os resultados da análise foram próximos com melhores resultados para a UFV instalada em Itumbiara-GO.

No entanto, os resultados são satisfatórios, principalmente quando comparado com sistemas de localidades diferentes, mesmo com variadas orientações e inclinações das UFVs, o desempenho é alto e consequentemente, viável sua aplicação e expansão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a administração do IFTM por disponibilizar os dados para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] EPE - Empresa de Pesquisa Energética. *Balanco Energético Nacional 2021 ano base 2020*. Acedido em: 11 de agosto de 2021, em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>.
- [2] DUTRA, J. C. D. N.; BOFF, V. Â.; SILVEIRA, J. S. T.; ÁVILA, L. V. Uma Análise do Panorama das Regiões

- Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o Prisma da Energia Eólica e Solar Fotovoltaica como Fontes Alternativas de Energia. Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD, v. 34, n. 124, p. 225-243. 2013.
- [3] DASSI, J. A. et al. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. **XXII Congresso Brasileiro de Custos**. Foz do Iguaçu-PR, 11-13 nov. 2015.
- [4] ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração**. Brasília-DF, Disponível em:<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>> Acedido em: 11 de agosto de 2021.
- [5] IFSULDEMINAS. “RDC 01/2016 - SRP - Placas Fotovoltaicas”, 2016. Disponível em:<<https://portal.ifsuldeminas.edu.br/index.php/pro-reitoria-administracao/compras-e-licitacoes/241-regimediferenciadodecompras>> Acedido em: 11 de agosto de 2021.
- [6] TAGLIAFERRO, M. E. Análise de retorno de investimento e viabilidade econômica em projetos de eficiência energética aplicados à Reitoria do Instituto Federal do Triângulo Mineiro. 2019. Dissertação de Mestrado, UFTM, Uberaba-MG.
- [7] SILVA, S.B.; et. al. Estudo da viabilidade econômica para a instalação de sistemas fotovoltaicos nos campi ifg Itumbiara e Uruaçu. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS. 2018.
- [8] ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Infográfico ABSOLAR atualizado em 01/07/2021, n.33. Acedido em: 11 de agosto de 2021, em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>
- [9] IFTM - Relatório de gestão Ano – 2020. Disponível em:<<https://iftm.edu.br/visao/loader.php?src=55c96ac30d3fc0ff7ceaf9d44a8d54ac>> Acedido em: 11 de agosto de 2021
- [10] PEREIRA, E.B; et al. Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2ª edição. São José dos Campos. Brasil, 2017.
- [11] PAULA, N.S.; et.al. Análise de desempenho de diferentes sistemas fotovoltaicos conectados à rede em operação na cidade de Itumbiara, Goiás. XIV CEEL, outubro de 2016, UFU, Uberlândia-MG. Disponível em:<https://www.peteletricaufu.com/static/ceel/doc/artigos/artigos2016/ceel2016_artigo109_r01.pdf> Acedido em: 11 de agosto de 2021
- [12] FUSANO, R.H.. “Análise Dos Índices De Mérito Do Sistema Fotovoltaico Conectado À Rede Do Escritório Verde Da UTFPR”. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- [13] IEA-PVPS. Analytical Monitoring of Grid-connected Photovoltaic Systems. St. Ursen: Report Iea-pvps T13-03:2014, 2014. 90 p.
- [14] BENEDITO, R. S., 2009. Caracterização da Geração Distribuída de Eletricidade por Meio de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, no Brasil, sob os Aspectos Técnico, Econômico e Regulatório, Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo.
- [15] ROSA, T.C.F.; Souto, O.C.N.; Silva, S.B.; Belchior, F.N. A influência da sujidade no desempenho de sistemas fotovoltaicos. Revista Fotovolt, edição julho 2021.
- [16] GOMES, H.S.; Melo, F.C; Freitas, L.C; Coelho, E.A.A; Farias, V.J; Freitas, L.C.G. “Sistemas Fotovoltaicos Distribuídos: Estudo de caso de UFV de 2,16 kWp instalada na Faculdade de Engenharia Elétrica da UFU”. XI Conferência Brasileira de Qualidade de Energia Elétrica, Campina Grande, PB, Brasil, 2015.