

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA APLICADA À HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DOS ASPECTOS SOCIAIS, AMBIENTAIS E ECONÔMICOS

Marília Carlini Freire – mariliacarlinif@gmail.com

Fundação CERTI – Centro de Energia Sustentável (CES)

Lucila Maria de Souza Campos – lucila.campos@ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas

Bruno S. Dupczak – bsd@certi.org.br

Fundação CERTI – Centro de Energia Sustentável (CES)

Resumo. *A demanda energética brasileira vem crescendo rapidamente e com ela a necessidade de investir em novas usinas de geração de energia. Entretanto, a maior parte das fontes de geração de energia comumente utilizadas no Brasil apresentam impactos ambientais e sociais relevantes. Neste contexto, a energia solar fotovoltaica apresenta-se como uma opção renovável e de baixo impacto negativo para a sociedade e meio-ambiente. O objetivo geral do presente trabalho é analisar as vantagens sob o ponto de vista dos impactos econômicos, sociais e ambientais da implantação de sistemas solares fotovoltaicos em habitação do programa habitacional “Minha casa, minha vida”. Para tanto, foram realizadas simulações de implantação de sistemas fotovoltaicos, por meio do software PVsyst em residências populares. As simulações foram apresentadas em três cenários, os quais se diferem pelo método de financiamento do sistema fotovoltaico. São discutidos os impactos positivos e negativos da implantação destes sistemas, seja pela ótica do governo, da empresa gestora de energia elétrica e principalmente, pelo proprietário da residência. Os resultados indicam que, com incentivo do Governo, é viável financeiramente a implementação de sistemas solares fotovoltaicos em residências populares. As contribuições deste trabalho residem na discussão de alternativas de diversificação da matriz energética brasileira a partir da inserção da energia solar FV, em que cada cidadão pode contribuir para o desenvolvimento do país de uma maneira sustentável.*

Palavras-chave: *Energia solar, Moradia social, Energia renovável.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a demanda de energia elétrica no Brasil tem crescido rapidamente e calcula-se que será aproximadamente 52% maior em 2020 (Mme/Epe, 2011). A energia solar fotovoltaica poderia ser uma opção, já que o Brasil possui altos níveis de radiação solar (Salamoni, 2009). Por exemplo, considerando que a demanda brasileira em 2012 foi de 439.726 GWh (Epe, 2012a) e o total gerado de energia solar fotovoltaica na Alemanha no mesmo ano foi de 28.000 GWh (EcoD, 2013), se o Brasil tivesse a mesma potência fotovoltaica instalada isso representaria 6,36% da demanda nacional. Ainda se for considerado que o lugar mais ensolarado da Alemanha recebe 40% menos radiação solar que o lugar menos ensolarado do Brasil (Salamoni, 2009), a energia solar poderia representar aproximadamente 11% da demanda nacional, se a mesma potência atualmente existente na Alemanha fosse instalada em locais de maior incidência solar no Brasil. Como parâmetro de comparação, a usina hidroelétrica de Belo Monte irá gerar aproximadamente 10% do consumo nacional (Abrace, 2009).

De acordo com a entidade América do Sol (2013), a maior parte da população brasileira pensa em energia solar como sinônimo de aquecimento de água. É pouco conhecida no país a possibilidade de obter eletricidade a partir do sol. A introdução desta tecnologia na sociedade brasileira deve ser encorajada de tal forma que, a cada dia, se torne mais natural e intuitivo ao brasileiro.

2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA APLICADA À HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

De acordo com o Ministério do Planejamento (2013), a segunda etapa do programa Minha Casa, Minha Vida prevê que 100% das casas financiadas pelo governo federal utilizem energia solar para aquecer a água. Como mostrado na Fig. 1, as casas construídas pelo programa Minha Casa, Minha Vida tem aquecimento solar por meio da instalação os coletores, devem ser montados sobre o telhado com orientação de +30° ou -30° em relação ao Norte Geográfico (NG).



