

Viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico: um estudo de caso sobre o grupo A

1 INTRODUÇÃO

A adoção de modelos energéticos sustentáveis para geração de energia elétrica está ganhando força no cenário mundial. Uma das causas desse cenário decorre das medidas definidas pela Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015 (COP 21), onde destaca-se o uso de sistemas de geração fotovoltaica.

Segundo a Agência Internacional de Energias Renováveis (*International Renewable Energy Agency* (IRENA)) no Brasil, até 2021, a capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos (SF) era de 13.055 MW e a geração de energia desses sistemas, até 2019, era de 6.665 GWh. Dessa forma, é perceptível a crescente adoção dessa tecnologia na produção de energia no país. Entretanto, para Filho et al., a formação de profissionais qualificados para atuarem nesse setor não acompanhou essa expansão dos SF.

A geração de energia pelos SF pode ser dividida em duas categorias, a de microgeração e minigeração distribuída. Segundo a Lei nº 14.300 que entrará em vigor em janeiro de 2023, a microgeração é caracterizada por geradoras de energia que possuem potência instalada de até 75kW. Já para a minigeração distribuída essa potência deve estar entre 75Kw e 5 MW para fontes despacháveis.

Para os SF, sejam eles microgeração ou minigeração, serem acolhidos no mercado pelos consumidores é necessário mostrar sua viabilidade econômica de implementação, ou seja, a instalação do sistema deve abater na conta de energia do cliente, a qual é faturada pela concessionária de energia. Segundo a Agência Nacional de Energia – Aneel (2008) existem o grupo A e o grupo B de consumidores, sendo que o grupo A é formado, geralmente, por indústrias e estabelecimentos comerciais e possuem alta tensão. Já o grupo B, de baixa tensão, são os que possuem tensão inferior a 2,3kV.

Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo demonstrar, detalhadamente, como é elaborada a viabilidade econômica e o dimensionamento de um SF para um consumidor enquadrado no grupo A seguindo as normativas ANEEL. O intuito disso, é disseminar no meio acadêmico dos cursos de engenharia, os quais formam os futuros profissionais que atuam nessa área, a análise correta desses parâmetros.

2 DESENVOLVIMENTO

O dimensionamento do sistema fotovoltaico deve seguir os parâmetros estabelecidos pelas resoluções normativas 482 da ANEEL, pois o consumidor estudado é do grupo A e tem a demanda contratada, interferindo na quantidade de módulos e na potência do inversor. Assim, deve-se ter os seguintes cuidados:

- 1) A potência gerada pelo sistema fotovoltaico não deve superar o valor da demanda contratada em kW, pois acabará pagando excedente na fatura;
- 2) A compensação da geração de energia na fatura será feita no mesmo período, sendo impossibilitado de transferir para os períodos de ponta que ocorrem durante a noite;
- 3) Os períodos de ponta só poderão ser compensados, posteriormente a compensação total do horário fora de ponta, tendo em vista o fator de correção entre os períodos;
- 4) A demanda contratada é fixa por contrato entre o consumidor e a concessionária, assim o comprador pagará o mesmo valor;
- 5) Caso o consumidor compre energia do mercado livre, ele fica impossibilitado de participar da compensação de energia da distribuidora, seguindo outras normas específicas.

2.1 Compensação fora de ponta e na ponta (FP + NP)

A faturação na ponta é referida no período das 18h até 21h (ANEEL, 2012), sendo uma tarifa mais cara que fora do período, visto que é o período de maior uso do sistema elétrico. A faturação fora de ponta é o restante do período de consumo, na qual a tarifa é mais acessível. Assim, o sistema fotovoltaico deve compensar estes dois períodos durante a geração. A seguir, é feito o dimensionamento:

1) Geração Necessária (GN)

A geração necessária é encontrada a partir da média de 12 meses do consumo do proprietário, além de levar em consideração o fator de correção sobre os horários de ponta e fora de ponta. A equação 1 demonstra a geração necessária.

$$GN = \frac{CMFP}{FC * CMP} \quad (1)$$

Onde GN é a geração Necessária (kWh/mês), $CMFP$ é o consumo Médio Fora da Ponta (kWh), FC o fator de correção e CMP é o consumo Médio na Ponta (kWh).

