

# DESENVOLVIMENTO E ENSAIOS DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS INTEGRADOS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS

**André Possamai Rosso** – [possamairosso@yahoo.com.br](mailto:possamairosso@yahoo.com.br)

**Marcelo Cristiano Ludke** – [marcelo\\_ludke@hotmail.com](mailto:marcelo_ludke@hotmail.com)

**Giuliano Arns Rampinelli** – [giuliano.rampinelli@ufsc.br](mailto:giuliano.rampinelli@ufsc.br)

**Roderval Marcelino** – [roderval.marcelino@ufsc.br](mailto:roderval.marcelino@ufsc.br)

**Vilson Gruber** – [vilson.gruber@ufsc.br](mailto:vilson.gruber@ufsc.br)

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde

**Resumo.** A energia solar fotovoltaica é uma das soluções viáveis e competitivas para inserção de energias renováveis. A geração distribuída com sistemas fotovoltaicos possui características peculiares que permitem uma integração harmoniosa às edificações. Atualmente, existem normativas e incentivos para esta aplicação, tornando o setor atraente para os investimentos. Em um sistema fotovoltaico, o módulo é um dos principais equipamentos, e tem a responsabilidade de converter energia solar em energia elétrica. Muitos edifícios têm fachadas ventiladas como um elemento de conforto térmico e arquitetônico, mas que também podem ser utilizadas para a instalação de módulos fotovoltaicos. As fachadas ventiladas são constituídas de revestimento cerâmico ou vidro. Este artigo apresenta ferramentas para a construção de protótipos de módulos fotovoltaicos, integrados em revestimento cerâmico, aplicados em fachada ventilada. Este componente é instalado em uma planta piloto bioclimática na cidade de Araranguá - SC na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Após o desenvolvimento dos protótipos e sua instalação na fachada ventilada da planta piloto bioclimática, foram realizados testes de exposição à radiação solar e medidas para o levantamento da curva I-V.

**Palavras-chave:** Energia Solar, Módulos Fotovoltaicos, Curvas IV.

## 1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um insumo fundamental para o desenvolvimento econômico sustentável da sociedade contemporânea. Especialmente, os sistemas fotovoltaicos de geração distribuída apresentam maturidade tecnológica, confiabilidade, competitividade econômica e podem contribuir para atender a demanda crescente e gradual de energia elétrica e descarbonizar a matriz elétrica (Ruther, 2012; Zanesco, 2014; Bitencourt, 2016; Amaral, 2016).

Um sistema fotovoltaico conectado à rede é composto, basicamente, por módulos que são os componentes que convertem energia solar em energia elétrica a partir de um fenômeno físico chamado efeito fotovoltaico, inversores que convertem corrente contínua em corrente alternada, dispositivos de proteção e demais componentes periféricos (Pinho e Galdino, 2014).

O módulo fotovoltaico convencional apresenta um material de base, arranjo de células fotovoltaicas, material encapsulante, vidro para proteção mecânica e uma borda de alumínio para realizar a junção entre esses materiais, garantindo proteção e isolamento contra intempéries. Outro esquema, semelhante ao utilizado na montagem dos protótipos, é realizado com a integração direta entre o material encapsulante, a célula fotovoltaica e o material de base, não possuindo um material no entorno do conjunto (Gorter e Reinders, 2012).

Este artigo apresenta as etapas de desenvolvimento de protótipos de módulos fotovoltaicos integrados em revestimentos cerâmicos para aplicação em fachadas ventiladas. Estas são elementos arquitetônicos instalados em edificações. O trabalho também apresenta resultados de ensaios de exposição à radiação solar e caracterização elétrica dos protótipos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os protótipos de módulos fotovoltaicos foram desenvolvidos em um processo semiprofissional, fazendo uso de equipamentos e componentes disponíveis no Laboratório de Pesquisa Aplicada (LPA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Para a produção seriada dos módulos fotovoltaicos integrados em revestimentos cerâmicos se faz necessário a inclusão de uma linha industrial composta por equipamentos específicos de alta tecnologia.

Os primeiros protótipos desenvolvidos apresentam quatro tipos diferentes de estruturas físicas nos encapsulamentos das células de silício cristalino conforme Tab. 1. Todos os protótipos desenvolvidos apresentam substrato em revestimento cerâmico e não têm escala comercial.