Figura 1 - Casas com aquecimento solar do programa "Minha casa, minha vida" do Governo Federal (Ciclo vivo, 2013).

Os telhados foram projetados para favorecer a incidência da radiação solar, portanto possuem inclinação e direção favorável ao sol. Esta estrutura poderia ser utilizada para a instalação de módulos fotovoltaicos de geração de energia elétrica. Por utilizar uma estrutura já existente, isto reduziria os custos de instalação bem como o custo de licenciamento ambiental.

O Governo Federal poderia arcar com parte do custo do sistema fotovoltaico e a empresa de energia elétrica pagaria o restante, visto que o governo atualmente arca com os custos dos sistemas de aquecimento solar em até R\$2000,00 por moradia (Caixa, 2013). Da energia gerada, uma porcentagem proporcional ao investimento do governo seria abatida da conta do proprietário da residência, criando desta forma um “Bolsa Família Solar”. O restante da energia seria revendida pela Empresa de energia elétrica, podendo ainda ser cobrada uma tarifa diferenciada (tarifa sócio-ambiental), em que as empresas que gostariam de ter sua marca associada a investimentos sociais e ambientais poderiam comprar a energia a um preço diferenciado.

Como mostrado na Tab. 1, em 2009 a Demanda Habitacional Total brasileira era de 9.297.214 domicílios (Caixa, 2012). Considerando que a capacidade instalada total de energia elétrica no Brasil alcançou, em 2013, 122,9 mil megawatts (MW) (Epe, 2012a), se em cada moradia social construída para sanar o déficit habitacional fosse instalado um sistema fotovoltaico de 2 kW, a potência total instalada no país seria de 2.350.832 kW, representando 1,91% da matriz energética nacional.

Tabela 1 - Evolução da Demanda Habitacional 2001 a 2009 (CAIXA, 2012).

ANO	QUANTIDADE DE DOMICÍLIOS	DHDE DEMANDA DEMOGRAFICA	DHDO DEMANDA DOMICILIAR	DHT DEMANDA TOTAL (DHDE + DHDO)	DHT DEMANDA TOTAL (DHDE + DHDO)/ Domicílios
2001	46.994.866	5.441.662	3.845.659	9.287.321	19,76%
2002	48.095.210	5.562.830	3.498.303	9.061.133	18,84%
2003	49.729.167	5.746.217	3.247.523	8.993.740	18,09%
2004	51.666.039	6.043.317	3.151.322	9.194.639	17,80%
2005	52.910.174	6.199.923	3.029.404	9.229.327	17,44%
2006	54.282.533	6.430.460	2.839.964	9.270.424	17,08%
2007	55.877.855	6.681.275	2.767.152	9.448.427	16,91%
2008	57.656.117	6.746.274	2.478.686	9.224.960	16,00%
2009	58.646.432	6.978.415	2.318.799	9.297.214	15,85%

Além das habitações atualmente construídas pelo programa, o projeto pode ser expandido para um maior número de casas, aumentando o potencial de telhados em que pode ser utilizada a energia solar fotovoltaica.

Do ponto de vista de produtividade, a maior parte do território nacional se encontra em áreas com alto índice de radiação solar, sendo algumas regiões mais privilegiadas (Montenegro, 2013). A menor produtividade do Brasil se encontra em Florianópolis – Santa Catarina. Sendo assim, uma situação hipotética será simulada na região de Florianópolis, pois caso o investimento se mostre viável nesta região, provavelmente ele será viável nas demais regiões do país.

2.1 Simulação - habitação de interesse social – Palhoça/SC

Para exemplificar a aplicação da energia FV em moradias sociais, um estudo de caso foi elaborado em um conjunto habitacional do Programa Minha Casa, Minha Vida. Como uma das piores incidências de radiação solar ocorre no litoral de Santa Catarina, a simulação será realizada nesta região. Desta forma, as outras áreas do país com maior radiação solar terão resultados ainda mais satisfatórios.

