

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO ENERGÉTICA E DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO AO COMPLEXO AQUÁTICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Helena Flávia Napolini – helenaf@eel.ufsc.br

Julio Boing Neto – julioboingneto@gmail.com

Gustavo Xavier de Andrade Pinto – gustavo_xavier3@hotmail.com

Ricardo Rütther – ricardo.rutther@ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina

Campus Universitário Trindade, Caixa Postal 476, Florianópolis-SC, 88040-900

Resumo. Este trabalho tem como objetivo estimar a contribuição energética e o desempenho de um sistema fotovoltaico hipotético conectado à rede e integrado à arquitetura do complexo aquático da Universidade Federal de Santa Catarina. Os resultados mostram que, embora Florianópolis esteja localizada na região de menor incidência de irradiação solar no país e com a maior variabilidade, a energia solar apresenta grande potencial de aproveitamento. Os resultados mostram ainda que a geração anual de energia fotovoltaica obtida através de dados medidos de irradiação solar global horizontal no Campus da Trindade - UFSC, em Florianópolis, seria 13 % menor do que a geração anual obtida para Florianópolis através dos bancos de dados da NASA, NREL e INPE para o sistema fotovoltaico com módulos de filmes finos de CdTe e 12 % menor para o sistema fotovoltaico com módulos de p-Si. Para os sistemas analisados, o gerador fotovoltaico composto por módulos de CdTe apresenta maior produtividade anual do que o sistema fotovoltaico composto por módulos de p-Si.

Palavras-chave: Energia solar, Energia solar fotovoltaica, Simulação computacional para geração de energia fotovoltaica.

1. INTRODUÇÃO

Os recursos de irradiação solar no Brasil, além de se apresentarem como uns dos maiores do mundo podem ser descritos como uniformemente distribuídos e com pequena variabilidade anual (Pereira *et al.*, 2006). O Brasil apresenta médias diárias regionais de irradiação solar global no plano horizontal tais como: Norte: 5,5 kWh/m², Nordeste: 5,7 kWh/m², Centro Oeste: 5,6 kWh/m², Sudeste: 5,5 kWh/m² e Sul 5,0 kWh/m² (Colle *et al.*, 2000). O índice médio anual de irradiação solar no país é maior na região Nordeste, com destaque para o Vale do São Francisco e menor na região Sul. O nível médio anual de irradiação solar global em Florianópolis (27° S, 48° O), embora seja um dos menores níveis de irradiação solar global média anual do país, é de cerca de 1.600 kWh/m² (Colle *et al.*, 2001). Mesmo em climas mais temperados como os da região Sul, com menores índices de irradiação solar, o país apresenta potencial econômico e técnico para o aproveitamento da energia solar (Goldemberg *et al.*, 2004; Rosa e Lomardo, 2004; Carlo e Lamberts, 2008).

A integração da energia solar fotovoltaica à edificação é uma boa alternativa para reduzir o consumo de energia elétrica e o Brasil tem as condições necessárias para aproveitar tais tecnologias (Rütther e Zilles, 2011). Estudos demonstram benefícios para investidores do setor comercial ao integrar esse tipo de geração em suas edificações, reduzindo custos do pico de demanda (Braun e Rütther, 2010; Jardim *et al.*, 2008). Consumidores residenciais também se beneficiam do uso de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCCR) ao reduzir o custo do uso de energia elétrica (Rezaie *et al.*, 2013). Adicionalmente, estudos apontam para resultados promissores no que diz respeito à eficiência da geração, vida útil e redução de custos de implantação de tecnologias de módulos fotovoltaicos (Gregg *et al.*, 2005; Dunlop *et al.*, 2005, Dunlop e Halton; 2006; El Chaar *et al.*, 2011). Ao longo dos anos, o custo médio de implantação de sistemas fotovoltaicos vem diminuindo e incentivos fiscais e criação de novas indústrias nesta área devem aumentar (Green, 2004).

A utilização de energias renováveis apresenta ótimas soluções sustentáveis para campi universitários (Yarbrough *et al.*, 2015, Kalkan *et al.*, 2011). Para avaliar o desempenho da tecnologia solar fotovoltaica, foi instalado em setembro de 1997, no Campus da Trindade - UFSC, o primeiro sistema fotovoltaico do Brasil integrado à arquitetura e interligado à rede elétrica, com potência instalada de 2,015 kWp, composto por módulos fotovoltaicos de filmes finos de silício amorfo, distribuído em 5 strings com 13 módulos cada, orientado para o norte geográfico, com desvio de 6° para o leste (Rütther e Dacoregio, 2000).

