

## ESTIMATIVA DA FRAÇÃO DE RADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA PARA USO EM BOMBEAMENTO DIRETO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO OFF-GRID

MARCELO CARAZO CASTRO<sup>1</sup>, EVERARDO CHARTUNI MANTOVANI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doutorando UFV, prof. IFRJ *campus* Pinheiral, Pinheiral-RJ, (24) 3356-8202, marcelo.castro@ifrj.edu.br

<sup>2</sup> Prof. Sênior Dr., Depto. de Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa/MG.

Apresentado no  
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021  
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

**RESUMO:** A agricultura irrigada necessita normalmente de energia para sua realização. Para isso, pode-se utilizar a energia solar, abundante no Brasil, visando maior competitividade econômica. Para sua utilização de forma isolada (sistemas desconectados da rede elétrica), é necessário o estudo de dados horários de radiação solar, os quais não estão sempre disponíveis. Assim, o objetivo deste trabalho foi estimar a fração da radiação solar diária total que pode ser utilizada para bombeamento direto em sistemas de irrigação isolados, auxiliando a elaboração de anteprojetos deste tipo de sistema. Para isso, foram utilizados dados do mês de junho, de 19 estações do INMET distribuídas em quatro regiões do Brasil, referentes a grandes áreas irrigadas. Observou-se que se pode considerar uma utilização aproximada de 59 % da radiação solar total disponível para essa finalidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** agricultura irrigada, sistema fotovoltaico, eletrificação rural.

## ESTIMATE OF DAILY SOLAR RADIATION FRACTION FOR USE IN DIRECT PUMPING OFF-GRID IRRIGATION SYSTEMS

**ABSTRACT:** Irrigated agriculture normally needs energy for its realization. For this, solar energy, abundant in Brazil, can be used, aiming at greater economic competitiveness. For its isolated use (off-grid systems), it is necessary to study hourly solar radiation data, which are not always available. Thus, the objective of this work was to estimate the fraction of total daily solar radiation that can be used for direct pumping in off-grid irrigation systems, helping the elaboration of preliminary projects for this type of system. For this, data from the month of June, from 19 INMET stations spread across four regions of Brazil, close to large irrigated areas, were used. It was observed that an approximate use of 59% of the total solar radiation available for this purpose can be considered.

**KEYWORDS:** irrigated agriculture, photovoltaic system, rural electrification.

**INTRODUÇÃO:** A energia elétrica influencia significativamente o custo de produção da agricultura irrigada (ANANIAS FILHO, 2020), sendo considerada o insumo de maior custo operacional dos sistemas de irrigação (BRASIL, 2019). Além disso, o Governo Federal, mesmo ciente da qualidade de fornecimento deficiente, considera que o principal problema da

energia elétrica para a agricultura irrigada é a falta de sua disponibilidade (GORETTI, 2020). Consequentemente, buscaram-se continuamente formas de superar esses entraves, seja pelo seu uso eficiente, seja com o aproveitamento de fontes energéticas alternativas, como a solar (ANANIAS FILHO, 2020). Tanto para ampliação da área irrigada, como para redução do custo de produção, o irrigante pode se beneficiar da localização geográfica privilegiada do Brasil em termos de energia solar (PEREIRA et al., 2017). Porém, sistemas fotovoltaicos de irrigação desconectados da rede elétrica pública (sistemas *off-grid*) exigem estudos mais elaborados para sua avaliação em termos de análise de dados horários solarimétricos (SANTANA et al., 2021) que nem sempre estão disponíveis, ao contrário da radiação total diária. Assim, o objetivo deste trabalho foi estimar a fração da radiação solar diária total que pode ser utilizada para bombeamento direto em sistemas de irrigação *off-grid*, auxiliando a elaboração de anteprojetos deste tipo de sistema.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Foram selecionadas 19 localidades referentes as estações do INMET de código A520, A523, A530, A548, A542, A714, A715, A748, A623, A856, A810, A883, A339, A402, A430, A027, A028, A056 e A908 (INMET, 2021). Tais localidades, situadas em oito estados e quatro regiões (Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul), estão posicionadas em regiões de utilização de pivô central, ou na sua vizinhança, conforme apresentado pela ANA (2021), de forma a abranger diferentes condições climáticas.

