

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A REDE ELÉTRICA (SFCR) PARA A MÚTUA-PA

PAULA FERNANDA PINHEIRO RIBEIRO PAIVA¹ LAYSE PEREIRA DO NASCIMENTO², CAIO CASTRO RODRIGUES³, RICARDO DA SILVA PEREIRA⁴, e PAULA FERNANDA PINHEIRO RIBEIRO PAIVA⁵

¹Dr.^a em Biotecnologia, UFRA, Prof.^a Adjunta, Belém-PA, paula.pinheiro@ufra.edu.br

²Eng.^a Ambiental e de Energias Renováveis, UFRA, Belém-PA, nascimentolayse.eng@gmail.com;

³Acadêmico de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, UFRA, Belém-Pa, caiocastro.eng@gmail.com;

⁴Dr. em Engenharia Elétrica, Prof. Adjunto, UFRA, Belém-PA, ricardo.pereira@ufra.edu.br;

⁵Dr. em Engenharia Elétrica, Prof. Adjunto, UFRA, Belém-PA, otavio.chase@ufra.edu.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo o estudo sobre a viabilidade econômica e ambiental para a instalação de um SFCR na MÚTUA-PA, localizada na cidade de Belém, de modo a compensar a demanda anual de energia elétrica. Na metodologia o dimensionamento foi realizado através das análises das contas de energia dos últimos 12 meses, e para análise ambiental foi calculado a quantidade de CO₂e evitado utilizando SFCR tendo como base o Sistema Interligado Nacional (SIN) de energia elétrica. Além disso, para obtenção do valor médio da radiação em kWh/m².dia, durante os meses do ano utilizou-se o portal SunData v 3.0. Nos resultados obtidos, foi observado uma geração 17.554 kWh/ano e com os dados de geração dimensionados pode-se calcular o Payback e notar que o SFCR da Mútua-PA é viável economicamente, pois o sistema se paga em 3 anos com crédito de mais de R\$15.000, evitando também, a emissão de 1,56 tCO₂e/ano (toneladas de dióxido de carbono equivalente por ano). Além de contribuir para a conservação do meio ambiente através de práticas sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Geração Fotovoltaica Conectada à Rede, Evitação de Carbono, Payback, Sustentabilidade.

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL VIABILITY STUDY OF A GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEM (SFCR) FOR MÚTUA-PA

ABSTRACT: The objective of the present work is to study the economic and environmental feasibility of installing an SFCR at MÚTUA - PA, located in the city of Belém, to offset the annual electricity demand. In the methodology, the sizing was done by analyzing energy bills from the last 12 months. For the environmental analysis, the amount of CO₂e avoided using SFCR was calculated having as base the National Interconnected System (SIN) of electric energy. Furthermore, to obtain the average value of radiation in kWh/m².day, the SunData v 3.0 portal was used during the months of the year. A generation of 17,554 kWh/year was observed in the results obtained, and with the dimensioned generation data, the payback can be calculated. Our finds can be noted that MÚTUA-PA's SFCR is economically viable because the system pays itself off in 3 years with a credit of more than R\$15,000, avoiding the emission of 1.56 tCO₂e/year (metric tons of carbon dioxide equivalent per year). In addition to contributing to the conservation of the environment through sustainable practices.

KEYWORDS: Grid-Connected Photovoltaic Generation, Carbon avoidance, Payback, Sustainability.

INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil vem enfrentando múltiplos conflitos ambientais relacionados à crise hídrica, e essa crise afeta de maneira direta o potencial de geração hidrelétrica. Portanto, o Sistema Elétrico Brasileiro que depende extremamente da geração hidrelétrica, foi afetado com a diminuição dos

níveis de precipitação que ocorreram neste período, desencadeando também a diminuição das afluências naturais existentes nos reservatórios deixando claro a necessidade de migrar para outra forma de geração que são as termelétricas (Galvão e Bermann, 2015a; G1, 2021).