A cidade escolhida para a simulação foi Palhoça/SC, pois em 2011 durante o Programa de Aceleração do Crescimento 1 (PAC 1), esta cidade teve o maior número de contratos em Santa Catarina para construção de casas para o programa habitacional “Minha Casa, Minha Vida” (D.Catarinense, 2011).

O conjunto habitacional escolhido para exemplificar foi “Moradas Palhoça” (Fig. 2) com as seguintes características (Rudobens, 2013):

- Casas de 2 dormitórios;
- Área Privativa: De 40,47m² a 40,91m²;
- Número de Unidades: 470.



Figura 2 - Habitação do programa Minha Casa, Minha Vida - Moradas Palhoça (Rudobens, 2013)

O conjunto habitacional tem a vantagem da maior parte dos telhados estarem voltados pra o Norte geográfico e não possuir sistemas de aquecimento solar por enquanto. Desta forma, a área do telhado voltada para o Norte, aproximadamente 20 m² poderia ser totalmente utilizada para integração fotovoltaica. Para a área disponível em questão, 2,5 kW poderiam ser instalados em cada unidade habitacional, em 400 unidades chegando a 1 MW instalado.

A energia gerada por este sistema de 1 MW foi estimada por meio do *software PVsyst*. Este *software* foi desenvolvido em 1991 pela Universidade de Genebra e permite trabalhar com diferentes níveis de complexidade, desde um estágio inicial de representação até um sistema detalhado de simulação (Feup, 2011). Para iniciar a simulação são inseridas informações do sistema fotovoltaico, como potência desejada ou área de telhado disponível, e especificações técnicas dos módulos fotovoltaicos e inversores. O *software* utiliza dados de radiação que podem ser inseridos pelo usuário ou importados de fontes que possuem esta informação, também pode ser variada a inclinação do sistema fotovoltaico e o desvio em relação ao Norte do telhado.

Foram considerados sistemas independentes de 2,5 kW cada, empregando módulos fotovoltaicos policristalinos de 245 W (SHARP) e inversores de tensão monofásicos de 2,5 kW (SMA).

Após as simulações, constata-se que, para a região da Palhoça/SC a geração anual de um sistema de 2,5 kW seria de 3302 kWh/ano. Se for considerado que o custo de instalação para sistemas fotovoltaicos superiores a 1.000 kW no Brasil é de aproximadamente 5,2 R\$/W (EPE, 2012c), o investimento inicial a ser realizado pela empresa de energia elétrica seria de R\$5.200.000,00 para a instalação de um sistema de 1 MW.

De acordo com Montenegro (2013), para que se melhore a viabilidade do investimento em sistemas fotovoltaicos no meio urbano no Brasil é importante que seja abolida a cobrança de impostos sobre a energia FV injetada na rede elétrica, e que se criem pelos bancos públicos linhas de financiamento com juros abaixo da atual remuneração da poupança, para que efetivamente se viabilize economicamente a microgeração FV no Brasil.

A análise será realizada considerando o preço mínimo de leilão para que o empreendimento seja viável, ou seja, quando o Valor Presente Líquido (VPL) for positivo. Desta forma, foi variado o valor pago pelo kWh pelo leilão de energia, até se obter um VPL positivo.

De acordo com Hochheim (2002), o VPL de um fluxo de caixa é obtido pela soma de todos os valores do fluxo de caixa, trazidos para a data presente. Desta forma, descontam-se os valores futuros para a data presente e somam-se estes valores descontados com o valor do fluxo de caixa inicial. Como taxa de desconto, utiliza-se a TMA (Taxa de mínima atratividade). Neste caso, será utilizada uma TMA de 5,25% ao ano, equivalente ao rendimento da poupança em 2012 (Montenegro, 2013) e serão considerados 20 anos para o retorno de investimento, sendo que os sistemas tem duração de até 30 anos.

