

9ª Mostra Científica

Pesquisa, Pós Graduação e Extensão



ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM COLATINA-ES

Gabriel Bastos Plantickow¹, Alexandre Leite Ferreira²

¹Acadêmico do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário do Espírito Santo - UNESC,

²Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Espírito Santo - UNESC.

INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Isto se dá, por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico.

O grande marco da geração solar fotovoltaica no Brasil foi a introdução da Resolução Normativa nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em abril de 2012. A mesma estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuídas aos sistemas de abastecimento de energia elétrica. Sendo revista pela REN nº 687 e pela REN nº 786 em 2015 e 2017, respectivamente e definiu a microgeração distribuída como central geradora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 75 kW que utilize cogeração qualificada ou fontes renováveis e esteja conectada à rede por meio de instalações de unidades consumidoras. Seja em um empreendimento com múltiplas ou uma unidade consumidora, a norma possibilita a injeção da eletricidade gerada e não consumida na rede e define que a energia inserida em determinado horário deve ser utilizada de forma a compensar a demanda nesse mesmo posto tarifário.

O objetivo do trabalho é fazer um comparativo entre a eletricidade atualmente utilizada e a energia solar fotovoltaica.

MATERIAIS E MÉTODOS

A residência utilizada para o estudo de caso situa-se no bairro Marista, Colatina-ES, Brasil. Foi construída em um terreno de 37 m de largura por 26 m de profundidade, totalizando 926 m². A região é predominantemente residencial, sem muitas casas e vegetação ao redor e não há potenciais sombreamentos causados por agentes externos. Os dados da irradiação solar diária média (kWh/m².dia) de Colatina foram retirados do programa SunData do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB).

Figura 1 - Vista aérea da residência estudada.



Figura 2 - Radiação solar diária na residência estudada.



Tabela 1 - Índice solarimétrico de Colatina

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Plano Horizontal	0° N	6,09	6,20	5,34	4,58	3,94	3,62	3,69	4,31	4,78	4,93	4,96	5,75	4,85
Ângulo igual a latitude	20° N	5,52	5,90	5,44	5,06	4,68	4,47	4,46	4,91	5,01	4,80	4,59	5,17	5,00
Maior média anual	17° N	5,64	5,98	5,45	5,01	4,59	4,37	4,37	4,85	5,00	4,85	4,67	5,28	5,00
Maior mínimo mensal	22° N	5,44	5,84	5,42	5,08	4,73	4,53	4,52	4,95	5,01	4,77	4,53	5,09	4,99

Os dados do estudo da viabilidade financeira foram calculados e armazenados em planilhas eletrônicas e para análise dos mesmos foram utilizados conceitos da matemática financeira, como o Valor Presente Líquido (VPL), A Taxa Interna de Retorno (TIR) e o payback. O VPL é a fórmula econômico-financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, no caso a projeção do IPCA, menos o custo do investimento inicial. A TIR representa a taxa de desconto que faz com que o VPL do investimento seja igual a zero. É utilizada para analisar a rentabilidade do projeto, significando que o mesmo é lucrativo caso a TIR seja maior que o custo de capital. O Payback é um indicador financeiro que representa o tempo de retorno de um investimento, pode ser analisado de duas maneiras, podendo ou não levar em conta o valor do dinheiro no tempo. O payback simples é um indicador financeiro que revela o tempo necessário para recuperar o custo de um investimento sem taxa de juros; Já o payback descontado é um indicador mais complexo, que usa os valores descontados para o presente por meio de uma taxa de juros, que no caso do trabalho será a projeção do IPCA nos próximos anos.

$$VPL = -I_i + \sum_{k=1}^N \frac{F_{ck}}{(1+i)^k} \quad 0 = -I_i + \sum_{k=1}^N \frac{F_{ck}}{(1+TIR)^k}$$

Onde:

I_i = Investimento inicial (R\$)

F_{ck} = Fluxos de caixa referentes ao projeto (R\$)

i = taxa de juros (%)

$k = (1;n)$ = períodos do horizonte do projeto (anos)

Com os dados necessários agora podemos realizar o estudo da viabilidade econômica do projeto para os três cenários propostos.