2. METODOLOGIA

Este trabalho tem como objetivo estimar a contribuição energética e o desempenho de um SFCR e integrado à edificação para diferentes tecnologias (filmes finos de telureto de cádmio – CdTe e silício policristalino p-Si) e diferentes bancos de dados meteorológicos, através de simulações utilizando o *software* PVSyst (www.pvsyst.com). O sistema fotovoltaico analisado é integrado à área da superfície (aproximadamente 3.400 m²) do arco do ginásio do Complexo Aquático do Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina (27° 36' S e 48° 31' O), localizado no Campus da Trindade - UFSC, em Florianópolis.

A Fig. 1 apresenta imagem do ginásio e a localização dos subsistemas do SFCR tanto para módulos de CdTe como para módulos de p-Si.

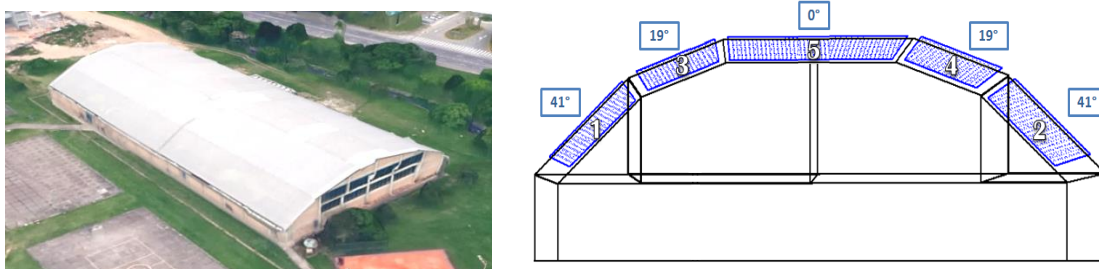


Figura 1 - Ginásio do Complexo Aquático do CDS/UFSC e localização dos subsistemas. (Fonte: Google Earth).

Para avaliar o recurso solar no local de inserção da edificação, a metodologia adotada consiste em levantar a evolução mensal da irradiação solar média diária no plano horizontal e da temperatura ambiente média diária para o Campus da Trindade - UFSC.

A Eq. (1) apresenta a irradiação solar horizontal no local de inserção da edificação, em intervalos de 5 minutos.

$$Irr = Ir \times \frac{5}{60} \quad (1)$$

onde:

Irr = Irradiação solar horizontal, expressa em Wh/m²;

Ir = Irradiância no plano horizontal, expressa em W/m².

A irradiação solar horizontal no intervalo de tempo especificado pode ser obtida pela soma das irradiações solares horizontais calculadas a cada intervalo de 5 minutos, integrante do intervalo de tempo especificado.

Para o período compreendido entre 2009 e 2013, a irradiação solar média diária no plano horizontal e a temperatura ambiente média diária foram obtidas através de dados (irradiância e temperatura) registrados em intervalos de 5 minutos pelo *datalogger* SMA Sunny Webbox do sistema de 2 kWp instalado no Campus da Trindade - UFSC. Através desses dados, foi obtido um ano médio representativo deste período, intitulado “Média 09-13”.

Os valores de irradiação solar média diária do ano “Média 09-13” foram comparados com valores médios diários de irradiação solar horizontal para Florianópolis oriundos dos bancos de dados da NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>), do NREL (<https://www.data.gov/>) e do INPE/Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (<http://en.openei.org/datasets/>). Os valores de temperatura ambiente média diária do ano “Média 09-13”, foram comparados com valores médios diários de temperatura ambiente para Florianópolis, oriundos do banco de dados da NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>) e do INMET (<http://www.inmet.gov.br/>).

Para os diferentes bancos de dados meteorológicos, a contribuição energética e o desempenho do SFCR integrado à edificação foram avaliados através de simulações via PVSyst para módulos fotovoltaicos de CdTe e de p-Si. A Tab. 1 apresenta as principais características dos módulos fotovoltaicos.

Tabela 1 - Características dos módulos fotovoltaicos.

| Tecnologia | Potência (W) | V_{MPP} (V) | I_{MPP} (A) | V_{OC} (V) | I_{SC} (A) |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Filme Fino/Telureto de Cádmio (CdTe) | 105 | 67,0 V | 1,38 | 86,0 | 1,54 |
| Silício policristalino (p-Si) | 260 | 30,9 V | 8,41 | 38,9 | 8,98 |

onde:

V_{MPP} = Tensão de máxima potência;

V_{OC} = Tensão de circuito aberto;

I_{MPP} = Corrente de máxima potência;

I_{SC} = Corrente de curto circuito.