Tabela 1 – Estrutura dos protótipos de Módulos Fotovoltaicos.

| PROTÓTIPO | MATERIAIS                         | TECNOLOGIA |
|-----------|-----------------------------------|------------|
| Prot 1    | Polímero/Célula FV/Tedlar         | Mono-Si    |
| Prot 2    | Vidro/EVA/Célula FV/Cerâmica      | Mono-Si    |
| Prot 3    | Vidro/Silicone/Célula FV/Cerâmica | Multi-Si   |
| Prot 4    | Resina PU/Catalisador/Célula FV   | Mono-Si    |

O primeiro protótipo denominado de Prot 1 foi obtido a partir da integração de um módulo fotovoltaico semi flexível em revestimento cerâmico, conforme apresentado na Fig. 1.

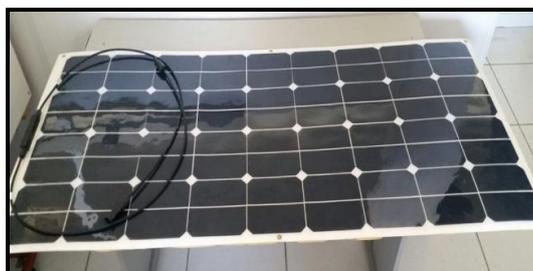


Figura 1 – Módulo semi flexível antes da aplicação ao revestimento cerâmico (Fonte: do Autor).

Para o desenvolvimento do protótipo denominado Prot 2 apresentado na Fig. 2, foi utilizado o material EVA para encapsulamento das células fotovoltaicas e o vidro temperado como material de cobertura, sendo que a elaboração do protótipo utilizou um método adaptado, sem os ciclos de vácuo. O aquecimento do EVA para aderência no substrato de revestimento cerâmico e nas células fotovoltaicas de silício monocristalino foi realizado com um aquecedor térmico.

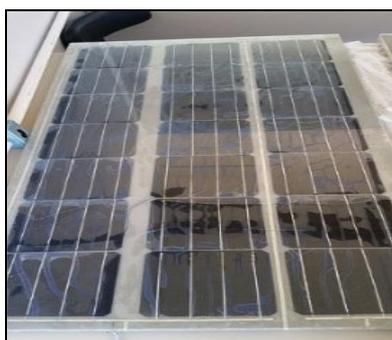


Figura 2 – Protótipo Prot 2 (fonte: do autor).

Para o desenvolvimento do protótipo denominado Prot 3 apresentado na Fig. 3, foi utilizada uma resina de silicone como material encapsulante das células fotovoltaicas e o vidro temperado como material de cobertura. A resina de silicone é específica para aplicação em energia solar.



Figura 3 – Protótipo Prot 3 (fonte: do autor).

Para o desenvolvimento do protótipo Prot 4 mostrado na Fig. 4, foi utilizada uma mistura de Resina Pu e catalisador para realizar o encapsulamento das células fotovoltaicas. Após a aplicação do material encapsulante, o

protótipo foi submetido a um processo controlado de resfriamento para garantir a resistência mecânica do material, uma vez que este protótipo não é constituído por material de cobertura em vidro temperado.



Figura 4 – Protótipo Prot 4 (fonte: do autor).

Os outros protótipos foram desenvolvidos a partir de composições similares aos módulos convencionais e para posterior processo de integração em revestimento cerâmico. Estes protótipos foram desenvolvidos utilizando uma laminadora da marca *Astro* mostrada na Fig. 5, que foi utilizada para o processo de laminação do acetato de etil vinila (EVA). O processo de laminação é realizado a temperaturas entre 120 °C e 150 °C, temperaturas de fusão do material encapsulante (Pinho e Galdino, 2014). No processo de laminação dos protótipos a pressão do equipamento atinge valores da ordem de 650 mmHg e a temperatura máxima é da ordem de 134 °C



Figura 5 – Laminadora *Astro* (fonte: do autor).

Os protótipos convencionais apresentam a mesma estrutura física conforme mostrado na Tab. 2 e Fig. 6. A diferença entre os protótipos são a área e o número de células fotovoltaicas. O protótipo construído com 14 células teve que ser adaptado para esse número de células. Este protótipo vai ser integrado ao revestimento cerâmico para ser aplicado na fachada ventilada. Para a integração ao revestimento cerâmico é necessário otimizar a aproveitamento da área do módulo em função da área de célula para obtenção de um módulo com 36 células fotovoltaicas.

Tabela 2 – Estrutura dos protótipos de Módulos Fotovoltaicos Convencionais.

| PROTÓTIPOS | MATERIAIS                  | TECNOLOGIA | Nº DE CÉLULAS |
|------------|----------------------------|------------|---------------|
| Prot 5     | Vidro/EVA/Célula FV/Tedlar | Mono-Si    | 16            |
| Prot 6     | Vidro/EVA/Célula FV/Tedlar | Mono-Si    | 14            |



Figura 6 – Protótipos, (a) Prot 5 e (b) Prot 6 (fonte: do autor).

