

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE NO ESTADO DO TOCANTINS SOB DIFERENTES ORIENTAÇÕES

Alex Dias da Cruz – alexdias775@mail.uft.edu.br
Dimatheu Soares Limeira – dimatheulimeira@mail.uft.edu.br
Fabriciano Gomes da Silva Neto – fabriciano.gomes@mail.uft.edu.br
Ian de Oliveira Gomes – ian.gomesuft@uft.edu.br
Universidade Federal do Tocantins, Departamento de Engenharia Elétrica
Martha de Sousa Cruz – marthacruz@uft.edu.br
Universidade Federal do Tocantins, Departamento de Engenharia Civil

Resumo. No presente trabalho foi realizado o estudo e comparação do desempenho de quatro sistemas fotovoltaicos instalados a partir do ano de 2015 no Estado do Tocantins, com diferentes inclinações e direções de instalação. Tais SFRCs foram nomeados de sistemas 1,2,3 e 4, dos quais possuem potências instaladas de 3,12; 4,95; 7,15; 5,1 kWp, respectivamente. As inclinações e orientações seguindo a ordem dos sistemas: 15° e orientação azimutal para Oeste, 15° e orientação azimutal para o Norte, 20° e orientação azimutal para o Norte e o sistema 4 na Horizontal (0°). Para a análise são considerados os dados de operação dos sistemas, obtidos nos seus inversores, no período de um ano. Assim os SFRCs 1, 2, 3 e 4 produziram no intervalo adotado um total de 4586,023 kWh; 7428,514 kWh; 4699,925 kWh; 7339,10 kWh e apresentaram fator de capacidade (F_C) 18,1%; 17,1%; 15,2%; 16,4% e produtividade anual (Y_F) 1469,9 kWh/kWp; 1500,7 kWh/kWp; 1315,4 kWh/kWp, 1439,0 kWh/kWp, respectivamente.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede, Energia Produzida, Geração Distribuída, Análise de Desempenho.

1. INTRODUÇÃO

A geração distribuída por fontes renováveis no Brasil, sobretudo os sistemas fotovoltaicos foram incentivados e marcados a partir da Resolução Normativa nº 482 de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), tal resolução situa as condições para acesso da microgeração e minigeração distribuída por fontes renováveis de energia (Brasil, 2012). Segundo (Zilles et al., 2012) o sistema fotovoltaico conectado à rede (SFRC) possui um perfil bem particular, previsível, porém não controlado, por ser um sistema que depende de recurso solar, da temperatura ambiente, capacidade de produção disponível do local, dentre outros fatores.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede são uma aplicação da tecnologia solar fotovoltaica, consistem em arranjos que agem como uma fonte complementar ao sistema elétrico ao qual encontra-se conectado (Villalva; Gazoli, 2012). Nesse cenário, é de fundamental importância a análise de desempenho dos SFRCs, perpassando pelos seguintes méritos de avaliações: produção de energia, fator de capacidade e produtividade, para que dissemine como se comportam esses sistemas descentralizados de energia no setor elétrico brasileiro, a fim de fomentar esse tipo de produção.

O estudo tem como objetivo geral a análise das performances energéticas de sistemas fotovoltaicos instalados no estado do Tocantins, a partir do ano de 2015, que compreende o interstício de um ano. Assim, as composições dessas análises apresentam inicialmente a caracterização dos sistemas fotovoltaicos, em seguida a avaliação e cálculo dos dados referentes aos parâmetros de desempenho, uma análise da eficiência do inversor, e, por fim, uma comparação com a performance de sistemas de outros estados.

2. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS

2.1 Sistema 1

O primeiro arranjo fotovoltaico é composto de 12 módulos fotovoltaicos de silício multicristalino de potência 260 W de 3 kW o inversor. As especificações do módulo fotovoltaico e do inversor encontram-se na Tab. 1 e Tab. 2, onde podem ser vistos na Fig. 1a e Fig. 1b. Ademais, esse produtor tem inclinação de 15° e orientação azimutal para o Norte

geográfico, pouco sombreamento no início da manhã, e uma caixa de conexões (Stringbox), que consiste em um equipamento de proteção que isola o sistema fotovoltaico que protege o sistema de curtos-circuitos e surtos elétricos. Apresenta um fator de dimensionamento do inversor de 0,96 que caracteriza a relação entre a potência nominal c.a do inversor, a potência de pico de produção fotovoltaica e depende do inversor selecionado, da orientação, inclinação do painel, além das condições ambientais, pois a localização onde será instalado o SFCR, determina a análise do fator de dimensionamento (FDI) mais adequado.

