



Cálculo de eficiência em módulos fotovoltaicos por meio de curva I-V

G.A.M. Prado^{1*}; D.S.O.F. Souza¹; J.V. Silva¹; L.F.R. Mendes²

¹Instituto Federal Fluminense campus Campos-Centro; ²Instituto Federal Fluminense campus Campos-Guarus

*gabrielmedeiros.prado@gmail.com

Resumo

Os procedimentos de comissionamento de sistemas fotovoltaicos são estabelecidos pela Associação Brasileira de Norma Técnica (ABNT) de acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) nº 16.274 de 2014. e dentre eles está a medição da curva I-V. O presente trabalho tem por objetivo calcular a eficiência de um módulo fotovoltaico (MFV) sob condições reais de operação por meio do equipamento Traçador de Curva I-V, conforme a Norma supracitada. Para isso, utilizou-se um MFV policristalino de 20W_p, fracionando a metodologia empregada em cinco etapas distintas. Como resultado observou-se que de acordo com a curva I-V o ponto de máxima potência (PMP) foi de 13,2W, enquanto que em condição de teste padrão (*Standard Test Conditions* - STC) foi de 20,2W. Assim, as eficiências a partir do PMP e condições STC foram respectivamente, 10,42% e 11,43%.

Palavras-chave: Sistemas solar fotovoltaicos, Comissionamento, Curva I-V.

1. Introdução

Segundo o Balanço Energético Nacional 2021 (BEN-2021), o Brasil teve um expressivo aumento de 137% na geração distribuída (GD) em 2020 quando comparado com o ano 2019. Nesse cenário, se destaca a energia solar fotovoltaica (ESFV) com 94% de crescimento^[1].

No Brasil, o crescimento da ESFV por GD se justifica por um conjunto de fatores para além dos avanços das questões técnicas, tais como: recentes crises hidroenergéticas; aumentos sucessivos no custo da energia elétrica; isenções fiscais em equipamentos; vigência de Resoluções Normativas nº482/2012 e nº687/2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e; redução nos custos dos sistemas^[2].

Com o crescimento da demanda por instalações de sistemas de ESFV, cresce também a preocupação para o correto comissionamento dos sistemas fotovoltaicos, sendo este estabelecido pela ABNT de acordo com a NBR nº 16.274: 2014, em especial, no seu subtópico 5.3.2.2 intitulado “*Regime de ensaio categoria 2*” e o tópico 7 intitulado “*Procedimentos de ensaio – categoria 2*”^[3].

Segundo a NBR 16.274: 2014, um ensaio de comissionamento são medições feitas em uma instalação fotovoltaica a fim de comprovar seu bom funcionamento, tendo na NBR em questão procedimentos para medição de curva I-V^[3].

Para a medição da curva I-V é imprescindível a utilização do Traçador de Curva I-V, pois este é equipamento empregado na análise e no diagnóstico de MFV ou arranjos de MFV^[4].

Dessa forma, o objetivo do trabalho é obter a eficiência de um módulo fotovoltaico sob condições reais de operação por meio do equipamento Traçador de Curva I-V, conforme a Norma ABNT NBR nº 16.274: 2004.

2. Materiais e Métodos

2.1. Materiais

O cerne do trabalho é o cálculo da eficiência de um MFV com tecnologia policristalina e com potência de 20W_p da marca Komaes (Tabela 1).



CONEPE 2021

8.º CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

ENSINO, SAÚDE E MEIO AMBIENTE: O IMPACTO DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

de 22 a 26 de novembro de 2021



ISSN 2525-975X

Tabela 1. Dados técnicos levantados no próprio MFV policristalino de 20W_p.

Fabricante	Komaes
Modelo	KM(P)20
Potência de pico máximo (P _{MÁX.})	20W
Corrente de máxima potência (I _{MP})	1,14A
Tensão de máxima potência (V _{MP})	17,56V
Corrente de curto-circuito (<i>Current Short Circuit</i> – I _{SC})	1,23A
Tensão de circuito aberto (<i>Voltage Open Circuit</i> – V _{OC})	21,56V
Tolerância de potência	+ - 5%
Máxima tensão do sistema	750V
Dimensões	500x350x28mm
Dados técnicos em condição de teste padrão (<i>Standard Test Conditions</i> - STC)	AM = 1,5 Irradiância = 1000W/m ² T _C = 25°C

Fonte: próprio fabricante.

