

Área: Sustentabilidade | **Tema:** Temas Emergentes em Sustentabilidade

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA BÁSICA SOBRE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS APLICADOS A PIVÔS DE IRRIGAÇÃO

BASIC BIBLIOGRAPHIC REVIEW ABOUT PHOTOVOLTAIC SYSTEMS APPLIED TO IRRIGATION PIVOTS

Hayla Alves Fischer e Cristiano Roos

RESUMO

O agronegócio é o setor que move a economia brasileira, principalmente no que tange a produção de grãos. O cultivo das culturas irrigadas aumenta a produtividade e acrescenta no desenvolvimento econômico do país. Neste âmbito, os sistemas fotovoltaicos surgem como uma solução para geração de energia elétrica utilizada para alimentar os pivôs de irrigação. Assim, o objetivo deste estudo é realizar uma revisão bibliográfica básica sobre a viabilidade econômica dos sistemas fotovoltaicos como fonte geradora de energia para pivôs de irrigação, de forma a proporcionar conhecimento e auxiliar projetos de pesquisa nesta área.

Palavras-Chave: Engenharia Econômica; Pivôs de Irrigação; Sistemas Fotovoltaicos

ABSTRACT

Agribusiness is the sector that drives the Brazilian economy, especially with regard to grain production. The cultivation of irrigated crops increases productivity and adds to the country's economic development. In this context, photovoltaic systems appear as a solution for the generation of electrical energy used to feed the irrigation pivots. Thus, the objective of this study is to carry out a basic bibliographic review on the economic viability of photovoltaic systems as a source of energy for irrigation pivots, in order to provide knowledge and assist research projects in this area.

Keywords: Economic engineering; Irrigation Pivots; Photovoltaic Systems;

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA BÁSICA SOBRE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS APLICADOS A PIVÔS DE IRRIGAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A ascensão econômica brasileira exige uma demanda crescente de energia elétrica. Durante muito tempo este desenvolvimento econômico se efetivou indiferente à natureza e aos recursos dela disponíveis. Hoje, este cenário busca uma reconciliação entre o desenvolvimento econômico e o sustentável (PEREIRA, 2017).

Neste contexto, surge a energia fotovoltaica, que dentre as fontes de energias renováveis, destaca-se por não poluir o meio ambiente, por ser uma fonte inesgotável e por reduzir os custos de consumo em longo prazo (DUTRA et al., 2013). Além disto, segundo a mesma fonte, a utilização de energias renováveis no agronegócio proporciona vários benefícios, como a diminuição do custo de produção, o melhor aproveitamento dos recursos da propriedade e, principalmente, a preservação ambiental.

Atualmente, o agronegócio é um setor que toma conta do cenário econômico brasileiro. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2018) entre 1975 e 2017, a produção de grãos, que era de 38 milhões de toneladas, cresceu mais de seis vezes, atingindo 236 milhões, enquanto a área plantada apenas dobrou. Um dos fatores que contribuíram para esta mudança espacial da produção agropecuária é a expansão dos cultivos irrigados (EMBRAPA, 2018). Assim, destaca-se o gasto energético com a irrigação no país, mais especificadamente com os pivôs de irrigação instalados. Tendo em vista a busca pelo equilíbrio ambiental e econômico, os sistemas fotovoltaicos surgem como uma solução.

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica básica sobre trabalhos que abordam a viabilidade econômica do uso de sistemas fotovoltaicos na geração de energia elétrica para pivôs de irrigação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico do presente estudo apresenta resumidamente os conceitos de Engenharia Econômica, bem como os métodos de análise de investimentos, tais como Taxa Mínima de Atratividade, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, *Payback* Descontado e *Levelized Cost of Energy*. Aborda ainda definições de energia solar e sistemas fotovoltaicos, assim como de sistemas de irrigação.

A Engenharia Econômica compreende os princípios e técnicas necessárias para se tomar decisões relativas à aquisição e à disposição de bens de capital, nas indústrias e nos órgãos governamentais (GRANT; IRESON, 1970). O seu conhecimento é utilizado principalmente no trabalho de engenheiros que desenvolvem análises de desempenho, síntese e conclusão de projetos de todas as dimensões. Um projeto de Engenharia Econômica depende de diversos fatores como a identificação do problema, a definição do objetivo, a estimativa do fluxo de caixa, a análise financeira e a tomada de decisão (BLANK; TARQUIN, 2008).

