

# ANÁLISE COMPARATIVA DE DESEMPENHO DE INVERSOR *STRING* E MICROINVERSOR INSTALADOS NO SISTEMA FOTOVOLTAICO FEELT-NUPEP-UFU

**Rodolfo Rodrigues de Godoi** – rodolfoeletricaufu@gmail.com

**Fernando Cardoso Melo** – fenandocardoso101@gmail.com

**Luiz Carlos Gomes de Freitas** – lcgfreitas@yahoo.com.br

**Valdeir José Farias** – valdeir@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - Faculdade de Engenharia Elétrica (FEELT)

**Pedro Drumond** - pedro@demape.com.br

DEMAPE Energias Renováveis

**Resumo.** Em sistemas fotovoltaicos de pequeno e médio porte, o emprego de microinversores ao invés de inversores *string* pode promover um aumento na geração de energia elétrica ao reduzir os efeitos de sombreamento e a perda de eficiência, pelo fato do microinversor controlar individualmente a energia extraída de cada módulo. Estas podem ser causadas devido à incompatibilidade entre os módulos, células danificadas que compõem os módulos e sombreamento parcial, causado por nuvens, sujeiras ou agentes externos que provocam sombras. Neste cenário, este artigo tem como principal objetivo apresentar os resultados obtidos através de um estudo realizado em uma unidade de microgeração distribuída com energia solar fotovoltaica composta por inversores do tipo *string* e microinversor. Estes foram conectados aos módulos fotovoltaicos de 235Wp (Watt-pico) da Sun-Earth instalados nas mesmas condições de orientação e inclinação e, dessa maneira, o desempenho de ambos foi monitorado e avaliado.

**Palavras-chave:** Geração Distribuída, Microinversor, Inversor *String*.

## 1. INTRODUÇÃO

Os inversores do tipo *string* são alimentados por um conjunto de módulos fotovoltaicos conectados em série. Esta ligação é denominada de fileira ou *string*. O desempenho destes sistemas na geração de energia pode ser fortemente afetado devido à incompatibilidade entre módulos fotovoltaicos conectados em uma mesma fileira, ocasionando perdas, por descasamento (*mismatch*), assim como a redução da eficiência do algoritmo de Rastreamento do Ponto de Máxima Potência ou MPPT, possivelmente por meio de sombreamentos parciais e/ou sujeiras. Além disso, como foi citado no trabalho de (Salmi e Gastli, 2012), vale salientar que a operação em altas tensões (até 1500Vcc) elevam os riscos de arcos elétricos e os custos com dispositivos de proteções.

Uma alternativa para solucionar os problemas supracitados consiste na utilização de microinversores. Estes são, comumente, desenvolvidos para serem utilizados com um, dois ou quatro módulos fotovoltaicos que podem variar de 230 a 320 Wp. Em um trabalho recente, J. Tao e V. Xue (2013) afirmam que as perdas por incompatibilidade podem ser reduzidas entre 3 a 5%; as perdas por sombreamento parcial podem ser reduzidas entre 5 a 25%; e as perdas por falhas na instalação elétrica ou nos módulos podem ser reduzidas em até 15%. Finalmente, como foi avaliado nos trabalhos de (Li e Wolfs, 2008) e (Meneses e BlaaBjerg, 2013), há uma melhoria de segurança e bom aproveitamento após a instalação de módulos Fotovoltaicos com diferentes inclinações e condições de sombreamento. No entanto, os sistemas com microinversores podem aumentar o custo por Wp, instalado (potência pico) em comparação com os sistemas com inversores do tipo *string*.

## 2. METODOLOGIA

Para analisar o desempenho de sistemas com microinversores e inversores do tipo *string*, foram realizados testes experimentais com os módulos fotovoltaicos Sun-Earth de 235Wp, as especificações podem ser vistas na Tab.1, instalados no telhado do laboratório do Núcleo de Pesquisa em Eletrônica de Potência da Universidade Federal de Uberlândia (NUPEP-FEELT-UFU), conforme ilustrado na Fig. 1. A inclinação dos módulos é de 20°, e a orientação azimutal é de -13°. As condições ambientais (temperatura, irradiância e impurezas) podem ser consideradas idênticas.

Na Fig 1. observam-se 7 módulos fotovoltaicos destacados em vermelho, que em conjunto possuem uma potência instalada de 1.645kWp. Estes módulos compõem o arranjo fotovoltaico conectados ao inversor do tipo *string* - Fronius IG 2000 – cujas especificações são apresentadas na Tab. 2. As especificações técnicas do microinversor Hoymiles MI-250 são apresentadas na Tab. 3. Este foi conectado ao módulo destacado em amarelo, com uma potência máxima de 235Wp. Os dados da geração de energia do inversor Fronius IG 2000 foram salvos no Fronius Datalogger Web e os dados da geração de energia do Hoymiles MI-250 foram obtidos através do equipamento HT Solar 300N. Nota-se que as medições de irradiância, temperatura e caracterização das curvas IxV e PxV foram realizadas utilizando o equipamento Solar I-V da HT Instruments®.

Para realizar uma melhor análise do fator de rastreamento do algoritmo de MPPT (Rastreamento do Ponto de Máxima Potência – *Maximum Power Point Tracking*) em condições de teste padrão (CTP: 1000W/m<sup>2</sup> e 25°C) e com

sombreamento, foi utilizado um Emulador de Arranjo FV (SAS) da Regatron (*TopCon Quadro Programmable DC Power Supply* de 10kW). Com este equipamento foi possível averiguar o comportamento do rastreamento de máxima potência em tempo real no qual foram simuladas as curvas IxV e PxV em CTP e com sombreamento, para ambos os inversores.

