

# ANÁLISE EXPERIMENTAL DE UM PAINEL FOTOVOLTAICO PARA DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE CORRENTE VS TENSÃO CONSIDERANDO DIFERENTES NÍVEIS DE RADIAÇÃO SOLAR E TEMPERATURAS DA CÉLULA

**Rodrigo Meneses Oliveira Campos** – rmoc86@gmail.com

**José Henrique Martins Neto** – henrique@des.cefetmg.br

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Mecânica

3305 - Conversão Fotovoltaica da Energia Solar - Módulos Fotovoltaicos

**Resumo.** O presente artigo apresenta uma análise experimental realizada em um painel fotovoltaico disponível no nosso laboratório. Resultados de diferentes testes de campo realizados sob luz natural são apresentados neste trabalho. Foram determinadas experimentalmente as seguintes variáveis: (i) corrente de curto circuito; (ii) tensão de circuito aberto; (iii) coeficientes de temperatura; (iv) tensão e corrente máximas; (v) resistência interna; (vi) temperatura normal de operação da célula NOCT. Adicionalmente, são apresentadas curvas  $I \times V$  obtidas através do modelo TRW, considerando diferentes valores de radiação solar e temperatura da célula. Os parâmetros obtidos experimentalmente são utilizados como parâmetros de entrada para o modelo. Os resultados mostram valores condizentes com aqueles disponíveis pelo fabricante do painel solar. A curva  $I \times V$  pode ser útil para predição da potência elétrica entregue pelo painel solar sob diferentes níveis de radiação solar e temperaturas da célula.

**Palavras-chaves:** painel fotovoltaico, simulação, curva.

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas solares fotovoltaicos têm sido utilizados para gerar eletricidade em locais remotos e no meio rural devido aos altos investimentos decorrentes da expansão da rede de distribuição. No futuro espera-se que esses sistemas se tornem mais populares para utilização no setor residencial e comercial devido à redução do custo dos painéis e interligação à rede elétrica.

Para a redução do custo dos painéis fotovoltaicos é necessário conhecer melhor as características e a eficiência do painel e assim poder propor sistemas com menor custo e mais eficientes que sejam capazes de viabilizar ainda mais o uso desta energia renovável. Entretanto, a realização de testes experimentais para melhor entender os processos de transformações da energia solar em energia elétrica encontram várias barreiras. A primeira é o alto custo para realizar testes em laboratório onde possamos perfeitamente controlar a radiação e a temperatura ambiente. Segundo é a realização de testes com a luz natural (outdoor), que simulam as condições reais de operação, pois as variáveis mensuradas são de difícil controle. Portanto, investir em pesquisas para criação de um procedimento de caracterização e qualificação dos módulos fotovoltaicos é de grande importância para conhecer melhor os sistemas fotovoltaicos e assim propor sistemas mais eficientes para viabilizar o uso dos mesmos.

O desempenho dos módulos fotovoltaicos é fundamentalmente influenciado pela radiação solar (intensidade luminosa) e a temperatura do ar ambiente. A variação temporal da radiação solar incidente nas células bem como a variação da temperatura ambiente gera variação da temperatura da superfície das células que compõem os módulos (Duffie, 1991).

O aumento da taxa de radiação solar promove o aumento da temperatura da superfície da célula e, conseqüentemente, redução da eficiência do módulo (Moura, 2006) o que se deve ao fato da tensão diminuir significativamente com o aumento da temperatura, enquanto que, a corrente sofre uma elevação muito pequena, quase desprezível.

Este trabalho teve como objetivo conhecer o desempenho de um painel fotovoltaico considerando diferentes níveis de radiação solar e temperaturas da célula, para determinação das curvas corrente vs tensão. Foram realizados vários testes experimentais e o modelo (TRW) para levantamento das curvas corrente vs tensão.

## 2. METODOLOGIA

Nesta seção são apresentados os testes realizados e a metodologia utilizada durante a realização dos mesmos.

## 2.1 Módulo Fotovoltaico

Os testes foram realizados num painel fotovoltaico, modelo HM-40D12, de 0,4 m<sup>2</sup> de área superficial, constituído por 36 células de silício monocristalino, disponível no nosso laboratório, conforme apresentado na Fig. 1.



Figura 1 – Foto do painel fotovoltaico.

Foram realizados os seguintes testes experimentais que requereram significante tempo de preparação:

- (i) Teste para determinação da corrente de curto circuito “Isc”;
- (ii) Teste para determinação da tensão de circuito aberto “Voc”;
- (iii) Teste para determinação dos coeficientes de temperatura: de corrente “ $\alpha$ ” e de tensão “ $\beta$ ”;
- (iv) Teste para determinação da resistência interna “Rs”.
- (v) Teste para determinação da “NOCT”.

## 2.2 Bancada de testes

Foi construída uma bancada para apoio do painel e instrumentos conforme apresentado na Fig. 2, sendo que esta possui um sistema de regulagem que permite correção dos ângulos de azimute e de altura do objeto (painel). Desta forma é possível posicionar o painel de forma que o mesmo possa receber a radiação solar sob diferentes ângulos de incidência. A Fig. 3 mostra os instrumentos utilizados durante os testes: o “Piranômetro” e o sistema de aquisição de dados (Log Box).



Figura 2 – Foto da bancada com o painel e instrumentos.

Os seguintes instrumentos foram utilizados nos testes:

- Piranômetro: marca Eppley modelo PSP, usado para medição da radiação solar;
- Multímetros (dois): marca Yu Fong, modelo YF-3502, utilizados para medição da corrente e tensão;
- Cronômetro: utilizado para marcar o início e o fim dos testes e os intervalos de medição;
- Termopar tipo “T”: utilizado para medição da temperatura da superfície posterior (de fundo) do painel fotovoltaico;
- Sistema de aquisição de dados: Log Box de dois canais, utilizado para armazenar dados da radiação solar e da temperatura da superfície do painel;
- Reostatos (dois): Para variação de carga através da variação das resistências de 0 a 64 Ohms. Esses reostatos foram utilizados no teste para determinação da resistência interna “ $R_s$ ”.



Figura 3 – Piranômetro conectado ao sistema de aquisição de dados (Log Box).