2) Fator de Correção (FC)

O fator de correção é utilizado para compensar os horários de ponta durante o consumo da residência, aproximando os valores calculados de forma correta. A equação 2 mostra este tipo de cálculo.

$$FC = \frac{TE\ Ponta}{TE\ Fora\ da\ Ponta} \quad (2)$$

Sendo FC o fator de correção, $TE\ Ponta$ é o horário de maior valor da tarifa de energia elétrica e $TE\ Fora\ da\ Ponta$ é o horário do valor padrão da tarifa de energia elétrica.

3) Potência do Sistema Fotovoltaico

Os módulos fotovoltaicos convertem a energia pela irradiação solar em corrente contínua, sendo necessário encontrar a irradiação de cada área específica, visto que esse valor varia de região. Além disso, há perdas que interferem na potência entregue pelos

módulos, como: efeito térmico e a eficiência no circuito. Dessa forma, seguimos a seguinte equação 3.

$$Potcc = \frac{GND}{(Irr * (1 - Perd))} \quad (3)$$

Onde as variáveis são *Potcc* a potência gerada pelos módulos fotovoltaicos para suprir a necessidade esperada, *GND* a geração necessária mensal (kWh/mês) para demanda do consumidor, *Irr* é a irradiância definida pela quantidade de energia solar disponível numa dada região, esses valores são obtidos a partir da base dados do CRESESB e *Perd* é a perda, sendo utilizada por padrão 15% referentes às perdas totais.

2.2 Compensação apenas na fora ponta (FP)

O dimensionamento, apenas para o consumo fora ponta, é feita para reduzir excedentes da geração na fatura para um sistema on-grid com grande geração. Sendo assim, reduzindo o valor do consumo parcialmente.

1) Geração Necessária (GN)

A geração necessária é feita a partir da média de 12 meses do consumo do proprietário. A relação 4 mostra a geração necessária para este tipo de compensação.

$$GN = CMFP \quad (4)$$

2) Potência do Sistema Fotovoltaico

Sabendo a geração necessária para compensação de fora ponta, pode-se calcular a potência suficiente do sistema fotovoltaico. Dessa forma, seguimos a seguinte fórmula:

$$Potcc = \frac{GND}{(Irr * (1 - Perd))} \quad (5)$$

2.3 Compensação dentro da demanda

1) Geração Necessária (GN)

A geração necessária é encontrada a partir da demanda contratada, que é definida pela distribuidora de energia, visto que o sistema não ultrapasse o valor definido para que não seja faturado o excedente. A relação seguinte mostra a geração sendo delimitada pela demanda contratada, onde DC é a demanda contratada (kW).

$$GN = DC$$

2) Potência do Sistema Fotovoltaico

Os módulos fotovoltaicos convertem a energia pela irradiação solar em corrente contínua, sendo necessário encontrar a irradiação de cada área específica, visto que esse valor varia de região. Além disso, há perdas que interferem na potência entregue pelos módulos, como: efeito térmico e a eficiência no circuito. Dessa forma, seguimos a seguinte fórmula:

$$Potcc = \frac{GND}{(Irr * (1 - Perd))}$$

Desta forma, há informações suficientes para encontrar a potência de pico do sistema e projetar o dimensionamento dos números de módulos fotovoltaicos, além do inversor central.

3 Resultados

Os resultados obtidos a partir dos cálculos efetuados, tiveram como base uma fatura de uma unidade consumidora do grupo A, sendo o seu tipo tarifário A4-Verde, fornecimento de ligação trifásico, demanda contratada única de 265 kW e as outras informações podem ser encontradas na tabela 1. Dessa forma, obtendo uma análise real de uma problemática incomum no ramo de energia solar.

Tabela 1 – Dados do cliente Grupo A.