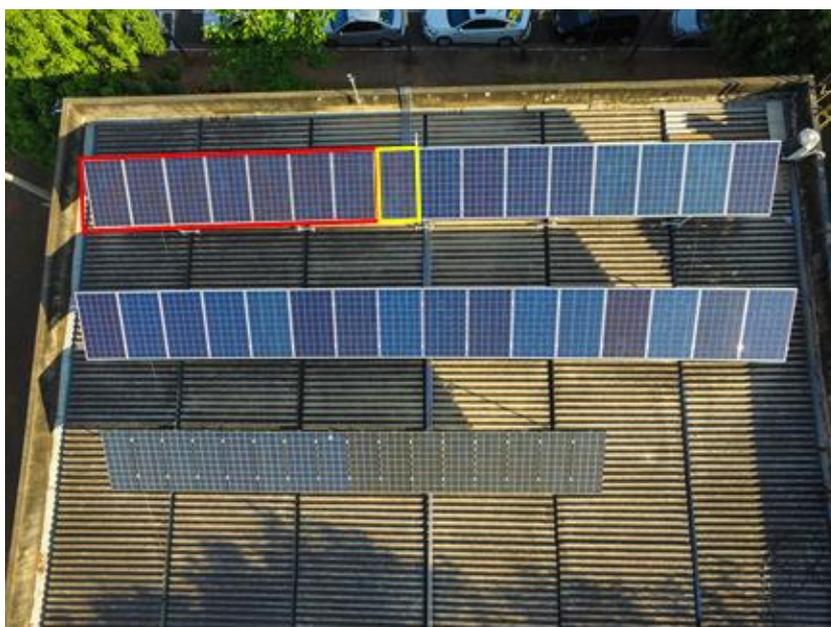


Figura 1- Módulos FV Sun-Earth 235 Wp. Em vermelho forma a fileira de módulos conectados ao Inversor Fronius e em amarelo o módulo FV conectado ao microinversor Hoymiles.

Tabela 1- Especificação do Módulo FV *Sun-Earth* TPB156x156-60-P.

<b>Módulo Fotovoltaico <i>Sun-Earth</i> TPB156x156-60-P</b>	
Potência Nominal, $P_{MP} = 235$ Wp	
Tensão de Máxima Potência, $V_{MP} = 29,2$ V	
Corrente de Máxima Potência, $I_{MP} = 8,05$ A	
Tensão de Circuito Aberto, $V_{OC} = 36,7$ V	
Corrente de Curto-circuito, $I_{SC} = 8,47$ A	
Coeficiente de Temperatura $V_{OC} = -0,35\%/^{\circ}\text{C}$	
Coeficiente de Temperatura $I_{SC} = -0,05\%/^{\circ}\text{C}$	
Coeficiente de Temperatura $P = -0,45\%/^{\circ}\text{C}$	
Eficiência do Módulo, $\eta = 14,54\%$	

Tabela 2- Especificação Fronius IG 2000.

<b>Entrada CC</b>	
Potência da <i>String</i> PV Recomendada	1500 - 2500 Wp
Tensão máxima de entrada CC	500 V
Tensão CC de operação do MPPT	150 - 450 V
Corrente máxima de entrada CC	13.6 A
<b>Entrada AC</b>	
Máxima potência de saída em 40°C	2000 W
Tensão de saída nominal CA	220 V
Varição da Tensão da Rede	180 - 264 V
Máxima corrente CA	8.35 A
Corrente de retorno máxima	0 A
Varição da frequência	59.3 to 60.5 Hz
Distorção de harmônica total	< 5 %
Fator de Potência	1
<b>Dados Gerais</b>	
Máxima Eficiência	95.2 %
Consumo de potência máxima	7 W
Consumo em modo de espera	<0.15 W ( <i>night</i> )
Limite de variação de temperatura	-25 to 50 °C

Tabela 3 - Especificações do Microinversor Hoymiles MI-250.

<i>DC Input</i>	
Potência de entrada	200 W- 310 W
Varição de tensão do MPPT	27 - 48 V
Máxima tensão de Entrada	60V
Eficiência nominal do MPPT	99,8%
<i>AC Output</i>	
Potência de Entrada	250 W
Fator de Potência	> 0,99
Distorção de harmônica total	< 3%
Eficiência CEC e EUROPEIA	95,4% e 95,0%
Dimensões (Comprimento x Altura x Largura)	18,3 x 16,4 x 2,8 cm
Peso	1,65 kg

## 2.1 Resultados e Discussões

Preliminarmente, na Tab. 4 são apresentados os resultados práticos obtidos nos dias 7 e 13 de julho de 2017. Observa-se que no dia 7 de julho de 2017, a produtividade energética do sistema com inversor *string* FRONIUS e do sistema com microinversor HOYMILES foram praticamente iguais. Neste dia, conforme ilustrado na Fig. 2, nota-se que a geração de energia solar apresentou alta intermitência, devido a ocorrência de nuvens no céu, e produtividade energética do micorinversor foi de apenas 0,17% superior em relação ao inversor *string*.

Tabela 4 - Performance do Microinversor Hoymiles MI-250 e do Inversor de *String* Fronius IG 2000.

<i>Data</i>	<i>Hoymiles MI-250 (kWh/kWp)</i>	<i>Fronius IG 2000 (kWh/kWp)</i>	<i>Produtividade Energética do Microinversor em relação ao Inversor String (%)</i>
07/07/2017	3,52	3,514	100,17%
13/07/2017	4,7	4,63	101,5%