Como não é possível reproduzir uma superfície curva no PVSyst, no modelo tridimensional adotado para as simulações, a cobertura do ginásio foi dividida em cinco subsistemas, conforme mostrado na Fig. 1 e detalhado na Tab. 2. As simulações foram realizadas com os módulos em posição paisagem, a fim de que o menor lado fosse responsável pela curvatura da cobertura do edifício.

Tabela 2 - Subsistemas da superfície curva da edificação simulada.

| | Subsistemas | | Área (m ²) | | Número de módulos | |
|-------|-------------|---------------------|------------------------|-------|-------------------|-------|
| | Inclinação | Orientação azimutal | p-Si | CdTe | p-Si | CdTe |
| 1 | 41° | -65° | 666 | 553 | 408 | 768 |
| 2 | 41° | 115° | 666 | 553 | 408 | 768 |
| 3 | 19° | -65° | 500 | 461 | 306 | 640 |
| 4 | 19° | 115° | 500 | 461 | 306 | 640 |
| 5 | 0° | - | 1.000 | 922 | 612 | 1.280 |
| TOTAL | | | 3.332 | 2.950 | 2.040 | 4.096 |

A especificação do inversor levou em consideração a compatibilidade entre este equipamento e os módulos fotovoltaicos utilizados, facilitando assim as simulações. Além disso, foram levados em consideração fatores técnicos e de utilização. Neste trabalho, os inversores escolhidos são do mesmo fabricante. Apesar de que na Europa comumente inversores são projetados com fator de dimensionamento do inversor (FDI) entre 0,6 e 0,7, no Brasil, devido aos altos níveis de irradiação solar, existe a recomendação para se dimensionar o inversor mais próximo à potência nominal da geração fotovoltaica (Zilles *et al.*, 2012). Para cada tecnologia analisada foi adotado um FDI próximo porém menor do que 1. Para o sistema composto por módulos de p-Si, adotou-se FDI = 0,90 e para o composto por módulos de CdTe, FDI = 0,94.

A Tab. 3 apresenta resumidamente a potência fotovoltaica instalada e a potência dos inversores de cada subsistema.

Tabela 3 - Potência instalada e potência dos inversores de cada subsistema.

| Subsistemas | Potência FV instalada (kWp) | | Potência do inversor (kWp) | |
|-------------|-----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|
| | Sistema p-Si | Sistema CdTe | Sistema p-Si | Sistema CdTe |
| 1 | 106 | 80,6 | 100 | 80 |
| 2 | 106 | 80,6 | 100 | 80 |
| 3 | 79,6 | 67,2 | 70 | 60 |
| 4 | 79,6 | 67,2 | 70 | 60 |
| 5 | 159 | 134 | 138 | 125 |
| TOTAL | 530,2 | 429,6 | 478 | 405 |

A Eq. (2) apresenta o Desempenho global (PR) anual do SFCR.

$$PR = \frac{E_{Grid} \times G_{STC}}{GlobInc \times P_{nom}} \quad (2)$$

onde:

PR = Desempenho global anual;

E_{Grid} = Energia anual injetada na rede, expressa em kWh;

$GlobInc$ = Irradiação solar global anual incidente no plano dos arranjos fotovoltaicos, expressa em kWh/m²;

P_{nom} = Potência nominal do arranjo nas condições padrão de teste (STC), expressa em kWp;

G_{STC} = Irradiância nas condições padrão de ensaio (1.000 W/m²).

A Eq. (3) apresenta a produtividade anual ($Yield$) do SFCR.

$$Yield = \frac{E_{Grid}}{P_{nom}} \quad (3)$$

onde:

$Yield$ = Produtividade anual, expressa em kWh/kWp;

E_{Grid} = Energia anual injetada na rede, expressa em kWh;

P_{nom} = Potência nominal do arranjo nas condições padrão de teste (STC), expressa em kWp.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As simulações foram realizadas através do *software* PVSyst na versão 6.39, utilizando os bancos de dados de irradiação solar e de temperatura do INPE, NASA, NREL, INMET e dados registrados durante o período compreendido entre 2009 e 2013, pela estação solarimétrica do primeiro sistema fotovoltaico do Brasil integrado à arquitetura e interligado à rede elétrica, instalado no Campus da Trindade - UFSC. Para os diferentes bancos de dados meteorológicos, a contribuição energética e o desempenho do SFCR integrado à edificação foram avaliados para módulos fotovoltaicos de CdTe e p-Si.