### 2.3 Teste da corrente de curto circuito e da tensão de circuito aberto

Foram realizados testes para medição da “corrente de curto circuito” e da “tensão de circuito aberto” considerando-se diferentes níveis de radiação solar, tendo cada teste duração de dois minutos. Durante este período foram registradas medições da radiação solar, da corrente de curto circuito e da tensão de circuito aberto, em intervalos de quinze segundos. O horário de início da medição foi rigorosamente anotado, objetivando-se com isso sincronizar as leituras das variáveis (corrente, tensão e radiação).

Para se conseguir a estabilização das variáveis de medição foi respeitado um intervalo de um minuto entre cada teste após a variação da radiação solar.

Os diferentes níveis de radiação solar foram conseguidos variando-se o posicionamento do painel solar através do ajuste dos ângulos de inclinação e azimute da bancada.

### 2.4 Teste para determinação dos coeficientes de temperatura

Para determinar o coeficiente de temperatura foi adotado o método descrito por Moura (2006), medindo-se a variação da “Isc” e “Voc” em função da temperatura da célula. Neste método a medição de “Isc” e “Voc” é realizada para cada 10°C de variação da temperatura da célula “Tcell”. O procedimento utilizado constou da medição da temperatura da superfície inferior do painel (considerada uma boa aproximação da temperatura da célula) utilizando-se um termopar tipo “T”. Um multímetro foi utilizado para a medição de “Isc” e “Voc” em intervalos de 30 segundos. Os valores da “Tcell” foram armazenados pelo Log Box e descarregados em arquivo utilizando-se o software Log Chart. Em seguida foram selecionados os pontos onde a “Tcell” variou de 10 em 10°C.

### 2.5 Teste para determinação do valor da resistência série interna

Um circuito elétrico foi montado consistindo de dois reostatos colocados em série com o painel solar de forma a permitir a variação da carga elétrica através da variação da resistência do reostato. Dois multímetros foram usados neste teste sendo um multímetro instalado em série e outro em paralelo para medição da corrente e tensão, respectivamente. O piranômetro foi utilizado de forma que pudesse ser verificada a constância da radiação solar durante cada período de teste. Dois testes foram realizados com dois níveis de radiação solar de forma que se pudesse levantar a curva I x V para as duas radiações. A temperatura da célula foi medida durante os testes utilizando-se um termopar tipo “T” de forma que se pudesse conhecer a “Tcell” para cada nível de radiação.

O teste foi realizado num dia límpido e para dois níveis distintos de radiação solar. Para cada nível de radiação primeiramente mediu-se “Voc” com o circuito aberto e depois em curto circuito mediu-se “Isc”. Em seguida com o circuito fechado mediram-se valores de “I” e “V” para diferentes cargas (impostas de forma aleatória) variando-se a resistência do reostato de 0 a 128 Ohms. Finalmente obteve-se a curva “I x V” para diferentes valores de carga elétrica. Este procedimento foi repetido para os dois níveis de radiação solar.

## 3. RESULTADOS

Vários testes foram realizados e repetidos de forma a avaliar distorções e inconsistências dos procedimentos. Após análises dos dados decidiu-se selecionar o teste que apresentava melhor consistência física e confiabilidade. Um tratamento estatístico também foi realizado nos dados obtidos dos testes experimentais.

### 3.1 Teste da corrente de curto circuito

O gráfico apresentado na Fig. 4 mostra a variação da corrente de curto circuito “Isc” versus a radiação solar “G” considerando todos os pontos obtidos durante o teste.

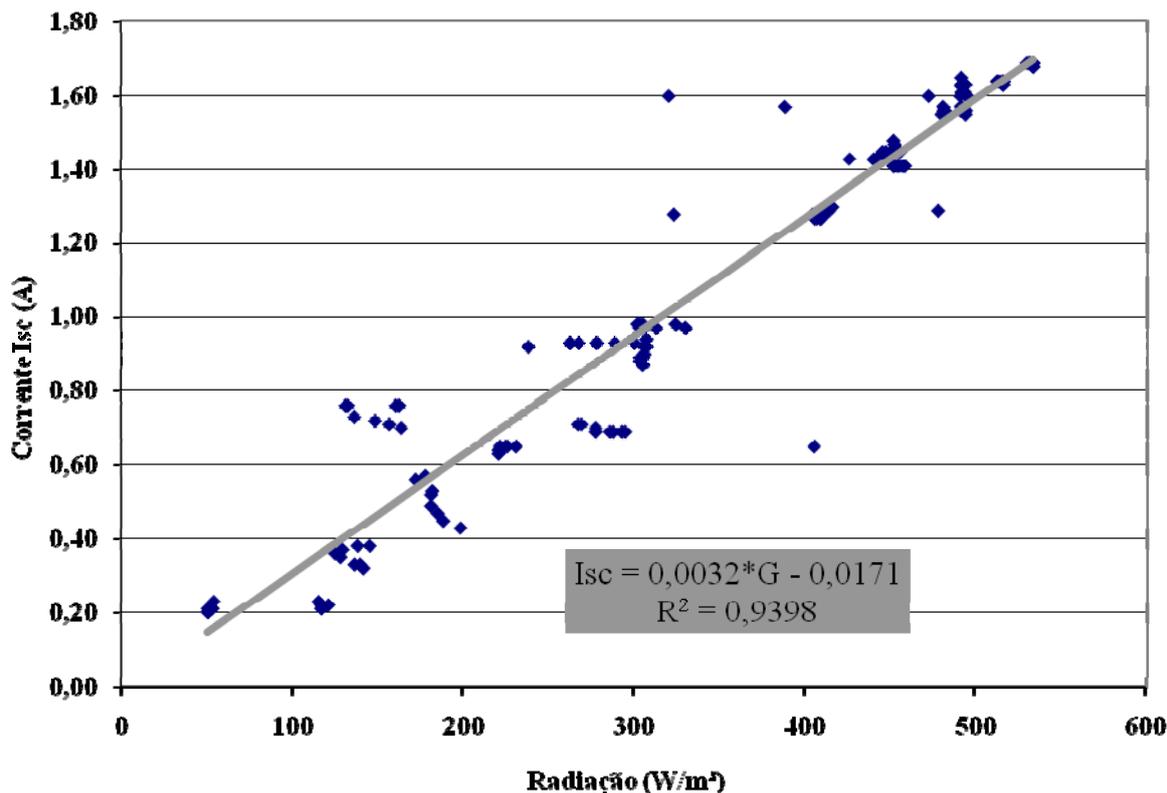


Figura 4 – Gráfico da corrente de curto circuito.