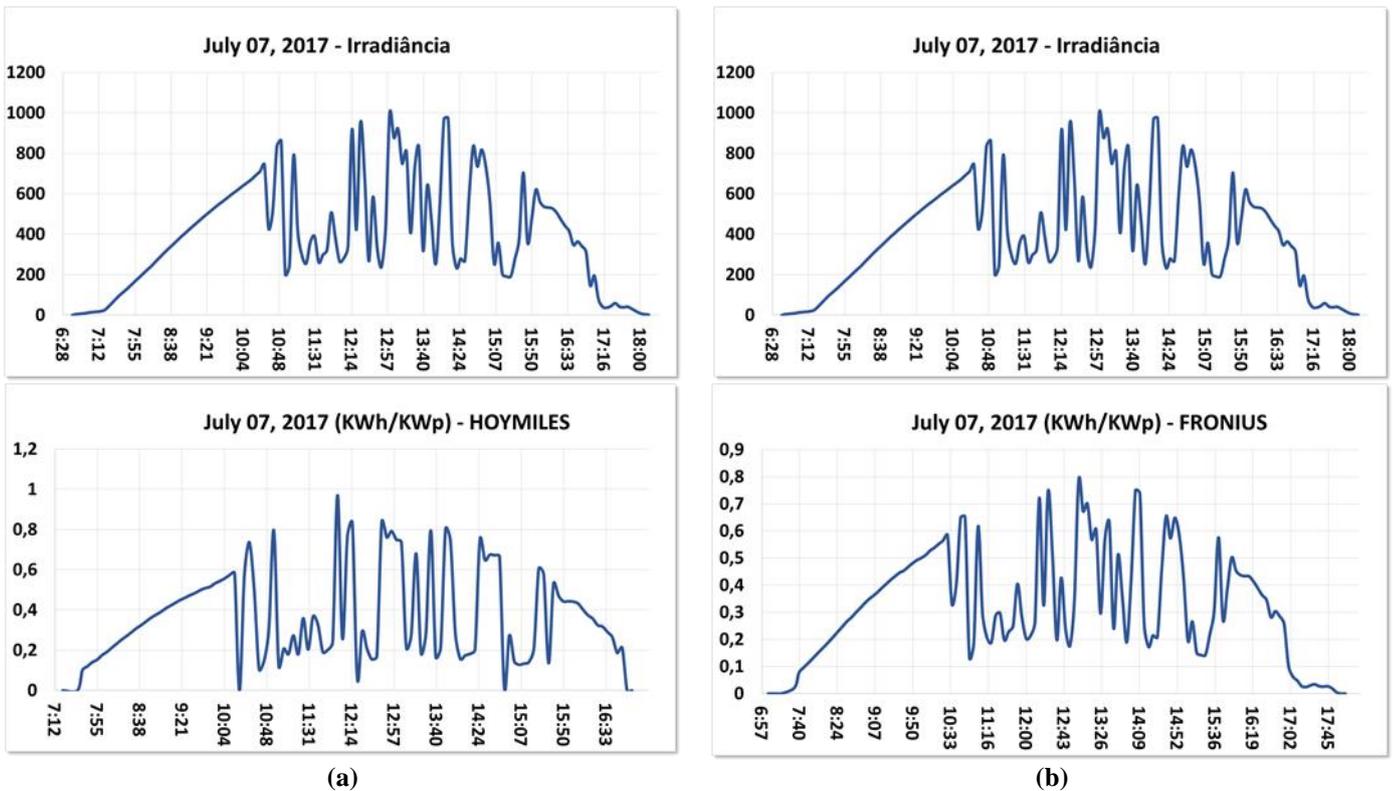


Figura 2- Curvas de irradiância e de produtividade energética (kWh/kWp) ao longo do dia 7 de Julho (a) do Microinversor Hoymiles (b) do inversor *string* FRONIUS IG 2000.

No dia 13 de julho de 2017, o inversor *string* injetou na rede elétrica cerca de 4,63 kWh/kWp e o microinversor injetou cerca de 4,7 kWh/kWp, apresentando um ganho na produtividade de energia elétrica de apenas 1,5%. Pode-se observar que ocorreu pouca incidência de nuvens no céu, proporcionando uma extração de energia sem variações bruscas de irradiância, conforme ilustrado na Fig 3.

Na Tab. 5 são apresentados os resultados coletados em cerca de 40 dias (final de junho ao início de agosto). Pode-se concluir que a produtividade energética proporcionada pelo microinversor, foi em média, cerca de 4,36%. Tal fato comprova a eficácia do microinversor em dias com pouca incidência de nuvens no céu, tendo em vista que os módulos não sofrem com sombreamentos parciais. Porém, se mostra bastante inferior ao ganho divulgado pelo fabricante. Cabe ressaltar que o rendimento máximo do inversor do tipo *string* utilizado é 95% - cerca de 2% a menos que os inversores comercializados atualmente – portanto, caso fosse utilizado um inversor de melhor qualidade (97% de rendimento), o ganho de energia proporcionado pelo microinversor Hoymiles poderia ser ainda menor.