A Fig. 2 apresenta a evolução mensal da irradiação solar global horizontal média diária do ano médio representativo intitulado “Média 09-13” e a evolução mensal da irradiação solar global horizontal média diária para Florianópolis, obtida através de dados oriundos do INPE, NASA e NREL. Apresenta ainda as diferenças percentuais entre a irradiação solar global horizontal média diária “Média 09-13” medida no Campus da Trindade - UFSC e a irradiação solar global horizontal média diária do INPE, NASA e NREL.

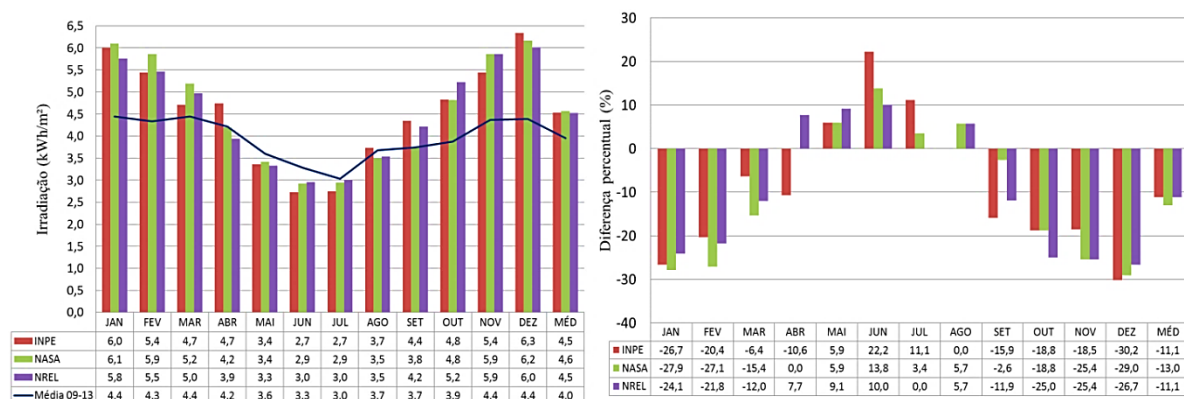


Figura 2 – Evolução mensal da irradiação solar global horizontal média diária e das diferenças percentuais.

Os resultados mostram que a irradiação solar global horizontal média diária foi de 4,0 kWh/m² (Média 09-13), 4,6 kWh/m² (NASA), 4,5 kWh/m² (NREL e INPE). A irradiação solar média diária (Média 09-13) é aproximadamente 11 % menor do que a irradiação solar média diária do INPE e NREL e 13% menor do que a irradiação solar média diária da NASA.

A Fig. 3 apresenta a evolução mensal da temperatura ambiente média diária do ano médio intitulado “Média 09-13” e a evolução mensal da temperatura ambiente média diária para Florianópolis, obtida através do banco de dados do INMET e da NASA. Apresenta ainda as diferenças percentuais entre a temperatura ambiente média diária “Média 09-13” e a temperatura ambiente média diária do INPE, NASA e NREL.

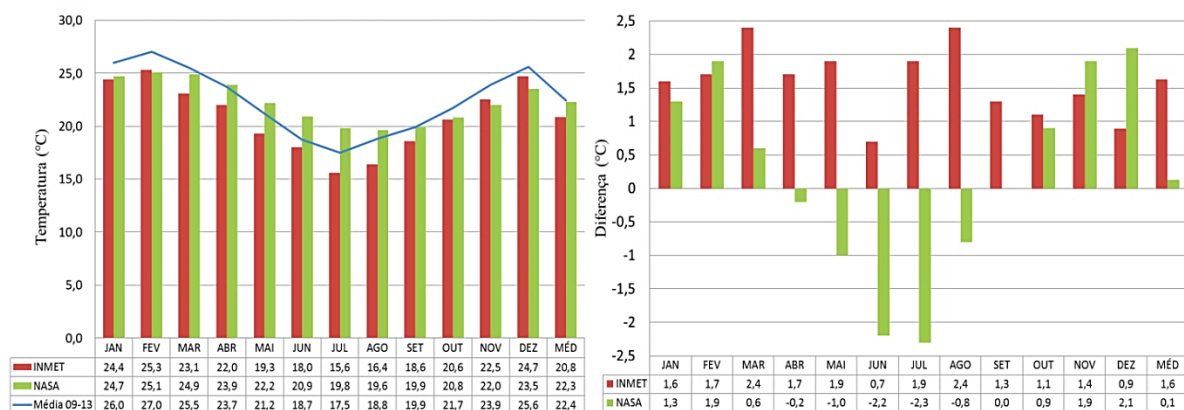


Figura 3 – Evolução mensal da temperatura ambiente média diária e das diferenças.