Tabela 1 – Especificações elétricas do módulo SunEdison para as condições de irradiância 1.000 W/m², temperatura de célula 25 °C e espectro solar AM 1,5. Tabela 2 - Especificações do inversor

CARACTERÍSTICA	VALOR
Máxima Potência (P _{máx})	260 W
Tensão de Máxima Potência (V _{mp})	30,2 V
Corrente de Máxima Potência (I _{mp})	8,43 A
Tensão de Circuito Aberto (V _{oc})	37,4 V
Corrente de Curto-Circuito (I _{sc})	9,00 A
Coefficiente de Temperatura (I _{sc})	0,0065%/°C
Coefficiente de Temperatura (V _{oc})	-0,34%/°C
Eficiência	15,85%
Dimensões (A x L x P em mm)	(1638 x 982 x 40)

CARACTERÍSTICA	VALOR
Faixa de tensão de entrada	165-440 Vcc
Tensão Máxima de Entrada	550 Vcc
Corrente Máxima de Entrada	19,8 A
Potência Nominal de Saída	3000 W
Tensão Nominal de Saída	180-270 Vca
Corrente Nominal de Saída	14,5 A
Fator de Potência	1
Eficiência Máxima	96,1%



(a)



(b)

Figura 1 - (a) Módulos fotovoltaicos no telhado; (b) inversor monofásico de potência 3 kW.

2.2 Sistema 2

Composto de 18 módulos fotovoltaicos monocristalinos, com potência nominal de 275 W e 1 (um) inversor de 5 kW. As especificações do módulo e do inversor encontram-se na Tab. 3 e Tab. 4. As imagens da instalação dos módulos e do inversor encontram-se na Fig. 2. Esse produtor tem inclinação de 15° com orientação azimutal para o Oeste geográfico, duas caixas de conexões (Stringbox), e apresenta um fator de dimensionamento do inversor FDI de 0,99. A potência do arranjo fotovoltaico e do inversor, devem ser ajustadas de modo que o FDI do inversor tenha a melhor relação custo/benefício.

Tabela 3 – Especificações elétricas do módulo SunEdison para as condições de irradiância 1.000 W/m², temperatura de célula 25 °C e espectro solar AM 1,5. Tabela 4 - Especificações do inversor

CARACTERÍSTICA	VALOR
Máxima Potência (P _{máx})	275 W
Tensão de Máxima Potência (V _{mp})	31,2 V
Corrente de Máxima Potência (I _{mp})	8,83 A
Tensão de Circuito Aberto (V _{oc})	35,9 V
Corrente de Curto-Circuito (I _{sc})	9,34 A
Coefficiente de Temperatura (I _{sc})	0,05%/°C
Coefficiente de Temperatura (V _{oc})	-0,32%/°C
Eficiência	16,9%
Dimensões (A x L x P em mm)	(1640 x 990 x 40)

CARACTERÍSTICA	VALOR
Faixa de tensão de entrada	200 a 800 Vcc
Tensão Máxima de Entrada	1000 Vcc
Corrente Máxima de Entrada	18 A
Potência Nominal de Saída	3000 W
Tensão Nominal de Saída	250 Vca
Corrente Nominal de Saída	13 A
Fator de Potência	1
Eficiência Máxima	97,9 %



Figura 2 - (a) Módulos fotovoltaicos no telhado; (b) Inversor monofásico de potência 5 kW.

2.3 Sistema 3

Composto por 26 módulos fotovoltaicos monocristalinos com potência nominal de 275 W e inversor de 3 kW. As características do módulo e do inversor encontram-se na Tab. 5 e Tab. 6, onde podem ser vistos na Fig. 3a e Fig. 3b. Esse sistema possui inclinação de 20° com orientação azimutal para o Norte geográfico, assegurado por duas caixas de conexões (Stringbox), com sombreamento e apresenta um fator de dimensionamento do inversor FDI de 0,84.

Tabela 5 – Especificações elétricas do módulo SunEdison para as condições irradiância 1.000 W/m², temperatura de célula 25 °C e espectro solar AM 1,5. Tabela 6 - Especificações do inversor

CARACTERÍSTICA	VALOR
Máxima Potência (P _{máx})	275 W
Tensão de Máxima Potência (V _{mp})	31,2 V
Corrente de Máxima Potência (I _{mp})	8,83 A
Tensão de Circuito Aberto (V _{oc})	35,9 V
Corrente de Curto-Circuito (I _{sc})	9,34 A
Coefficiente de Temperatura (I _{sc})	0,05%/°C
Coefficiente de Temperatura (V _{oc})	-0,32%/°C
Eficiência	16,9%
Dimensões (A x L x P em mm)	(1640 x 990 x 40)

CARACTERÍSTICA	VALOR
Faixa de tensão de entrada	165-440 Vcc
Tensão Máxima de Entrada	550 Vcc
Corrente Máxima de Entrada	19,8 A
Potência Nominal de Saída	3000 W
Tensão Nominal de Saída	180-270 Vca
Corrente Nominal de Saída	14,5 A
Fator de Potência	1
Eficiência Máxima	96,1%



(a)



(b)

Figura 3 - (a) Módulos fotovoltaicos no telhado; (b) Inversores monofásico de potência 3 kW.