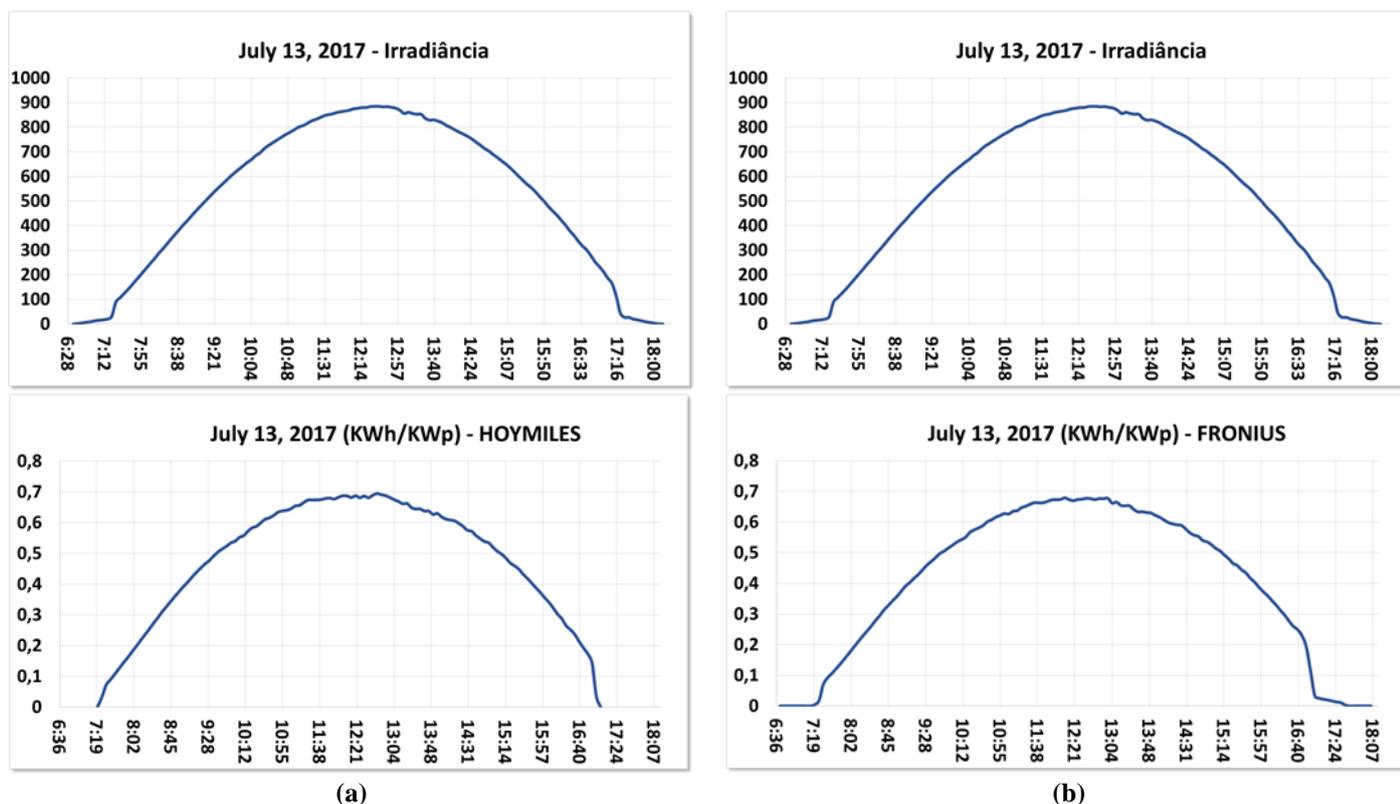


Figura 3- Curvas de irradiância e de produtividade energética (kWh/kWp) ao longo do dia 23 de Julho (a) do Microinversor e (b) do inversor *string*.

Tabela 5- Comparação de performance do Microinversor Hoymiles MI-250 e o Inversor Fronius IG 2000.

<i>Data</i>	<i>Hoymiles MI-250 (kWh/kWp)</i>	<i>Fronius IG 2000 (kWh/kWp)</i>	<i>Produtividade Energética do Microinversor em relação ao Inversor String</i>
27/06/2017 até 30/06/2017	12.39	12.26	100.11%
06/07/2017 até 13/07/2017	32.85	28.82	113.98%
15/07/2017 até 22/07/2017	33.15	32.99	100.48%
25/07/2017 até 01/08/2017	40.00	38.88	102.88%
<b>Produtividade Energética Média Alcançada</b>			<b>104.36%</b>

## 2.2 Avaliação experimental em condições de sombreamentos parciais nos módulos FV

O teste de sombreamento parcial tem como objetivo verificar a eficiência do processamento de energia do microinversor em relação ao inversor *string* em condições mais extremas que afetam negativamente a geração de energia elétrica. Tais condições podem ser causadas por células danificadas ou até mesmo agentes externos que produzem sombras no arranjo, como impurezas ou objetos que bloqueiam a chegada de raios solares à superfície do módulo.

Para realização dos ensaios, foi fixada uma folha do tamanho A4 no primeiro módulo da *string* (composta por 7 módulos) conectada ao inversor *string* Fig 4 e outra folha idêntica e na mesma posição foi colocada sobre módulo que alimenta o microinversor e Fig. 5. Esse procedimento foi realizado nas mesmas condições de operação, durante 5 dias. Na Tab. 6 é apresentada a síntese dos resultados práticos alcançados. Analogamente, como critério de avaliação de desempenho, adotou-se a quantidade de energia elétrica injetada na rede em relação à potência instalada (kWh/kWp), ou seja, a produtividade energética de cada sistema.



Figura 4– Sombreamento parcial realizado na *string* que alimenta o inversor Fronius.



Figura 5– Sombreamento parcial realizado no módulo FV, o qual está conectado ao Microinversor.

Tabela 6- Comparação de desempenho do Microinversor Hoymiles MI-250 e o Inversor Fronius IG 2000 *String* em condições de sombreamento parcial.

<i>Data</i>	<i>Hoymiles MI-250 (kWh/kWp)</i>	<i>Fronius IG 2000 (kWh/kWp)</i>	<i>Produtividade Energética do Microinversor em relação ao Inversor String</i>
19/10/2017	3.96	5.13	77,2%
20/10/2017	2.07	4.68	44,2%
21/10/2017	1.44	3.68	30,1%
22/10/2017	0.73	1.87	39,0%
23/10/2017	0.70	1.08	64,8%
<b><i>Produtividade Energética Média Alcançada</i></b>			<b>51,1%</b>

No dia 19 de outubro, data em que foram iniciados os testes, percebe-se uma diferença de 22,81% entre a produtividade energética do sistema com microinversor Hoymiles MI-250 em relação ao inversor *string* FRONIUS IG 2000. Na Fig. 6(a) pode-se verificar com maior clareza a redução na energia elétrica gerada pelo microinversor a partir das 12:50hs, momento em que foram provocadas sombras parciais sobre os módulos que compõem cada gerador fotovoltaico, passando de 0,72 kWh/kWp para 0,34 kWh/kWp, representando uma queda instantânea de 0,38 kWh/kWp. Observa-se que ao longo do dia, o microinversor permaneceu na condição de pior geração de energia e, dessa forma, tal fato pode ser atribuído ao mau desempenho do algoritmo de MPPT do microinversor. No último tópico do presente trabalho, será apresentado o resultado obtido com emulador de arranjo fotovoltaico, a fim de se identificar o ponto de operação nas respectivas curvas IxV em que se encontra o sistema estudado. Além disso, será realizada uma comparação teórica com o uso de mais módulos FV, simulando um sistema com mais microinversores, sendo um instalado para cada módulo e, também, evidenciando as diferenças da potência com e sem sombreamento.