Ademais, todo o ocorrido levou a uma crise na segurança energética no país, ocasionando incertezas em relação às atividades econômicas exercidas na indústria, comércio e serviços, assim como para a população. É para que essa segurança energética fosse retomada, o governo comumente opta pela aquisição de energia através das usinas termoelétricas que são grandes geradoras de impactos ambientais e apresentam custos elevados (Galvão e Bermann, 2015b). Os impactos gerados a partir do uso dessa energia estão relacionados a emissões atmosféricas que comumente são quantificadas em CO₂e (Dióxido de Carbono Equivalente).

Uma forma de garantir a segurança energética diante do cenário de crise hídrica, alta nos preços da energia elétrica decorrente do aumento nos custos de produção em plantas de geração termelétrica à carvão e diesel, é diversificando a matriz energética brasileira dando ênfase em sistemas que utilizem energias renováveis, essas fontes são provenientes de recursos naturais capazes de se regenerar, portanto são virtualmente inesgotáveis na escala de tempo do ser humano (Bender et al., 2020).

O Brasil possui grande potencial em diferentes fontes energéticas naturais, e devido sua extensão territorial, localização geográfica, a exploração da radiação solar é uma das mais promissoras, pois têm disponibilidade em níveis satisfatórios durante todo o ano, principalmente na região Norte.

A obtenção de energia elétrica através de radiação solar se dá através do efeito fotovoltaico. Para que a conversão de energia possa ocorrer é necessário o uso de células fotovoltaicas, que são construídas a partir de materiais semicondutores, comumente silício, e são responsáveis por converter a radiação solar em energia elétrica, sem a geração de gases ou resíduos, ou seja, zero emissão de CO₂e (Pinho e Galdino, 2014).

O gerador fotovoltaico consiste em módulos fotovoltaicos conectados a um conversor de potência para ajustar as características elétricas da carga ou da rede de distribuição, esse gerador pode ser configurado de duas formas: em sistemas isolados (off grid), ou conectado à rede convencional de energia elétrica.

Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR), vem crescendo de maneira significativa devido a formulação da Resolução Normativa n° 687/2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que regulamentou a tecnologia de geração distribuída (GD) aos sistemas da rede elétrica convencional e a compensação de energia. Essa legislação proporcionou a geração de forma descentralizada, através da autoprodução por cidadãos, empresas, instituições, que queiram operar de forma paralela à rede pública (Morais et al., 2018).

Diante desse contexto, a proposta do trabalho é desenvolver um estudo sobre a viabilidade econômica e ambiental para a instalação de um SFCR na MÚTUA – PA, localizada na cidade de Belém, de modo a compensar a demanda anual de energia elétrica. Para o dimensionamento serão analisadas as contas de energia dos últimos 12 meses e para análise ambiental será calculado a quantidade de CO₂e evitado utilizando SFCR tendo como base o Sistema Interligado Nacional (SIN) de energia elétrica.

MATERIAL E MÉTODOS

A área em que se localiza o estudo está situada no estado do Pará, mais precisamente em Belém, capital do Pará, na Lat. -1,45654 e Long. -48,49025. Essa região é compreendida pelo bioma Amazônia e possui taxa de precipitação média anual elevada, a classificação de Köppen considera a região como clima do tipo Af (clima de floresta tropical, chuvoso, temperaturas e umidades médias elevadas), no entanto apresenta radiação solar em níveis satisfatórios para geração fotovoltaica durante todo o ano (Moreira et al., 2017).