2.4 Sistema 4

Possui 20 módulos fotovoltaicos de silício multicristalino com potência nominal de 255 W e inversor de 5 kW. As características do módulo e do inversor encontram-se na Tab. 7 e Tab. 8 e podem ser vistas na Fig. 4a e Fig. 4b. O sistema tem inclinação de 0° (horizontal), com duas caixas de conexões (Stringbox), e apresenta um fator de dimensionamento do inversor FDI de 0,98.

Tabela 7 – Especificações elétricas do módulo Canadian para as condições irradiância 1.000 W/m², temperatura de célula 25 °C e espectro solar AM 1,5.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Máxima Potência (P _{máx})	255 W
Tensão de Máxima Potência (V _{mp})	30,2 V
Corrente de Máxima Potência (I _{mp})	8,43 A
Tensão de Circuito Aberto (V _{oc})	37,4 V
Corrente de Curto-Circuito (I _{sc})	9,00 A
Coefficiente de Temperatura (I _{sc})	0,065%/°C
Coefficiente de Temperatura (V _{oc})	-0,34%/°C
Eficiência	15,85%
Dimensões (A x L x P em mm)	(1638 x 982 x 40)

CARACTERÍSTICA	VALOR
Faixa de tensão de entrada	200 a 800 Vcc
Tensão Máxima de Entrada	1000 Vcc
Corrente Máxima de Entrada	18 A
Potência Nominal de Saída	3000 W
Tensão Nominal de Saída	250 Vca
Corrente Nominal de Saída	13 A
Fator de Potência	1
Eficiência Máxima	97,9%



(a)



(b)

Figura 4 - (a) Módulos fotovoltaicos no telhado; (b) Inversores monofásico potência 5 kW.

A otimização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Brasil obtém-se com índices de FDI inferiores a 0,9 para a região sul e sudeste (Macêdo, 2006; Dias, 2006) e com índices de FDI entre 0,9 e 1 para regiões de baixas latitudes, que consiste em regiões que estão próximas a Linha do Equador, com isso as temperaturas são elevadas, no qual se enquadra o Estado do Tocantins. Considerando que apenas o sistema 03 não se adequa nessa classificação, podendo vir a apresentar vários fatores que o influenciaram, como o sombreamento, sua inclinação, até a escolha do inversor.

3. PARÂMETROS DE MÉRITO DO DESEMPENHO DE SFCR

São utilizados para comparar a operação do SFCR com diferentes potências e/ou localidades, calculados de forma individual para cada sistema por meio dos valores de energia produzida, potência instalada e irradiação solar incidente. A análise do desempenho dos sistemas apresentados baseia-se nos valores de energia produzida durante o período de um ano de operação e nos valores de irradiação solar incidentes no painel FV. A partir da energia produzida e da irradiação solar incidente, são apresentados os índices de mérito do SFCR em análise, que são: fator de capacidade (F_C) e (Y_F) (produtividade).

3.1 Fator de Capacidade

Segundo (Benedito, 2009), esse índice representa a razão entre a energia de fato entregue pelo sistema, no período considerado, e a energia que ele entregaria se operasse 100% do tempo na sua potência nominal. Assim, a equação para calcular esse índice pode ser vista abaixo, na Eq. (1):

$$FC = \frac{\int_{t_1}^{t_2} P_{saída} \cdot dt}{P_{nominal} \cdot (t_2 - t_1)} \quad (1)$$

Onde, P_{saída} é a potência entregue pelo sistema em um determinado período de tempo, P_{nominal} é a potência do sistema fotovoltaico.

3.2 Produtividade Anual

A produtividade Anual (Y_F ou *Final Yield*) é denominada a produtividade do sistema de um determinado intervalo de tempo, no qual é a razão entre o valor da energia entregue à carga e a potência nominal do sistema, logo, de acordo com a Eq. (2):

$$YF = \frac{\int_{t_1}^{t_2} P_{saída} \cdot dt}{P_{nominal}} \quad (2)$$

Sendo a unidade do Y_F expressa em kWh/kWp ou em horas.