O sistema com inversor *string*, por sua vez, a partir de 13:30hs, apresentou uma pequena redução na geração de energia elétrica, passando de 0,7 kWh/kWp para 0,65 kWh/kWp. Na Fig. 6(b) são apresentadas as curvas de potência e de irradiância, evidenciando que os sistemas, apesar de operarem em mesmas condições de instalação, irradiância e temperatura, apresentam desempenho bem diferentes. A produtividade energética do microinversor foi de 3,96 kWh/kWp e do inversor *string* foi de 5,31 kWh/kWp. Portanto, produtividade energética do microinversor foi apenas de 77,2% da produtividade energética do sistema com inversor *string*. Tomando como referência o desempenho do inversor *string*, a produtividade energética média promovida pelo sistema com microinversor no período de avaliação foi de apenas 51,1%.

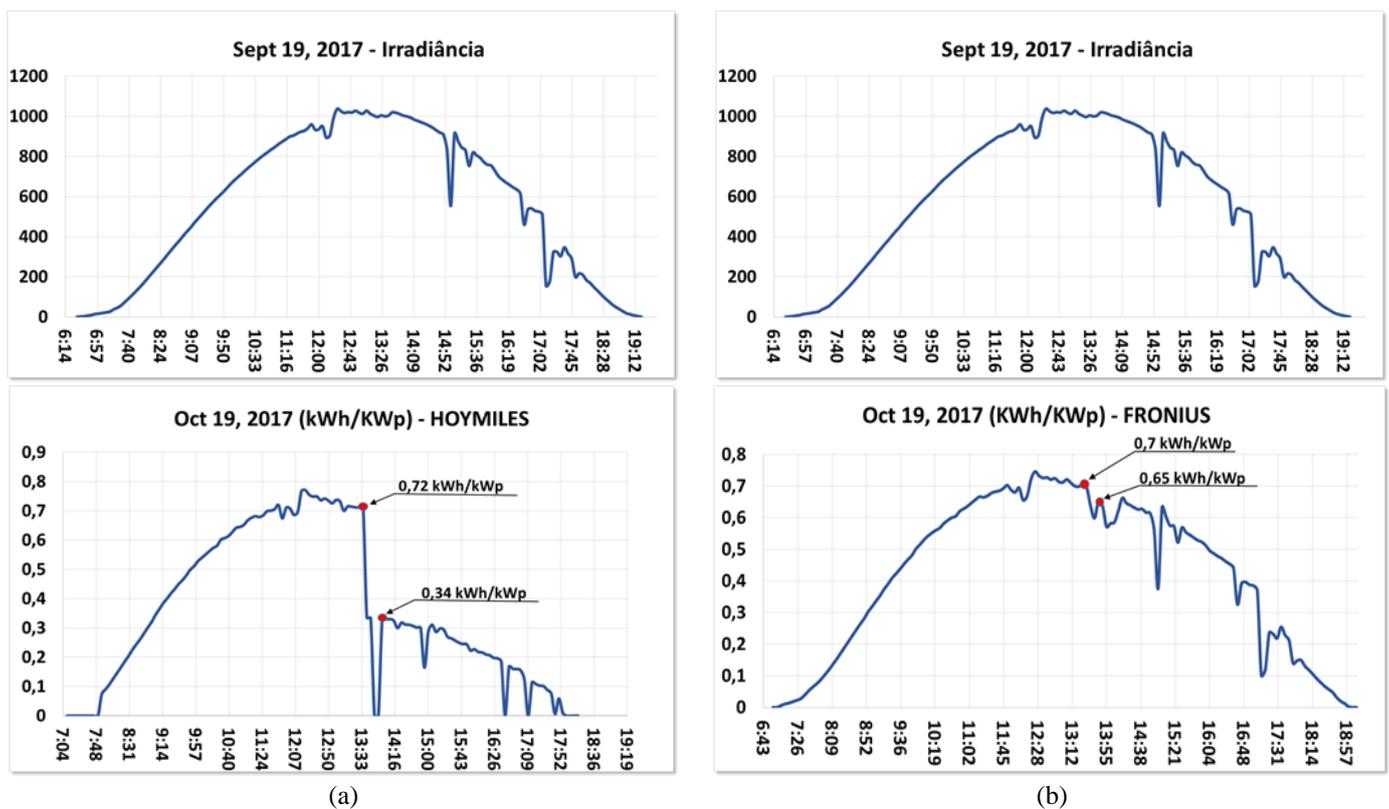


Figura 6– Avaliação de desempenho ao longo do dia 19 de outubro: (a) curvas de irradiância e de produtividade energética (kWh/kWp) do Microinversor e (b) curvas de irradiância e de produtividade energética (kWh/kWp) do inversor *string*.

Por fim, analisando os dados apresentados na Tab. 6, conclui-se que ao fazer o teste de sombreamento parcial, conforme ilustrado na Fig. 7, o fator de produtividade do microinversor Hoymiles se mostra ainda pior, com expressiva queda na produtividade energética. Após a remoção do objeto que causava sombreamento no módulo FV, o microinversor voltou a operar no ponto de máxima potência (404 W), mas, diante da intermitência da energia solar, apresentou baixa produtividade energética em condições de baixa irradiância. Percebe-se que, quando a irradiância atinge níveis abaixo de 100 W/m<sup>2</sup>, a energia elétrica gerada pelo microinversor é praticamente nula. Vale salientar que esse efeito é causado por um MPPT ineficaz para condições de sombreamento, que pode acarretar em perdas reais ao sistema FV com microinversores, visto que quanto mais módulos afetados pelo sombreamento, maior será o impacto na produção de energia em relação ao inversor *string*.

