



**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ASSOCIADO À REDE CONVENCIONAL EM UMA COHAB NO MUNICÍPIO DE ARAÇATUBA – SP**

**STUDY OF THE ECONOMICAL VIABILITY OF THE IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM ASSOCIATED WITH THE CONVENTIONAL NETWORK IN A COHAB IN THE MUNICIPALITY OF ARAÇATUBA - SP**

Felipe Bertelli dos Santos<sup>1</sup>  
João Luiz Bergamo Zamperin<sup>2</sup>

**RESUMO:** O presente artigo apresenta o estudo da viabilidade econômica da implantação de um sistema solar fotovoltaico associado à rede convencional à uma COHAB no município de Araçatuba – SP. Realizada esta investigação teórica, é realizado o estudo do dimensionamento de um sistema fotovoltaico on-grid, considerando as características do local analisado, como o consumo médio mensal da COHAB a fim de se realizar um projeto base que suprima a demanda de todas as 1200 residências. Analisa-se então o impacto que os painéis fotovoltaicos causariam na conta mensal de cada residência, concluindo-se então a viabilidade do projeto, retorno do investimento (pay-back) e os benefícios em pró da sociedade.

**Palavras-chave:** Energia solar; On-grid; Pay-back

**ABSTRACT:** The present article presents the economic viability study of the implantation of a photovoltaic solar system associated to the conventional network to a COHAB in the city of Araçatuba - SP. This theoretical investigation is carried out by the study of the dimensioning of an on-grid photovoltaic system, considering the characteristics of the analyzed site, such as COHAB's average monthly consumption in order to carry out a basic

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia Elétrica, UNITOLEDO

<sup>2</sup> Doutro em Engenharia Elétrica, UNESP

project that suppresses the demand of all 1,200 residences . The impact that the photovoltaic panels would cause in the monthly account of each residence is then analyzed, thus concluding the feasibility of the project, pay-back and benefits in favor of the society.

**Keywords:** Solar energy; On-grid; Pay back

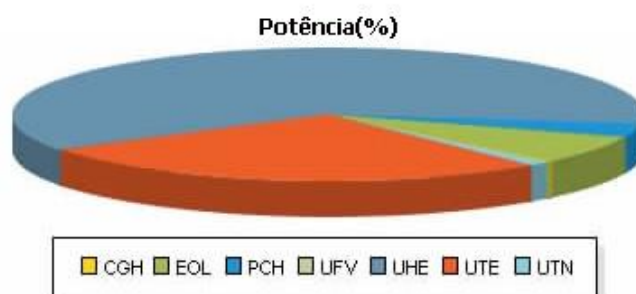
## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda de energia e o aquecimento global levaram as noções a buscarem alternativas menos poluentes e renováveis para a produção de energia elétrica.

Segundo a ANEEL o Brasil possui no total 4681 empreendimentos em operação, totalizando 11585437 kW de potência instalada, prevista para os próximos anos uma adição de 24568883 kW na capacidade de geração no país.

De acordo com a EPE (Empresa de Pesquisa Energética) apontou em 2015, de modo quantitativo, um potencial de geração centralizada de mais de 28,5 mil GW, considerando as diferentes regiões do país e espaços com viabilidade técnica, econômica e socioambiental para a implantação destes projetos.

Figura 1 - Capacidade de Geração do Brasil.