Os resultados mostram temperatura ambiente média diária de 22,4 °C (Média 09-13), 20,8 °C (INMET) e 22,3 °C (NASA). A temperatura ambiente média diária (Média 09-13) é 1,6 °C maior do que a temperatura ambiente média diária (INMET) e aproximadamente igual à temperatura ambiente média diária (NASA).

Para todos os sistemas analisados, as perdas consideradas nas simulações foram definidas e padronizadas, conforme mostra a Tab. 4. Os dados de perdas são inseridos nos parâmetros da simulação e são importantes na composição dos resultados.

Tabela 4 – Perdas padronizadas do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica

| Tecnologia | Perda ôhmica | Perda da eficiência dos módulos | Perda por <i>mismatch</i> | Perda por sujeira | Indisponibilidade do sistema | Perdas LID |
|------------|--------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------|------------|
| CdTe | 1,5% | 2,5% | 0,8% | 3,0% | 2,0% | - |
| p-Si | 1,5% | -0,8% | 1,0% | 3,0% | 2,0% | 1,3% |

As Fig. 4 e 5 apresentam o Desempenho Global (PR) anual e a produtividade (*yield*) anual do SFCR.

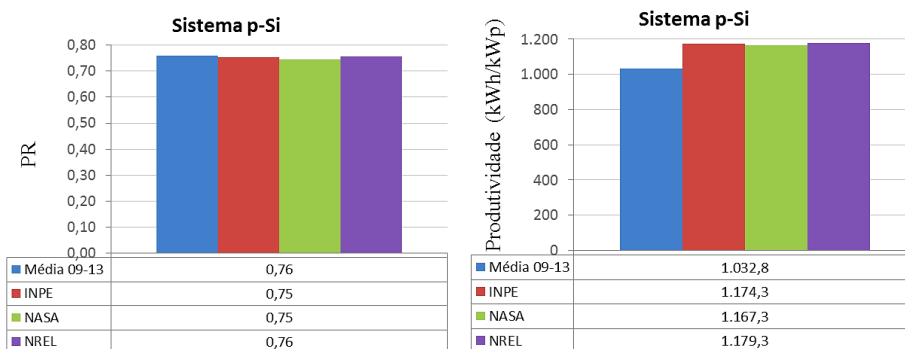


Figura 4 – Desempenho Global (PR) anual e produtividade anual do sistema fotovoltaico com módulos de p-Si.

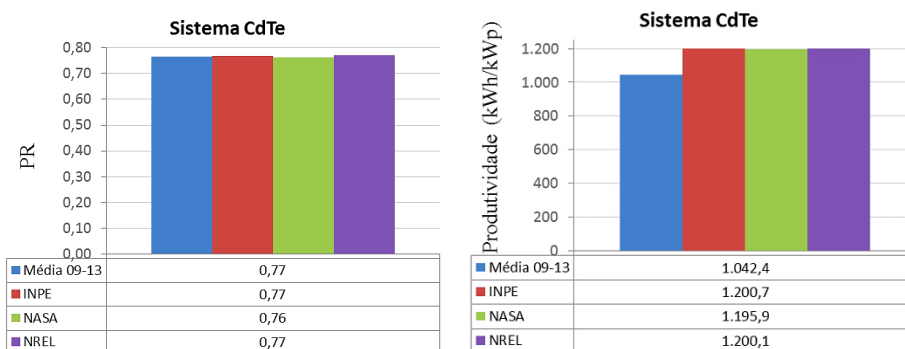


Figura 5 – Desempenho Global (PR) anual e produtividade anual do sistema fotovoltaico com módulos de CdTe.

A Tab. 5 apresenta as perdas por temperatura para as tecnologias de CdTe e p-Si.

Tabela 5 - Perdas por temperatura.

| Banco de Dados | Perdas por temperatura (%) | |
|----------------|----------------------------|------|
| | p-Si | CdTe |
| Média 09-13 | 11,2 | 9,5 |
| NASA | 12,5 | 10,4 |
| INPE | 11,7 | 9,8 |
| NREL | 11,7 | 9,8 |

Observa-se que o sistema fotovoltaico composto por módulos de CdTe apresenta menores perdas por temperatura e conseqüentemente maior produtividade do que o sistema fotovoltaico composto por módulos de p-Si.

A Fig. 6 apresenta a evolução mensal da energia gerada pelo SFCR composto por módulos de p-Si para diferentes bancos de dados de irradiação solar global horizontal média diária. Apresenta também as respectivas diferenças percentuais entre a “Média 09-13” e os diferentes bancos de dados.