A energia solar fotovoltaica, também chamada de células solares é um dispositivo eletrônico que converte a luz solar em eletricidade (IREA, 2016). De acordo com Nowak e Frankl (2014), o bloco de construção básico de um sistema fotovoltaico é a célula fotovoltaica, que é um dispositivo semicondutor que converte energia solar em energia elétrica na forma de corrente contínua.

O sistema de irrigação por pivô central é, segundo Testezlaf (2017), basicamente uma linha lateral de aspersão montada sobre um sistema de treliças e mantida a uma determinada altura do solo, por torres de sustentação equipadas com rodas, que se movimentam ao redor de

uma torre central ancorada. Ainda, o referido autor complementa que o pivô está condicionado a uma fonte de alimentação elétrica, pois a movimentação das torres é realizada por acionamento elétrico de motores redutores.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho utilizou o método da pesquisa bibliográfica, pois foi desenvolvido com base em material já elaborado, constituído principalmente de artigos científicos (GIL, 2010). Para a apresentação dos conceitos e definições, utilizou-se a pesquisa em portais educacionais, *e-books* e livros. A busca dos artigos foi realizada por meio do portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), utilizando as bases *Emerald*, *Elsevier* e *Web of Science*.

Esta pesquisa se classifica como básica, pois está mais ligada ao incremento do conhecimento científico (APPOLINÁRIO, 2012). Além disso, segundo Miguel (2012), tem como função a atualização, por trazer informações de estudos publicados recentemente e uma abordagem considerada como uma bibliografia anotada, pois apresenta um conjunto de fontes sem trazer uma análise crítica.

4 RESULTADOS

Esta seção traz os resultados da pesquisa bibliográfica básica, apresentando trabalhos que abordam a viabilidade econômica do uso de sistemas fotovoltaicos na geração de energia elétrica. Carrêlo et al. (2020) desenvolveram uma pesquisa comparativa de viabilidade econômica de cinco sistemas de irrigação fotovoltaica, na região do Mediterrâneo e utilizaram para análise da viabilidade econômica, os métodos VPL, TIR, *payback* e LCOE, sendo que todos os cenários apresentaram viabilidade no investimento. Utilizando os mesmos métodos, Kose, Aksoy e Ozgoren (2019) investigaram experimentalmente a viabilidade da geração de energia por um sistema híbrido de sistemas fotovoltaicos e turbina eólica, para a alimentação energética de uma bomba submersa que teria utilização na irrigação por gotejamento das culturas de beterraba, batata e milho em Konya, na Turquia.

Powell et al. (2019) desenvolveram um estudo em três das maiores regiões produtoras de cana-de-açúcar da Austrália, selecionando o método de irrigação mais típico de cada região para encontrar a combinação ideal de componentes para fornecer energia de menor custo e menores emissões. Para a análise econômica os autores utilizaram VPL e LCOE, e concluíram que com a energia solar fotovoltaica reduziu-se o custo de energia para todos os cenários. Shoeb e Shafiullah (2018) utilizaram os mesmos métodos para classificar as combinações desenvolvidas no estudo da viabilidade de um sistema de microrredes de sistema fotovoltaico, para apoiar a eletrificação rural e abastecer sistemas de irrigação, em Bangladesh. Ainda, Nikzad, Chahartaghi e Ahmadi (2019) realizaram um estudo técnico de projeção de bombeamento fotovoltaico para suprir a demanda de água de um arrozal, no Irã. A pesquisa teve como objetivo comparar o desempenho do sistema com os sistemas de bombeamento a diesel, e também a venda da energia gerada pelos painéis em meses sem irrigação. Foram calculados custos do ciclo de vida (custos de capital, de substituição, de operação, de manutenção e instalação) e *Payback* como indicadores financeiros.