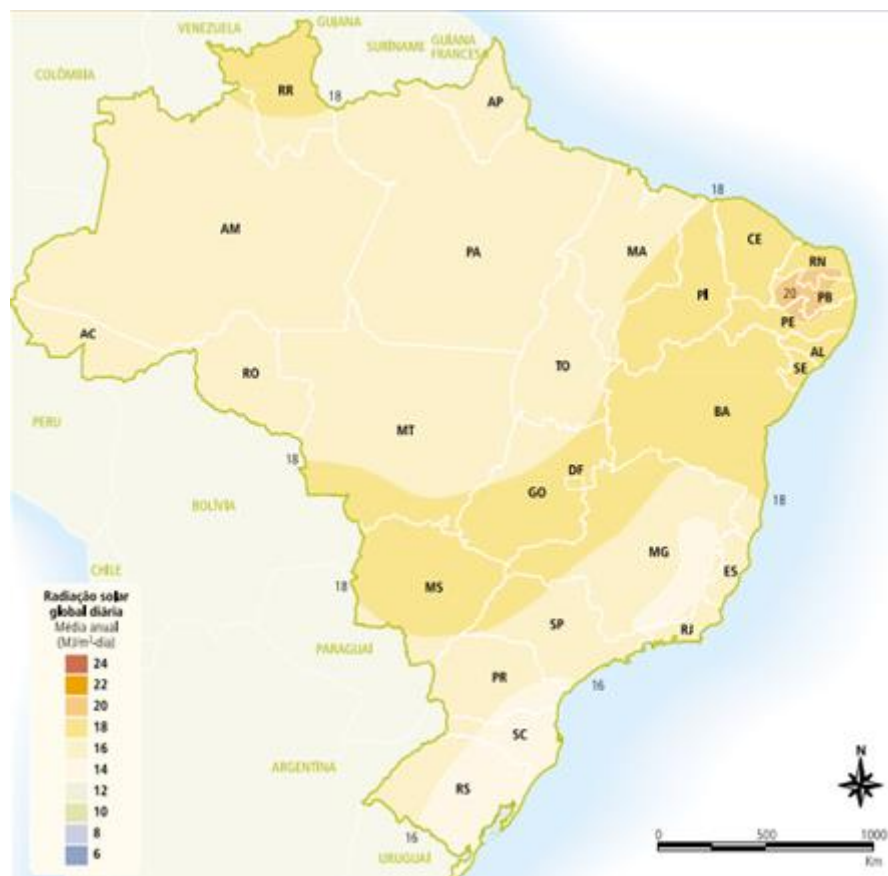
Empreendimentos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	607	522.839	523.510	0,35
EOL	424	10.393.738	10.393.742	6,86
PCH	436	4.963.487	4.952.203	3,27
UFV	44	27.761	23.761	0,02
UHE	219	101.138.278	92.605.229	61,09
UTE	2.949	42.823.041	41.096.992	27,11
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,31
<b>Total</b>	<b>4.681</b>	<b>161.859.144</b>	<b>151.585.437</b>	<b>100</b>

Fonte: Aneel, 2017.

Uma forma de maximizar o aproveitamento da radiação solar, está no ajuste da posição do módulo solar de acordo com a latitude local e o período do ano em que se requer mais energia. No Hemisfério Sul, por exemplo, um sistema de captação solar fixo deve ser orientado para o Norte, com ângulo de inclinação similar ao da latitude local.

A Figura 2 apresenta o índice médio anual de radiação solar no País, segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil (2000). Como pode ser visto, os maiores índices de radiação são observados na região Nordeste, com destaque para o Vale do São Francisco.

Figura 2 Radiação solar global diária – média anual típica (Mj/m<sup>2</sup>.dia)



Fonte: Atlas solarimétrico do Brasil. Recife : Editora Universitária da UFPE, 2000 (adaptado)

Esta característica faz dos SFVCR (sistema fotovoltaico conectado à rede) uma boa opção, já que dependem somente da incidência solar para a geração de energia elétrica.

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho apresenta uma análise de caso de um dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFVCR) voltado para as residências do Conjunto Residencial Águas Claras I localizado na cidade de Araçatuba (21.16813,-50.4727839) região noroeste do estado de São Paulo.

Figura 3 Vista aérea do Conjunto Residencial Águas Claras I



Fonte: Google Maps, 2016.

São 1200 casas, com cobertura de 45,50 m<sup>2</sup> de duas águas, onde 22,75 m<sup>2</sup> estão voltados para o norte.

Figura4 Fachada das residências



Fonte: Tecol Engenharia.

O sistema consiste em gerar energia a partir dos módulos fotovoltaicos, verificando a necessidade da quantidade de energia elétrica que poderá ser suprida através da instalação dos mesmos, observando de forma estimada o consumo total do Conjunto a fim de se obter o consumo médio das residências. Desta forma, é possível dimensionar um sistema padrão que supra a necessidade elétrica de 1200 residências, visando o pay-back.