Então, para o levantamento da curva I-V do MFV em estudo foi utilizado o equipamento do Traçador de Curva I-V modelo PROFITESTO 5416 da marca Gossen Metrawatt e seu respectivo *software* PV-Analysator.

2.2. Metodologia

A metodologia foi dividida em cinco etapas distintas, sendo que a primeira foi a instalação do MFV de 20W_p (Tabela 1) no terraço do Bloco G situado no IFF *campus* Campos-Guarus, localizado na cidade de Campos dos Goytacazes/RJ, na latitude 21°44'05.0" S e longitude 41°19'27.7" W^[5].

O MFV foi inclinado em 5,7° e posicionado para o norte geográfico (ângulo azimutal de 0°), de acordo com o mesmo posicionamento praticado no sistema fotovoltaico 50kW_p em fase de implantação no mesmo prédio.

Na segunda etapa, foi realizado o levantamento de curva I-V do MFV em questão a partir do equipamento Traçador de Curva I-V, conforme indicado na Norma ABNT NBR 16.274: 2014.

Na terceira etapa, foram observadas as condições metodológicas no período de obtenção da curva I-V, pois as variáveis meteorológicas influenciam no comportamento elétrico do MFV. Com isso, utilizou-se os dados da estação meteorológica automática A607-Campos dos Goytacazes/RJ (coordenadas: latitude -21°71' e longitude -41°34') pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)^[6], estando a mesma distanciada cerca de 2.600m do Bloco G do do *campus* Campos-Guarus^[5].

Na quarta etapa, foi realizada a análise da Curva I-V do MFV no *software* PV-Analysator (programa proprietário do fabricante do Traçador de Curva I-V utilizado).

Por fim, a quinta etapa foi o cálculo da eficiência (η) do MFV, podendo ser definida pela Eq. 1^[7],

$$\eta = \frac{P_N}{A \cdot G} \cdot 100 \quad (1)$$



Sendo a Eq. 1 genérica para o cálculo de eficiência η do MFV, em que P_N é a potência nominal dada em W, A é a área do modulo em m^2 e G corresponde a irradiância incidente no mesmo, em W/m^2 . Então, para a condição real de operação do MFV, o P_N será substituído pelo PMP e a irradiância G será referente ao valor da grandeza medido *in loco*, já em condições STC o G será o valor padrão de $1.000W/m^2$.

3. Resultados e Discussão

No dia 15 de setembro de 2021 foi realizada a instalação do MFV no terraço do bloco G do IFF *campus* Campos-Guarus, e às 13:42:48 foi realizada a medição da curva I-V do MFV no local de sua instalação com o Traçador de Curva I-V (Figura 1).



Figura 1. Traçador de Curva I-V portátil para medição da curva I-V no MFV.

Fonte: próprio autor.

No horário da obtenção da curva I-V o céu estava sem nuvens e sem chuva, a temperatura média local era de cerca de $33,2^\circ C$, radiação solar de aproximadamente $0,7kWh/m^2$ e velocidade do vento de $2,7m/s$.

A Figura 2 mostra a curva I-V medida e a curva I-V sob condições STC do MFV geradas pelo *software* PV-Analysator e obtidas a partir do Traçador de Curva I-V.

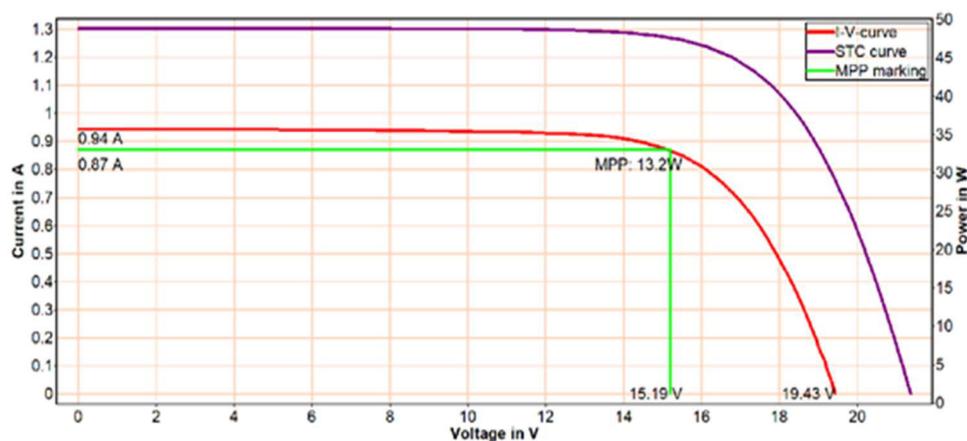


Figura 2. Curvas I-V e sob condições STC do MFV. Fonte: próprio autor.