Foi realizado tratamento estatístico dos dados da Fig. 4 e uma regressão linear foi obtida apresentando fator de correção linear “R<sup>2</sup>” de 0,94. Segundo o fabricante do painel para uma radiação solar de 1000 W/m<sup>2</sup> o valor da corrente de curto-circuito é igual a 2,9 A, podendo variar em torno de 10%, ou seja, de 2,61 à 3,19 A. Em nosso experimento obtivemos uma corrente de 1,69 A para uma radiação solar de 533,3 W/m<sup>2</sup>. Como a corrente de curto circuito é diretamente proporcional a radiação solar utilizando-se a equação da reta gerada pela regressão linear representativa dos dados experimentais obtém-se o valor de 3,2 A para a radiação solar de 1000 W/m<sup>2</sup>. Portanto, o valor experimental se encontra próximo ao valor máximo que correspondente à faixa de imprecisão fornecida pelo fabricante que é igual a 3,19 A. Deve-se ainda levar em conta que existem imprecisões dos instrumentos utilizados no teste bem como pontos que apresentaram distorções provavelmente devido às oscilações das taxas de radiação solar em curtos intervalos de tempo.

### 3.2 Teste da tensão de circuito aberto

O objetivo deste teste foi verificar o efeito da radiação solar (intensidade luminosa) sobre a tensão de circuito aberto do módulo fotovoltaico em questão. O gráfico apresentado na Fig. 5 mostra todos os pontos obtidos durante o teste.

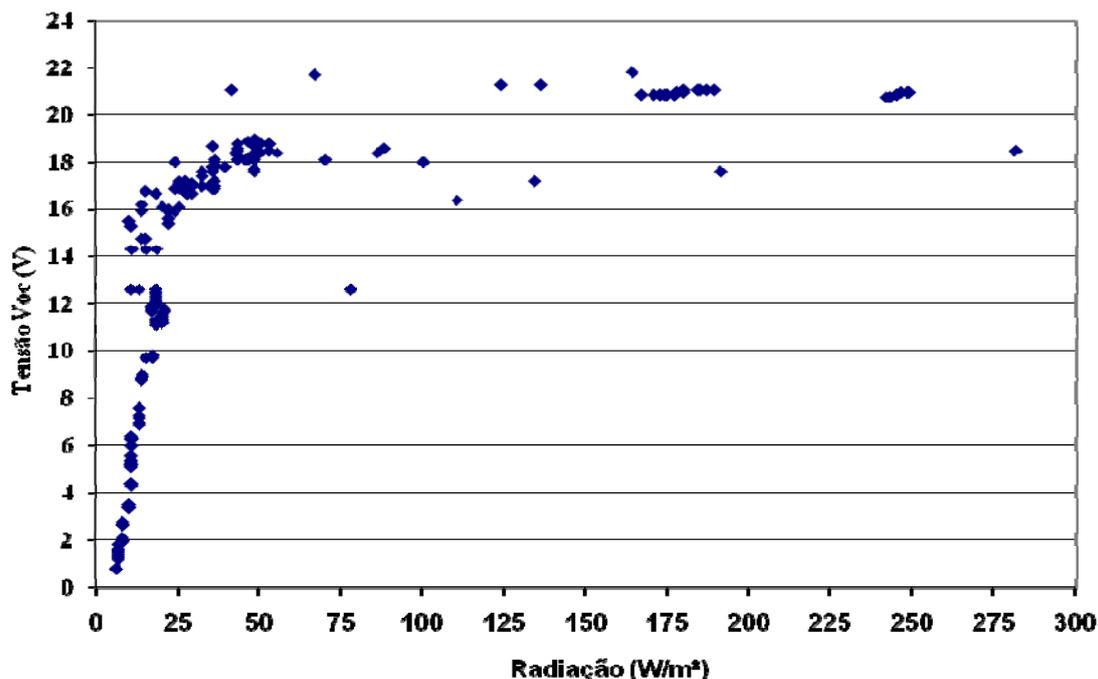


Figura 5 – Gráfico da tensão de circuito aberto.

A figura 5 mostra que “Voc” varia de maneira logarítmica com a radiação solar. Verifica-se também que acima de 50 W/m<sup>2</sup> a tensão permanece praticamente inalterada, pois a variação da temperatura mascara o pequeno efeito da variação da radiação solar. Os dados experimentais mostram estar corretos, pois as curvas apresentadas na literatura apresentam comportamento similar.

Grande dificuldade foi encontrada para realização dos testes experimentais considerando a faixa baixa de radiação solar (0 a 50 W/m<sup>2</sup>), devido à forte dependência da tensão com a radiação solar nesta faixa. Outra dificuldade encontrada foi de se manter a temperatura ambiente estável para diferentes valores da radiação solar. O aumento da radiação solar geralmente é acompanhado de um aumento da temperatura ambiente o que não é recomendável para a realização dos testes. Como os nossos testes experimentais foram realizados sob as condições climáticas naturais, ou seja, em campo e não em câmaras de simulação este foi um problema difícil de resolver. A solução encontrada foi cobrir o painel fotovoltaico com varias camadas de cartolina branca e realizar as medições de diferentes potencias de radiação solar em um curto intervalo de tempo, o que possibilitou simular diferentes níveis de radiação com a mesma temperatura ambiente.

### 3.3 Teste para determinação dos coeficientes de temperatura

A variação de “Voc” e “Isc” em função de “Tcell” é apresentada nas Figs. 6, e 7, respectivamente, com “Tcell” variando de 10 em 10°C.

