

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE UM PIRANÔMETRO TÉRMICO

*Renan Vinicius de Barros BECKER¹, Marcos Vinicius de Mello Inhaquites dos SANTOS²,
Fabiano Perin GASPARIN³*

¹Bolsista de iniciação científica FAPERGS. Curso de Engenharia de Energia. Unidade em Porto Alegre. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS); ²Bolsista de iniciação científica CNPq. Curso de Engenharia de Energia. Unidade em Porto Alegre. UERGS; ³Prof. Orientador Unidade Porto Alegre. UERGS. E-mails: renan-becker@uergs.edu.br; marcos-santos@uergs.edu.br; fabiano-gasparin@uergs.edu.br

Resumo

A análise da disponibilidade da radiação solar é o fator mais importante para qualquer projeto de aproveitamento da energia solar, e para tanto são necessárias medidas de radiação solar em longos intervalos de tempo para obter dados representativos. Dentre os instrumentos utilizados para medidas da radiação solar merece destaque o piranômetro térmico. Os piranômetros são classificados em três classes: Classe A, Classe B, e Classe C. O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento e caracterização de um protótipo de piranômetro térmico que produzisse medições comparáveis a de um piranômetro de Classe B. A construção do protótipo produziu um instrumento de aparência similar ao piranômetro Classe B, e apresentou erro médio de medição de 0,8498% em relação ao piranômetro Classe B. A principal contribuição tecnológica deste projeto foi o desenvolvimento de um piranômetro comparável à Classe B com construção nacional e custo inferior ao importado.

INTRODUÇÃO

A energia irradiada pelo Sol cobre uma ampla faixa do espectro eletromagnético, sendo que cerca de 81% da energia que chega ao sistema Terra-Atmosfera está em uma faixa de comprimentos de onda que vai do visível ao infravermelho próximo (INPE, 2017). Essa energia alimenta todos os processos térmicos, dinâmicos e químicos, sejam eles naturais ou artificialmente desenvolvidos, com aplicação do conhecimento científico e tecnológico produzido pela sociedade. Quando a radiação solar atinge o topo da atmosfera terrestre, sofre processos de absorção e espalhamento ao longo do seu caminho. Aproximadamente 25% da radiação solar incidem na superfície da Terra sem nenhuma interferência da atmosfera, o restante é absorvido, ou espalhado em direção à superfície da Terra ou em direção ao espaço (FIORIN et al., 2011). Desta forma a radiação solar que chega na superfície pode ser classificada como direta ou difusa. Em dias nublados, a principal parcela é a difusa, enquanto que em dias claros prevalece a parcela direta (EPE, 2016).

O conhecimento sobre o potencial do recurso solar incidente na superfície é essencial, mas não suficiente para impulsionar o uso dessa fonte de energia. Conforme o INPE (2017), além do potencial disponível, informações confiáveis sobre a variabilidade do recurso solar são imprescindíveis para dar suporte ao desenvolvimento de projetos para aproveitamento dessa fonte de energia. A análise da disponibilidade da radiação solar é o fator mais importante para qualquer projeto de aproveitamento da energia solar, e para tanto são necessárias medidas de radiação solar em longos intervalos de tempo para obter dados representativos da disponibilidade de radiação e do clima do local de interesse.

Dentre os instrumentos utilizados para medidas da radiação solar merece destaque o piranômetro térmico. O piranômetro é um instrumento para medir a irradiação solar hemisférica total (a direta mais a difusa), geralmente em uma superfície horizontal. Se protegido da irradiação direta por um anel de sombra ou disco, um piranômetro mede apenas a

radiação difusa (DUFFIE & BECKMAN, 2013). O piranômetro é capaz de medir a irradiância solar utilizando uma termopilha, que consiste em associação em série de sensores termoeletrônicos. A termopilha então é revestida com uma tinta preta especial para simular a resposta de um “corpo negro” de modo que a energia radiante solar incidente é praticamente toda absorvida e convertida em energia térmica, que, por sua vez, é convertida em uma diferença de potencial elétrico proporcional à irradiância solar incidente na termopilha (INPE, 2017). Os piranômetros são classificados em três classes pela norma ISO 9060 (2018): Classe A, Classe B, e Classe C.