Três cenários serão simulados em que o governo terá participação investindo em parte do sistema fotovoltaico:

- Cenário 1: Empresa de energia elétrica arca com todos os custos dos sistemas fotovoltaicos (2,5 kW por moradia) e vende toda a energia gerada.
- Cenário 2: Governo arca com 60% dos custos dos sistemas fotovoltaicos (1,5 kW por moradia) e empresa de energia elétrica arca com 40% (1 kW por moradia). O consumidor utiliza 40% da energia gerada por moradia e a empresa de energia elétrica vende os 60% restantes. A manutenção e gestão do sistema fotovoltaico será realizada pela empresa e como contra-partida arcará com menor parte dos custos do sistema e venderá uma maior parcela.

- Cenário 3: Governo arca com 60% dos custos dos sistemas fotovoltaicos (1,5 kW por moradia) e a empresa de energia elétrica arca com 40% (1 kW por moradia). O consumidor utiliza 20% da energia gerada por moradia e a empresa de energia elétrica vende os 80% restantes.

2.1.1 Cenário 1

Na primeira situação a empresa de energia elétrica arcaria com todos os custos de instalação dos sistemas fotovoltaicos e venderia toda a energia gerada em leilões, como mostrado na Fig. 3.

Para que o empreendimento fosse viável, o valor pago pelo MWh deveria ser de R\$300,00 em Goiânia e R\$385,00 em Palhoça. A Fig. 3 mostra qual deveria ser o valor MWh vendido em Leilões de energia para que o investimento feito pela Empresa de energia elétrica fosse viável em cada capital e Palhoça/SC.

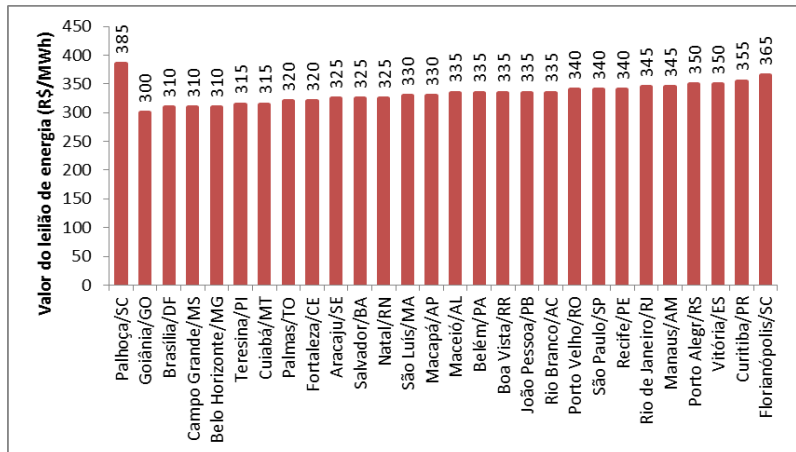
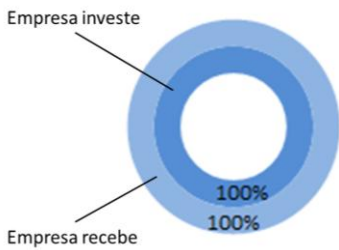


Figura 3 - Forma de investimento e valores de leilão - Cenário 1

2.1.2 Cenário 2

Para viabilizar o investimento, uma opção seria custear parte do sistema pelo Governo, no início da construção das casas populares. Como colocado anteriormente, atualmente o Governo arca com os custos dos sistemas de aquecimento solar em até R\$2.000,00 por moradia (Caixa, 2013)

Se o Governo bancasse 60% do sistema fotovoltaico e o morador utilizasse 40% da energia gerada (Fig. 4). A empresa de energia elétrica bancaria os 40% restantes e poderia vender 60% da energia gerada posteriormente.