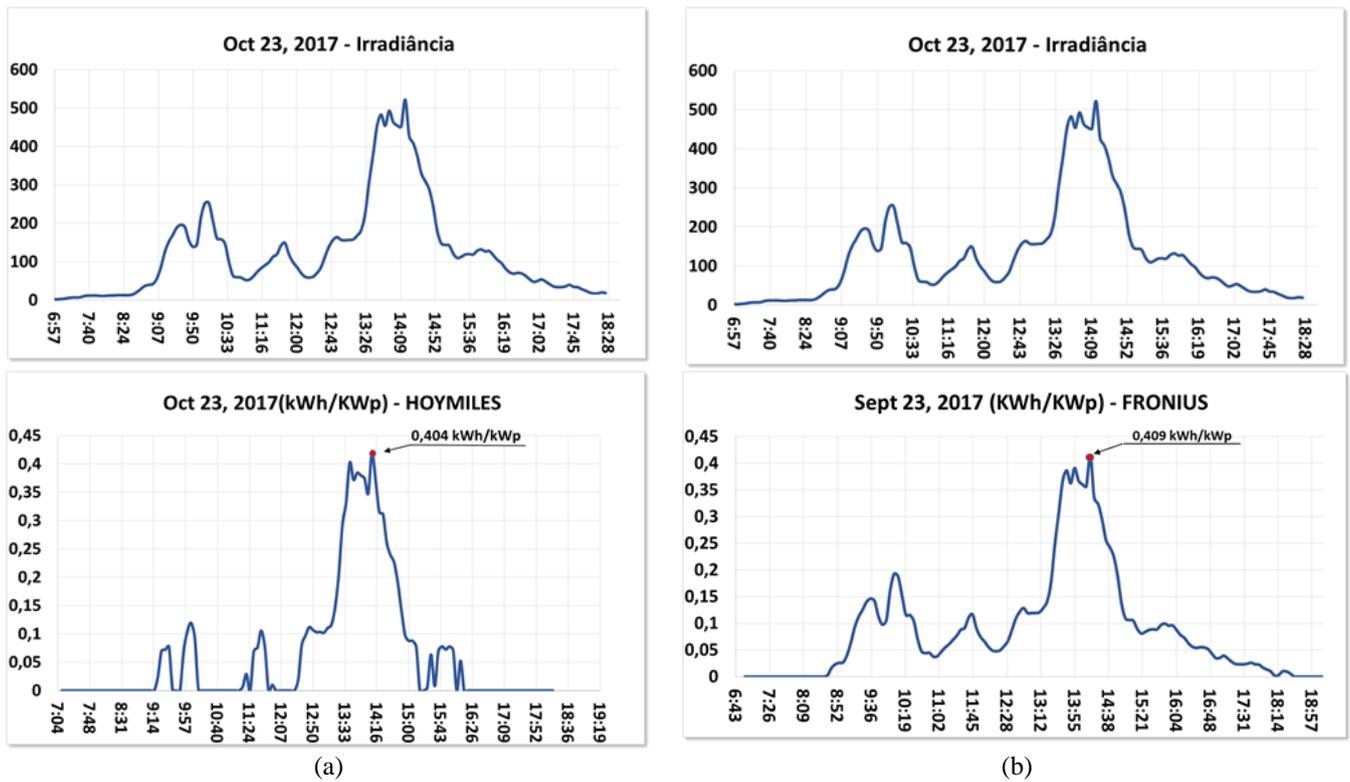


Figura 7- Avaliação de desempenho ao longo do dia 23 de outubro: (a) curvas de irradiância e de produtividade energética (kWh/kWp) do Microinversor e (b) curvas de irradiância e de produtividade energética (kWh/kWp) do inversor *string*.

### 2.32 Teste utilizando o Emulador de Arranjo FV, para condições de teste padrão e sombreamento

Afim de corroborar ao que foi exposto, os dois sistemas foram avaliados utilizando-se o Emulador de Arranjo FV (SAS) da Regatron® (*TopCon Quadro Programmable DC Power Supply* de 10kW). As curvas  $I_xV$  e  $P_xV$ , além dos valores de irradiância e temperatura dos módulos foram obtidas através do instrumento Solar I-V da HT Instruments® considerando os testes sem sombreamento e com sombreamento parcial descrito anteriormente. De posse dessas curvas e informações climáticas, as mesmas foram reproduzidas no emulador de arranjo solar supracitado. Os resultados práticos obtidos foram avaliados e apresentados na Fig. 8 e na Fig. 9. Tanto o inversor *string* Fronius IG 2000 quanto o microinversor Hoymiles MI-250 permaneceram em operação na referida condição por exatamente 40 minutos.

Na Fig. 8 está o resultado para o teste em condições padrões sem sombreamento e com a temperatura de 25°C e a irradiância de 1000W/m<sup>2</sup>. Observa-se por esta figura que ambos os inversores operam no máximo ponto de potência, se mantendo nesse valor durante os 40 minutos de teste. A potência atingida pelo Inversor *string* foi de 1,643kW para uma potência instalada pico de 1,645kWp (7 módulos em série da Sun-Earth de 235 Wp), com fator de rastreamento de 99,97%. Já para o emulador configurado com um módulo da Sun-Earth de 235 Wp alimentando o microinversor, a potência obtida foi de 234 W, obtendo-se o fator de rastreamento de 99,64%.

Na condição de teste padrão, ambos os inversores se comportaram satisfatoriamente, ou seja, o MPPT do microinversor e do inversor *string* foram eficientes em rastrear a máxima energia disponível nos módulos emulados. Caso fossem instalados sete módulos de (235Wp) e cada um tivesse um microinversor Hoymiles, obter-se-ia uma potência desse conjunto de microinversor de 1,638kWp, ou seja, os dois sistemas (*string* e microinversor) extraem praticamente a mesma quantidade de potência em condições climáticas favoráveis.