4. ANÁLISE OPERACIONAL DOS SISTEMAS

Para análise de operação dos sistemas foi realizada a coleta de informações de energia produzida na saída dos inversores em cada SFCR analisado. A partir disso, foi possível desenvolver as avaliações que são expostas nos tópicos seguintes:

4.1 Energia Produzida dos Sistemas

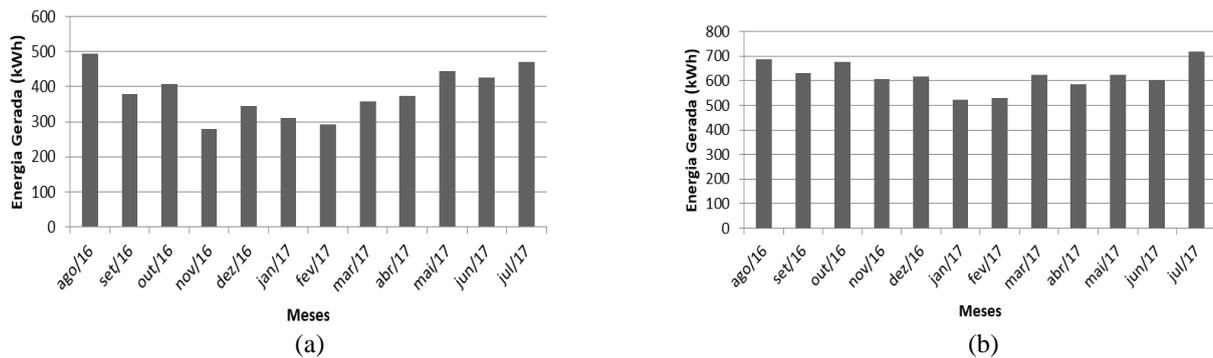


Figura 5 - (a) Energia produzida no período de 2016-2017 Sistema 1; (b) Energia produzida no período de 2016-2017 Sistema 2.

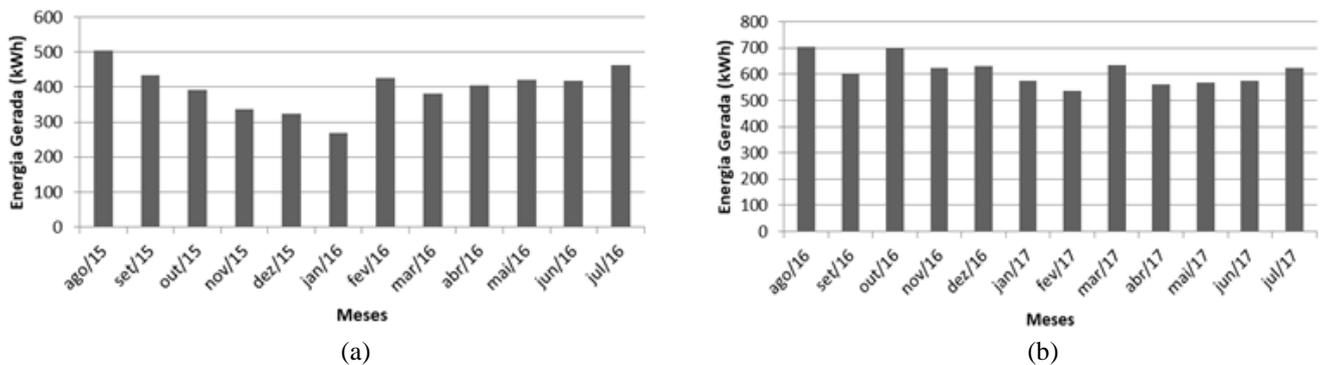


Figura 6 - (a) Energia produzida no período de 2016-2017 Sistema 3; (b) Energia produzida no período de 2016-2017 Sistema 4.

Ao analisar a operação dos sistemas, foi realizada a coleta de informações de energia produzida na saída dos inversores de cada SFCR em estudo. A partir disso, desenvolveram-se as avaliações que são expostas neste estudo. As imagens acima representam a produção de energia elétrica no período de 12 meses para os quatro sistemas. Para os sistemas 1, 2, 4 foi contabilizado o período de agosto de 2016 a julho de 2017, já para o sistema 3, representado pela Fig. 6(b), foi considerado o período de agosto de 2015 a julho de 2016. Além disso, é importante salientar que o sistema 3, cuja instalação tem dois inversores, apenas os dados de um desses inversores foram estudados pois houve problemas no registro de dados do outro.

Para uma análise mais completa da produção energética dos sistemas, os principais dados foram organizados na seguinte tabela (Tabela 9):

Tabela 9 – Dados coletados com relação à produção de energia.