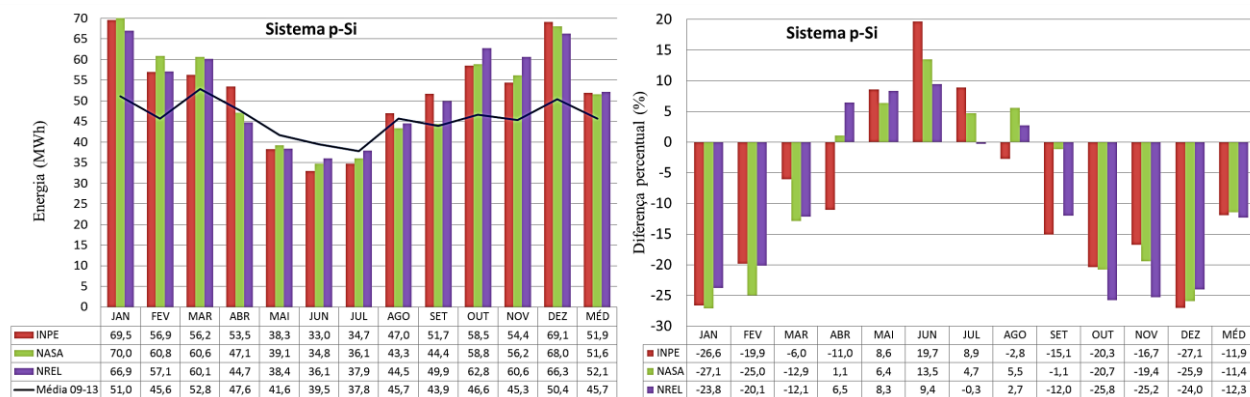


Figura 6 – Evolução mensal da energia gerada pelo sistema com módulos de p-Si e diferenças percentuais entre a “Média 09-13” e os diferentes bancos de dados utilizados.

Os resultados mostram valores médios mensais de energia gerada pelo SFCR (p-Si) de 51,9 MWh (INPE), 51,6 MWh (NASA), 52,1 MWh (NREL) e 45,7 MWh (Média 09-13). Os resultados de um ano de simulação mostram geração média mensal (Média 09-13) 11,9 % menor do que a geração média mensal (INPE), 12,3 % menor do que a geração média mensal (NREL) e 11,4 % menor do que a geração média mensal (NASA).

A Fig. 7 apresenta a evolução mensal da energia gerada pelo SFCR composto por módulos de CdTe para diferentes bancos de dados de irradiação solar global horizontal média diária. Apresenta também as respectivas diferenças percentuais entre a “Média 09-13” e os diferentes bancos de dados.

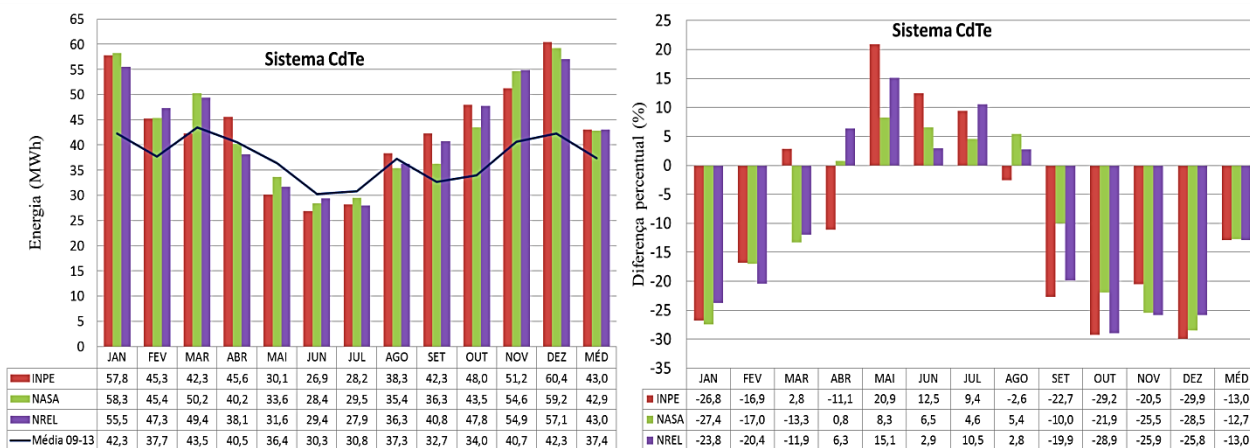


Figura 7 – Evolução mensal da energia gerada pelo sistema com módulos de CdTe e diferenças percentuais entre a “Média 09-13” e os diferentes bancos de dados utilizados.