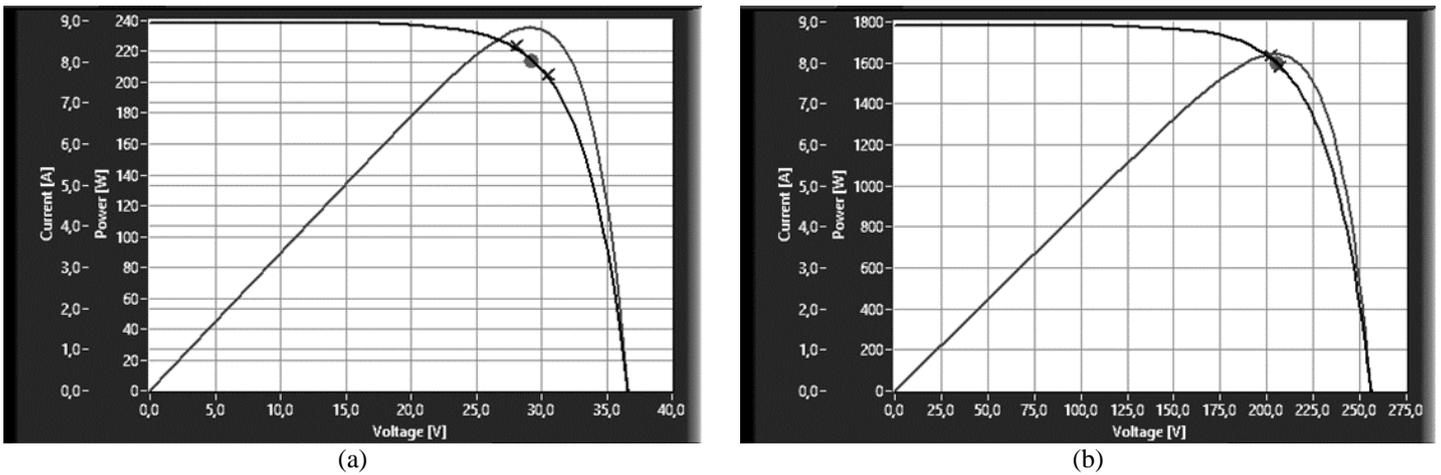


Figura 8- Avaliação de desempenho com emulador de arranjo solar nas condições de teste padrão ( $1000\text{W}/\text{m}^2$  e  $25^\circ\text{C}$ ) através das curvas  $I \times V$  e  $P \times V$  (a) Hoymiles MI-250 e (b) FRONIUS IG 2000.

Considerando o teste com os módulos sob sombreamento parcial, examina-se pela Fig.9(a) que, o algoritmo de MPPT do microinversor Hoymiles não consegue rastrear o ponto global de máxima potência. Portanto, ao invés de extrair 111,8 W, ele opera com 43 W, uma perda de 61,54 %. Já o algoritmo de MPPT do inversor *string* Fronius IG 2000 se mostra bastante eficaz fazendo o sistema operar no ponto global de máxima potência de 1157 W, conforme evidenciado na Fig. 9(b).

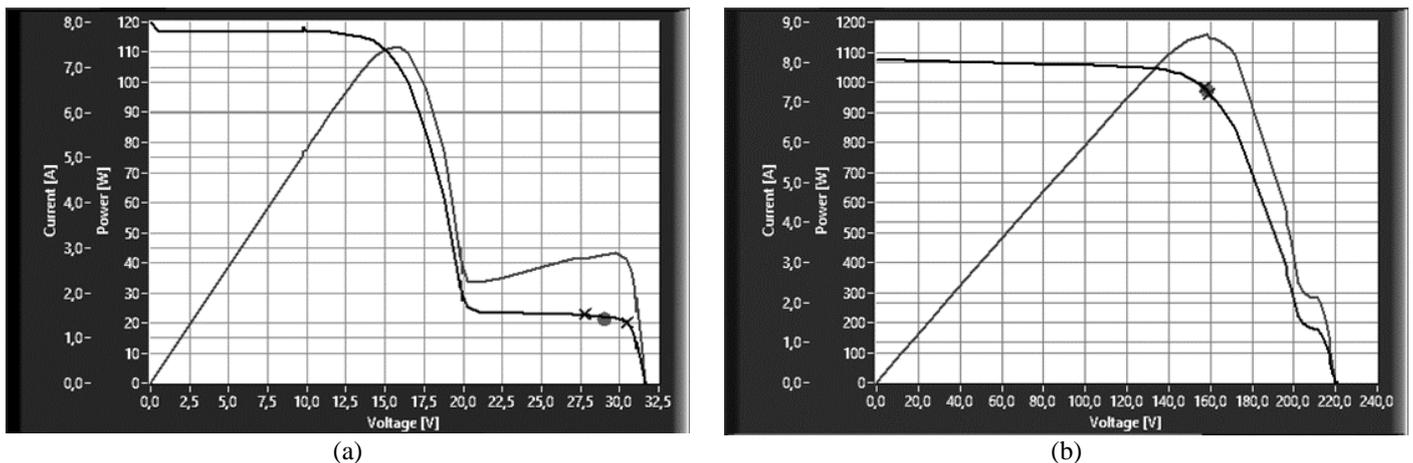


Figura 9- Avaliação de desempenho com emulador de arranjo solar em condição de sombreamento parcial, para uma irradiância de  $956\text{W}/\text{m}^2$  e temperatura de  $52,5^\circ\text{C}$  através das curvas  $I \times V$  e  $P \times V$  (a) Hoymiles MI-250 e (b) FRONIUS IG 2000.

Por fim, foi realizado um teste do sistema microinversor nas mesmas condições climáticas apresentadas na Fig. 9 (irradiância de  $956\text{W}/\text{m}^2$  e temperatura de  $52,5^\circ\text{C}$ ), com o intuito de simular a operação de mais seis módulos com microinversor (sem sombreamento), somando o resultado obtido com o da simulação para o teste de sombreamento parcial, de acordo com a Fig. 9(a). Assim, tem-se o total de 7 módulos com apenas um sombreado (mesmo caso do teste feito com o inversor *string*) para esse ponto de operação.

Na Fig. 10 está ilustrada a curva obtida no teste referido, em que o microinversor processou uma potência por módulo de 203W (1218 W para 6 módulos com microinversores). Considerando a potência obtida no teste de sombreamento (43W) a soma é de 1261W. Nesse caso pode-se observar que a potência extraída pelo conjunto de microinversores seria maior do que a potência atingida pelo inversor *string* (1157 W), ou seja cerca de 8,9%. Porém, nota-se que esse resultado é válido apenas para o ponto de operação analisado, sendo que o mesmo varia ao longo do dia (irradiância e temperatura).