Sistema	Geração Anual (kWh)	Geração Mensal Média (kWh)	Mês de Geração Mínima	Mês de Geração Máxima
1	4586,02	382,17	Nov/16 (278,89 kWh)	Ago/16 (494,27 kWh)
2	7428,51	619,04	Jan/17 (524,04 kWh)	Jul/17 (720,14 kWh)
3	4774,05	397,84	Jan/16 (267,91 kWh)	Ago/15 (504,24 kWh)
4	7339,10	611,59	Fev/17 (537,25 kWh)	Ago/16 (705,62 kWh)

O Tocantins possui condições climáticas favoráveis para a produção de energia solar, pois apresenta uma irradiação solar diária média de 5,05 kWh/m² (CRESESB, 2016), resultando um total de 1839,6 kWh/m² ao longo do ano. A irradiação solar atinge seu pico no inverno, por ser um período seco e quase sem nuvens, o que é corroborado pelos dados coletados e apresentados nas figuras 5 e 6. É possível observar, através dessas figuras, que a maior produção de energia ocorre no meio do ano, nos meses de julho e agosto, durante o inverno, enquanto o período de produção mínima é entre novembro e abril, durante o verão, período chuvoso e com muita nebulosidade.

O sistema 3 apresentou um estranho pico de produção no mês de fevereiro, o que não é esperado se considerarmos os aspectos climáticos desfavoráveis e se compararmos com os outros sistemas nesse mesmo mês no ano seguinte. A explicação para isso não é clara, e é necessária uma análise mais profunda para ver se houve algum erro de medição ou fatores desconhecidos que levaram para esse valor tão alto.

4.2 Produtividade Mensal e Fator de Capacidade

Uma vez conhecida as energias de saída CA dos sistemas, é possível descrever os parâmetros de produtividade mensal e o fator de capacidade, como pode ser observado nas Figuras 7 e 8, respectivamente, por meio dos gráficos mensais. Como o período de produção analisado do sistema 3 é diferente os seus gráficos foram feitos de forma separada em relação aos demais sistemas.

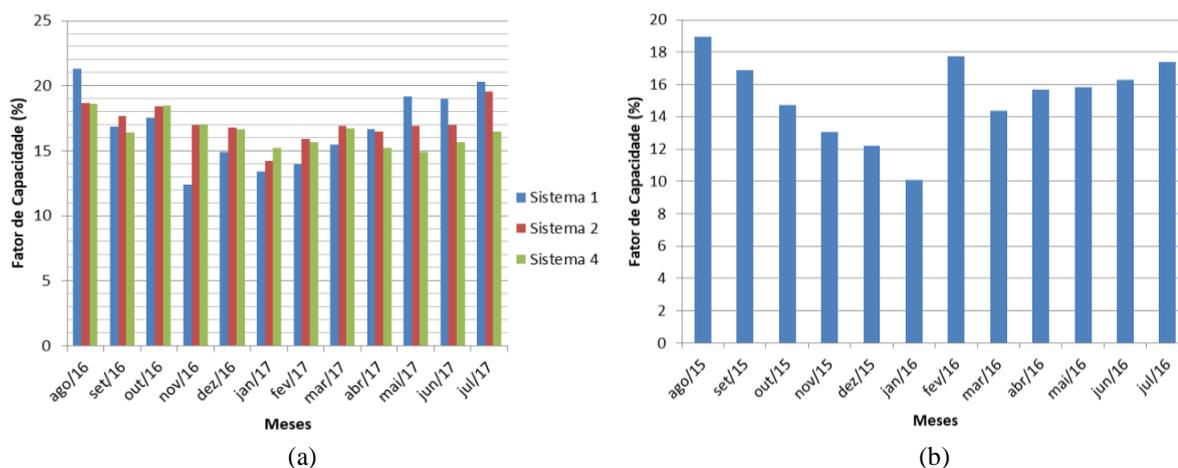


Figura 7 - (a) Fator de capacidade mensal dos sistemas 1, 2 e 4 períodos de 2016-2017; (b) Fator de capacidade mensal do sistema 3 no período de 2015-2016