Tabela de dados do cliente do Grupo A						
Itens de fatura	Quantidade	Preço unitário (R\$) com tributos	Tarifa unitária (R\$)	PIS/CONFINS (R\$)	ICMS (R\$)	VALOR (R\$)
Consumo FP (kWh)	58.056,43	0,41	0,29	1.071,17	5.994,34	23.977,34
Consumo NP (kWh)	1.879,24	4,35	3,07	365,62	2.046,01	8.184,05
Demanda ativa Isenta de ICMS (kW)	16,03	35,31	33,22	33,71	0	566,03
Demanda Ativa (kW)	248,97	47,1	33,22	523,88	2.931,62	11.726,48
Consumo Reativo Excedente NP (kVAr)	7,89	0,29	0,2	0,1	0,57	2,28
Consumo Reativo Excedente FP (kVAr)	1.289,14	0,29	0,2	16,72	93,56	374,23
Adicional Bandeira				539,07	3.016,64	12.066,57
Taxa de iluminação pública						1.859,49
Total a pagar						58.756,47

Fonte: Autor.

O fornecimento dos dados da unidade consumidora auxiliou no desenvolvimento da projeção do sistema fotovoltaico em três cenários propostos, visto que os fatores de faturação (Na Ponta, Fora Ponta e dentro da Demanda) têm grande impacto para cada compensação; variando 3 a 11% diretamente na fatura. A figura 1 mostra os resultados do dimensionamento e o impacto na compensação de energia.

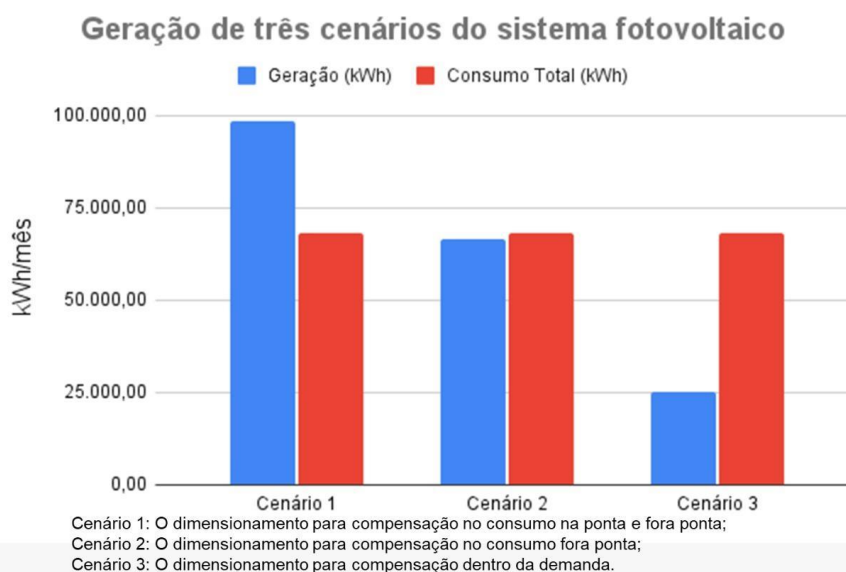
Figura 1- Resultados do dimensionamento e economia na fatura.

Resultados do dimensionamento e a economia na fatura			
Itens do sistema FV	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Potencia do Sistema FV (kWp)	1.017,60	687,96	262,2
Geração do Sistema FV (kWh)	98.351	66.491	25.342
Área necessária (m ²)	5.941	3.942	1.476
Potência do módulo (Wp)	530	540	460
Demanda excedente (kW)	485	385	0
Valor faturado pela demanda excedente (R\$)	16.112,00	12.790,00	0
Economia na fatura em %	29	18	21
Cenário 1: Compensação no consumo Na Ponta e Fora Ponta			
Cenário 2: Compensação no consumo Fora Ponta			
Cenário 3: Compensação no consumo dentro da Demanda			

Fonte: Autor.

Os cálculos de dimensionamento apresentados ajudam a mostrar a quantidade de módulos e de inversores para três cenários distintos, onde pode ser analisado o melhor investimento para o proprietário. Dessa forma, após o dimensionamento, mostra-se as seguintes potências para cada tipo de compensação na fatura na figura 2.