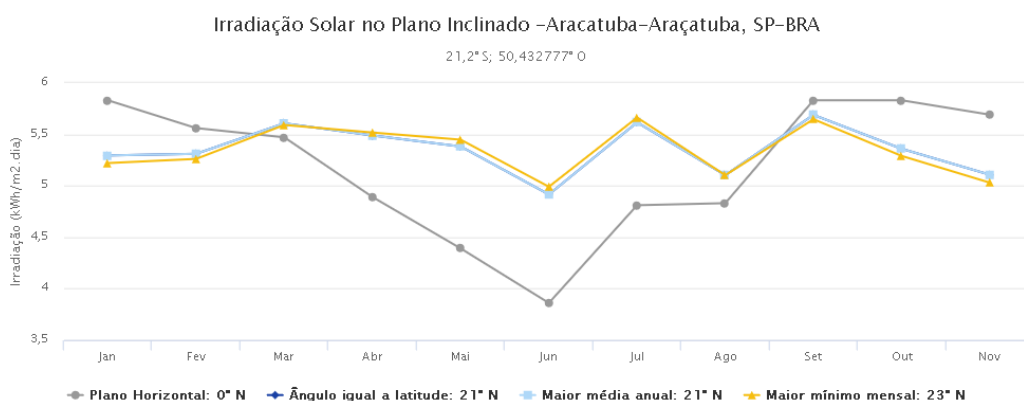
### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de se obter dados mais preciso, foi utilizado o programa SunData, disponível no site do Cresesb, a partir das coordenadas geográficas do local, disponíveis na Figura 5.

Figura 5 Irradiação Solar no Plano Inclinado – Araçatuba, SP.

Estação: Araçatuba  
Município: Araçatuba , SP - BRA  
Latitude: 21,2° S  
Longitude: 50,432777° O  
Distância do ponto de ref. (21°S; 50°O) :50,2 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,83	5,56	5,47	4,89	4,39	3,86	4,31	4,81	4,83	5,83	5,83	5,69	5,11	1,97
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	21° N	5,29	5,31	5,61	5,49	5,38	4,91	5,44	5,62	5,10	5,69	5,36	5,11	5,36	,77
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	21° N	5,29	5,31	5,61	5,49	5,38	4,91	5,44	5,62	5,10	5,69	5,36	5,11	5,36	,77
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	23° N	5,22	5,26	5,59	5,52	5,45	4,99	5,52	5,66	5,10	5,65	5,29	5,03	5,36	,67



Fonte: SunData (2017).

A Tabela 1, representa o consumo anual de um dos moradores, percebe-se que há variações, portanto seu consumo não está totalmente definido e estabilizado. Para o cálculo estimado do projeto, foi determinado um valor médio de consumo para as residências de 156,75 kWh, considerando que todas as residências possuem um consumo de energia próximo uma das outras perfil estatístico apontado via concessionária de energia elétrica.

Tabela 1 Média de consumo anual.

<b>Mês</b>	<b>Consumo Médio da residência (kWh)</b>	<b>Dias de Consumo</b>	<b>Média de consumo diário da residência (kWh)</b>	<b>Média estimada de consumo diário do bairro (kWh)</b>
<b>Mar</b>	194	32	6,06	7275
<b>Fev</b>	137	28	4,89	5871,42
<b>Jan</b>	195	31	6,29	7548,38
<b>Dez</b>	191	31	6,16	7393,54
<b>Nov</b>	178	31	5,74	6890,32
<b>Out</b>	165	32	5,15	6187,50
<b>Set</b>	114	29	3,93	4717,24
<b>Ago</b>	124	31	4,00	4800
<b>Jul</b>	126	33	3,81	4581,81
<b>Jun</b>	124	28	4,42	5314,28
<b>Mai</b>	162	30	5,40	6480
<b>Abr</b>	171	31	5,51	6619,35
<b>Média</b>	<b>156,75</b>	<b>30,58</b>	<b>5,11</b>	<b>6139,90</b>

Fonte: Elaborada pelos autores.

#### 4. Resultados e Discussão

Desta forma, o sistema deve ser projetado para gerar eletricidade conforme a equação:

$$\text{Energia a ser gerada} = \text{Energia média mensal}$$

$$\text{Energia a ser gerada} = 156,75 \text{ kWh/mês}$$

Para este trabalho, serão dimensionados 3 tipos de painéis, apresentados na Tabela 2, de diferentes potências, visando o melhor custo-benefício.

Tabela 2 Datasheet dos módulos escolhidos.