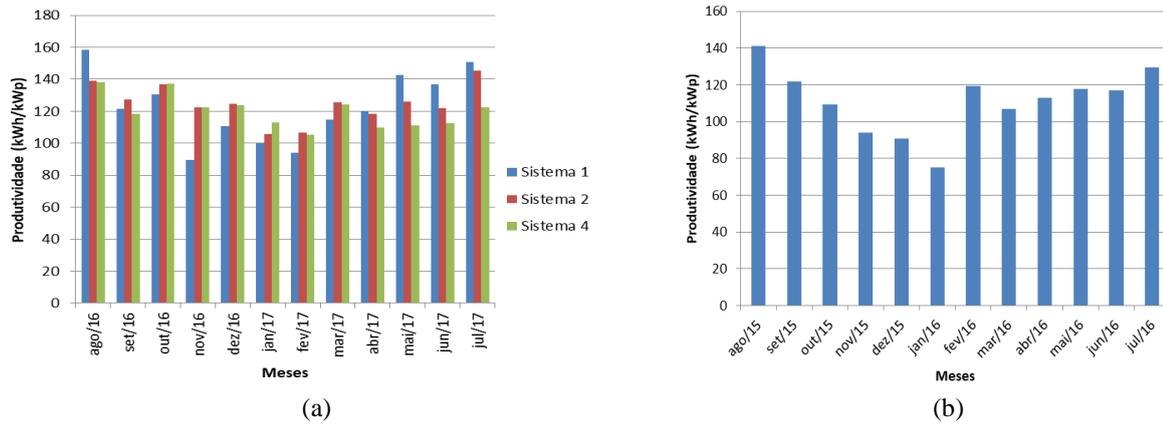


Figura 8 - (a) Produtividade mensal dos sistemas 1, 2 e 4 períodos de 2016-2017; (b) Produtividade mensal do Sistema 3 períodos de 2015-2016.

Relacionando a energia gerada com a potência nominal dos sistemas, é possível conhecer os índices de mérito, valores que indicam a performance da produção. Os fatores de capacidade (FC) anuais dos sistemas 1, 2, 3 e 4, em porcentagem, são, respectivamente, 16,8; 17,1; 15,2 e 16,4; enquanto que as Produtividades (Y_f), em kWh/kWp são de 1469,9; 1500,7; 1335,4 e 1439,0.

O sistema 3 apresentou valores menores que os outros, principalmente no período de outubro a janeiro, o que pode ser explicado tanto por terem sido analisados em anos diferentes, quanto pelo fato do sistema 3 apresentar sombreamento parcial, que pode ter sido mais influente durante esses meses, além do fato de seu inversor apresentar um FDI baixo.

4.3 Eficiência do Inversor e Potência

Existem alguns fatores que afetam diretamente o desempenho global do sistema, entre eles está à disposição dos painéis, pois a incidência solar sobre os mesmos varia de acordo com a orientação do sistema, sua inclinação e nível de sombreamento sobre os painéis, sendo que parte da energia produzida é perdida antes mesmo de ser convertida em eletricidade (Vitti; Alvares, 2006), mas, além desses fatores, há também as perdas da conversão de corrente contínua para alternada, que ocorre no inversor.

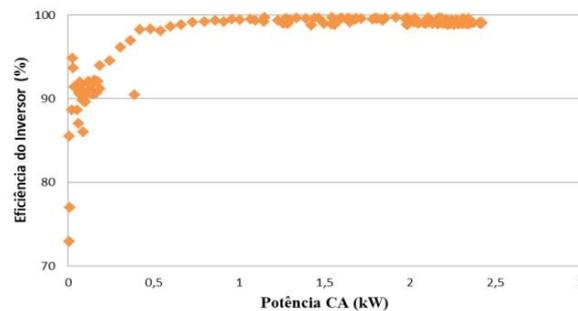
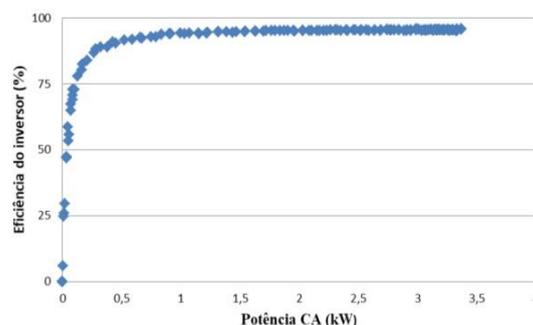


Figura 9 - Eficiência do Inversor pela Potência de Saída (CA) no período de um dia Sistema 1;



(b) Eficiência do Inversor pela Potência de Saída (CA) no período de um dia Sistema 2.