A partir de informações do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB, 2021), foi identificado o mês de menor radiação solar em todos os locais de estudo, que se constitui no mês crítico para projetos de irrigação solar fotovoltaica (SANTANA et al., 2021). Foram utilizados, assim, dados deste mês referentes aos anos de 2018, 2019 e 2020, uma vez que alguns estudos demonstraram ser necessário apenas dois ou três anos para se estimar a média da irradiância global com margem de erro de 5% (EPE, 2012).

A partir dos dados solarimétricos horários médios mensais para cada localidade, foi ajustado uma equação polinomial de segundo grau, com auxílio da planilha eletrônica Excel<sup>®</sup>, que descrevia a irradiância diária. Estipulou-se, então, tempos de operação diários do sistema de irrigação variando entre três e oito horas e obteve-se o respectivo valor da radiação instantânea de projeto de acordo com procedimento apresentado por Santana et al. (2021). Ajustou-se uma equação polinomial de segundo grau a esses pares de pontos (tempo de operação *versus* irradiância de projeto em cada local) e, substituindo nesta o resultado de sua derivada primeira igualada a zero, obteve-se a radiação ótima diária a ser usada em projetos. A relação entre a radiação útil ótima de projeto e a respectiva radiação solar total disponível foi determinada então pela equação 1.

$$\text{FORP} = \text{RTDUO} * \text{RTDD}^{-1} \quad (1)$$

em que,

FORP - fração ótima da radiação solar total disponível para utilização em projeto, decimal;

RUO - radiação solar total diária útil ótima, Wh m<sup>-2</sup>;

RTD D - radiação solar total diária disponível, Wh m<sup>-2</sup>.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Em todos os locais avaliados o mês crítico, isto é, o de menor radiação solar disponível, foi o mês de junho. Isto está de acordo com o fato de o afélio ocorrer neste mês, o que impacta diretamente na quantidade de radiação solar recebida (VIANELLO; ALVES, 1991). Foi observado que os valores das radiações totais úteis de

projeto variaram entre 1531 e 3159 Wh m<sup>-2</sup>, em função da posição geográfica da estação utilizada. Na Tabela 1 é apresentada algumas características da fração ótima da radiação total disponível para utilização em projeto. O comportamento da fração de radiação ótima de cada local em relação a média observada de 0,5918, obtida sem o valor extremo (*outlier*) de 0,7034, é apresentada na Figura 1.

Na tabela 1, observa-se que o aproveitamento da radiação solar não é integral (valor da fração inferior a unidade), o que era esperado devido ao formato não retangular da distribuição temporal da radiação solar ao longo do dia, mesmo na ausência de nuvens (KENNA; GILLET, 1985). A fração de 0,5976 da Tabela 1, por exemplo, significa que é possível aproveitar em média 59,76% da radiação total incidente para a geração de energia elétrica fotovoltaica para atendimento direto do sistema de bombeamento da irrigação, sem o uso de baterias. Em sistemas fotovoltaicos *off-grid*, o restante da radiação não poderia ser aproveitado diretamente uma vez que, ou não atingiria o nível mínimo necessário para funcionamento do motor, ou excederia o valor de projeto. Porém, poderia ser utilizado para o carregamento de baterias destinadas, por exemplo, ao acionamento do sistema de irrigação em horário noturno (RIZI; ASHRAFZADEH; RAMEZANI, 2019).

TABELA 1. Características das frações ótimas da radiação solar total disponível para utilização direta em projeto observados nas 19 áreas de estudo.

Parâmetro	Valor
Valor Máximo	0,7034
Valor Mínimo	0,5588
Valor Médio	0,5976
Desvio Padrão	0,0288
Coefficiente de Variação (%)	4,82

