

AVALIAÇÃO DOS DESEMPENHOS ELÉTRICO E FINANCEIRO DE TRÊS PROPOSTAS DE INSTALAÇÃO DE UM SFCR

Victor Schneider Pozzobon – pgfgr@hotmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Energia de Energia

Fabiano Perin Gasparin – gasparin.fabiano@gmail.com

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Letícia Jenisch Rodrigues – leticia.jenisch@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica

Arno Krenzinger – arno.krenzinger@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Materiais

Resumo. Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho elétrico e financeiro de um sistema fotovoltaico conectado à rede, SFCR, que será instalado na cidade de Gramado, no estado do Rio Grande do Sul, no complexo da FAURGS. Para a instalação existem três propostas, nas quais as orientações e as inclinações dos módulos são diferentes. O desempenho elétrico, para cada uma das propostas, é estimado a partir da simulação do sistema no software livre SAM. O quesito financeiro é avaliado em termos do somatório do valor presente líquido, VPL. Os resultados obtidos são utilizados como critérios para a escolha da orientação da instalação do sistema fotovoltaico. O arranjo escolhido foi o da proposta II, que propiciou o menor tempo de retorno.

Palavras-chave: Sistema fotovoltaico conectado à rede, Fator de capacidade e performance, Avaliação financeira via VPL

4.3 Aspectos técnicos de sistemas fotovoltaicos instalados

1. INTRODUÇÃO

Existe uma série de fatores que influenciam um projeto de engenharia, entre eles, o fator financeiro é, muitas vezes, o mais decisivo. Dessa forma, a escolha final, entre diferentes soluções de engenharia, tende a ser aquela que apresente o melhor retorno monetário.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar três propostas de instalação de um SFCR no telhado do complexo da FAURGS, na cidade de Gramado, RS, local onde ocorrerá o 7º CBENS. Para determinar qual proposta de instalação teria o melhor retorno financeiro, foi desenvolvida uma metodologia capaz de produzir uma análise de fluxo de caixa para cada configuração. Assim, foi possível comparar as análises financeiras para se determinar qual seria mais adequada para implementação.

O arranjo que será instalado é composto por 80 painéis fotovoltaicos de filmes finos (modelo Apollo DA142-C3 da DuPont), e dois inversores (PHB modelo 4600W), além do cabeamento e demais dispositivos. As propostas diferem quanto à orientação e inclinação dos módulos. Conseqüentemente, implicam em estruturas metálicas distintas, com preços diferentes, bem como comprimento de cabeamento distinto.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar o desempenho elétrico e financeiro desse SFCR, para cada uma das três propostas. O desempenho elétrico será estimado a partir da simulação do sistema utilizando o software livre SAM. A parte financeira será avaliada em termos do somatório do VPL. Os resultados obtidos serão utilizados como critério para a escolha da orientação da instalação do sistema fotovoltaico.

2. CASO DE ESTUDO

A proposta I visava maximizar a geração anual de eletricidade. Neste caso, os módulos seriam alinhados com o Norte, azimute igual a 0º grau, e teriam 30º de inclinação com relação à horizontal. A Fig. 1 ilustra esta configuração.

A proposta II visava simplificar ao máximo a instalação do SFCR no telhado da edificação, ou seja, a instalação dos módulos seria solidária à inclinação do mesmo. Entretanto, este é o arranjo que apresenta a pior orientação. Metade dos módulos estariam alinhados com o Sudoeste, azimute de 259º, e teriam inclinação de 15º. A outra metade teria o mesmo azimute, porém com inclinação de 16º. A Fig. 2 ilustra esta configuração.

A proposta III visava otimizar a geração, porém simplificando ao máximo a instalação. Neste caso, a estrutura para a instalação do arranjo seria ancorada entre os telhados de duas seções do galpão principal do imóvel. Os módulos estariam orientados à Nordeste, com azimute de 79º, porém com inclinação de 28º. Essa orientação, e a inclinação, são melhores que as da proposta II. A Fig. 3 ilustra esta configuração.