Figura 2 - Geração de três cenários do SF.



Fonte: Autor.

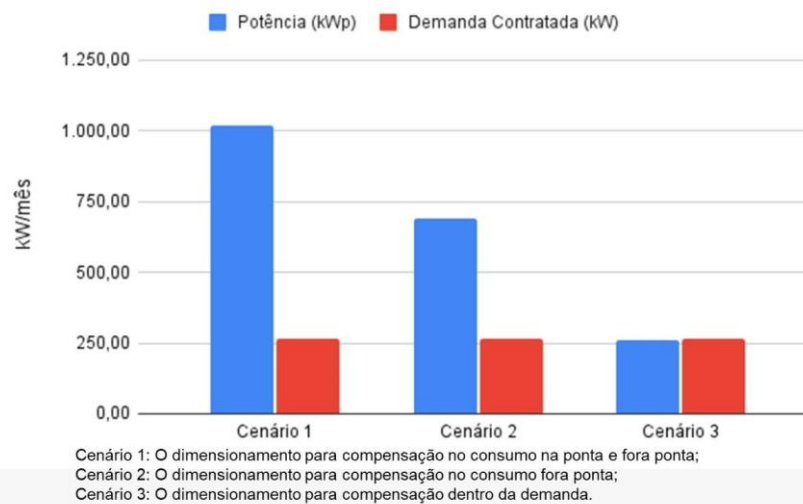
Deste modo, o dimensionamento dos valores do sistema varia de forma significativa para cada tipo de cenário pela sua geração, visto que em dado momento é compensado



menos da metade do consumo médio da unidade consumidora. Esse resultado pode ser visto na figura 3.

Figura 3 - Relação da potência do SF com a demanda contratada.

A relação da potência do sistema FV com a demanda contrada



Fonte: Autor.

A partir dos dados gerados pelo dimensionamento, percebe-se que a variação das potências é maior que a geração estimada, reduzindo a disponibilidade de instalação devido a demanda contratada da unidade consumidora ser de 265 kW. Assim, todo o excedente de demanda é faturado, onerando o proprietário.

4 Conclusão

Nessa perspectiva, os resultados dos cálculos demonstram a inviabilidade na instalação do sistema para a empresa, devido o consumo NP ser alto. Esse fato impacta na compensação da energia solar, visto que o sistema necessita aumentar sua geração. Um caminho alternativo para esse consumidor do grupo A seria a utilização de usinas solares fotovoltaicas visando o abatimento de seu consumo dentro da demanda contratada, reduzindo seus gastos com a conta de energia.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho, apenas, foi possível pelo apoio das empresas Solar Evolut e GridEngenharia.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENRGIA ELÉTRICA (ANEEL). Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 482. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em : 15/05/2022.



BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. 2022. Disponível em: <
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm >.
Acesso em: 15/05/2022.

Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015(COP 21).
Disponível em: <https://www.cop21paris.org/>. Acesso em : 15/05/2022.

FILHO, Manoel Henrique de Oliveira Pedrosa. et al. DESENVOLVIMENTO DE
ITINERÁRIOS FORMATIVOS PARA A EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
NA ÁREA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. In: **VII Congresso Brasileiro de
Energia Solar-CBENS 2018**. 2018.

International Renewable Energy Agency - IRENA. 2022. Disponível em:
<https://www.irena.org/>. Acesso em : 15/05/2022.

ECONOMIC FEASIBILITY OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM: A CASE STUDY ON GROUP A

Abstract: *With the growing worldwide concern with the way in which electric energy is generated, renewable means of generation take strength in the world market, among these sources is solar energy from photovoltaic systems (SF). Moreover, with the increase in the adoption of this energy source by the Brazilian market, it becomes necessary to have a qualified labor force to work in this sector, with technical knowledge such as the dimensioning of a SF and its economic viability. In this scenario, this article presents the steps to perform the economic feasibility analysis of a consumer based on the guidelines of the National Energy Agency - Aneel.*

Keywords: *Photovoltaic system; economic feasibility; sizing of photovoltaic systems.*