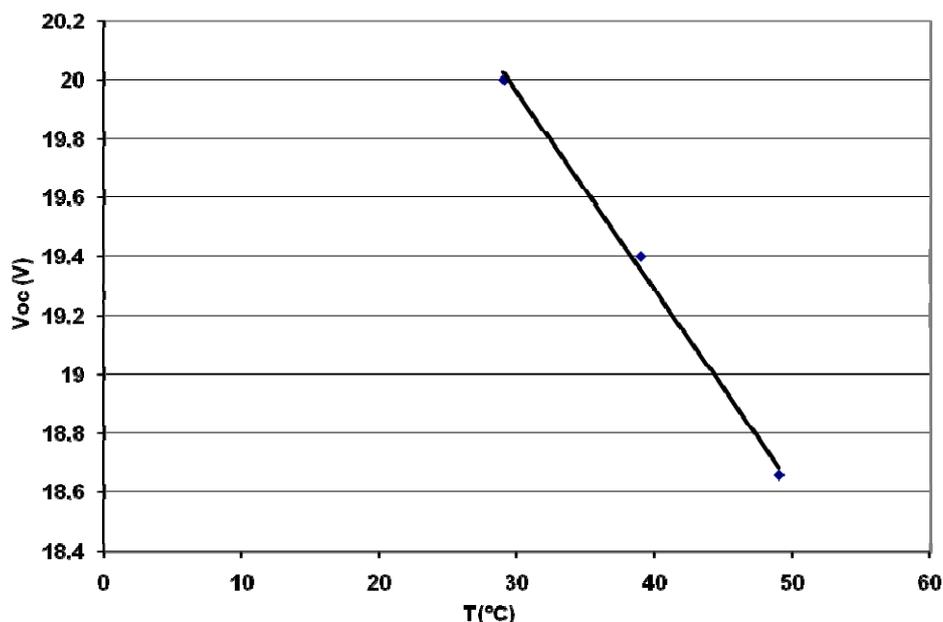


Figura 6 – Variação de “Voc” versus “Tcell”.

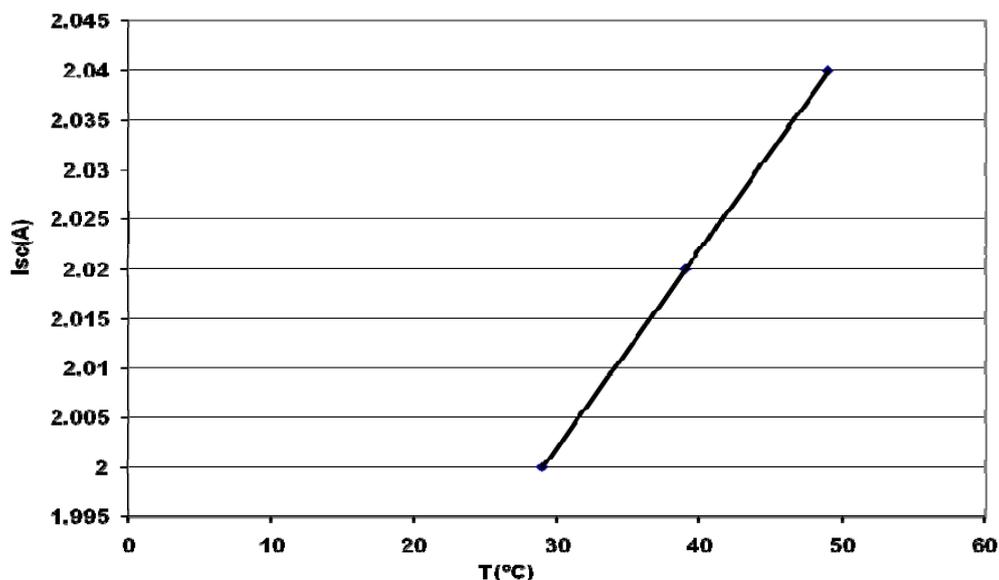


Figura 7 – Variação de Isc versus Tcell.

Um tratamento estatístico foi realizado nas Figs. 6 e 7 e regressões lineares geraram as seguintes equações:

- Para: “Voc” x “Tcell” →  $Voc = -0,067T_{cell} + 21,966$
- Para: “Isc” x “Tcell” →  $Isc = 0,002T_{cell} + 1,942$ .

Os valores dos coeficientes de temperatura do painel fotovoltaico testado foram então obtidos dos valores da inclinação das retas. Portanto,  $A = 0,02 \text{ A/K}$  e  $\beta = -0,067 \text{ V/K}$ . De acordo com Moura (2006) os valores dos coeficientes de temperatura de um painel dependem da configuração das series (circuito em série ou paralelo), conforme mostrado na Eq. (1):

$$\beta = n_s \times \beta_c ; \alpha = n_p \times \alpha_c \tag{1}$$

Onde: “np” é o número de células em paralelos; “ns” é o número de células em série;  $\alpha_c$  é o coeficiente de temperatura da corrente de uma única célula e  $\beta_c$  é o coeficiente de temperatura relativa da tensão de uma única célula. Para o modulo em teste a configuração consiste de 36 células em série, portanto,  $\alpha_c = 0,002 \text{ A/K}$  e  $\beta_c = -0,0019 \text{ V/K}$ .

### 3.4 Determinação da resistência série interna

De acordo com a IEC 891 (1987) para se determinar  $R_s$  (resistência interna) traça-se a curva “I x V” para dois níveis de irradiância. Durante as duas medições a temperatura da célula não pode diferir mais do que 2°C. Escolhe-se um ponto “P” da curva característica de maior radiação, que apresente uma tensão um pouco maior que “Vpmax” (Tensão de potencia máxima). Mede-se “ $\Delta I$ ”, que é a diferença entre as correntes do ponto “P” e “Isc1”. Determina-se, então, o ponto “Q” na curva de radiação inferior, na qual a corrente é igual “Isc2- $\Delta I$ ”. Mede-se o deslocamento de tensão “ $\Delta V$ ” entre os pontos “P” e “Q”, e finalmente calcula-se “ $R_s$ ” pela Eq. (2):

$$R_s = \frac{\Delta V}{I_{sc1} - I_{sc2}} \quad (2)$$

Os pontos “P” e “Q”, “ $\Delta I$ ” e “ $\Delta V$ ” são apresentados na Fig. 8, para dois níveis de radiação. A temperatura da célula na curva 1, correspondente ao maior nível de radiação foi de 40°C, enquanto que, a curva 2 correspondente ao menor nível de radiação, foi de 42°C.