A irradiação solar incidente em uma área superficial depende do ângulo de inclinação e do ângulo de azimute da superfície (Pinho e Galdino, 2014). Estes ângulos devem ser otimizados para garantir o máximo recurso solar disponível e, conseqüentemente, a máxima geração de energia elétrica a partir do sistema fotovoltaico. Entretanto, por motivos diversos, em algumas situações não é possível otimizar estes ângulos e, portanto, um estudo sobre a variação do recurso solar em função dos ângulos de inclinação e azimute se faz necessário (Ruther, 2004; Ruther, Naspolini e Pinto, 2016; Siqueira e Antunes, 2003; Campos, 2011; Chiveleti e Solla, 2007).

A Fig. 7 apresenta para a cidade de Araranguá – SC, a irradiação solar média diária anual em função do ângulo de azimute e do ângulo de inclinação. A irradiação solar média diária anual otimizada é de 4,75 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Os dados foram obtidos a partir do software *Radiasol*, desenvolvido pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal Do Rio Grande do Sul.

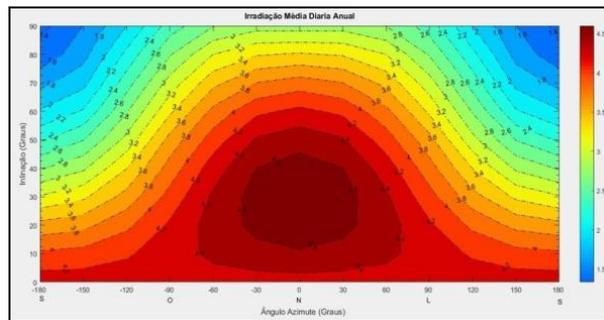


Figura 7 – Irradiação solar média diária anual de Araranguá/SC (Fonte: RADIUSOL).

A variação de orientação (ângulo de azimute) tem por resultado diferentes níveis de irradiação solar, sendo que se pode perceber que para ângulos de azimute entre -60° e 60° combinados com ângulos de inclinação entre 10° e 30°, concentram-se a maiores disponibilidades dos níveis de irradiação solar (cores em vermelho). Para ângulos de inclinação próximos de 90° e ângulos de azimute de 180° encontram-se os menores valores para o aproveitamento da irradiação solar disponível (cores em azul).

Os protótipos desenvolvidos de módulos fotovoltaicos foram instalados em uma fachada ventilada com ângulo de inclinação de 90° e ângulo de azimute 0° (norte). Esta condição implica em uma redução de aproximadamente 50 % da irradiação solar média diária anual na superfície em comparação com uma condição otimizada. Mesmo com esta redução, é vantajosa a instalação de módulos fotovoltaicos para a geração de energia elétrica em fachadas ventiladas.

Um roteiro de ensaios dos módulos fotovoltaicos foi realizado, observando-se as características de cada protótipo. O primeiro ensaio foi o de exposição à radiação Solar/Tempo. Os protótipos foram expostos às condições meteorológicas e foram avaliados por inspeção visual. Este ensaio teve como objetivo verificar possíveis alterações físicas nos protótipos quando os mesmos foram expostos às intempéries por determinado tempo, analisando assim sua resistência às variáveis climáticas e o tempo de durabilidade dos mesmos (Gorter e Reinders, 2012).

As curvas características de módulos fotovoltaicos foram traçadas utilizando o próprio Sol como fonte de radiação solar, ou seja, iluminação natural. Para a execução das medidas foram escolhidos dias de céu limpo, em horários tais que seja possível obterem-se valores de irradiância e espectro solar próximos aos valores da condição padrão (Macêdo, 2006; Gasparin, 2009; Oliveira, 2015; Rampinelli, Silva e Marcelino, 2016; Prieb, 2002).

As medidas foram realizadas registrando simultaneamente os valores de corrente, tensão, irradiância incidente e temperatura do módulo. Para a medição da tensão e corrente foi utilizado uma fonte programável de carga eletrônica DC de alta precisão da série IT8812B, fabricado pelo Copyright @ITECH Electronic Co.,ltd.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ensaio de exposição à radiação solar consiste em expor o protótipo desenvolvido à radiação solar (banho de sol) e a avaliação do ensaio é a partir de inspeção visual. A Tab. 3 apresenta os resultados do ensaio de exposição à radiação solar dos protótipos Prot 1 (Fig. 8), Prot 2 (Fig. 9) e Prot 3 (Fig. 10).