O Brasil possui uma rede radiométrica relativamente pequena em relação ao território nacional. Uma das dificuldades na ampliação das redes solarimétricas é o custo elevado dos sensores de radiação solar. Para exemplificar, um único piranômetro de Classe B é oferecido no mercado nacional com preços da ordem de R\$ 10.000 a R\$ 15.000. A partir do ano de 2016, todos os empreendimentos fotovoltaicos brasileiros deverão realizar uma campanha de medição da irradiação solar horizontal por um período não inferior a 12 meses. (EPE, 2014). De acordo com a Portaria MME nº 21/2008, serão exigidos no ato do cadastramento do empreendimento fotovoltaico a um leilão de energia a certificação dos dados solarimétricos. A estação deve estar equipada, no mínimo, com instrumentos de medição de irradiância global horizontal (dois piranômetros Classe B ou superior). Esta exigência demonstra a necessidade do desenvolvimento tecnológico nacional de instrumentos de medida de radiação solar que atendam no mínimo os requisitos de instrumentos de Classe B. Atualmente não existem piranômetros térmicos de primeira classe de fabricação nacional.

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento, construção e caracterização de um protótipo de piranômetro térmico de resposta espectral ampla que produzisse medições comparáveis a de um piranômetro de Classe B.

METODOLOGIA

O desenvolvimento do protótipo foi guiado pelo compromisso entre a qualidade do instrumento e os custos de fabricação. Preferencialmente foram utilizadas peças e partes já disponíveis comercialmente.

O sensor de radiação do protótipo desenvolvido foi baseado na utilização de um elemento termoeletrônico do tipo pastilha peltier disponível comercialmente. O efeito peltier é o transporte de energia térmica de uma face da pastilha para outra pela passagem de uma corrente elétrica. O efeito reverso, conhecido como efeito seebeck, ou seja, o surgimento de uma corrente elétrica devido ao fluxo de calor através da pastilha apresenta a possibilidade de utilizar a pastilha peltier como um sensor de radiação (COUTO & ALVES, 1998). Esta técnica já é conhecida e tem a vantagem de apresentar custo relativamente baixo uma vez que as pastilhas peltier são utilizadas como elemento de refrigeração em diversos equipamentos comerciais. Para proteger o sensor de variações de temperatura provocadas por agentes como vento, chuva e partículas contaminantes, o sensor de radiação foi coberto por dois domos de vidro hemisféricos, fabricados com vidro borossilicato de maneira artesanal em um laboratório de vidros da cidade de Porto Alegre – RS.

O experimento para determinar a qualidade de medição de radiação sensor do protótipo consistiu em expor o protótipo à radiação solar junto de um piranômetro Classe B da marca EKO modelo MS-60, durante 33 dias de forma ininterrupta (de 21/12/2018 a 22/01/2019). Ambos os piranômetros quando expostos a radiação solar produzem um sinal na forma de diferença de potencial (tensão), este sinal foi medido e registrado a cada 30 segundos com o auxílio de um módulo de registro de variáveis (FieldLogger). Para obtenção do valor de irradiação solar é necessário dividir o valor de tensão obtido pelo valor da constante do próprio piranômetro. Para o piranômetro EKO MS-60 este valor de constante é fornecido pelo fabricante, e para o piranômetro protótipo a constante foi determinada utilizando as normas de

calibração de piranômetro da norma ISO 9847-1992. A partir das medições diárias totais de irradiação dos dois piranômetros, calculou-se o erro médio do protótipo em relação ao piranômetro Classe B.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A construção do piranômetro protótipo produziu um instrumento de aparência similar ao piranômetro Classe B, conforme Figura 01 e Figura 02.



Figura 01. Piranômetro Classe B (esquerda) e Piranômetro protótipo (direita) sem os *shields* de proteção.



Figura 02. Piranômetro Classe B (superior) e piranômetro protótipo (inferior) com os *shields* de proteção.