Boyer et al. (2014) desenvolveram uma análise do preço de equilíbrio do milho em que o investimento em irrigação por pivô central seria rentável em Tennessee, nos Estados Unidos. Este estudo considerou os tamanhos do campo, preço de energia e fonte de energia sobre o preço do milho. Constatou-se que à medida que a área irrigada aumentava, a eletricidade se tornava mais economicamente viável em relação ao diesel. Foram utilizados os métodos VPL e retorno líquido total tributável. Zhang et al. (2018) buscaram avaliar a

viabilidade econômica da integração da energia solar na cadeia produtiva do leite, na China. Para análise econômica foram utilizados os métodos *Payback*, e TIR. Elkadeem et al. (2019) desenvolveram um estudo técnico e econômico de geração de energias alternativas (sistemas fotovoltaicos, turbinas eólicas, geradores a diesel, baterias e conversores) para eletrificação rural e irrigação de áreas em Dongola, no Sudão. Para o estudo da viabilidade econômica, além do retorno do investimento (ROI) como parâmetro, foram utilizados também o Custo Presente Líquido (NPC) e o LCOE para cada caso analisado.

García et al. (2019) quantificaram os impactos ambientais e econômicos de sistemas fotovoltaicos tanto *off-grid* quanto *on-grid*, além de um gerador movido a diesel para a irrigação de uma plantação na Espanha. Levando em conta um período de 30 anos, demonstrou-se que o sistema fotovoltaico é mais viável ambiental e economicamente para a irrigação de lavouras. Gao et al. (2013) buscaram avaliar a viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico instalado na região sul da Província de Qinghai, no Tibet. Assim como o estudo anterior, os autores também compararam com um gerador a diesel e chegaram a conclusão de que o sistema fotovoltaico apresenta uma melhor performance tanto no aspecto ecológico quanto econômico. Ademais, A. Al-Busaidi (2005) realizaram um estudo a fim de comparar economicamente a utilização de energia solar fotovoltaica e diesel para o abastecimento de pivôs de irrigação, especialmente em áreas remotas de Omã. O autor aplicou o VPL, o PBD e analisou o custo do ciclo de vida de ambos os sistemas para geração de energia elétrica.

Sob a mesma ótica de pesquisa, Shouman, Shenawy e Badr (2016) compararam economicamente três sistemas para a geração de energia elétrica: um sistema fotovoltaico; um sistema híbrido constituído por painéis fotovoltaicos e um gerador a diesel; um gerador a diesel. O objetivo foi realizar uma análise dos custos a fim de definir o melhor sistema para fornecer energia elétrica para um sistema de bombeamento de água no Egito. Como parâmetros financeiros, os autores fizeram uso do VPL e dos custos de energia, de capital, de manutenção e operação. Ainda, outro estudo comparando um sistema fotovoltaico e um gerador a diesel para fornecer energia elétrica a um sistema de bombeamento de água foi conduzido por Dadhich e Shrivastava (2017) na Índia. Para realizarem a análise da viabilidade econômica, os autores calcularam o VPL, a TIR e o custo do ciclo de vida dos sistemas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foram identificadas e descritas resumidamente definições sobre Engenharia Econômica, sistemas fotovoltaicos e sistemas de irrigação. Também, foram apresentados trabalhos aplicados abordando estudos de viabilidade econômica da utilização de sistemas fotovoltaicos na geração de energia elétrica, principalmente para pivôs de irrigação.

Com este trabalho, pôde-se verificar a utilização dos sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica na irrigação em diversas localidades do mundo. Além disso, em um panorama geral dos trabalhos pesquisados, evidencia-se a predominância da utilização dos métodos VPL, TIR e LCOE para as análises de viabilidade econômicas relacionadas aos sistemas fotovoltaicos. Esta verificação demonstra a importância da utilização destes métodos para estudos de análise de investimentos.

Como consideração final, destaca-se que o objetivo principal deste trabalho foi atingido, apresentando uma revisão bibliográfica básica sobre a aplicação da Engenharia Econômica na utilização de sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica para pivôs de irrigação. Espera-se que os resultados apresentados neste resumo expandido possam ser utilizados em futuros trabalhos. Cabe destacar que este trabalho faz parte de um projeto de pesquisa maior, que objetiva realizar estudos aplicados abordando o mesmo tema de pesquisa.