Tabela 3 – Ensaio de Exposição à Radiação Solar.

| PROTÓTIPO | AVALIAÇÃO INSPEÇÃO VISUAL |
|-----------|---------------------------|
| Prot 1    | Aprovado                  |
| Prot 2    | Aprovado                  |
| Prot 3    | Aprovado                  |
| Prot 4    | Reprovado                 |

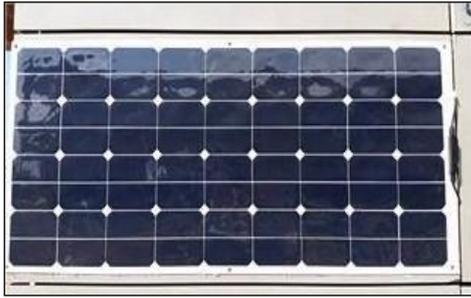


Figura 8 – Protótipo Prot 1 (fonte: do autor).

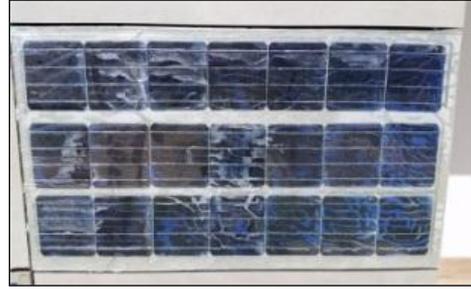


Figura 9 – Protótipo Prot 2 (fonte: do autor).

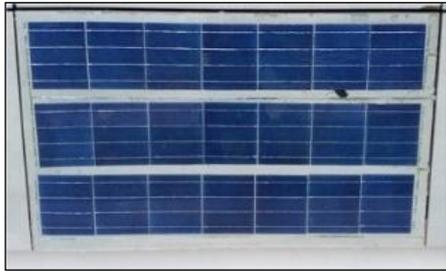


Figura 10 – Protótipo Prot 3 (fonte: do autor).



Figura 11 – Protótipo Prot 4 (Fonte: do autor).

O protótipo Prot 4, após um mês de exposição à radiação solar, apresentou a formação de bolhas no módulo. Algumas destas bolhas chegaram a estourar, deixando as células fotovoltaicas expostas às intempéries, conforme apresentado na Fig. 11. Este módulo fotovoltaico foi reprovado pelo teste de inspeção visual, sendo descartado da obtenção das curvas I-V. Os protótipos aprovados, Prot 1, Prot 2 e Prot 3 foram submetidos a ensaios de caracterização elétrica a partir da determinação da curva I-V em diferentes irradiâncias. As curvas I-V provenientes dos ensaios são apresentadas na condição padrão (STD), isto é, irradiância de 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de célula de 25°C e massa de AM1,5. As curvas I-V dos Prot 1, Prot 2 e Prot 3 são apresentadas, respectivamente, em Fig. 12, Fig. 13a e Fig. 13b.

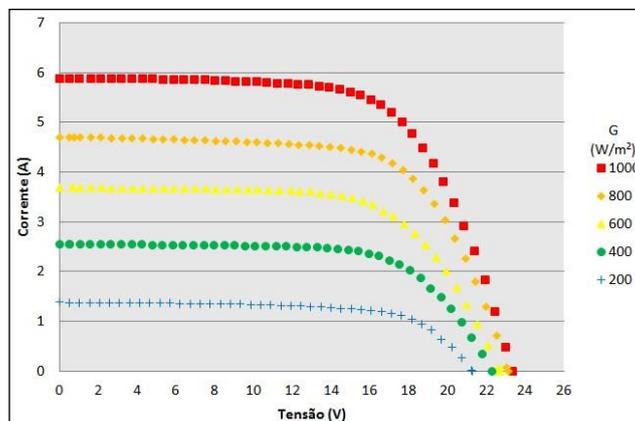


Figura 12 – Curvas I-V do protótipo Prot 1 (Fonte: do autor).