Com relação ao custo das estruturas metálicas necessárias para a instalação do arranjo, pode-se perceber, através das Figuras 1, 2 e 3, que a proposta I demandaria mais material, sendo, portanto, a mais cara. A proposta III apresentaria um valor intermediário, e a proposta II seria a menos custosa.

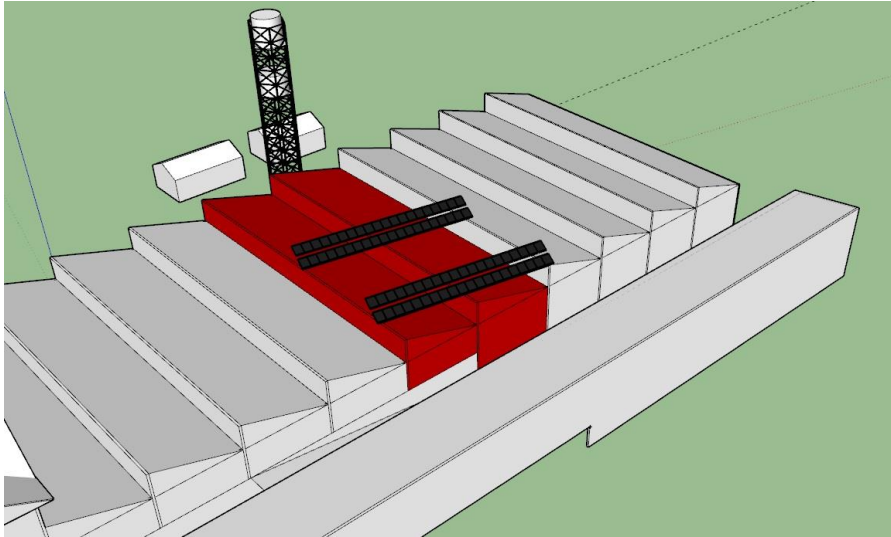


Figura 1 – Ilustração da localização e orientação do SFCR de acordo com a proposta I.

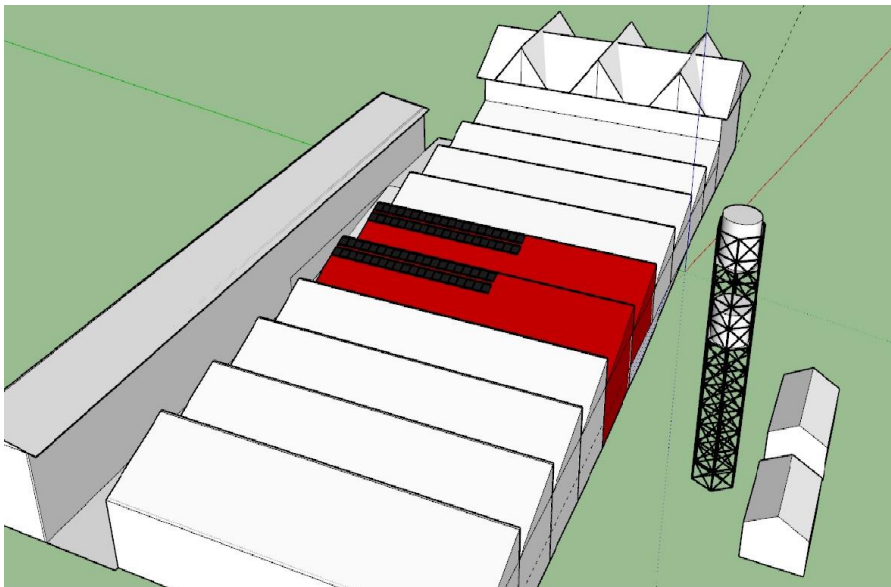


Figura 2 – Ilustração da localização e orientação do SFCR de acordo com a proposta II.