<b>Marca</b>	<b>Canadian</b>	<b>Yingli</b>	<b>Canadian</b>
<b>Modelo</b>	CS6P-265P	YL275D-30b	CS6P-255P
<b>Comprimento</b>	1.638 m	1.640 m	1.638 m
<b>Largura</b>	0.982 m	0.990 m	0.982 m
<b>Potência Máxima</b>	265 W	275 W	255 W
<b>Eficiência</b>	16,47 %	16,9 %	15,85 %
<b>Corrente de curto-circuito</b>	9,23 A	9,34 A	9,00 A

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com base nos dados da Tabela 2, é possível calcular a energia por cada módulo fotovoltaico, conseqüentemente, o número de módulos necessários, pelas seguintes equações:

$$A = L \times C$$

$$E_{FV} = E_{sol} \times A \times \eta$$

$$N_{módulo} = \frac{E_{consumo}}{E_{FV}}$$

Onde:

A = Área do módulo fotovoltaico;

L = Largura do módulo fotovoltaico;

C = Comprimento;

$E_{FV}$  = Energia produzida pelo módulo fotovoltaico em por mês [Wh];



$E_{solar}$  = Radiação solar média diária no local [kWh/m<sup>2</sup>/dia];

$\eta$  = Rendimento do módulo fotovoltaico;

$N_{módulo}$  = Número de módulos fotovoltaicos;

$E_{consumo}$  = Consumo de energia;

- CS6P-265P

Para se obter a área de um módulo, multiplica-se a largura do módulo pelo comprimento

$$\therefore A = 1,638 \times 0,992 = 1,62 \text{ m}^2$$

Logo, a energia produzida pelo módulo fotovoltaico é o produto da radiação solar média do local, da área do módulo e de seu rendimento

$$\therefore E_{FV} = 5360 \times 1,62 \times 0,1647 = 1430,12 \text{ Wh}$$

Desta forma, a energia produzida pelo módulo ao longo de um mês será:

$$E_{FVmês} = E_{FV} \times 30$$

$$\therefore E_{FVmês} = 1430,12 \times 30 = 42,90 \text{ kWh}$$

Para se obter o número de módulos, divide-se o consumo médio mensal pela energia produzida pelo módulo:

$$N_{módulo} = \frac{156,75}{42,90} = 4 \text{ módulos}$$

- YL275D-30b

Para este modelo temos:

$$A = 1,640 \times 0,990 = 1,62 \text{ m}^2$$

Logo, a energia produzida pelo módulo fotovoltaico é:

$$E_{FV} = 5360 \times 1,62 \times 0,1690 = 1467,46 \text{ Wh}$$

Desta forma, a energia produzida pelo módulo ao longo de um mês será:

$$E_{FV\text{mês}} = E_{FV} \times 30$$

$$\therefore E_{FV\text{mês}} = 1467,46 \times 30 = 44,02 \text{ kWh}$$

Então o número de módulo se dá por:

$$N_{\text{módulo}} = \frac{156,75}{44,02} = 4 \text{ módulos}$$

- CS6P-255P

Para este modelo temos:

$$A = 1,638 \times 0,982 = 1,62 \text{ m}^2$$

Logo, a energia produzida pelo módulo fotovoltaico é:

$$E_{FV} = 5360 \times 1,62 \times 0,1585 = 1376,28 \text{ Wh}$$

Desta forma, a energia produzida pelo módulo ao longo de um mês será:

$$E_{FV\text{mês}} = E_{FV} \times 30$$

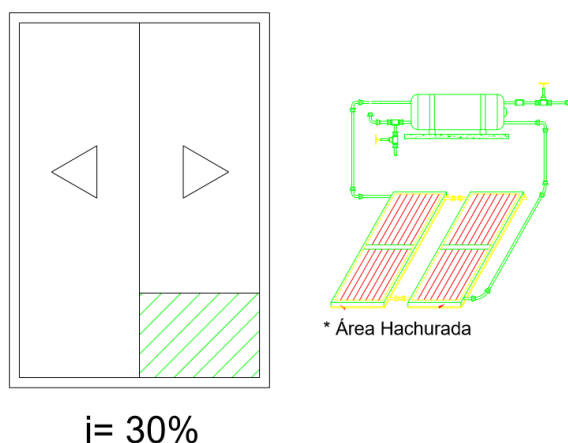
$$\therefore E_{FV\text{mês}} = 1376,28 \times 30 = 41,28 \text{ kWh}$$

Então o número de módulo se dá por:

$$N_{\text{módulo}} = \frac{156,75}{41,28} = 4 \text{ módulos}$$

A partir destes dados, conclui-se que são necessários 4 módulos para todos os 3 modelos analisados. O módulo escolhido para este trabalho foi o Canadian CS6P-265P por apresentar melhor custo-benefício, com o valor de R\$ 749,00 por painel totalizando R\$ 2.996,00. Os módulos poderão ser ligados em 2 strings em paralelo com 2 módulos em série por string, ocupando uma área total de 6.48m<sup>2</sup>.