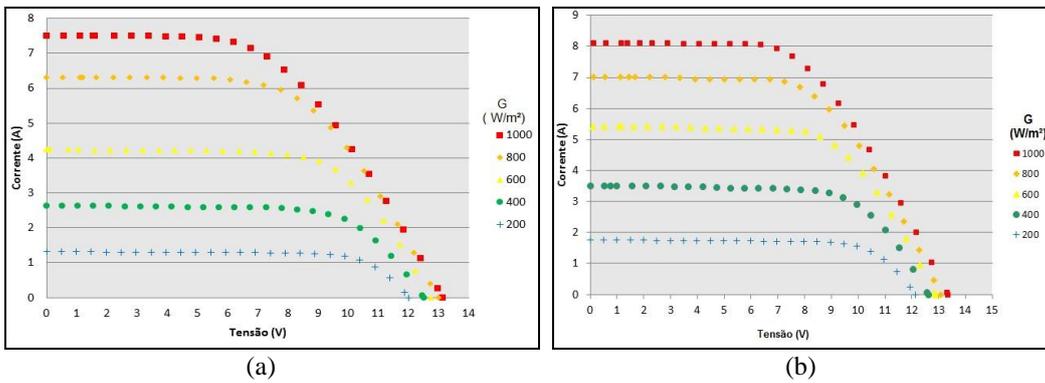


Figura 13 – Curvas I-V dos protótipos Prot 2 e Prot 3 (Fonte: do autor).

As curvas IV dos protótipos Prot 2 e Prot 3 apresentam inclinação acentuada do ponto de circuito aberto até o “joelho” da curva, portanto, evidenciando uma resistência série associada elevada. A resistência série alta pode ser explicada pelo método construtivo artesanal dos protótipos. A partir da inserção de equipamentos de alta tecnologia no processo de fabricação, espera-se que este valor elevado de resistência série seja reduzido. A eficiência e o fator de forma em função da irradiância também foram determinados para os protótipos aprovados no teste de exposição à radiação solar. A Fig. 14 apresenta o comportamento do fator de forma dos protótipos desenvolvidos em função da irradiância (a) e o comportamento da eficiência dos protótipos desenvolvidos em função da irradiância (b). A redução do fator de forma e eficiência é causada pela resistência série dos protótipos já discutida.

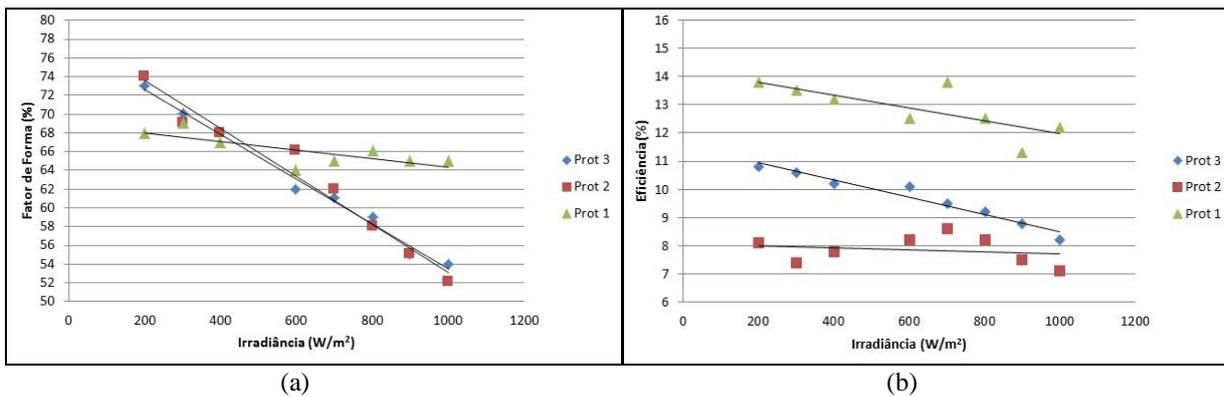


Figura 14 – Variação de fator de forma (a) e de eficiência (b) em função da irradiância (Fonte: do autor).

A caracterização elétrica dos protótipos denominados Prot 5 e Prot 6 foi realizada através de um simulador solar (*indoor*). Os testes foram realizados no Laboratório de Energia Solar (LABSOL) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). As curvas I-V dos protótipos Prot 5 (a) e Prot 6 (b) são apresentadas na Fig. 15.