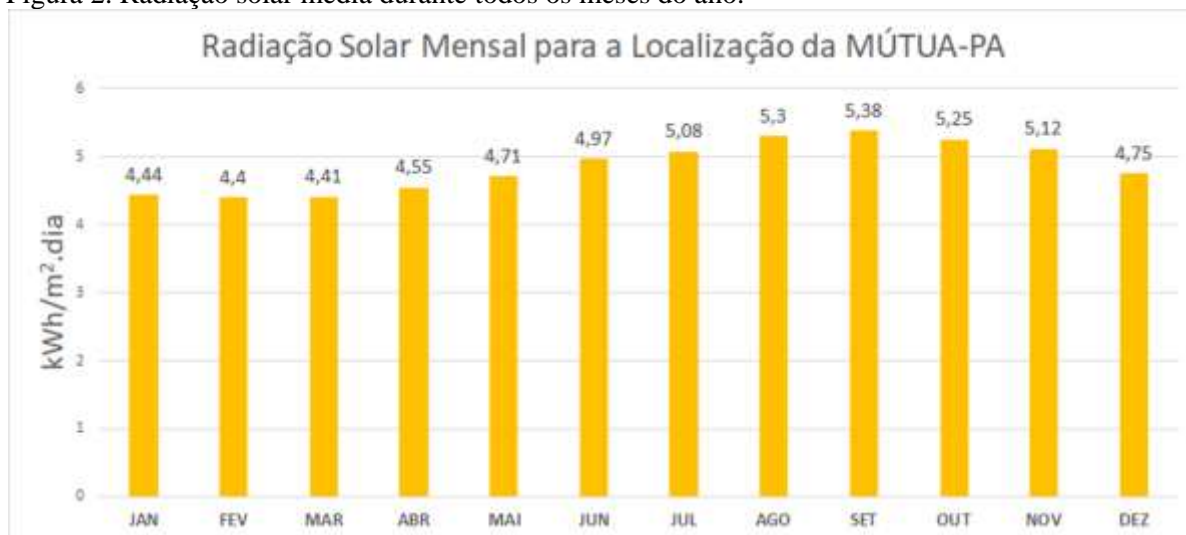
Um fator muito relevante para a implantação desse projeto, é a localização geográfica do local de estudo (Mútua - PA) estar próximo a zona equatorial, podendo então ter grande potencial para geração de energia elétrica em regime de SFCR. A Figura 1 contém o mapa de localização da Mútua - PA.

Figura 1. Mapa de Localização Mútua - PA, Belém.



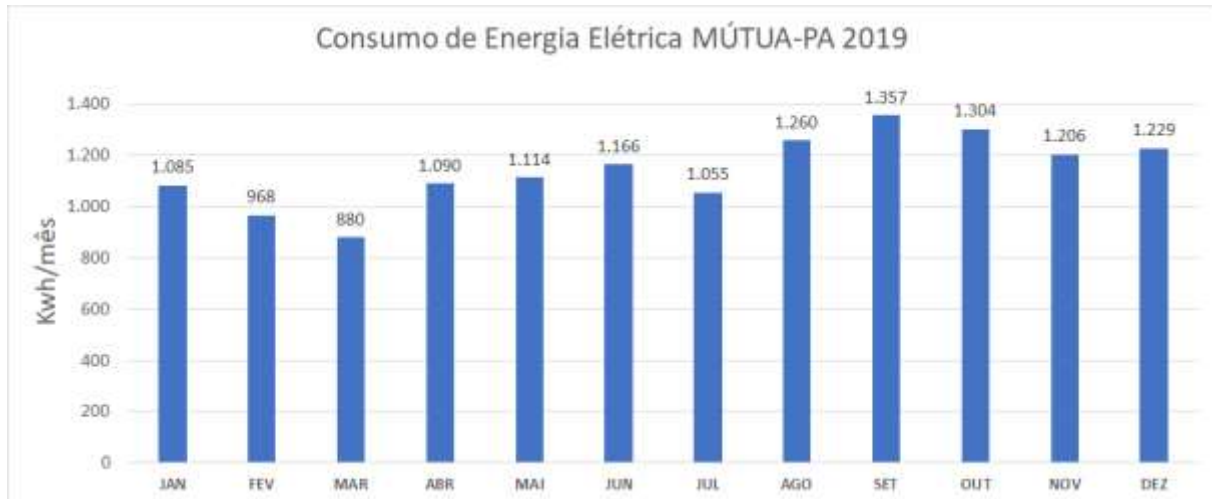
Para obtenção do valor médio da radiação em kWh/m².dia, durante os meses do ano utilizou-se o portal SunData v 3.0, foram inseridas as coordenadas do local de estudo para obter os registros mês a mês, a média de radiação anual encontrado no plano horizontal foi de 4,86 kWh/m².dia, e o melhor mês foi setembro com 5,38 kWh/m².dia, em fevereiro foi registrado o mês crítico com valor equivalente a 4,4 kWh/m².dia. Os meses com melhores índices para geração foram de julho a novembro (CRESESB, 2021). Na Figura 2 estão expressos os valores da radiação solar distribuídos mensalmente onde está localizada a Mútua-PA.

