

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

ENGENHARIA ECONÔMICA PARA AVALIAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO¹ **ECONOMIC ENGINEERING FOR EVALUATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEM**

Silvana Zauza², Maiara Pies Hoss³

¹ Projeto de Pesquisa realizado no curso de Engenharia Elétrica Unijuí.

² Aluna do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí

³ Aluna do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí

Introdução

Aproximadamente setenta e um por cento da oferta total de energia elétrica do Brasil vem de grandes centrais hidroelétricas, que são distantes dos grandes centros de consumo. O restante da oferta provém, em sua grande parte, de combustíveis fósseis. Para mudar essa realidade e continuar gerando energia elétrica sem agredir o meio ambiente, surgiram ao redor do mundo inúmeras ideias, dentre delas, o aproveitamento da energia solar.

Pode-se destacar também a importância da micro geração distribuída para o SEP (Sistema Elétrico de Potência) como uma fonte de energia complementar, sendo que os SFCRs (Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede) aumentam a diversidade das fontes de geração em momentos que outras fontes de energia não conseguem suprir a demanda, e também reduzem a dependência das fontes poluentes, diminuindo a emissão de CO₂ na atmosfera, pois se trata de uma fonte de energia renovável.

As principais justificativas para a implantação de um sistema de Geração Distribuída são: a contribuição com o sistema elétrico, a redução do custo com a tarifa de energia e diminuição dos impactos ambientais. Desde que entrou em vigência pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) a Resolução Normativa (RN) nº 482, de 17 de abril de 2012, possibilitou ao consumidor gerar energia elétrica e fornecer o excedente à rede de distribuição. Para que se tenha o resultado positivo, este estudo será dimensionado um sistema de geração visando reduzir os gastos com a fatura de energia elétrica da concessionária de forma a saldar o investimento, promovendo a viabilidade econômica da geração do sistema.

Metodologia

A fim de atender o objetivo proposto, a busca pelos dados analisados se concentrou em informações divulgadas em relatórios técnicos, através de revisões bibliográficas, trabalhos de conclusões de curso, teses de mestrados e informações obtidas através da ANEEL.

Estudo de caso

O objetivo deste estudo de caso é analisar a viabilidade econômica para a implantação de um sistema de geração fotovoltaica distribuída, na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - Unijuí, localizada na zona urbana da cidade de Santa Rosa, RS, com a intenção de reduzir os gastos com a tarifa de energia elétrica da concessionária. Sendo que a Geração Distribuída estará incorporada ao SEP, pois este sistema trata do conjunto de instalações

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

e equipamentos destinados à geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica.

A unidade de geração instalada produzirá a sua própria energia, e o que for excedente, será injetado na rede elétrica da distribuidora local, gerando créditos para serem compensados nas faturas dos meses subsequentes. (MONTENEGRO, 2013). Segundo a Resolução da ANEEL 687 (2015), existe um prazo de 60 meses até expirarem.

Ao realizar os cálculos das áreas dos espaços disponíveis, observou-se que há espaço suficiente para instalação dos módulos fotovoltaicos dimensionados. Também foram analisados os valores da radiação solar e calculado qual a melhor inclinação e sua direção sendo que a inclinação é de 25° em direção ao norte.

Para realizar os cálculos do dimensionamento do sistema, foram utilizados os dados da fatura de energia elétrica da universidade, num período anual compreendidos entre os meses de julho de 2015 a junho de 2016.

A Tabela 1 mostra o consumo anual, ao qual foi tarifado pela RGE (distribuidora de energia elétrica da região norte-nordeste do Estado do Rio Grande do Sul), na edificação em estudo.

Tabela 1 - Consumo de energia elétrica - Fonte (autoria própria)

Meses	Consumo de energia em kWh	Valor de kWh consumido por mês (R\$)	Valor consumido menos taxa disponibilidade (R\$)	Consumo médio diário em kWh/dia	Número de dias para cada mês
jul/15	16994	10312,69861	8152,498609	548,19	31
ago/15	18831	11427,47014	9267,270137	607,45	31
set/15	18676	11333,40939	9173,209393	622,53	30
out/15	22632	13734,08232	11573,88232	730,06	31
nov/15	17397	10557,25654	8397,056543	579,90	30
dez/15	17050	10346,68185	8186,481846	550,00	31
jan/16	13722	8327,106644	6166,906644	442,65	31
fev/16	20430	12397,81291	10237,61291	704,48	29
mar/16	23505	14263,8567	12103,6567	758,23	31
abr/16	23650	14351,84901	12191,64901	788,33	30
mai/16	16475	9997,746827	7837,546827	531,45	31
jun/16	18755	11381,35003	9221,15003	625,17	30
Média	19.009,75		112.508,921	624,04	

Observando a tabela 1, se verifica que são dados os números de dias de cada mês, servindo para calcular o consumo médio diário considerando cada um desses meses. Ainda nessa tabela verifica-se que o valor (R\$) gasto por mês é subtraído ao valor fixo da taxa de disponibilidade, que tem um custo de R\$ 10,04741935 e um contrato de disponibilidade de 215 kWh, então se realiza a soma do custo de todos os meses analisados, tem-se a economia anual, no valor de R\$ 112.508,921.

Durante pesquisas realizadas, foram verificados valores e aspectos técnicos dos módulos e

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

inversores, sendo que o módulo escolhido foi o de silício policristalino (p-Si), da marca Candian (modelo CS6P-270P), de potência máxima de 270 Wp, com valor individual de cada módulo de R\$ 850,00, variando de acordo com cada fornecedor. O valor de 156,01 kWp corresponde à potência necessária para abater 100% da conta de energia elétrica fora do horário de ponta. Com o valor da potência fotovoltaica calculada e o valor individual de cada módulo, de 270 Wp, calculou-se o número de módulos necessário para o sistema, sendo necessários 578 módulos fotovoltaicos para atender a demanda da potência necessária de geração de 156,01 kWp.