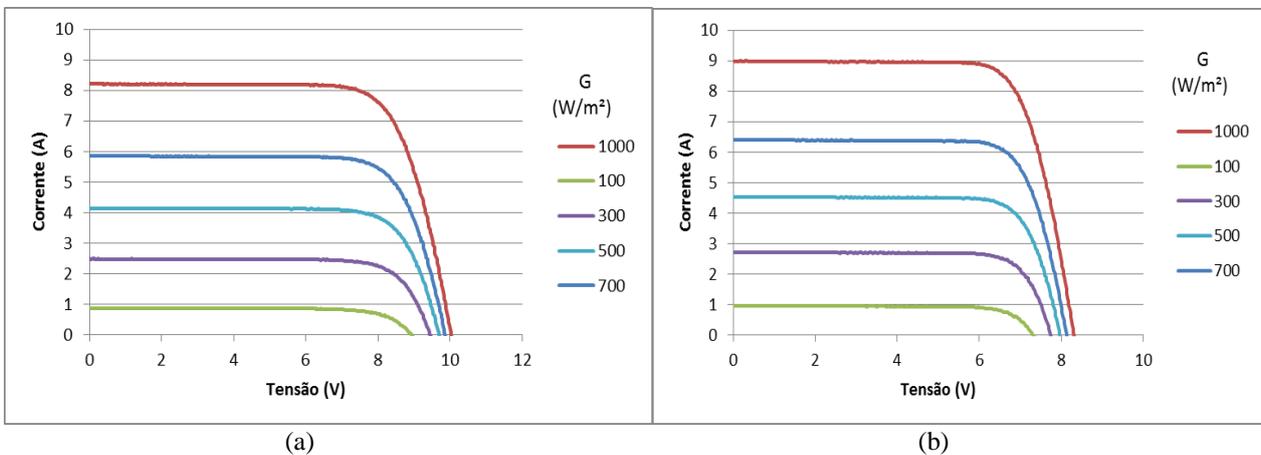


Figura 15 – Curvas I-V dos protótipos Prot 5 e Prot 6 (Fonte: do autor).

As curvas I-V dos protótipos Prot 5 e Prot 6 não apresentam inclinação acentuada devido a uma baixa resistência série associada. A resistência série menor pode ser explicada pelo método construtivo semiprofissional dos protótipos. As curvas P-V dos protótipos Prot 5 (a) e Prot 6 (b) são apresentadas na Fig. 16.

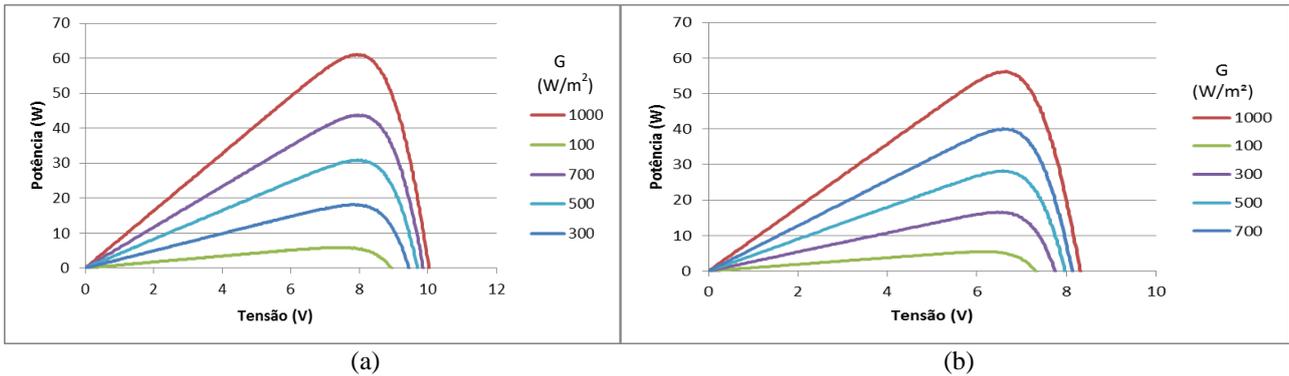


Figura 16 – Curvas P-V dos protótipos Prot 5 e Prot 6 (Fonte: do autor).

A Fig. 17 apresenta o comportamento do fator de forma dos protótipos Prot 5 e Prot 6 em função da irradiância. A Tab. 4 e Tab. 5 apresentam os parâmetros de eficiência efetiva, fator de forma, resistência série e resistência paralelo obtidos a partir dos ensaios no simulador solar para o Prot 5 e Prot 6 respectivamente.

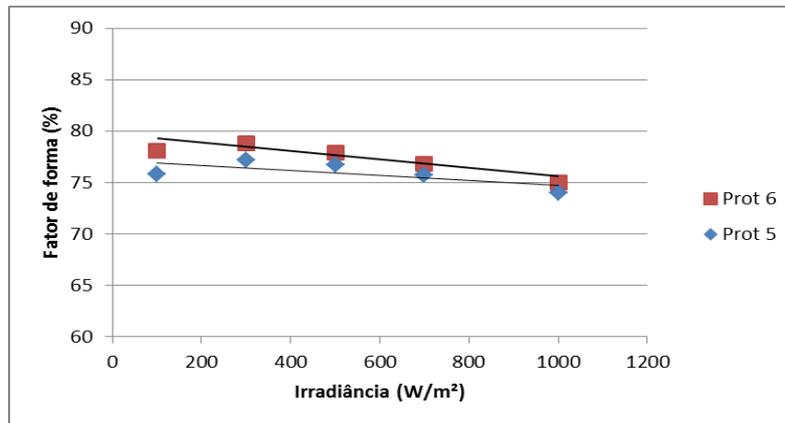


Figura 17 – Variação do fator de forma dos protótipos Prot 5 e Prot 6 em função da irradiância (Fonte: do autor).