Para obtenção da constante de calibração do protótipo utilizou-se as medições de 8 dias, das 08h até as 19h, de forma a contemplar dois dias de céu limpo, três dias de céu com presença de nuvens esparsas, e três dias de céu encoberto. Obtendo-se assim um valor de 27,5209 $\mu V/(W/m^2)$.

O cálculo do Erro (%) das medições de irradiação utilizou 19 dias de medição, sendo os resultados apresentados na Figura 03. Obteve-se a irradiação total diária de cada piranômetro, considerando apenas as medições de tensão com sinal positivo do EKO MS-60, desta forma excluindo qualquer valor de medição em horário noturno.

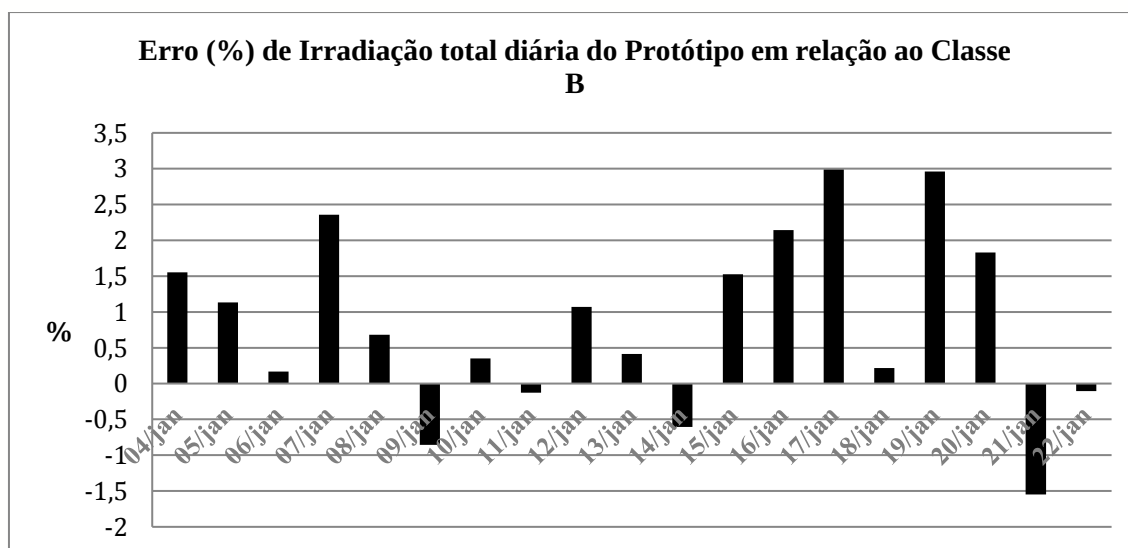


Figura 03. Erros percentuais diários da irradiação medida no protótipo.

O erro médio apresentado pelo piranômetro protótipo em relação ao piranômetro Classe B foi de 0,8498%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O piranômetro protótipo demonstrou um excelente desempenho quando comparado ao piranômetro Classe B. A principal contribuição tecnológica deste projeto é o desenvolvimento de um de um piranômetro comparável à Classe B com construção nacional e custo inferior ao importado. O uso de elementos já disponíveis comercialmente para compor o instrumento de medida favorece a construção de protótipos com custo reduzido.

Para futuros trabalhos indica-se a caracterização dos diferentes parâmetros de desempenho do piranômetro protótipo de acordo com a norma ISO 9060 (2018).

AGRADECIMENTOS: Este projeto foi executado com apoio da fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

COUTO, E. & ALVES, L. *Medição Do Coeficiente Seebeck de Amostras Semicondutoras a Base De Si-Ge*. Conference Paper VI SEMEL, 1998.

DUFFIE, J. & BECKMAN, W. *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2013.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. *Expansão da Geração - Empreendimentos Fotovoltaicos - Instruções para solicitação de cadastramento e habilitação técnica com vistas à participação nos leilões de energia elétrica nº EPE-DEE-RE-065/2013-r1*, 2014.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. *Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica*, 2016.

FIORIN, Daniel V. et al. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, pp.01-20, mar. 2011.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Atlas Brasileiro de Energia Solar*, 2017. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html

ISO. International Organization for Standardization. *ISO 9060 - Solar energy -- Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation*, 2018.