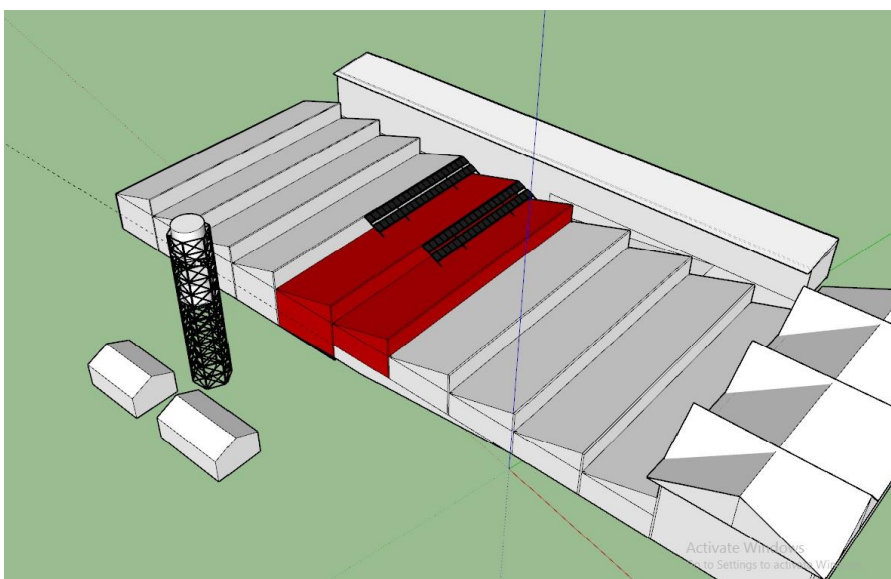


Figura 3 – Ilustração da localização e orientação do SFCR de acordo com a proposta III.

3. METODOLOGIA

O Software SAM (“System Advisor Management”) foi utilizado para simular a geração horária de eletricidade, ao longo de quinze anos para cada uma das três propostas. Os valores da geração horária são integrados ao longo dos dias dos meses a fim de se obter a produção mensal de eletricidade. Com os valores de produção mensal calculados, é possível determinar o valor das faturas mensais.

Os valores, em reais, do quilowatt hora para durante e fora do horário de ponta foram obtidos a partir do website da concessionária (RGE, 2017). De acordo com o manual da Procel sobre tarifação (Souza Guedes, 2017), essa unidade consumidora, conectada à Rio Grande Energia, RGE, se enquadra no grupo A4 e contrata a modalidade tarifária horo-sazonal verde.

As alíquotas de ICMS, PIS e COFINS utilizadas foram de 30%, 0,75% e 3,47%, respectivamente, calculadas a partir das médias das suas respectivas taxas para os últimos onze meses (RGE, 2017). As tarifas calculadas com as alíquotas foram de R\$ 0,40702 para os horários fora de ponta e R\$ 1,62338 durante o horário de ponta.

Estimando-se o custo de instalação de cada uma das propostas analisadas, e calculando-se o valor das faturas ao longo dos meses, durante quinze anos, foi possível realizar as análises financeiras. Busca-se com isso, verificar qual das propostas se mostra mais atrativa do ponto de vista financeiro, principalmente em termos do tempo de retorno.

Os dados climáticos foram obtidos a partir do Atlas Brasileiro de Energia Solar (Pereira, 2017) em conjunto com a base de dados do INMET (INMET, 2017). A partir dessas referências foram obtidas as médias mensais dos seguintes dados: temperatura máxima compensada, temperatura média compensada, temperatura mínima compensada, irradiação solar global horizontal e umidade relativa.

Em seguida, esses valores foram processados através do software RadiSol2 (Bugs, 2017) para gerar um arquivo de dados contendo os dados horários da irradiação solar direta, irradiação solar difusa e temperatura de bulbo seco. Esse arquivo foi adaptado para ser usado como arquivo climático compatível com o SAM.

4. RESULTADOS

4.1 Desempenho elétrico

Para a simulação foram utilizadas as seguintes informações: os módulos fotovoltaicos são do modelo Apollo DA142-C3 da DuPont e os inversores são da PHB modelo 4600W. As perdas em corrente contínua foram estimadas em 4,4%, como demonstrado por Lasnier e Ang (1990). A degradação de performance foi assumida igual a 3% no final do primeiro ano e igual 0,7% no final dos anos subsequentes, de acordo com Pino e Galdino 2014. O fator de dimensionamento dos painéis foi de 0.806.