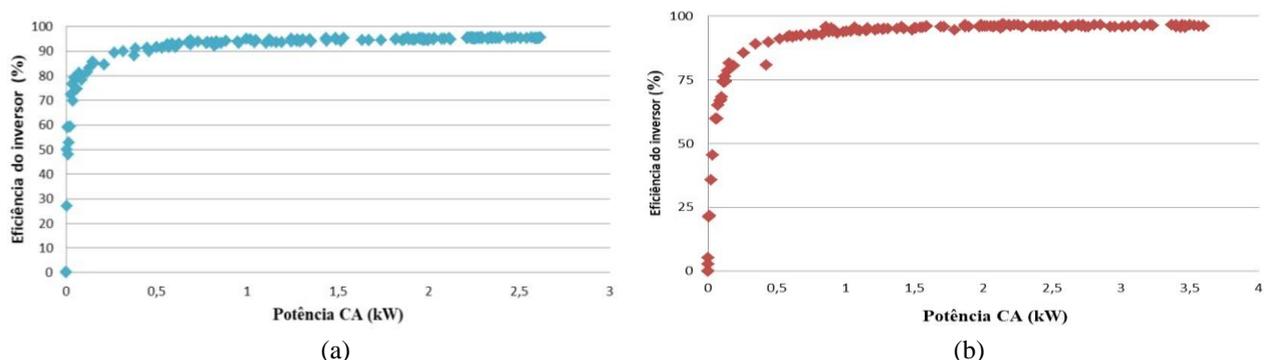


Figura 10 - (a) Eficiência do Inversor pela Potência de Saída (CA) no período de um dia Sistema 3; (b) Eficiência do Inversor pela Potência de Saída (CA) no período de um dia Sistema 4.

Ao analisar a produção de energia dos sistemas ao longo do dia 15 de maio, um dia de funcionamento mediano, é possível verificar, como é mostrado nas figuras 9 e 10, uma relação padrão da eficiência do inversor em função da potência de saída. Através desses gráficos, verifica-se que a eficiência dos inversores fica entre 90 e 100%, exceto para o caso de potência de saída baixa, inferior a aproximadamente 0,5 kW.

Coletando dados dos inversores, é possível descobrir a porcentagem de tempo, ao longo do ano, em que eles operaram com uma potência menor que 0,5 kW, que foi 37,1% no sistema 1, 31,3% no sistema 2, 40% no sistema 3 e 27% no sistema 4. Como os sistemas tiveram uma produção, durante mais de 60% do tempo, com potência de saída suficientemente alta para oferecer uma eficiência de conversão alta, é esperado que, ao analisar a geração anual, serão verificadas perdas não muito grandes no inversor.

5. PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO

Com base nos dados expostos no tópico anterior, é possível levantar os parâmetros de avaliação de desempenho dos SFRCs envolvidos no artigo, como energia produzida (kWh), Fator de capacidade (F_c %) e produtividade anual (Y_f) em kWh/kWp. Segue abaixo a Tab. 4 com os parâmetros obtidos dos sistemas 1,2,3,4 e comparando-os com os dados dos sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), da Usina Fotovoltaica (UFV) de Natal-RN, de um sistema teórico baseado nas condições de Palmas-TO, e um SFRC de Itumbiara-GO.

O sistema teórico é relativo ao artigo Desempenho de Sistemas FV de Acordo com a inclinação e azimute dos autores Alcy M. Júnior e Karla G.S. Santana, da UFT - Universidade Federal do Tocantins; Ane C. Macedo, da UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais e Olívio C.S. Nascimento e Sergio B. Silva, do Instituto Federal de Goiás, com o objetivo de avaliar o impacto do ângulo de inclinação e da orientação dos painéis na produção anual de eletricidade. Foram utilizadas análises computacionais através de simulações utilizando a ferramenta SOLergo desenvolvido pela italiana Electro Graphics que permite avaliar sistemas fotovoltaicos conectados ou isolados e um sistema real com potência de geração de 3,12 kWp.

Tabela 4 - Comparação entre diversos SFRC em Operação.

Sistema	Local	Ano de operação	Potência Instalada (kWp)	F_c (%)	Y_f (kWh/kWp)
1	Palmas –TO	2016-2017	3,12	18,1	1469,9
2	Palmas –TO	2016-2017	4,95	17,1	1500,7
3	Palmas –TO	2015-2016	7,15	15,2	1315,4
4	Pedro Afonso – TO	2016-2017	5,1	16,4	1439,0
UTFPR	Curitiba – PR	2014	2,1	13,2	1.149
UFV	Natal- RN	2014	56,4	18,8	1648
Teórico	Palmas – TO	2016	3,12	17,4	1525,3
SFRC	Itumbiara- GO	2015-2016	5,50	17,3	1513,2

De acordo com a Tab. 4, o Sistema 1 de Potência instalada 3,12 kWp, 15° e orientação azimutal para o Norte geográfico, pouco sombreamento no início da manhã, apresentou no período estudado um acumulado de 4586,02 kWh de energia gerada, com F_c de 18,12% e Y_f de 1469,88 kWh/kWp. O Sistema 2 com 4,95 kWp, inclinação de 15° e orientação azimutal para o Oeste geográfico, sombreamento parcial, obteve uma produção de 7428,51 kWh, F_c de 17,13% e Y_f de 1500,71 kWh/kWp. Sistema 3 de potência instalada de 7,15 kWp, inclinação de 20° e orientação azimutal para o Norte geográfico, com sombreamento, obteve 4699,92 kWh, de energia gerada, apresentou F_c de 15,24% e Y_f de 1315,39 kWh/kWp. Já o Sistema 4 de GFV 5,1 kWp, inclinação de 0° (horizontal) e sem sombreamento, foi obtido produção de 7339,10 kWh, F_c de 16,4% e Y_f de 1439,0 kWh/kWp.