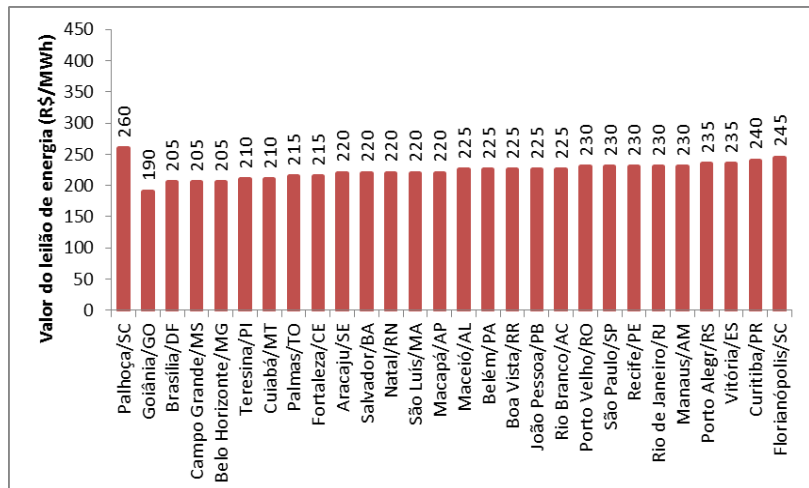
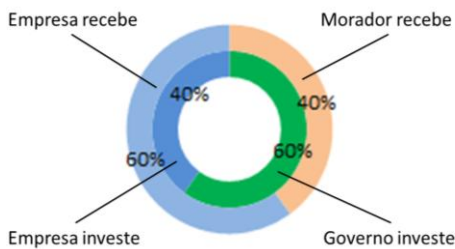


Figura 4 - Forma de investimento e valores de leilão - Cenário 2

Desta forma, existiria algum benefício para o morador, seu telhado seria usado pela empresa de energia elétrica, mas parte da energia gerada seria aproveitada pelo dono da moradia. Além disso, em caso de falha ou necessidade de reparos, a empresa de energia elétrica, que investiu neste sistema FV, seria responsável pela manutenção.

Com parte do sistema sendo pago pelo Governo, o preço de venda em leilão para que o investimento seja viável reduziu em 33% comparado ao cenário anterior, como pode ser observado na Fig. 4.

2.1.3 Cenário 3

Se o Governo bancasse 60% do sistema fotovoltaico e o morador utilizasse apenas 20% da energia gerada. A empresa de energia elétrica bancaria os 40% restantes e poderia vender 80% da energia gerada posteriormente, como representado na Fig. 5.