Dispostos a seguir, estão alguns resultados do desempenho elétrico simulado para cada uma das propostas, Tab. 1. Além disso, apresenta-se um gráfico ilustrando a geração de eletricidade mensal para cada proposta.

Tabela 1 – Parâmetros de avaliação dos SFCRs simulados.

	Produção no 1º ano (kWh)	Fator de Capacidade (%)	Fator de Performance
Proposta 1	12.783	12,8	0,84
Proposta 2	11.431	11,5	0,84
Proposta 3	12.152	12,2	0,84

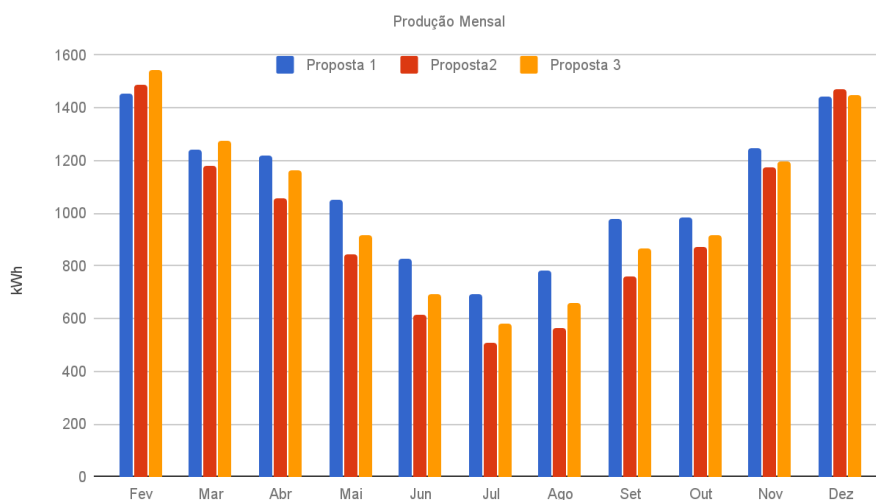


Figura 4 - Produção mensal, em kWh, dos SFCRs simulados.

4.2 Análise financeira

O fluxo de caixa de SFCR proposto foi feito de forma a financiar o seu custo de instalação com a economia mensal de energia elétrica, proporcionadas pela sua instalação. Foi indexada uma taxa anual de 10% aos valores das faturas, acompanhando o dobro do valor da inflação. Para a realização da análise financeira, todos os estudos foram feitos ao longo de um prazo de quinze anos. Os resultados são sumarizados na Tab. 2. Os gráficos dos fluxos de caixa para as propostas 1, 2 e 3 são apresentados na Fig. 5. A partir da Tab. 2 é possível observar que a proposta II é a mais viável economicamente.

Tabela 2. Desempenho financeiro dos SFCR.

	Investimento Inicial (R\$)	Payback	VPL (R\$)	Taxa de retorno (%)
Proposta I	90.000,00	10 anos e 8 meses	58.992,00	-34,5
Proposta II	63.000,00	9 anos e 1 mês	70.212,00	11,4
Proposta III	78.000,00	10 anos e 1 mês	63.640,00	-18,4