Figura 2. Radiação solar média durante todos os meses do ano.



Para a aquisição do valor da radiação média, foram analisadas as contas de energia do período de 2019 para mensurar o tamanho do SFCR. e foram encontrados um consumo médio anual de 13.714 kWh/ano, a média mensal foi de 1.143 kWh/mês. Utilizando o valor da tarifa real de energia elétrica ajustada para o ano de 2021 em 1,208/kWh, obtém-se o valor de R\$16.572/ano. A Figura 3 apresenta o consumo mensal de energia elétrica no ano de 2019.

Figura 3. Consumo mensal em kWh/mês durante o ano de 2019.



O dimensionamento do SFCR levou em consideração a radiação solar média anual e o consumo médio diário de energia, esses dados foram relacionados com um fator de segurança de 28% para ter uma geração positiva em relação ao consumo nos meses críticos, e também por que as casas próximas sombreiam parte do telhado da Mútua - PA (Silva et al., 2018). Na Figura 4 contém imagem aérea da Mútua-PA.

Figura 4. Região disponível para instalação dos módulos fotovoltaicos.



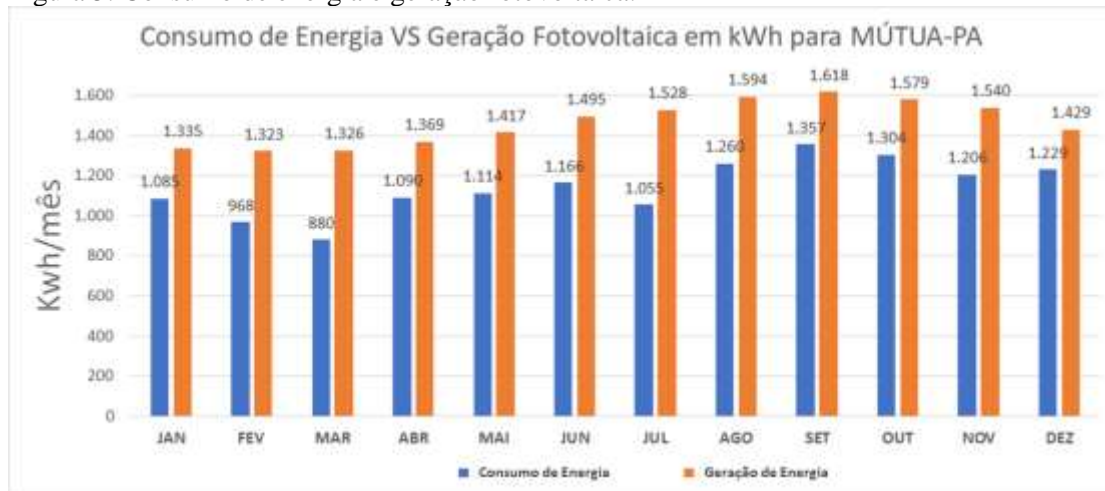
Dessa forma o SFCR deve apresentar uma potência de 10 kWp (kilo watt pico), para um sistema desta dimensão, é necessário ter uma área disponível de 60 a 70 m² dependendo da eficiência dos módulos utilizados, a fim de comportar a fixação dos módulos fotovoltaicos. Para um SFCR de 10 kWp com valor em média de R\$40.000, somando ao montante o serviço de instalação, que de praxe vale 30% do valor do SFCR (R\$12.000), o investimento total estimado é equivalente ao valor de R\$52.000.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a obtenção dos resultados, foi realizada uma projeção da geração de energia elétrica do SFCR tendo como base a radiação média mensal durante 12 meses, considerando a capacidade do sistema de 10 kWp. Dessa forma, foi observado uma geração 17.554 kWh/ano, produzindo um crédito equivalente a 3.849 kWh/ano. Esses créditos serão introduzidos na rede elétrica convencional, que por

sua vez faz parte do SIN (Bucco & Szlapak, 2016). A Figura 5 contém os dados de consumo e geração fotovoltaica mensalmente.