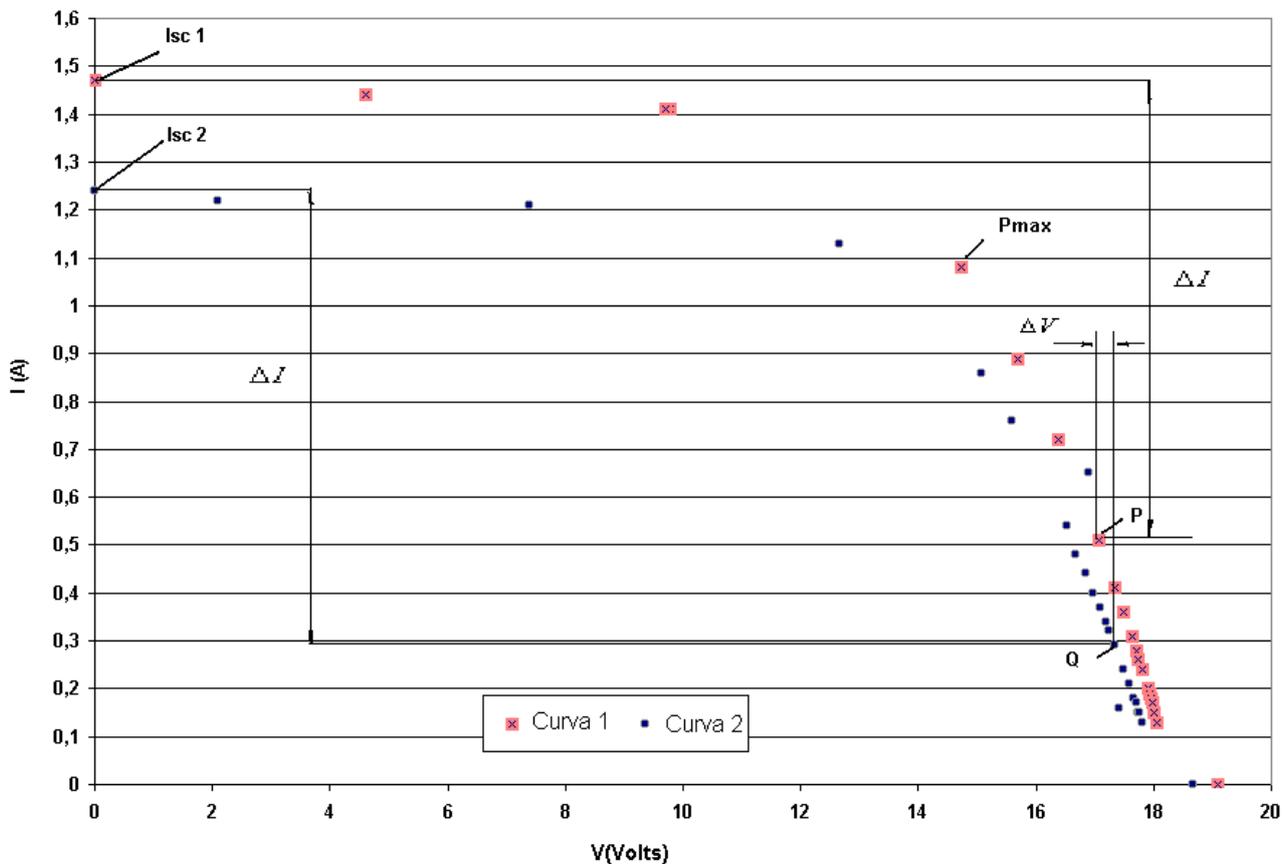


Figura 8 – Gráfico I x V para usado para determinação de “Rs”

O ponto “P” selecionado mostrado na curva superior da Fig. 8 apresenta os seguintes parâmetros: tensão de 17,8V, corrente de 0,51 A; potência máxima de 15,92 W, tensão máxima de 14,74 V, corrente máxima de 1,08 V e corrente de curto circuito de 1,47 A. A diferença entre as correntes de curto circuito e a corrente do ponto “P” “ $\Delta I$ ” é igual a 0,96A.

Conforme mostrado também na Fig. 9, da curva inferior conhece-se a corrente de curto circuito igual a 1,24 A. Utilizando-se a mesma diferença das correntes “ $\Delta I$ ” da curva superior igual a 0,96 obtêm-se a corrente do ponto “Q” ( $I_Q = I_{sc2} - \Delta I = 1,24 - 0,96 = 0,28A$ ). Levando-se a corrente  $I_Q$  na curva inferior obtêm-se a tensão  $V_Q$  igual a 17,34V e identifica-se na curva o ponto “Q”. Finalmente, pela Eq. (2) determina-se a resistência interna “ $R_s$ ” igual a 1,13  $\Omega$ .

### 3.5 Teste da NOCT

“NOCT” é a temperatura nominal de operação de uma célula sendo definida como a temperatura da célula com uma incidência normal de radiação solar igual a 800 W/m<sup>2</sup>, distribuição espectral com AM (air mass) igual a 1,5,

temperatura ambiente de 20°C e velocidade do vento de 1 m/s (Moura, 2006). A temperatura da célula solar “Tcell” depende da temperatura ambiente “Tamb”, da velocidade média do vento “V” e da irradiância solar total incidente na superfície ativa do módulo. Entretanto, a diferença de temperatura (Tcell – Tamb) independe da temperatura ambiente e é essencialmente uma função linear proporcional aos níveis de irradiação acima de 400 W/m².

O procedimento utilizado para determinação da “NOCT” do painel em questão, conforme recomendado em Moura (2006), consistiu na construção da curva de (Tcell - Tamb) em função de radiações solares acima de 400 W/m² para um período de condições favoráveis do vento. Primeiramente um valor preliminar de “NOCT” é determinado somando-se 20°C ao valor de (Tcell - Tamb) que deverá ser interpolado para uma irradiância de 800 W/m². Posteriormente, um fator de correção, dependente da temperatura média e da velocidade do vento durante o período de teste, deverá ser adicionado ao valor preliminar de NOCT de forma a corrigi-lo para 20°C e 1 m/s.

Durante o teste realizado no painel foram realizadas medições de “Tcell”, “Tamb”, radiação solar e “V” em intervalos de 30 segundos para um período de uma hora. Várias interrupções foram realizadas durante este teste devido à velocidade do vento ser maior que 1 m/s. Conforme mencionado por Moura (2006) os pontos em que “V” foi maior que 1 m/s devem ser desconsiderados. O gráfico apresentado na Fig. 10 mostra a variação de (Tcell – Tamb) em função da radiação solar.