Figura 6 Esboço da cobertura



Fonte Elaborada pelos autores

Após o cálculo dos módulos, é possível dimensionar o inversor. Verifica-se então a soma das tensões dos módulos ligados em série.

De acordo com o Datasheet do módulo escolhido, sua tensão de circuito aberto é de 37,7 V, logo a tensão de entrada do inversor pode ser calculada multiplicando a tensão pelo número de módulos:

$$V_{string} = 4 \times 37,7 = 150,8 \text{ V}$$

Aplicado o fator de segurança de 10% e nesse caso a tensão máxima de saída será:

$$V_{string} = (150,8 \times 0,10) + 150,8 = 165,88 \text{ V}$$

Como cada módulo possui uma potência de 265 W, os 4 módulos em conjunto fornecem uma potência de 1060 W (4x265W). Desta forma, calcula-se a potência do inversor:

$$P_{inv} = N_{módulo} \times P_{módulo}$$

$$P_{inv} = 4 \times 265 = 1060 \text{ W}$$

Então o inversor deve ser capaz de suportar a potência máxima de 1060 W e a tensão de entrada de 165,88 V.

O inversor escolhido para este trabalho foi o SMA Sunny Boy SB 1300TL-10, com potência de 1300 W e tensão máxima de entrada de 660 V, por apresentar melhor custo-benefício, com o valor de R\$ 6290,00.

O valor cotado para realizar a instalação nessas condições é de R\$ 9286,00 pelos módulos + inversor. Vale ressaltar que este valor é estimado, não estão inclusos itens como serviço de instalação, mão de obra ou equipamentos a serem utilizados na instalação, como cabos, disjuntores, suportes e alterações na parte alternada do sistema.

A vida útil deste tipo de sistema é de 25 anos, a manutenção do sistema é mínima e de baixo custo e pode ser feita pelo próprio usuário, como por exemplo realizar a limpeza dos módulos pelo menos uma vez ao ano. Outra manutenção que requer atenção é a substituição do inversor solar, sua vida útil é de aproximadamente 7 anos e meio, como é descrito no Portal Solar (2017).

Considerando o custo de operação durante 25 anos, ou seja, investimento inicial e custo de manutenção, tem-se a Tabela 3.

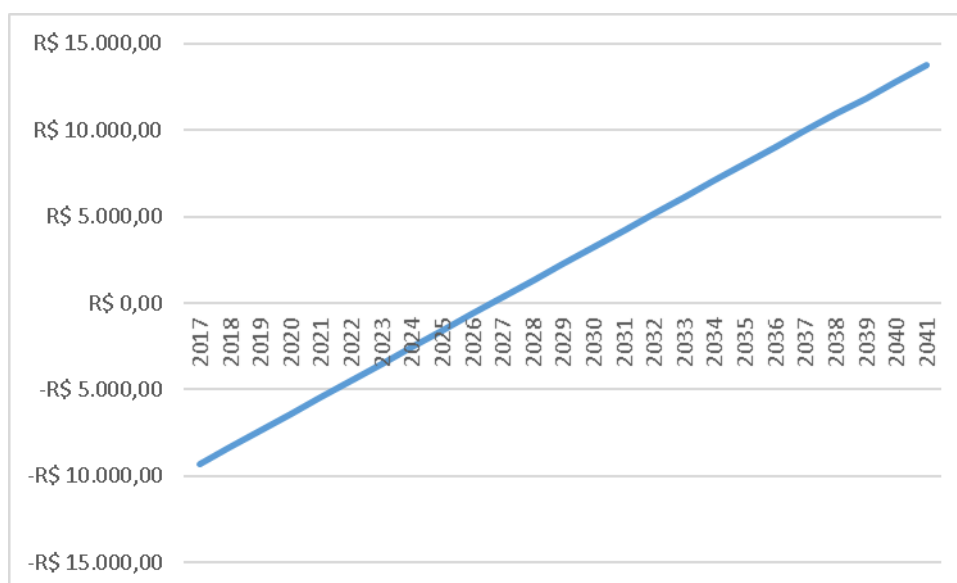
Tabela 3 Custo total ao longo de 25 anos