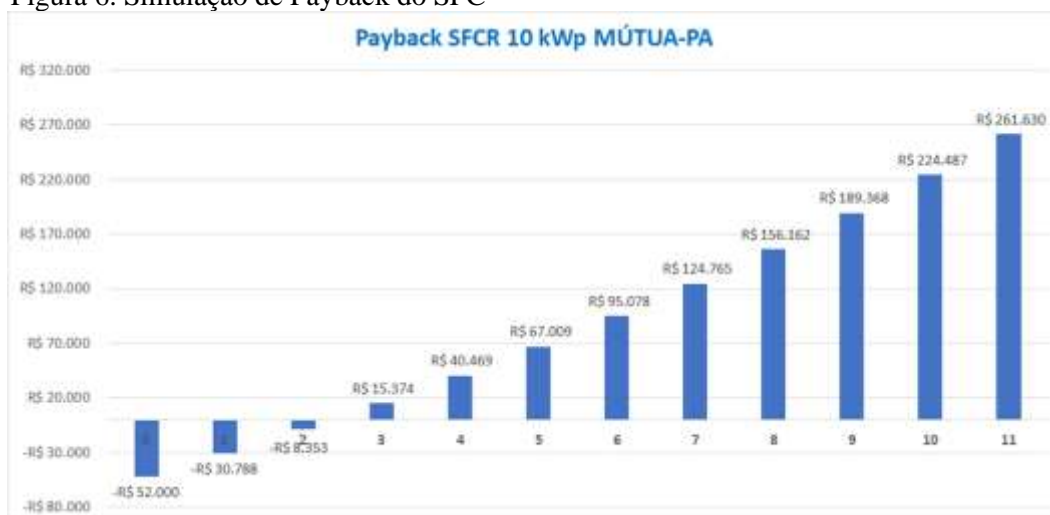
Figura 5. Consumo de energia e geração fotovoltaica.



Com os dados de geração dimensionados foi possível calcular o Payback do investimento inicial, usando como parâmetros IPCA 2020 em 4,52% e inflação energética 2020 em 2,31%, conforme IBGE (2021). Sob o valor anual de energia foi retirado 1% de depreciação dos módulos fotovoltaicos.

Isso torna o SFCR da Mútua-PA viável economicamente, pois o mesmo se paga em 3 anos, com crédito de mais de R\$15.000, evidenciando um tempo abaixo da média nacional de 5 anos, conforme apresenta a Figura 6 (Silva et al., 2018). É importante frisar que caso tudo funcione da forma esperada com as manutenções necessárias, no ano 12 o investidor deverá ser trocado e o SFCR poderá funcionar por mais 13 anos.

Figura 6. Simulação de Payback do SFC



Considerando a geração de 17.554 kWh/ano, pode-se calcular a quantidade de carbono equivalente que está sendo evitado com a utilização de SFCR. Nos últimos 10 anos têm-se que o fator de emissão média do SIN é de 0,089 kg/kWh conforme metodologia apresentada pela EPA, 2021 (*Environmental Protection Agency*), em concordância com dados do IPCC, 2021 (Intergovernmental Panel on Climate Change), (Oliveira et al., 2017). Dessa forma encontra-se que o SFCR da Mútua-PA evitaria a emissão de 1,56 tCO₂e/ano (toneladas de dióxido de carbono equivalente por ano).