Um tratamento estatístico foi realizado para os dados apresentados na Fig. 10 utilizando uma regressão linear chegando-se a seguinte equação (Tcell – Tamb) = 0,0203 \*G + 3,2327. Interpolando esta equação para a radiação solar de 800 W/m² determinou-se (Tcell – Tamb) igual a 19,5°C. O fator de correção mencionado em Moura (2006), que leva em conta a velocidade do vento e temperatura ambiente, representa um fator de correção de 1°C que deve ser adicionado a NOCT calculado. Portanto, “NOCT” real será igual à soma de 20°C + 19,5 + 1°C, e igual a 40,5°C.

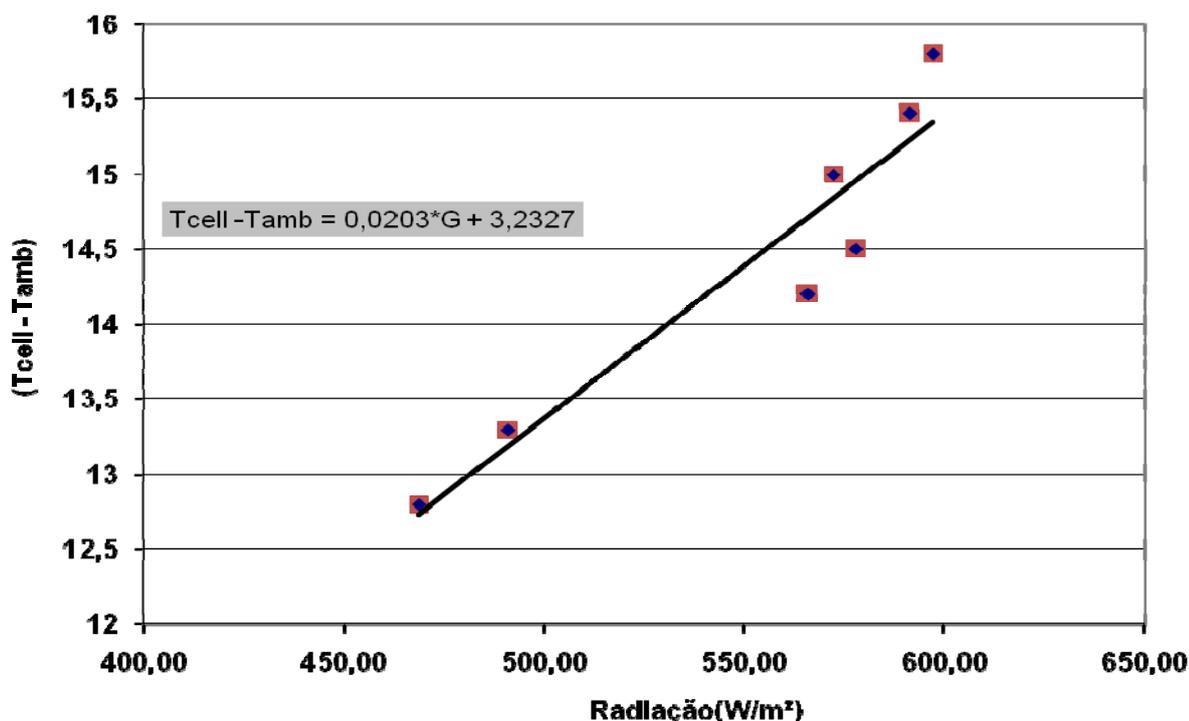


Figura 10 – Teste para determinação de NOCT.

### 3.6 Curva I x V

Nesta seção é apresentado o modelo TRW que consiste das Eqs (3) a (8) que são utilizadas para determinação da curva I x V, considerando diferentes valores de radiação solar e temperatura da célula.

$$I = \Delta I + I_{sc} * \left[ 1 - C1 \left[ \text{EXP} \left[ \frac{V - \Delta V}{(C2 * V_{oc})} \right] - 1 \right] \right] \quad (3)$$

$$C1 = \left[ 1 - \frac{I_{m p}}{I_{sc}} \right] * \text{EXP} \left[ \frac{-V_{mp}}{(C2 * V_{oc})} \right] \quad (4)$$

$$C2 = \frac{[(Vmp/Voc) - 1]}{LN[1 - (Im p / Isc)]} \tag{5}$$

$$\Delta V = \beta * (Tcell - Tref) - Rs * \Delta I \tag{6}$$

$$Iref = 1 - C1 \left[ EXP \left[ \frac{V}{(C2 * Voc)} \right] - 1 \right] \tag{7}$$

$$\Delta I = \left[ \frac{G}{Gref} - 1 \right] * Isc + \left[ \alpha * \frac{G}{Gref} * (Tcell - Tref) \right] \tag{8}$$

As curvas de I x V apresentadas nas Figs. 11, 12 e 13 utilizam o modelo TRW (equações de 3 a 8) para o painel fotovoltaico descrito anteriormente neste trabalho. Os coeficientes de temperatura, resistência interna, corrente de curto circuito, tensão de circuito aberto, tensão máxima, corrente máxima e NOCT utilizados no modelo foram determinados experimentalmente conforme apresentado anteriormente.

A curva I x V da Fig. 11 mostra o comportamento da corrente em função da tensão para a radiação solar de 800 W/m<sup>2</sup> e para diferentes temperaturas da célula.