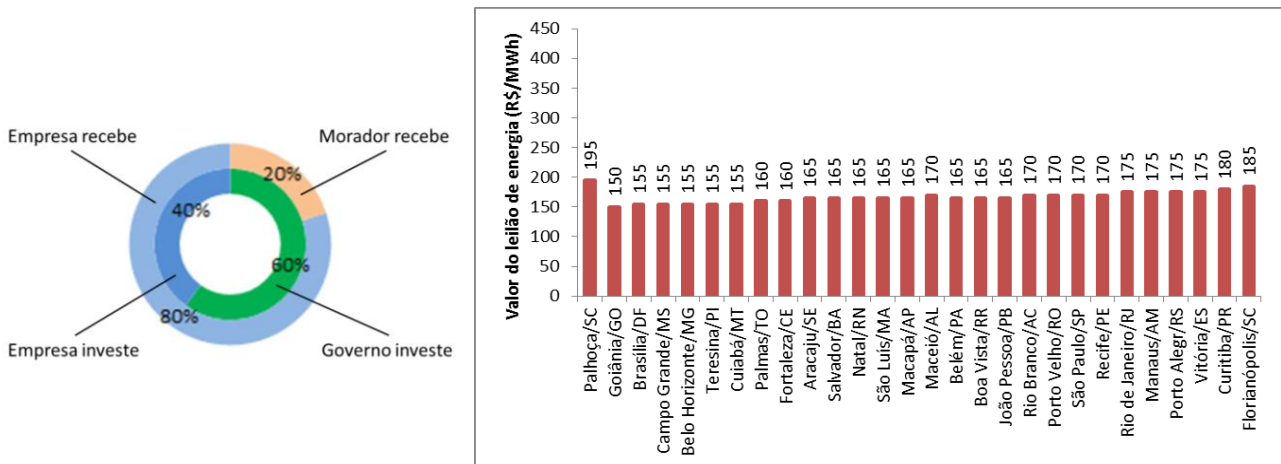


Figura 5 – Forma de investimento e valores de leilão - Cenário 3

Desta forma, pode-se observar na Fig. 5 que o preço de venda em leilão poderia ser reduzido pela metade quando comparado ao cenário 1, chegando a 150 R\$/kWh em Goiânia/GO e 195 R\$/kWh em Palhoça/SC. Estes valores se mostram próximos ao custo de geração de outras fontes de energia, ou até mesmo mais barata quando comparada ao carvão mineral, por exemplo, com custo estimado de 180 R\$/MWh (Abcm, 2013).

2.2 Aspectos e impactos do estudo de caso

Serão analisados neste artigo os aspectos e impactos sociais, ambientais e econômicos da implantação sistemas fotovoltaicos em residências de baixa renda. Além disso, a utilização de energia solar será comparada com o uso de outras fontes de energia convencionais, como hidroelétrica e termoe elétrica.

2.2.1 Aspectos e impactos econômicos

De acordo com a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (Abradee, 2013), as principais perdas de energia elétrica, durante a distribuição, ocorrem por motivos técnicos e comerciais. As perdas por motivos técnicos é devido ao aquecimento dos fios condutores de energia, em decorrência da própria passagem da eletricidade, o chamado “Efeito Joule”. Quanto maior a distância entre geração e consumo de energia, maior será a esta perda.

As perdas comerciais apresentam duas modalidades: furto e fraude de energia. O furto de energia ocorre quando o consumidor faz uma conexão ilegal no sistema de distribuição, não pagando pela energia consumida. Na fraude, o consumidor é registrado por parte da distribuidora, mas faz adulterações em seu sistema de fiações elétricas pagando menos que a real energia consumida (Abradee, 2013).

Na Fig. 6 observa-se um crescimento das perdas comerciais entre 2000 e 2012. Já as perdas técnicas se mantiveram constantes neste período.

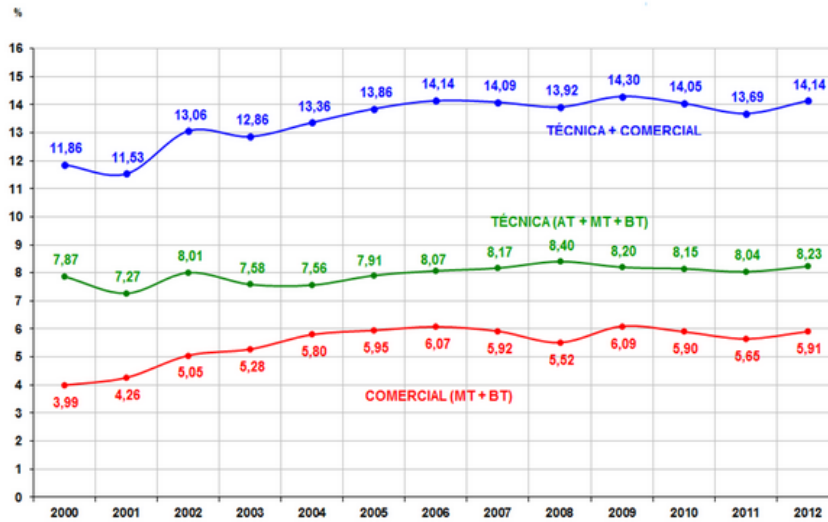


Figura 6 - Percentual de perdas em relação à energia injetada no sistema (Abradee, 2013).

Quanto ao consumo domiciliar de energia, são consideradas as informações do Procel (2005) em relação a região Sul do Brasil, onde o consumo é proporcional à área construída da moradia.