Na obtenção das curvas mostradas na Figura 2, os sensores de temperatura e irradiância do Traçador de Curva I-V, indicaram uma temperatura no MFV de $47,7^\circ C$ e uma irradiância incidente sobre o mesmo de $724W/m^2$.



CONEPÉ 2021

8.º CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

ENSINO, SAÚDE E MEIO AMBIENTE: O IMPACTO DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

de 22 a 26 de novembro de 2021

ISSN 2525-975X

Desta forma, a curva I-V medida (Figura 2) tem uma I_{MP} e V_{MP} de 0,87A e 15,2V, respectivamente, acarretando um P_{MP} medido em condições reais foi de 13,2W. Entretanto, em condições STC, a curva I-V plotada pelo *software* mostra uma I_{MP} e V_{MP} de 1,2A e 16,8V, respectivamente, indicando um PMP de 20,2W, o que corresponde a uma diferença percentual de 34,65% entre os dois valores de PMP (condições reais e condições STC).

Os fatores meteorológicos locais (irradiância solar, temperatura e velocidade do vento) e o modo de instalação influenciam no comportamento dos MFVs, em especial a tecnologia policristalina, o que pode explicar a diferença verificada em termos de PMP^[7]. Todavia, a eficiência do MFV a partir da curva I-V medida em condições reais foi de 10,42% enquanto em condições STC foi de 11,43%. Entretanto, mesmo em condições STC a eficiência verificada no MFV em estudo foi abaixo das verificadas na literatura, uma vez que, atualmente os mesmos variam entre 18 a 21%^[8].

4. Conclusões

Assim, com os resultados obtidos foi possível determinar a eficiência do MFV em ambiente externo.

De acordo com a metodologia proposta, o Traçador de Curva I-V mostrou-se uma ferramenta importante para obtenção da eficiência do MFV nas condições propostas, ficando a mesma em 10,42% no PMP em condições reais enquanto em condições STC em 11,43%, sendo a diferença entre as eficiências de 1,01 pontos percentuais.

Assim, como trabalhos futuros, faz-se necessário ampliar e variar tanto as tecnologias dos módulos fotovoltaicos quanto os períodos de obtenção das curvas I-V em diferentes condições meteorológicas.

Agradecimentos

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Edital nº100/2021 – Processo de seleção de projetos de pesquisa e de estudantes bolsistas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) do Instituto Federal Fluminense.

Referências

- [1] EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS (EPE). **Balanco Energético Nacional 2021**: ano base 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>. Acesso 27 set. 2021.
- [2] MENDES, L. F. R.; STHEL, M. S.; LIMA, M. A. O crescimento da geração distribuída no contexto da crise hidroenergética na região Sudeste do Brasil: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Revista Vértices**, v. 22, n. 3, p. 626-647, 25 nov. 2020.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16.274: 2014**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- [4] SAKÔ, E. Y. **Entendendo o traçador de curva I-V para comissionamento de sistemas FV**. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/entendendo-o-tracador-de-curva-i-v-para-comissionamento-de-sistemas-fv-2/>. Acesso 13 set. 2021.
- [5] GOOGLE. **Google Earth**. Disponível em: <https://earth.google.com/web>. Acesso 15 set. 2021.
- [6] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Mapas de Estações Meteorológicas**. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso em 15 set. 2021.
- [7] ROSYID, O. A. Comparative performance testing of photovoltaic modules in tropical climates of Indonesia. **AIP Conference Proceedings**, 1712, 020004, 2016.
- [8] LEWIS, N. S. Research opportunities to advance solar energy utilization. **Science**, v. 351, n. 6271, p. 353-362, 2016.