O inversor escolhido foi o Fronius modelo Eco 27.0-3-S, trifásico de 27.000 W, sendo necessários seis inversores para atender a potência de 156,01 kW, o mesmo tem uma alta eficiência (98,3%). O custo individual de cada um é de R\$ 21.000,00, podendo sofrer alterações.

Com exceção dos painéis e inversores os outros componentes e serviços dos sistemas fotovoltaicos fazem parte do BoS (do inglês: Balance of System), que engloba estruturas mecânicas de sustentação, cabos, conectores, disjuntores, instalação, trabalhos administrativos, de engenharia, vendas, entre outros. O valor referente ao BoS, é da porcentagem de aproximadamente 30% do empreendimento total. (EPE, 2012).

Para o sistema do projeto em questão teremos um gasto aproximado com o BoS de torno de R\$ 185.190. Somando os custos do BoS, com os custos dos módulos e dos inversores teremos o custo total do sistema de geração fotovoltaica, totalizando R\$ 802.490,00. Esse dado será usado para realizar o cálculo econômico de acordo com o Payback (PB). Será considerada uma Taxa Mínima Atrativa (TMA) de 8% ao ano, conforme a caderneta de poupança dos últimos meses.

Conforme (Miranda, 2014), o PB ou retorno de investimento, é o tempo necessário para que se obtenha a recuperação de todo o capital investido em algum projeto. É uma técnica muito utilizada em sistemas elétricos e de eficiência energética para analisar a sua viabilidade econômica.

Para o cálculo será usado a TIR (Método da taxa interna de retorno), que representa uma taxa de juro que relaciona o capital investido com o valor recuperado ao final do investimento.

A economia anual considerou a subtração do valor consumido, pela taxa de disponibilidade contratada, obtendo uma economia anual de R\$ 112.508,921, conforme pode ser visto na tabela 2, onde aparece o resultado da TIR, considerando 8% para o cálculo TMA.

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

Tabela 2 - Resultado para a TIR -Fonte (autoria própria).

Taxa Interna de Retorno (TIR)		
Ano	Economia anual (R\$)	fluxo de caixa
		-R\$ 802.490,00
1	112508,921	-R\$ 689.981,08
2	112508,921	-R\$ 577.472,16
3	112508,921	-R\$ 464.963,24
4	112508,921	-R\$ 352.454,32
5	112508,921	-R\$ 239.945,40
6	112508,921	-R\$ 127.436,47
7	112508,921	-R\$ 14.927,55
8	112508,921	R\$ 97.581,37
9	112508,921	R\$ 210.090,29
10	112508,921	R\$ 322.599,21
11	112508,921	R\$ 435.108,13
12	112508,921	R\$ 547.617,05
13	112508,921	R\$ 660.125,97
14	112508,921	R\$ 772.634,89
15	112508,921	R\$ 885.143,81
16	112508,921	R\$ 997.652,74
17	112508,921	R\$ 1.110.161,66
18	112508,921	R\$ 1.222.670,58
19	112508,921	R\$ 1.335.179,50
20	112508,921	R\$ 1.447.688,42
	Resultado	9%

Conforme verificado na Tabela de resultados da TIR, percebemos que a taxa ficou em 9%, acima da TMA de 8,00% do projeto, então, podemos afirmar que é economicamente viável o investimento.

Resultados e Discussões

Para o dimensionamento em estudo, foram coletados os dados da edificação e histórico do consumo de energia elétrica, sendo possível realizar os cálculos da potência fotovoltaica a ser instalada e também o número de módulos necessários.

Quanto à viabilidade econômica foi utilizado o indicador da Taxa Interna de Retorno. Para esse foi considerado uma economia anual da tarifa de energia em torno de R\$ 112.508,921 e uma Taxa Mínima Atrativa de 8,00% de acordo com a caderneta de poupança. A análise para a Taxa Interna de Retorno também se mostrou satisfatória, pois os 9% encontrados ficaram acima dos 8,00%, referente à Taxa Mínima Atrativa.

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

Conclusão

Os resultados encontrados nesse estudo de caso demonstram que há a viabilidade financeira na instalação do sistema fotovoltaico escolhido, suprimindo a demanda da instituição. Mesmo o custo inicial sendo alto, conclui-se através dos indicadores financeiros utilizados que o investimento se paga em 07 anos, isso quer dizer que o retorno de investimento é viável em menos de 50% da vida útil do sistema.

Palavras-Chaves: *Energia Fotovoltaica; Geração de Energia Elétrica; Viabilidade Econômica.*

KeyWords: *Photovoltaic energy; Electric Power Generation; Economic viability.*

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Energia Solar Fotovoltaica - Terminologia* - NBR 10899:2006. Esta norma define os termos técnicos relativos à conversão fotovoltaica de energia radiante solar em energia elétrica.
- ALMEIDA, Marcelo Pinho. *Qualificação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede*. 2012. 173 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo - USP, São Paulo.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil* - Capítulo 03 - 2ª Edição. 2002. Disponível em: . Acesso em: 01 jun. 2017.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Resolução Normativa Nº 687*, de 24 de novembro de 2015. Estabelece as condições gerais de acordo com as novas regras, quanto ao prazo de validade dos créditos.. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2017.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Resolução Normativa Nº 482*, de 17 de abril de 2012: Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2017.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. *Análise Da Inserção Da Geração Solar Na Matriz Elétrica Brasileira*. Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: . Acesso em: 06 junho 2015.
- MIRANDA, Arthur Biagio Canedo Montesano. *Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede*. 2014. 98 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.