Em um cenário atual de crises ambientais a redução de 15,6 tCO₂e em um período de 10 anos, evidencia que a instalação de SFCR é um processo eficiente para promover a segurança energética, e ajudar na redução dos GEE (Gases do Efeito Estufa), cumprindo os objetivos do desenvolvimento

sustentável proposto pela Organização das Nações Unidas - ONU, visto que a quantidade de CO₂ evitada é uma maneira de demonstrar a sustentabilidade ambiental (Lira et al., 2019).

Portanto, este trabalho buscou alinhar a implementação do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede com a prática sustentável, promovendo então a conservação do meio ambiente e trazendo benefícios financeiros a Mútua-PA.

CONCLUSÃO

É notório que no Brasil existe um grande potencial para Geração de Energia Fotovoltaica, diante disso, pode-se concluir que a proposta do trabalho obteve êxito em relação ao que foi estipulado.

O sistema apresentou um Payback melhor que a média nacional, pois o sistema obtém o valor em forma crédito de mais de R\$15.000 em um período de 3 anos.

Além disso, apresentou valores satisfatórios e de acordo com a qualidade ambiental em relação a evitação de carbono, contribuindo então para o desenvolvimento sustentável. Os próximos passos deste trabalho são: realizar uma visita técnica a MÚTUA-PA no pós-pandemia; viabilizar a instalação do sistema; e realizar estudos de performance do SFCR da MÚTUA-PA.

REFERÊNCIAS

- Bender, L. V.; Leitzke, R. K.; Freitas, J. R. de; Cunha, E. G. da; Salamoni, I. T. Estudo da paridade econômica e do desempenho energético de fachadas solares fotovoltaicas no extremo sul do Brasil. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.20, n.4, p.489-508, out./dez. 2020.
- Bucco, A.; Szlapak, G. Sistema fotovoltaico de energia elétrica: estudo sobre viabilidade econômica de implantação. 50f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. 2016.
- CRESESB. Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sergio de S. Brito. Potencial Solar SunData v 3.0. 2021. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em 13/07/2021.
- Galvão, J.; Bermann, C. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. *Estudos Avançados*, v.29, n.84, p.43-68, 2015.
- G1. Na TV, ministro admite crise hídrica e pede uso consciente de água e energia. Reportagem. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/06/28/em-pronunciamento-na-tv-ministro-admite-crise-hidrica-e-pede-uso-consciente-de-agua-e-energia.ghtml>. Acesso em: 13 de julho de 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>. Acesso em: 14/07/2021.
- Lira, M. A. T.; Melo, M. L. S.; Rodrigues, L. M.; Souza, T. R. M. Contribuição de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica para a redução de CO₂ no estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v.34, n.3, p.389-397, 2019.
- Morais, F. H. M. de; Silva, O. A. V. O. L. S.; Barbosa, F. R.; Moraes, A. M. de. Avaliação Técnico-Econômica do Desempenho Operacional do Primeiro Ano de Geração de um SFCR Integrado à edificação. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar. Gramado, Anais... Gramado, 2018.
- Moreira, J. D.P.; Silva, C.M.; Bueno, C.; Corrêa, S. M.; Arbillá, G. Determinação de Gases do Efeito Estufa em Cinco Capitais de Diferentes Biomas Brasileiros, *Revista Virtual de Química*, v.9, n.5, p. 2032-2051, 2017.
- Oliveira, L. A. N.; Souza, M. R. S.; Filho, M. L. P. M.; Castro, R. S. de; Nazareth, T. B. Potencial de redução de CO₂ pelo uso de energia elétrica em motobombas utilizadas no processo de irrigação no município de Euzébia - MG: Um estudo comparativo das matrizes hidrelétricas e fotovoltaicas. In: Simpósio de Engenharia de Produção. Catalão, Anais... 2017.
- Silva, S. B. da; Macedo, E. B.; Souza, V. F.; Souto, O. C. N.; Viajante, G. P.; Faria, W. R. Estudo da Viabilidade Econômica Para a Instalação de Sistemas Fotovoltaicos nos Campi IFG Itumbiara e Uruaçu. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar. Gramado, Anais... 2018.