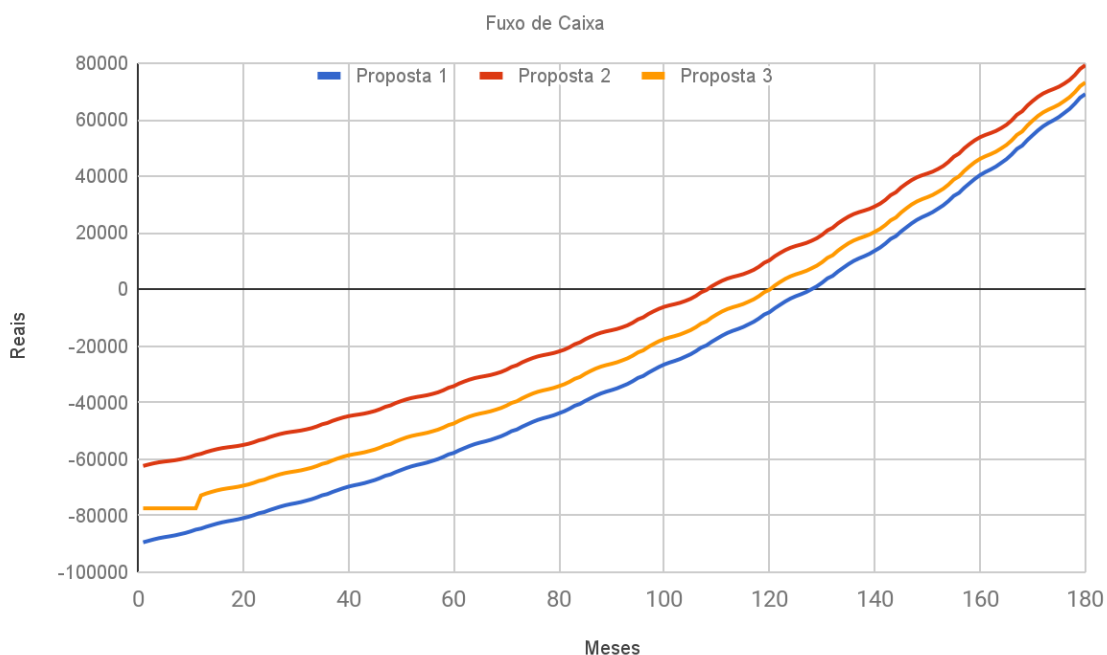


Figura 5 – Fluxos de caixa para cada uma das três propostas avaliadas.

4.3 Consumidor residencial

Uma vez que a proposta II se mostrou a mais atrativa economicamente, para fins de comparação, fez-se uma nova avaliação, supondo que o imóvel da FAURGS se enquadrasse como um consumidor residencial, da classe B1, de baixa tensão, sujeito a uma tarifa de eletricidade maior, R\$ 0,749798. Os resultados obtidos são comparados aos resultados da proposta II para um consumidor do grupo A4, Tab.3. O somatório do VPL é apresentado na Fig. 6.

Tabela 3. Comparação do desempenho financeiro para consumidores de classes diferentes.

	Investimento Inicial (R\$)	Payback	VPL (R\$)	Taxa de retorno (%)
Classe B1	63.000,00	5 anos e seis meses	197.638,00	203,7
Classe A4	63.000,00	9 anos e 1 mês	70.212,00	11,4