Os resultados mostram valores médios mensais de energia gerada pelo SFCR (CdTe) de aproximadamente 43 MWh (INPE, NASA e NREL) e 37,4 MWh (Média 09-13). Os resultados de um ano de simulação mostram geração média mensal (Média 09-13) aproximadamente 13% menor do que a geração média mensal (INPE, NREL e NASA).

Os resultados mostram que a geração anual de energia (Média 09-13) seria, para o sistema fotovoltaico com módulos de CdTe, 13 % menor do que a geração anual obtida para Florianópolis através dos bancos de dados da NASA, NREL e INPE e para o sistema fotovoltaico com módulos de p-Si seria 12 % menor.

A Tab. 6 resume, para os diversos bancos de dados e para os sistemas analisados, os valores anuais de irradiação global horizontal, energia gerada, desempenho global (PR) e produtividade.

Tabela 6 - Irradiação global horizontal, energia gerada, desempenho global e produtividade.

| Banco de dados | Irradiação global horizontal (kWh/m ²) | Potência instalada CdTe (429,6 kWp) | | | Potência instalada p-Si (530,2 kWp) | | |
|----------------|--|-------------------------------------|------|-------------------------|-------------------------------------|------|-------------------------|
| | | Energia (MWh) | PR | Produtividade (kWh/kWp) | Energia (MWh) | PR | Produtividade (kWh/kWp) |
| Média 09-13 | 1.440,8 | 448,4 | 0,77 | 1.042,4 | 547,9 | 0,76 | 1.032,8 |
| NASA | 1.661,7 | 514,6 | 0,76 | 1.200,7 | 619,3 | 0,75 | 1.174,3 |
| INPE | 1.653,9 | 516,5 | 0,77 | 1.195,9 | 622,7 | 0,75 | 1.167,3 |
| NREL | 1.647,9 | 516,3 | 0,77 | 1.200,1 | 625,3 | 0,76 | 1.179,3 |

4. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo estimar a contribuição energética e o desempenho de um sistema fotovoltaico conectado à rede e integrado à edificação para diferentes tecnologias e diferentes bancos de dados meteorológicos através de simulações utilizando o *software* PVSyst. O sistema fotovoltaico analisado é integrado ao ginásio do Complexo Aquático do Centro de Desportos, localizado no Campus da Trindade da Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis.

As estimativas de geração fotovoltaica foram simuladas através de ferramentas computacionais baseadas em diferentes bancos de dados de irradiação e temperatura, tais como NASA, NREL, INPE, INMET e dados medidos no Campus da Trindade – UFSC, no período compreendido entre 2009 e 2013.

Observa-se que embora Florianópolis esteja localizada na região de menor incidência de irradiação solar no país e com a maior variabilidade, a energia solar apresenta-se abundante e bem distribuída, com grande potencial de aproveitamento. Os resultados mostram que a geração anual de energia fotovoltaica obtida através de dados medidos de irradiação solar global horizontal seria 13 % menor do que a geração anual obtida, para Florianópolis, através dos bancos de dados da NASA, NREL e INPE para o sistema fotovoltaico com módulos de CdTe e 12 % menor para o sistema fotovoltaico com módulos de p-Si. Os resultados mostram ainda, para os sistemas analisados, que o sistema fotovoltaico composto por módulos de CdTe apresenta menores perdas por temperatura e consequentemente maior produtividade anual do que o sistema fotovoltaico composto por módulos de p-Si.