<b>Investimento inicial</b>	<b>R\$ 9.286,00</b>
<b>Manutenção</b>	≈ R\$ 6000,00
<b>Custo total</b>	<b>R\$ 15.286,00</b>

Fonte: Elaborada pelos autores

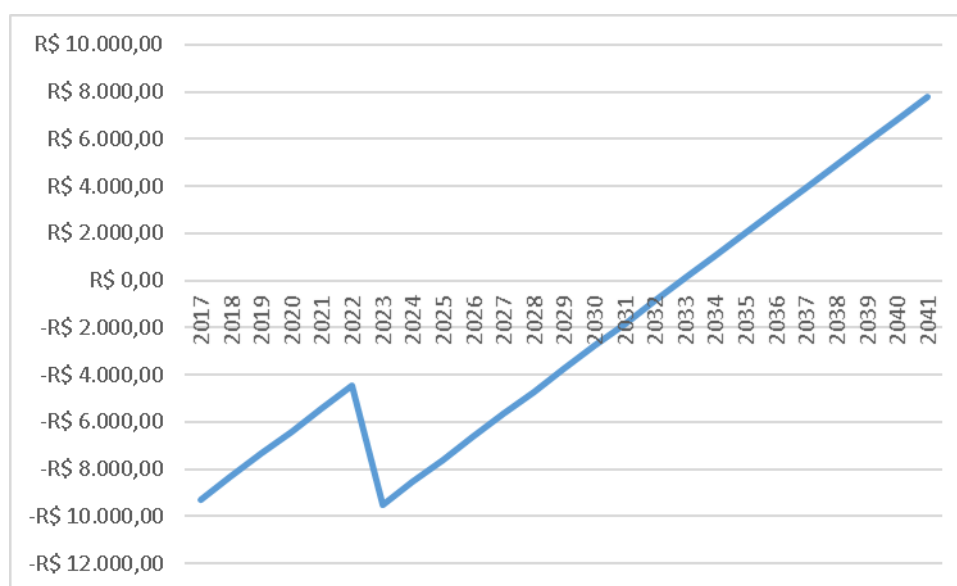
A partir dos dados da Tabela 3, foi possível realizar o gráfico do pay-back, representado pelas Figuras 7 e 8, conforme o valor o qual seria pago para concessionária em razão da conta de energia elétrica.

Figura 7 Análise do Pay-back sem a troca do inversor



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 8 Análise do Pay-back com a troca do inversor



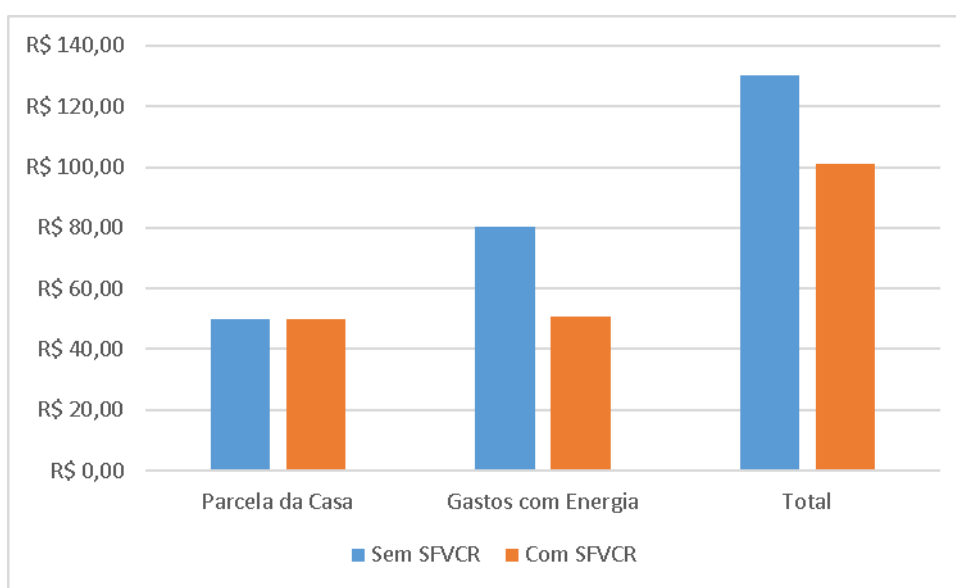
Fonte: Elaborada pelos autores.