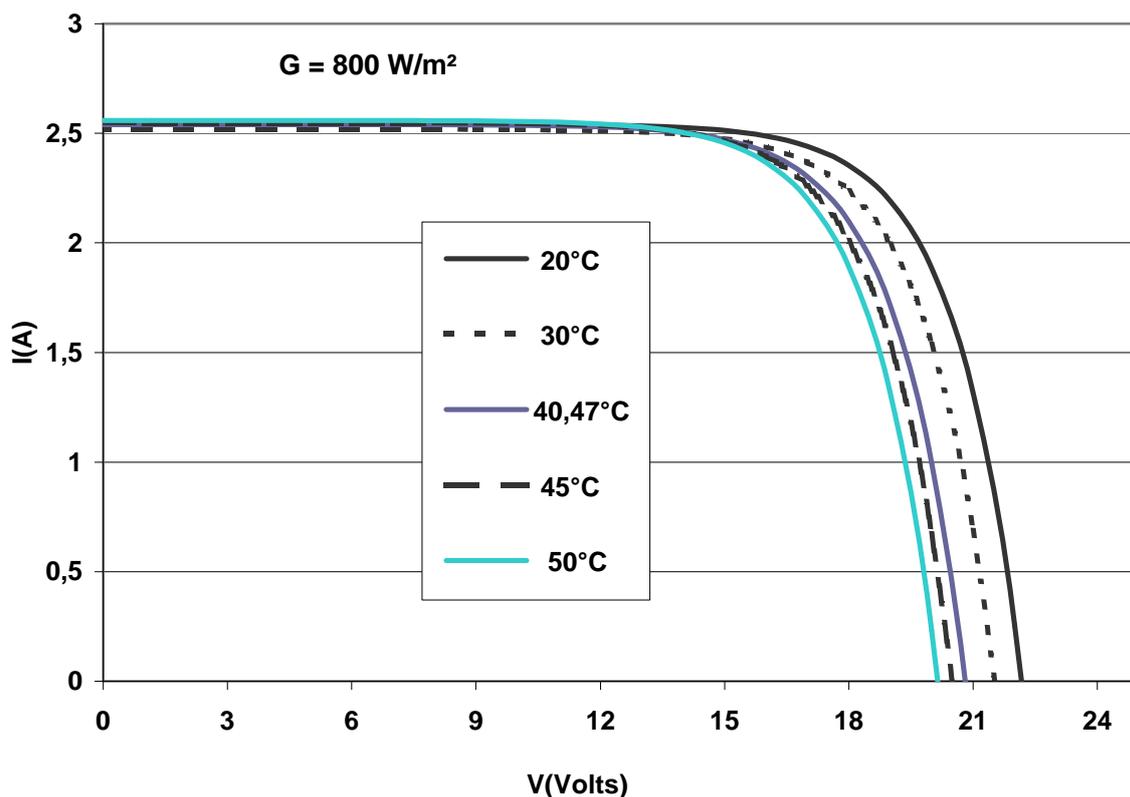


Figura 11 – Curva I vs V com radiação solar constante.

Pode se observar da Fig. 11 que para uma radiação solar fixa de 800 W/m<sup>2</sup> e para tensões inferiores a 13 volts a corrente aumenta levemente com o aumento da temperatura, acarretando aumento da potencia. Por outro lado, para tensões variando entre 13 V e a tensão de circuito aberto “Voc” nota-se pequena redução da tensão com o aumento da temperatura, o que faz reduzir a potencia.

A curva I x V da Fig. 12 aplica o modelo TRW para mostrar o comportamento da corrente em função da tensão para a temperatura normal de operação da célula (NOCT) de 40,5°C, considerando diferentes valores de radiação solar.

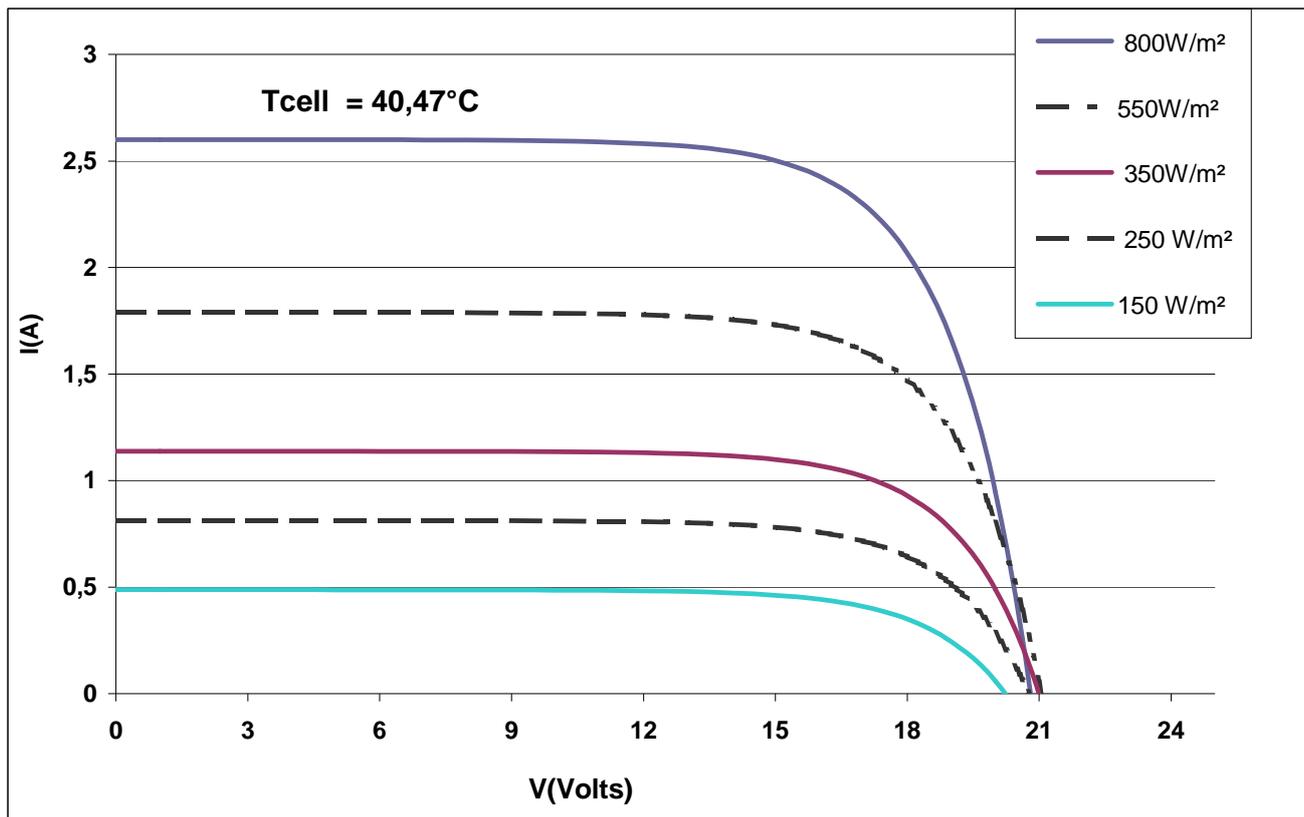


Fig. 12 - Curva I vs V com temperatura da célula constante.