Tabela 4 – Parâmetros de qualidade do protótipo Prot 5.

| IRRADIÂNCIA [W/m <sup>2</sup> ] | EFICIÊNCIA EFETIVA [%] | FF [%] | R <sub>S</sub> [Ω] | R <sub>P</sub> [Ω] |
|---------------------------------|------------------------|--------|--------------------|--------------------|
| 100                             | 14,58                  | 75,8   | 0,798              | 1606,02            |
| 300                             | 14,98                  | 77,2   | 0,331              | 454,77             |
| 500                             | 15,29                  | 76,7   | 0,235              | 288,47             |
| 700                             | 15,48                  | 75,7   | 0,193              | 235,21             |
| 1000                            | 15,13                  | 74,0   | 0,166              | 194,87             |

Tabela 5 – Parâmetros de qualidade do protótipo Prot 6.

| IRRADIÂNCIA [W/m <sup>2</sup> ] | EFICIÊNCIA EFETIVA [%] | FF [%] | R <sub>S</sub> [Ω] | R <sub>P</sub> [Ω] |
|---------------------------------|------------------------|--------|--------------------|--------------------|
| 100                             | 15,38                  | 78,1   | 0,532              | 389,10             |
| 300                             | 15,55                  | 78,8   | 0,239              | 163,16             |
| 500                             | 15,85                  | 77,9   | 0,173              | 143,14             |
| 700                             | 16,09                  | 76,8   | 0,144              | 140,35             |
| 1000                            | 15,79                  | 75,0   | 0,128              | 129,83             |

Os parâmetros elétricos dos protótipos Prot 5 e Prot 6 estão apresentados nas Tab. 5 e Tab. 6. Os parâmetros elétricos são potência máxima, corrente de curto circuito, corrente do ponto de máxima potência, tensão de circuito aberto e tensão do ponto de máxima potência e foram obtidos a partir dos ensaios em simulador solar em diferentes irradiâncias.

Tabela 6 – Parâmetros elétricos do protótipo Prot 5.

| IRRADIÂNCIA<br>[W/m <sup>2</sup> ] | P <sub>MÁXIMO</sub> [W] | I <sub>sc</sub> [A] | I <sub>MP</sub> [A] | V <sub>OC</sub> [V] | V <sub>MP</sub> [V] |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 100                                | 5,879                   | 0,8677              | 0,7922              | 8,935               | 7,420               |
| 300                                | 18,128                  | 2,4826              | 2,3114              | 9,453               | 7,843               |
| 500                                | 30,828                  | 4,1420              | 3,8767              | 9,703               | 7,952               |
| 700                                | 43,718                  | 5,8547              | 5,4866              | 9,871               | 7,968               |
| 1000                               | 61,032                  | 8,2108              | 7,6907              | 10,039              | 7,936               |

Tabela 7 – Parâmetros elétricos do protótipo Prot 6.

| IRRADIÂNCIA<br>[W/m <sup>2</sup> ] | P <sub>MÁXIMO</sub> [W] | I <sub>sc</sub> [A] | I <sub>MP</sub> [A] | V <sub>OC</sub> [V] | V <sub>MP</sub> [V] |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 100                                | 5,463                   | 0,9559              | 0,8892              | 7,318               | 6,144               |
| 300                                | 16,573                  | 2,7152              | 2,5618              | 7,750               | 6,469               |
| 500                                | 28,159                  | 4,5316              | 4,2873              | 7,978               | 6,568               |
| 700                                | 40,009                  | 6,4014              | 6,0614              | 8,138               | 6,601               |
| 1000                               | 56,099                  | 8,9853              | 8,4991              | 8,320               | 6,601               |

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas fotovoltaicos apresentam maturidade tecnológica e confiabilidade de desempenho. A geração distribuída com sistemas fotovoltaicos tem viabilidade econômica e competitividade em um cenário favorável e promissor para sua inserção na matriz elétrica.

Este trabalho apresentou a descrição do processo de desenvolvimento de protótipos de módulos fotovoltaicos integrados em revestimento cerâmico. Para a construção dos protótipos, foram testados e utilizados diversos materiais para encapsulamento das células fotovoltaicas. Os protótipos foram integrados em uma fachada ventilada.