De acordo com a Tabela 3, o valor estimado de um sistema fotovoltaico, com a devida manutenção, para cada residência é de R\$ 15.286,00, dividindo este valor pelos 25 anos de vida útil do sistema, ficaria uma parcela de R\$ 50,95 a ser paga pelo mesmo.

O valor médio dos custos mensais de energia, conforme o levantamento é de R\$ 80,15. Desta forma, a economia mensal seria de aproximadamente R\$ 29,20, podendo variar para mais ou para menos de acordo com o sistema de bandeiras tarifárias.

As parcelas do Programa Minha Casa Minha Vida variam de acordo com a renda da família, utilizando um sistema de faixas. Para este estudo, considerou-se que todas as famílias estão inclusas na Faixa 1, onde a parcela a ser paga pela casa é de R\$ 50,00.

Figura 9 Comparativo (Sem SFVCR x Com SFVCR)



Fonte: Elaborada pelos autores.

## 5. Conclusão

Vale a ressalva de que o presente trabalho está diretamente ligado com famílias de baixa renda e o mesmo propõe uma maneira de amenizar problemas socioambientais, ou seja, com a implantação deste tipo de sistema, além de beneficiar os moradores de maneira

positiva, beneficia também o meio ambiente por se tratar de uma fonte de energia limpa e renovável.

De acordo com o pay-back se dá em aproximadamente 9 anos, desta forma, os telhados destas residências acabam se tornando uma fonte de renda. Um outro ponto o qual foi levantado é de uma possível substituição do Inversor por conta de vida útil o qual tem uma vida útil de aproximadamente 7 anos e meio, desta forma nota-se uma variação por conta do investimento.

Os valores apresentados foram cotados via pessoa física e para apenas uma residência, a medida em que se obtém os 1200 conjuntos solares, o preço pode vir a diminuir consideravelmente. Pode ainda existir convênios entre órgãos públicos e as empresas fornecedoras, podendo diminuir ainda mais o valor final.

Desta forma, identificou-se uma oportunidade de melhoria no Programa Minha Casa Minha Vida com a implantação dos sistemas solares fotovoltaicos, oferecendo incremento na qualidade de vida de seus usuários.

## **6. Referências Bibliográficas**

ABSOLAR. Potencial técnico de energia solar no país pode chegar a 30mil GW. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/potencial-tecnico-de-energia-solar-no-pais-pode-chegar-a-30-mil-gw-.html>> Acesso em: março 2017.

ANEEL. Energia Solar. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia\\_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf)> Acesso em: março 2017.

BIG – BANCO DE INFORMAÇÕES DE GERAÇÃO. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>> Acesso em: março 2017.

CANADIAN SOLAR. Quartech CS6P-260 | 265 | 270p. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-canadian-csi-cs6p-255p-255wp.html>> Acesso em: março 2017.

CPFL : Tributos.

NEOSOLAR. Paine Solar Fotovoltaico 255Wp. Disponível em: <  
<https://www.neosolar.com.br/loja/paine-solar-fotovoltaico-canadian-csi-cs6p-255p-255wp.html>> Acesso em: março 2017.

NEOSOLAR. Paine Solar Fotovoltaico 265Wp. Disponível em: <  
<https://www.neosolar.com.br/loja/paine-solar-fotovoltaico-265wp-canadian-csi-cs6p-265p.html>> Acesso em: março 2017.

NEOSOLAR. Paine Solar Fotovoltaico 275Wp. Disponível em: <  
<https://www.neosolar.com.br/loja/paine-solar-fotovoltaico-275wp-yingli-yl275d-30.html>> Acesso em: março 2017.

PORTAL SOLAR. Tudo sobre a manutenção do paine solar. Disponível em: <  
<http://www.portalsolar.com.br/blog-solar/paine-solar/tudo-sobre-a-manutencao-do-paine-solar.html>> Acesso em: março. 2017.

POTENCIAL SOLAR. SunData. Disponível em: <  
<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>> Acesso em: março 2017.

TERRA. Top 5 – Fontes limpas de energia. Disponível em: <  
<https://noticias.terra.com.br/ciencia/top-5-fontes-limpas-de-energia,c5b0f94748d4c310VgnCLD2000000ec6eb0aRCRD.html>> Acesso em: março 2017.

TOYAMA Heizo, Alain; Neves, J. Natalino; Almeida, Geraldo, Nelson. ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA DE NERGIA PARA DIFERENTES REGIÕES NO ESTADO DO PARANÁ. Curitiba: UTFPR – DIBIB, 2014.