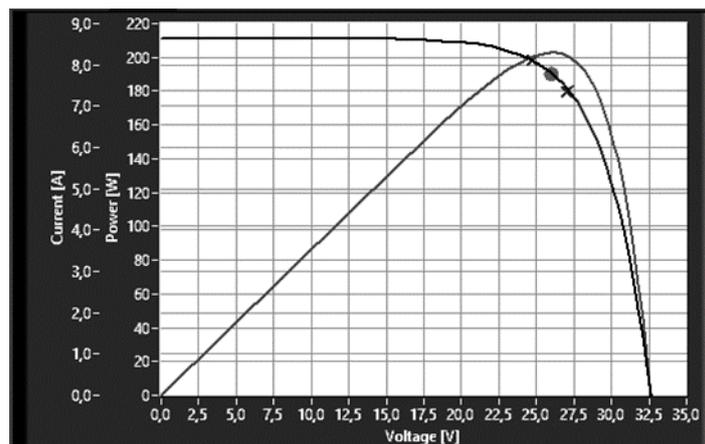


Figura 10- Avaliação de desempenho com emulador de arranjo solar para irradiância  $956\text{W/m}^2$  e temperatura  $52,5\text{ }^\circ\text{C}$  através das curvas  $I \times V$  e  $P \times V$  para o microinversor Hoymiles MI-250.

### 3. CONCLUSÃO

Ao término desse trabalho, verificou-se que o sistema com microinversor Hoymiles MI-250 apresentou um desempenho abaixo do que é esperado, não conseguindo proporcionar as vantagens propostas pelo fabricante em relação ao sombreamento parcial e intermitência na irradiância, os quais são condições operacionais que reduzem significativamente a produtividade energética do sistema. Em condições de pouca intermitência e sem sombreamentos, a produtividade energética do sistema com microinversor Hoymiles MI-250, atingiu níveis, em média, 4,36% superior aos níveis alcançados pelo sistema com inversor *string* FRONIUS IG 2000, porém, bem abaixo do que é divulgado pelo fabricante.

Devido ao algoritmo de MPPT do microinversor ser falho sob sombreamento parcial (opera no ponto falso de máxima potência), como foi comprovado no estudo proposto, isso proporciona uma perda considerável na extração de energia se comparado ao desempenho do inversor *string* analisado. Caso o sistema FV com microinversores seja submetido nesta condição de operação, nota-se uma queda de produção pelo efeito de sombreamento de até 61,58% de acordo com os testes realizados. Portanto, caso os módulos FV sejam sombreados por objetos que proporcionem sombras que possa afetar vários módulos do sistema FV, tais como platibandas, a operação desse sistema com microinversores seria ineficaz.

Vale salientar que também que, no presente trabalho, a potência instalada para os dois sistemas é distinta (para o sistema com inversor Fronius de  $1645\text{ Wp}$  e sistema com microinversor Hoymiles de  $235\text{ W}$ ), sendo possível a comparação de produtividade por meio de  $\text{kWh/kWp}$ . Em trabalhos futuros, serão instalados mais microinversores para a verificação da produtividade em relação ao inversor *string*, por no mínimo dois meses. Destaca-se a necessidade de avaliar outros modelos de microinversores para verificar a respectiva operação sob sombreamento parcial.

Diante do exposto, observa-se que uma análise minuciosa a respeito da relação de custo/benefício deve ser realizada para determinar a viabilidade econômica de instalações de sistemas de pequeno porte ( $1,5\text{ kWp}$  até  $10\text{ kWp}$ ) utilizando microinversores uma vez que, no caso particular analisado, o ganho na produtividade energética se mostrou bem aquém do esperado. Por outro lado, para o sistema com potência instalada menor que  $1,5\text{ kWp}$ , os microinversores ainda se mostram como a melhor opção em função do baixo custo quando comparado ao inversor *string*.

#### Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à CAPES, UFU e Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica – FEELT pelo suporte financeiro e estrutural e à BRC Energia Limpa pela doação do microinversor Hoymiles MI-250.

#### REFERÊNCIAS

- J. Tao, V. Xue, "Grid-Connected Micro Solar Inverter Implement Using a C200 MCU." Application Report SPRABT0 – Texas Instruments, January 2013.
- Meneses, F. Blaabjerg, Ó García and J. A. Cobos, "Review and Comparison of Step-Up Transformerless Topologies for Photovoltaic AC-Module Application," in IEEE Trans. on Power Electronics, vol. 28, no. 6, pp. 2649-2663, June 2013.
- Q. Li and P. Wolfs, "A Review of the Single Phase Photovoltaic Module Integrated Converter Topologies with Three Different DC Link Configurations," in IEEE Trans. on Power Electronics, vol. 23, no. 3, pp. 1320-1333, May 2008.

T. Salmi, M. Bouzguenda, A. Gastli, A. Masmoudi, “A Novel Transformerless Inverter Topology without Zero-Crossing Distortion.” in International Journal of Renewable Energy Research, vol. 2, no. 1, pp. 140-146, 2012IBGE (Rio de Janeiro, RJ).

### **COMPARATIVE PERFORMANCE ANALYSIS OF STRING INVERTER AND MICROINVERTER INSTALLED IN THE FEELT-NUPEP-UFU PHOTOVOLTAIC SYSTEM**

**Abstract.** *In small and medium-sized photovoltaic systems, the employment of microinverters instead of string inverters can promote an increase in the generation of electric energy by reducing shading effects and loss of efficiency, by the fact that the microinverter control individually the energy extracted from each PV module. These can be caused due to incompatibility between the PV modules, damage caused in the cells, such as super heating (hot spots), which causes the cell's burning, in addition to partial shading, caused by clouds, dirt or external agents causing shadows. In this scenario, this paper aims to present the results obtained through a study conducted on a distributed microgeneration unit with photovoltaic solar power composed of string inverter and microinverter. These were connected to Sun-Earth's 235Wp (Watt-peak) photovoltaic modules installed in the same orientation and inclination, and in this way the performance of both were monitored and evaluated.*

**Key words:** *Distributed Generation, Microinverter, String Inverter.*