Além disso, é notório os quatro SFRCs do estado do Tocantins apresentaram ótimos valores de F_c e Y_f

paralelamente com a Usina Fotovoltaica em Natal-RN, cujas irradiações são bem elevadas. Ademais, os SFCRs em estudo obtiveram valores próximos a um sistema teórico com características da cidade de Palmas, revelando a confiabilidade e a viabilidade de implantação dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede no estado do Tocantins.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise de quatro casos de sistemas fotovoltaicos instalados no Tocantins a partir de 2015, sendo três deles na cidade de Palmas e o outro em Pedro Afonso, foi possível calcular e em seguida verificar os índices de mérito, tais como o fator de capacidade, no qual os sistemas obtiveram resultados entre 15,2% e 18,1%, a produtividade anual com valores entre 1315,4 kWh/kWp e 1500,7 kWh/kWp, em que os sistemas estudados possuem características de orientações e inclinações diferentes.

Dessa forma, comparando com outros locais, como Curitiba-PR, Itumbiara-GO e Natal-RN, é possível verificar que o Tocantins é uma região no qual oferece ótimas condições de produção de energia elétrica com sistemas fotovoltaicos, já que os resultados da análise superaram a produtividade de todos os outros sistemas comparados, exceto a usina instalada em Natal-RN. Portanto, os resultados são satisfatórios, principalmente quando comparados com outros sistemas de localidades diferentes, mesmo com variadas orientações e inclinações dos SFCRs, o desempenho é alto e consequentemente, viável sua aplicação e expansão.

REFERÊNCIAS

- Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Resolução normativa n° 482, de 17 de Abril de 2012. Brasília, DF, 2012.
- Benedito, R. D. S. Caracterização da geração distribuída de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, no Brasil, sob os aspectos técnico, econômico e regulatório. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências).
- CRESESB. Potencial Solar – SunData. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata> > Acesso em: 18 de novembro de 2017
- Júnior, A., Santana, K., Macedo, A., Nascimento, O. e Silva, S., 2016, “Análise de desempenho de sistemas fotovoltaico com diferentes ângulos de inclinação e azimute localizados em Palmas-To”. XIV CEEL, Universidade Federal de Uberlândia
- Macêdo, W.N. Análise do Fator de Dimensionamento do Inversor (FDI) Aplicado a Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR). Tese de Doutorado, PIPGE/USP, São Paulo, Brasil. 2006.
- Rampinelli, G. A., 2010. Estudo de Características Elétricas e Térmicas de Inversores para Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede. Tese de Doutorado, PROMEC/UFRGS, Porto Alegre.
- Urbanetz, Jair Jr.; CASAGRANDE, Eloy F. J.; TIEPOLO, Gerson. M. Acompanhamento do Desempenho do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica do Escritório Verde da UTFPR. IX CBPE. Florianópolis, 2014
- Villalva, M. G., Gazoli, J. R., 2012. Energia Solar Fotovoltaica. Conceito e Aplicações. Sistemas Isolados e Conectados à Rede, Ed. Érica, São Paulo.
- Zilles, R., Macêdo, W. N., Galhardo, M. A. B., Oliveira, S. H. F., 2012. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica, Oficina de Textos.

ANALYSIS OF PERFORMANCE OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS CONNECTED TO THE NETWORK IN THE TOCANTINS STATE UNDER DIFFERENT GUIDELINES

ABSTRACT: In the present article a study was conducted to compare performance between four photovoltaic systems, with different inclinations and directions installed on 2015 in the State of Tocantins. These SFCRs (Photovoltaic System Grid Connected) were named respectively as the inclinations and orientations following the system order: 15° and azimuthal direction to West, 15° and azimuthal direction to North, 20° and azimuthal direction to North and forth system on Horizontal (0°). For analysis are considered data of operational system obtained on their inverters for one year. Thus SFCRs 1,2,3 e 4 generated during the specified timeframe a total of 4586,023 kWh; 7428,514 kWh; 4699,925 kWh; 7339,10 kWh and show a capacity factor of (Fc) 18,1% ; 17,1%; 15,2%; 16,4% and annual productivity (Yf) 1469,9 kWh/kWp; 1500,7 kWh/kWp; 1315,4 kWh/kWp; 1439,0 kWh/kWp.

Key words: Photovoltaic System Grid Connected, Performance Analyses Distributed Energy Generation.