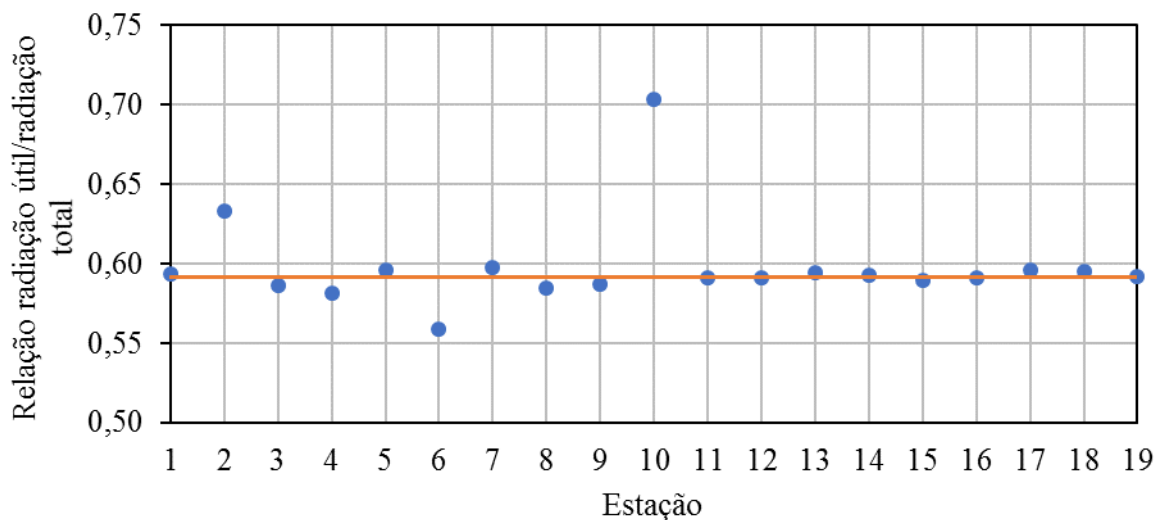


FIGURA 1. Fração ótima da radiação total disponível para utilização direta em projeto observada nos 19 locais de estudo em relação ao valor de referência de 0,5918.

**CONCLUSÕES:** Para fins de anteprojeto de sistemas de irrigação fotovoltaico *off-grid*, pode-se considerar, em geral, uma utilização aproximada de 59 % da radiação solar total disponível para uso direto pelo sistema de bombeamento, nas áreas avaliadas.

## REFERÊNCIAS:

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2. ed. Brasília: ANA, 2021. 130p.

ANANIAS FILHO, N. Visão do produtor rural na incorporação das tecnologias de irrigação como forma de segurança produtiva e eficiência no uso dos recursos naturais. In: RODRIGUES, L.N.; ZACCARIA, D. (Ed.) **Agricultura Irrigada: um breve olhar**. Fortaleza: INOVAGRI, 2020. p. 105-110.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Boletim da Agricultura Irrigada**, v. 1, 2019. 7p. Disponível em: <[https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Boletim\\_Agricultura-Irrigada\\_Primeira-Edio\\_-Setembro-de-2019.pdf](https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Boletim_Agricultura-Irrigada_Primeira-Edio_-Setembro-de-2019.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2020.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA (CRESESB). **Potencial Solar - SunData v 3.0**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>. Acesso em 02 jul. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira**. Brasília: EPE, 2012. Disponível em: <[https://www.vario.com.br/VarioECP/arquivos/Downloads/NT\\_EnergiaSolar\\_2012\\_EPE.pdf](https://www.vario.com.br/VarioECP/arquivos/Downloads/NT_EnergiaSolar_2012_EPE.pdf)>. Acesso em 02 jul. 2021.

GORETTI, G.S. Ações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para a sustentabilidade da agricultura no Brasil. In: RODRIGUES, L.N.; ZACCARIA, D. (Ed.) **Agricultura Irrigada: um breve olhar**. Fortaleza: INOVAGRI, 2020. p.119-126.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/#>>. Acesso em 02 jul. 2021.

KENNA, J.; GILLETT, B. **Solar water pumping: a handbook**. London: Russel, 1985. 123p.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p.

RIZI, A.P.; ASHRAFZADEH, A.; RAMEZANI, A. A financial comparative study of solar and regular irrigation pumps: case studies in eastern and southern Iran. **Renewable Energy**, v. 138, p. 1096-1103, 2019.

SANTANA, V.R.S.; OLIVEIRA, F.G.; MORAES, M.J.; REIS, J.B.R.S. **Uso da energia solar fotovoltaica na agricultura irrigada**. Belo Horizonte, Informe Agropecuário, v. 42, n. 313, p. 79-90, 2021.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. 1 ed. Viçosa: UFV, 1991. 449 p.