Tabela 2 - Dados obtidos para análise econômica

Cenário	A	B	C	Fonte dos dados
Reajuste Tarifário	3,43%	5,61%	10,0%	Cálculos Próprios
Classe	Residencial (B1)			ANEEL, 2010
Horizonte de Projeto	25 anos			NAKABAYASHI (2014)
Tarifa de energia vigente	0,88540 R\$/kWh			Cálculos Próprios
Inflação	3,43%			Cálculos Próprios
Performance Ratio	75%			TOLMASQUIM (2016)
Operação e Manutenção (O&M)	1,00% a.a.			TOLMASQUIM (2016)
Redução de Produtividade	0,75% a.a.			CEPEL (2014)
Potência Instalada	2,80 kWp			Cálculos Próprios
Custo de Instalação	R\$ 18.400,00			Cálculos Próprios
Consumo Mensal	409 kWh			Cálculos Próprios
Geração Ideal Anual	3708 kWh			Cálculos Próprios

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 3 - Cenário A - Reajuste 3,34%, Inflação 3,34%

ANO	GERAÇÃO ANUAL (kWh)	TARIFA (R\$/kWh)	O & M	RECEITA NOMINAL	RECEITA LÍQUIDA	FLUXO DE CAIXA SIMPLES	VALOR PRESENTE	FLUXO DE CAIXA DESCONTADO
0	-	-	-	-R\$ 18.400,00	-R\$ 18.400,00	-R\$ 18.400,00	-R\$ 18.400,00	-R\$ 18.400,00
1	3708	0,8765	-R\$ 184,00	R\$ 3.250,06	R\$ 3.066,06	-R\$ 15.333,94	R\$ 2.955,24	-R\$ 15.444,76
2	3680	0,9257	-R\$ 184,00	R\$ 3.406,65	R\$ 3.222,65	-R\$ 12.111,29	R\$ 2.993,90	-R\$ 12.450,86
3	3653	0,9776	-R\$ 184,00	R\$ 3.570,78	R\$ 3.386,78	-R\$ 8.724,51	R\$ 3.032,05	-R\$ 9.418,21
...
23	3142	2,9125	-R\$ 184,00	R\$ 9.151,11	R\$ 8.967,11	R\$ 109.000,29	R\$ 3.845,26	R\$ 59.624,11
24	3118	3,0759	-R\$ 184,00	R\$ 9.592,01	R\$ 9.408,01	R\$ 118.408,29	R\$ 3.888,51	R\$ 63.512,62
25	3095	3,2484	-R\$ 184,00	R\$ 10.054,14	R\$ 9.870,14	R\$ 128.278,44	R\$ 3.932,07	R\$ 67.444,88

Tabela 4 - Cenário B - Reajuste 5,61%, Inflação 3,34%

ANO	GERAÇÃO ANUAL (kWh)	TARIFA (R\$/kWh)	O & M	RECEITA NOMINAL	RECEITA LÍQUIDA	FLUXO DE CAIXA SIMPLES	VALOR PRESENTE	FLUXO DE CAIXA DESCONTADO
0	-	-	-	-R\$ 18.400,00	-R\$ 18.400,00	-R\$ 18.400,00	-R\$ 18.400,00	-R\$ 18.400,00
1	3708	0,8765	-R\$ 184,00	R\$ 3.250,06	R\$ 3.066,06	-R\$ 15.333,94	R\$ 2.955,24	-R\$ 15.444,76
2	3680	0,9094	-R\$ 184,00	R\$ 3.346,65	R\$ 3.162,65	-R\$ 12.171,29	R\$ 2.938,16	-R\$ 12.506,60
3	3653	0,9435	-R\$ 184,00	R\$ 3.446,11	R\$ 3.262,11	-R\$ 8.989,18	R\$ 2.921,02	-R\$ 9.585,59
...
23	3142	1,9701	-R\$ 184,00	R\$ 6.190,15	R\$ 6.006,15	R\$ 82.488,62	R\$ 2.575,55	R\$ 45.203,57
24	3118	2,0440	-R\$ 184,00	R\$ 6.374,12	R\$ 6.190,12	R\$ 88.678,74	R\$ 2.558,49	R\$ 47.762,06
25	3095	2,1206	-R\$ 184,00	R\$ 6.563,55	R\$ 6.379,55	R\$ 95.058,28	R\$ 2.541,48	R\$ 50.303,55