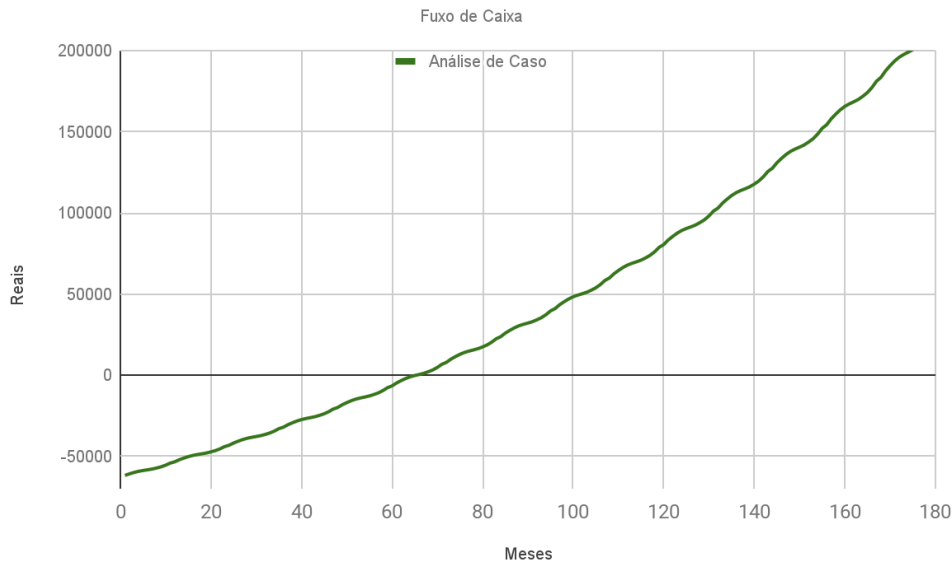


Figura 6 – Fluxos de caixa comparando as duas classes de consumidores.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho tinha como objetivo principal avaliar três propostas de instalação para um SFCR que será instalado sobre o telhado da FAURGS, local que receberá o 7º CBENS, na cidade de Gramado, RS. Essas propostas diferenciam-se por apresentarem diferentes orientações e inclinações para o arranjo. Consequentemente, implicando em diferentes estruturas metálicas para a fixação do arranjo, e diferentes custos iniciais.

Utilizando-se o software SAM, foi possível simular o desempenho elétrico do SFCR para cada uma das propostas. Em termos de valores anuais, os valores não foram muito diferentes. O somatório de VPL foi utilizado para realizar a análise financeira. A proposta II foi a que apresentou menor tempo de retorno. Apesar de ter o menor desempenho de produção de eletricidade, 89% do valor gerado pela proposta I, ela apresenta o melhor retorno financeiro, pois exigiu um investimento inicial menor. Fica claro que neste caso estudado, o fator de maior impacto no valor inicial é o gasto com a estrutura metálica de fixação e sustentação.

Também foi possível observar, com a comparação entre classes de consumidores diferentes, que se fosse possível vender a eletricidade gerada a um valor de tarifa parecido com o valor de um consumidor da classe B, o lucro proporcionado pelo investimento seria bem maior. A iniciativa de se reduzir as tarifas para consumidores de maior tensão é vantajosa para incentivar os setores produtivos. Porém, pode ter um efeito desestimulante sobre investimentos do tipo analisado neste trabalho. Uma solução poderia ser a criação de modalidades de tarifas, que permitam que consumidores de tensão mais alta vendam a energia gerada, por sistemas desse tipo, a uma tarifa maior.

REFERÊNCIAS

- Bugs, R.C.. Radiasol 2 - Software para geração de dados horários de radiação solar. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/45987>. Acesso em 15 de outubro de 2017.
- INMET. Base de Dados do INMET Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 15 de outubro de 2017.
- Lasnier, F. e Ang, T.G. Photovoltaic engineering handbook. IOP Publishing, Bristol, Reino Unido. 1990.
- Pereira, E.B. Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2a Edição. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html. Acesso em 15 de outubro de 2017.
- Pinho, J. e Galdino, M. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos – CRESESB. São Paulo. SP. 2014.
- RGE. Consulta de Tarifas e Alíquotas da RGE. Disponível em: <https://www.rgesul.com.br/clientes-residenciais-comerciais/Paginas/informacoes/tarifas-taxas-tributos.aspx>. Acesso em 10 de outubro de 2017
- Souza Guedes, J.C. Manual de Tarifação da Energia Elétrica – Procel EPP. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20de%20Tarif%20En%20E1%20-%20Procel_EPP%20-%20Agosto-2011.pdf. Acesso em 10 de outubro de 2017.

EVALUATION OF THE ELECTRICAL AND FINANCIAL PERFORMANCE OF THREE PROPOSALS FOR INSTALLATION OF A SFCR

Abstract. *The objective of this work is to evaluate the electrical and financial performance of a grid-connected photovoltaic system, SFCR, to be installed in the city of Gramado, in the state of Rio Grande do Sul, in the FAURGS*

complex. For the installation there are three proposals, in which the orientations and inclinations of the modules are different. The electrical performance, for each of the proposals, is estimated from simulations of the systems in the free SAM software. The financial aspect is evaluated in terms of the sum of the net present value, NPV. The results obtained are used as criteria for choosing the installation orientation of the photovoltaic system. The arrangement chosen was that of proposal II, which provided the shortest return time on investment and best NPV.

Key words: *Grid-connected photovoltaic system, capacity factor and performance ratio, Financial assessment via NPV*