A fachada ventilada atua como elemento arquitetônico e de conforto térmico, apresentando também a capacidade de geração de energia elétrica a partir de módulos fotovoltaicos integrados.

Neste trabalho foram apresentados resultados de testes de exposição à radiação solar e de caracterização elétrica dos protótipos desenvolvidos. Para a produção seriada do dispositivo é necessária a introdução de uma linha industrial para a automatização dos processos construtivos.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à BAESA Energética Barra Grande S.A, à ENERCAN Campos Novos Energia S.A. e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro, e ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade (PPGES) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Agradecimentos também ao Laboratório de Energia Solar (LABSOL) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pela disponibilização de infraestrutura para realização dos ensaios.

#### REFERÊNCIAS

- Amaral, A. B. A., Mendonça, A. L. Z. L. G., Resende, A. A. M., Rego, E. E., 2016. Solar energy and distributed generation: 2015, a year of inflection in Brazil?, *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 14, n° 8, p. 3731-3737.
- Bitencourt, L., Schetinger, A. M., Borba, B. S. M. C., Dias, D. H. N., Maciel, R. S., Dias, B. H., 2016. Maximum PV penetration under voltage constraints considering optimal sizing of bess on Brazilian secondary distribution network, *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 14, n° 9, p. 4063-4069.
- Campos, F. K., 2011. Desenvolvimento de Sistema de Fixação de Fachada Ventilada com Porcelanato de Fina Espessura, Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis.
- Chiveleti, N. M., Solla, I. F., 2007. La envolvente fotovoltaica em la arquitectura: Criterios de diseño y aplicaciones. Barcelona: Reverté, 183 p. (Estudios universitários de Arquitectura).

- Gasparin, F. P., 2009. Desenvolvimento de um traçador de curvas características de módulos fotovoltaicos, Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre.
- Gorter, T., Reinders, A.h.m.e., 2012. A comparison of 15 polymers for application in photovoltaic modules in PV-powered boats, Applied Energy, v. 92, p.286-297.
- Macêdo, W. N., 2006. Análise do fator de dimensionamento do inversor aplicado a sistemas fotovoltaicos conectados à rede, Tese de Doutorado, Programa Pós-graduação em Energia, USP, São Paulo.
- Oliveira, S. F., 2015. Desenvolvimento de Traçador de Curvas I-V Portátil para Arranjos Fotovoltaicos, Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre.
- Pinho, J. T., Galdino, M. A., 2014. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro.
- Prieb, C. W. M., 2002. Desenvolvimento de um sistema de ensaio de módulos fotovoltaicos, Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre.
- Rampinelli, G. A., Silva, M. P., Marcelino, R., 2016. Instalação e monitoramento de uma estação meteorológica de superfície automática em uma planta piloto bioclimática. In: XXIII Simpósio Peruano de Energia Solar e Ambiente, Huancayo.
- Rüther, R. *et al.*, 2012. Geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas: compromissos entre forma e função, IV-CBENS - IV Congresso Brasileiro de Energia Solar, São Paulo.
- Rüther, R., 2004. Edifícios solares fotovoltaicos: O potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil, 113 p. (Editora UFSC).
- Rüther, R., Naspolini, H., Pinto, G., 2016. Impactos sobre a demanda e contribuição energética da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica, VI-CBENS - VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, Belo Horizonte.
- Siqueira, J., Antunes, A., 2003. A Qualidade na execução de projetos de fachadas ventiladas, Pesquisa – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Zaneco, I., Garcia, B. S., Moehlecke, B. H., Valdivia, W. N. Lima, 2014. Análise da degradação de módulos fotovoltaicos fabricados com diferentes células solares, Revista Brasileira de Energia Solar, vol. 5, n° 2, p. 101-108.

#### **DEVELOPMENT AND TESTING OF PHOTOVOLTAIC MODULES INTEGRATED IN CERAMIC COATINGS**

**Abstract.** *Photovoltaic solar energy is a viable and competitive solution for the insertion of renewable energies. The generation distributed with photovoltaic systems has characteristics that allow a harmonious integration in the buildings. The module is the equipment that converts solar energy into electrical energy. Ventilated facades are elements of thermal comfort and can also be used for the installation of photovoltaic modules. The ventilated facades are made of ceramic or glass coating. This paper presents the development and testing of prototypes of photovoltaic modules integrated in ceramic coating. This component is installed in a bioclimatic pilot plant in the city of Araranguá - SC at the Federal University of Santa Catarina (UFSC). Tests of exposure to solar radiation and measurements of the I-V curve were performed.*

**Key words:** *Solar Energy, Photovoltaic Modules, IV Curve.*