Observa-se da Fig. 12 que à medida que a radiação solar aumenta a corrente gerada também aumenta. Conseqüentemente a potencia gerada também aumenta. Adicionalmente, observa-se uma pequena redução da tensão de circuito aberto à medida que a radiação diminui.

A curva I x V da Fig. 13 mostra o comportamento da corrente em função da tensão para três diferentes níveis de radiação solar e para três temperaturas da célula. Essas curvas são representativas de três situações climáticas que ocorrem durante o ano, ou seja, uma típica de verão, outra típica de primavera / outono e a ultima de inverno.

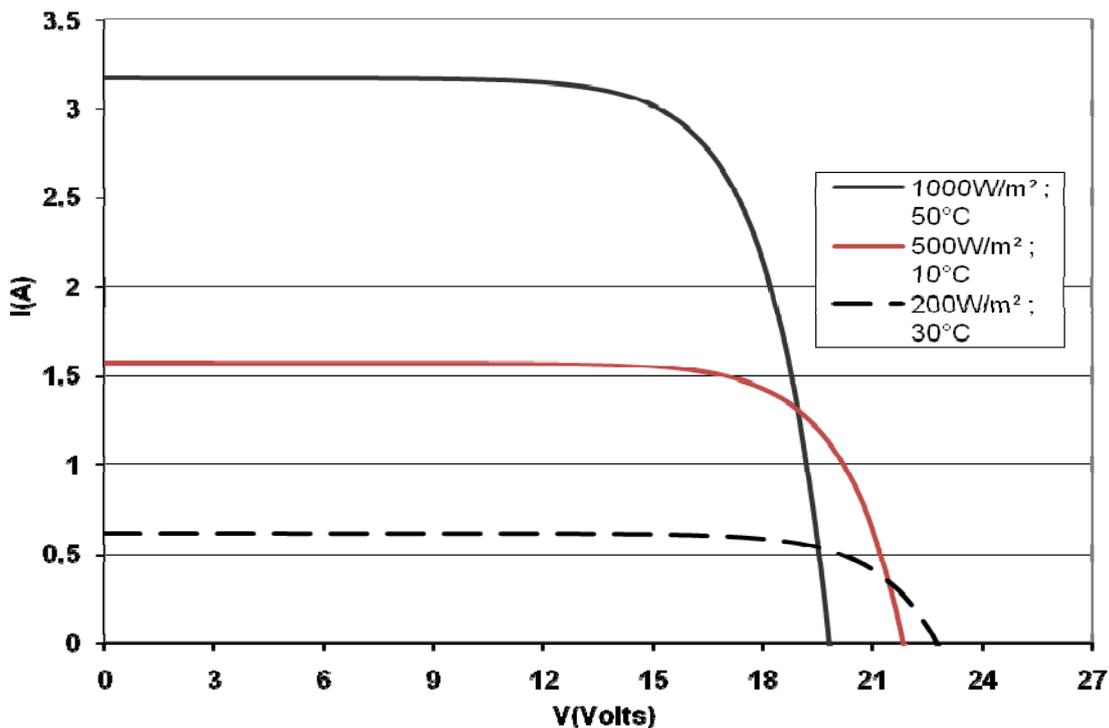


Fig. 13 - Curva I vs V para diferentes pares de radiação e temperatura da célula.

Observa-se da Fig. 13 que a radiação é a variável dominante quanto ao aumento da corrente. À medida que a radiação solar aumenta a corrente aumenta deslocando a curva I x V para cima. Nota-se que durante o verão, quando as temperaturas da célula são mais elevadas, o aumento da radiação solar continua dominante. No inverno a radiação é mais baixa o que reduz significativamente a corrente gerada, embora a tensão de circuito aberto aumente um pouco.

### 3.7 Conclusão

Neste trabalho foram realizados testes experimentais de um painel fotovoltaico sob luz natural objetivando-se determinar os diferentes parâmetros para levantamento das curvas de corrente versus tensão.

O modelo TRW foi utilizado para simulação das curvas de corrente versus tensão, considerando-se diferentes taxas de radiação solar e temperaturas da célula.

Os resultados mostram que a radiação solar é a variável mais importante e contribui decisivamente para a variação da corrente gerada e, conseqüentemente, para a variação da potencia gerada. A tensão sofre pequena queda com o acréscimo da temperatura da célula.

O desenvolvimento deste trabalho proporcionou um melhor entendimento das características do painel e da sua produção de energia elétrica. Com a obtenção das curvas "I vs V" será possível propor sistemas mais eficientes e de menor custo e contribuir desta forma para a expansão desta fonte de energia de enorme potencial.

### REFERÊNCIAS

- Duffie, J. A. and Beckman, W. A., 1991, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons.  
Moura, Cristina de Ramos. 2006. Procedimentos para Caracterização e Qualificação de Módulos Fotovoltaicos. Universidade de São Paulo, São Paulo.  
PRC-PRODEEM. 2005. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Edição especial, Rio de Janeiro.  
International Electrotechnical Commission. Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics of crystalline silicon photovoltaic devices, 1987. IEC 891.

#### ANALYSIS TRIAL OF A PANEL OF COURBES PHOTOVOLTAIC FOR DETERMINATION OF CURRENT VS VOLTAGE CONSIDERING DIFFERENT LEVELS OF RADIATION AND TEMPERATURES OF SOLAR CELL

**Abstract.** *This paper presents an experimental analyses performed in a photovoltaic panel available in our laboratory. Results of different tests in the field were conducted over the day lighting are presented in this article. It has been determined experimentally the following variables: (i) short circuit current; (ii) open voltage circuit; (iii) temperature coefficients; (iv) maximum voltage and current; (v) internal resistance; (vi) normal operating cell temperature. Further are presented I x V curves obtained from the TRW model, considering several values of solar radiation and cell temperatures. The parameters obtained experimentally can be used as input for the model. The results show values comparable to those available from the manufacture of the solar panel. The curve I x V can be useful for prediction of the electrical power delivered by the solar panel under various levels of solar radiation and cell temperatures.*

**Keys- words:** *photovoltaic panel, simulation, curves.*