Tabela 5 - Cenário C - Reajuste 10,00%, Inflação 3,34%

ANO	GERAÇÃO ANUAL (kWh)	TARIFA (R\$/kWh)	O & M	RECEITA NOMINAL	RECEITA LÍQUIDA	FLUXO DE CAIXA SIMPLES	VALOR PRESENTE	FLUXO DE CAIXA DESCONTADO
0	-	-	-	-R\$ 18.400,00	-R\$ 18.400,00	-R\$ 18.400,00	-R\$ 18.400,00	-R\$ 18.400,00
1	3708	0,8765	-R\$ 184,00	R\$ 3.250,06	R\$ 3.066,06	-R\$ 15.333,94	R\$ 2.955,24	-R\$ 15.444,76
2	3680	0,9642	-R\$ 184,00	R\$ 3.548,26	R\$ 3.364,26	-R\$ 11.969,68	R\$ 3.125,45	-R\$ 12.319,31
3	3653	1,0606	-R\$ 184,00	R\$ 3.873,81	R\$ 3.689,81	-R\$ 8.279,88	R\$ 3.304,00	-R\$ 9.015,31
...
23	3142	7,1350	-R\$ 184,00	R\$ 22.418,27	R\$ 22.234,27	R\$ 208.704,05	R\$ 9.534,47	R\$ 112.351,95
24	3118	7,8484	-R\$ 184,00	R\$ 24.475,14	R\$ 24.291,14	R\$ 232.995,19	R\$ 10.039,99	R\$ 122.391,94
25	3095	8,6333	-R\$ 184,00	R\$ 26.720,74	R\$ 26.536,74	R\$ 259.531,93	R\$ 10.571,70	R\$ 132.963,05

No cenário A tivemos um VPL de R\$ 50.303,55 e uma TIR de 19,36%; o payback simples desse cenário é cerca de 5 anos e 7 meses e o payback descontado é de 6 anos e 4 meses. No cenário B tivemos um VPL de R\$ 67.444,68 e uma TIR de 21,25%; o payback simples desse cenário é de 5 anos e 5 meses e o payback descontado é de 6 anos e 1 mês. No cenário C tivemos um VPL de R\$ 132.936,82 e uma TIR de 25,67%; o payback simples desse cenário é de 5 anos e o payback descontado é de 5 anos e 6 meses. Percebe-se que quanto maior a tarifa de energia, maior é a economia proporcionada pelo sistema ao longo da vida útil do projeto e, consequentemente, maior é a TIR e mais vantajoso é o investimento.

REFERÊNCIAS

- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. *Resolução normativa nº 786*. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/resolucoes-normativas>. Acesso em: 03 Mar. 2021.
- CEPEL, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Disponível em: <www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download>. Acesso em: 07 Jun 2021.
- CRESESB Potencial Solar - SunData, versão 3.0: CCST/LABREN/INPE, 2017.
- ELFSM, Empresa Luz e Força Santa Maria. *Tributos na Fatura*. Disponível em: <https://portal.elfsm.com.br/consumo/tributos-na-fatura/>. Acesso em: 28 Feb. 2021.
- IMHOFF, Johninsson. *Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos*. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/8608>. Acesso em: 07 Jun. 2021.
- NAKABAYASHI, Renny Kunizo. *Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras*. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tdc-26012015-141237/pt-br.php>. Acesso em: 15. Abr 2021.
- SUNCALC. Disponível em: <https://www.suncalc.org/#/>. Acesso em: 30 Mai. 2021.
- TOLMASQUIM, Maurício. *Energia renovável hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica*. 1 ed. EPE: Rio de Janeiro, 2016. 452p.