REFERÊNCIAS

AL-BUSAIDI, Ibrahim A. **Economics of Photovoltaic Water Pumping System in Sultanate of Oman.**2005

APPOLINÁRIO, Fabio. **Metodologia da ciência: filosofia e pratica da pesquisa.** 2. ed. São Paulo, 2012. 226 p.

BLANK, L.; TARQUIN, A. **Engenharia econômica.** 6. ed. São Paulo: AMGH, 2008.

BOYER, C. N.; LARSON, J. A.; ROBERTS, R. K. ; MCCLURE, A. T. ;TYLER, D. D. The impact of field size and energy cost on the profitability of supplemental corn irrigation. **Agricultural Systems**, v.127, p. 61–69, fev.2014.

CARRÊLO, I. B.; ALMEIDA, R. H.; NARVARTE, L.; MARTINEZ-MORENO, F.; CARRASCO, L. M. Comparative analysis of the economic feasibility of five large-power photovoltaic irrigation systems in the Mediterranean region. **Renewable Energy**, v. 145, p. 2671-2682, Aug. 2019.

DADHICH, G.; SHRIVASTAVA, V. Economic comparison of solar PV and diesel water pumping system. **Environmental Science.** p. 1-6, 2017.

DUTRA, J. C. D. N. et al. Uma análise do panorama das regiões Missões e Noroeste do estado do Rio Grande do Sul sob o prisma da energia eólica e solar fotovoltaica como fontes alternativas de energia. **Revista Paranaense do Desenvolvimento, Curitiba**, v. 34, n. 124, p. 225-243, jan. 2013.

ELKADEEM, M.R.; WANG, S.; SHARSHIR, S. W.; ATIA, E. G.; Feasibility analysis and techno-economic design of grid-isolated hybrid renewable energy system for electrification of agriculture and irrigation area: A case study in Dongola, Sudan. **Energy Conversion and Management**, v. 196, p. 1453–1478. Aug. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira.** Brasília, 2018. 213 p.

GAO, X. et al. Feasibility evaluation of solar photovoltaic pumping irrigation system based on analysis of dynamic variation of groundwater table. **Applied Energy**, v.105, p.182-193. Jan. 2013

GARCÍA, A. M. et al. Comparing the environmental and economic impacts of on- or off-grid solar photovoltaics with traditional energy sources for rural irrigation systems. **Renewable Energy**, v.140, p. 895-904. Sept. 2019

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 176 p.

GRANT, E.L.; IRESON, W.G. **Principles of Engineering Economy.** 5th ed. New York: Ronald Press Company, 1970.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025**. 112 p. Bonn: IRENA, 2016.

KOSE, F.; AKSOY, M.; OZGOREN, M. Experimental investigation of solar/wind hybrid system for irrigation in Konya, Turkey. **Thermal Science**, v.23, p. 4129-4139. 2019.

MIGUEL, P. A. C. et al. **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

NIKZAD, A.; CHAHARTAGHI, M.; AHMADI, M. H. Technical, economic, and environmental modeling of solar water pump for irrigation of rice in Mazandaran province in Iran: A case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 239, p. 118- 007. 2019.

NOWAK, S.; FRANKL, P. Solar photovoltaic energy. **International Energy Agency**, [S. l.], p. 44. 2014.

PEREIRA, B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 88p.

POWELL, J.; WELSH, J.; PANNELL, D.; KINGWELL, R. Can applying renewable energy for Australian sugarcane irrigation reduce energy cost and environmental impacts? A case study approach. **Journal of Cleaner Production**, v.240, p. 118-177. 2019.

SHENAWY, E. T. E.; SHOUMAN, E.; BARD, M. Economics analysis of diesel and solar water pumping with case study water pumping for irrigation in Egypt. **International Journal of Applied Engineering Research**, v. 11, p. 950 - 954, 2016

SHOEB, M.; SHAFIULLAH, GM. Renewable energy integrated islanded microgrid for sustainable irrigation—a Bangladesh perspective. **Energies 2018**, v.11. 2018.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Campinas: Unicamp/Feagri, 2017. 215 p.

ZHANG, C.; CAMPANA, P. E.; YANG, J.; YU, C.; YAN, J. Economic assessment of photovoltaic water pumping integration with dairy milk production. **Energy Conversion and Management**, v. 177, p. 750–764. 2019.

.