REFERÊNCIAS

- Braun, P., Rüther, R., 2010. The role of grid-connected building integrated photovoltaic generation in commercial building energy and power loads in a warm and sunny climate, *Energy Conversion and Management*, vol, 51, pp. 2457-2466.
- Carlo, J., Lamberts, R., 2008. Development of envelope efficiency labels for commercial buildings: effect of different variables on electricity consumption, *Energy and Buildings*, vol. 40, pp. 2002-2008.
- Colle, S.; Pereira, E.B., 2000. Atlas de Radiação Solar do Brasil - INMET/LABSOLAR/CEPTEC/INPE.
- Colle, S.; Abreu, S.L.; Rüther, R., 2001. Uncertainty in Econometrical Analysis of Solar Water Heating and Photovoltaic Systems. *Solar Energy*, Elsevier Science 70, pp. 131-142.
- Dunlop, E. D., Halton, D., 2006. The performance of crystalline silicon photovoltaic solar modules after 22 years of continuous outdoor exposure, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 14, pp. 53-64.
- Dunlop, E. D., Halton, D., Ossenbrink, H. A., 2005. 20 years of life and more: where is the end of life of a PV module? *Photovoltaic Specialists Conference, Conference Record of the Thirty-first IEEE*, pp:1593-1596.
- El Chaar, L., Lamont, L. A., El Zein, N., 2011. Review of photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.15, pp. 2165-2145.
- Goldemberg, J., Coelho, S.T., Gol, O.L., 2004. How adequate policies can push renewables, *Energy Policy*, vol. 32, pp. 1141-1146.
- Gregg, A., Blieden, R., Chang, A., Ng, H., 2005. Performance analysis of large scale, amorphous silicon, photovoltaic power systems, *Photovoltaic Specialists Conference, Conference Record of the Thirty-first IEEE*, pp. 1615,1618.
- Green, M. A., 2004. Recent developments in photovoltaics, *Solar Energy*, vol. 76, pp. 3-8.
- INMET. Banco de dados de irradiação solar e temperatura ambiente para a estação Florianópolis. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 10/09/15.
- INPE. Solar Radiation in Brazil. Disponível em <<http://en.openei.org/datasets/dataset>>. Acesso em: 03/09/15.
- Jardim, C. D. S., Rüther, R., Salomoni, I. T., Viana, T. D. S., Rebechi, S. H., Knob, P. J., 2008. The strategic siting and the roofing area requirements of building-integrated photovoltaic solar energy generators in urban areas in Brazil, *Energy and Buildings*, vol 40, pp. 365-370.
- Kalkan, N., Bercin, K., Cangul, O., Morales, M.G., Saleem, M.M.K.M., Marji, I. Metaxa, A., Tsigkogianni, E., 2011. A renewable energy solution for Highfield Campus of University of Southampton, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.15, pp. 2940-2959.
- NASA. Surface meteorology and Solar Energy Release Data Set. Disponível em: <<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse>>. Acesso em: 03/09/15.
- NREL. CSR Model data for South America. Disponível em: <<https://www.data.gov>>. Acesso em: 03/09/15.
- Pereira, E.B., Martins, F.R., Abreu, S.L., Rüther, R., 2006. Atlas Brasileiro de Energia Solar, INPE, São José dos Campos, Brasil, p. 31, ISBN: 978-85-17-000300-0. .
- PVSyst - *Software* de dimensionamento fotovoltaico. Modelo 6.39, 2015. Disponível em: <www.pvsyst.com>
- Rosa, L.P., Lomardo, L.L.B., 2004. The Brazilian energy crisis and a study to support building efficiency legislation, *Energy and Buildings*, vol.36, pp. 89-95.
- Rezaie, B., Dincer, I., Esmailzadeh, E., 2013. Energy options for residential buildings assessment, *Energy Conversion and Management*, vol.65, pp. 637-646.
- Rüther, R., Dacoregio, M.M., 2000. Performance assessment of a 2kWp grid-connected, building-integrated, amorphous silicon photovoltaic installation in Brazil, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol.7, pp. 257-266.

- Rüther, R., Zilles, R., 2011. Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil, Energy Policy, vol. 39, pp. 1027-1030.
- Zilles, R, Macêdo, W. I. N., Galhardo, M. A. B., Oliveira, S. H. F., 2012. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, São Paulo, Oficina de Textos, vol.1, pp. 208.
- Yarbrough, I., Sun, Q., Reeves, D.C., Hackman, K., Bennett, R., Henshel, D.S., 2015. Visualizing building energy demand for building peak energy analysis, Energy and Buildings, vol. 91, pp. 10-15.

ESTIMATE OF ENERGY PRODUCTION AND PERFORMANCE OF A BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC SYSTEM AT THE UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA AQUATIC CENTER

Abstract. *The objective of this paper is to estimate the performance and energetic contribution of a hypothetical building-integrated photovoltaic system at the Universidade Federal de Santa Catarina aquatic center. The results show that even though Florianópolis is located in the region containing the lowest values and highest variability of solar radiation in Brazil, there is a great potential for solar power use. Furthermore, it is shown that the annual power generation obtained via the use of global horizontal irradiance measured data for the Trindade - Campus, in Florianópolis, would be 13 % lower than the values of annual power generation obtained via NASA, NREL and INPE databases for the photovoltaic system composed by thin-film cadmium telluride (CdTe) PV modules, and 12 % lower for the photovoltaic system composed by crystalline silicon (p-Si) PV modules. For the case studied, the photovoltaic system composed by CdTe modules presented a higher annual yield than that of the system composed of p-Si PV modules.*

Key Words: *Solar Energy, Photovoltaic Solar Energy, Computer Simulation for Photovoltaic Power Generation.*