- Faixa 1: 0-200 kWh/mês, área entre 51-75m²;
- Faixa 2: 201-300 kWh/mês, área entre 76-100m²;
- Faixa 3: >300 kWh/mês, área entre 101-150m².

Supondo que a moradia em questão possui 40 m², será considerada uma demanda mensal de 100 kWh.

Ainda de acordo com Procel (2005), o consumo diário em uma residência ocorre principalmente pela utilização do chuveiro elétrico. Como nas casas analisadas já existe aquecimento solar, determinado pelo PAC2 (Ministério do Planejamento, 2013), a carga do chuveiro é desconsiderada. Desta forma o consumo mensal de uma residência é de 76 kWh, subtraindo 24% de consumo do chuveiro.

Um sistema fotovoltaico de 1 kW gera aproximadamente 90 kWh de energia elétrica ao mês (de acordo com simulações anteriormente realizadas no *software PVsyst*). Sendo assim, toda energia consumida pela casa é gerada pelo sistema fotovoltaico. Durante o dia, a energia gerada pelo sistema FV é maior do que a consumida pela moradia. Durante a noite, a residência consome energia da rede elétrica convencional. Devido a este fato, são consideradas apenas metade das perdas de distribuição..

Segundo Aneel (2013), na conta de energia elétrica cobrada ao proprietário da residência, a divisão de custos se faz da seguinte forma: compra de energia, custo de transmissão, custo de distribuição, encargos e tributos (Fig. 7).

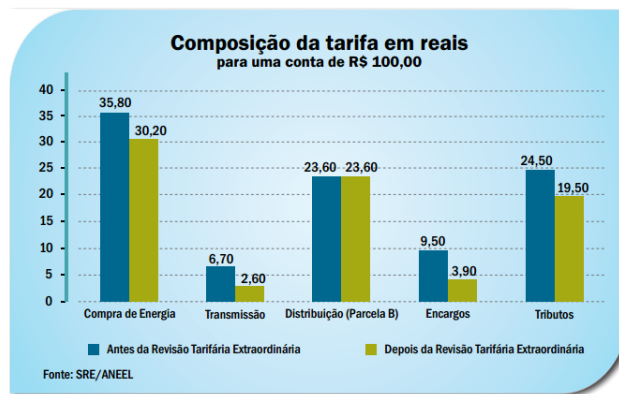


Figura 7- Valores pagos na conta de energia elétrica (ANEEL, 2013).

No gráfico elaborado pela Aneel (2013), os custos são calculados com base em uma conta de energia elétrica de R\$100,00, porém se observa que a soma dos custos depois da revisão da tarifa resulta em R\$79,80. Para calcular o R\$/MWh de cada custo inserido na conta, o seguinte cálculo é realizado:

- Valor da tarifa da para residências, foi utilizado valores da Celesc, já que o caso esta sendo simulado em Palhoça/SC;
- Cálculo de qual seria o consumo em MWh/mês desta residência hipotética, a partir da tarifa;
- Qual valor de cada custo inserido em R\$/MWh.

Considerando que a tarifa para uma residência considerada normal é de 0,30017 R\$/kWh (Celesc, 2007), o cálculo final é resumido na Tab. 2.

Tabela 2 - Custos de compra de energia, transmissão e distribuição.

Residência normal	
Tarifa CELESC (R\$/kWh)	0,30017
Valor da conta de energia (R\$)	79,8
Consumo (kWh)	265,84935
Consumo (MWh)	0,2658494

	Valores do gráfico R\$79,80	R\$/MWh
Compra de energia	30,2	113,60
Custo de Transmissão	2,6	9,78
Custo de Distribuição	23,6	88,77
Encargos e tributos	23,4	88,02
Total	79,80	300,17

A partir destes dados é possível fazer um cálculo de quanto é o custo total da energia para uma moradia social, considerando não apenas custo de geração, mas também, transmissão, distribuição, perda técnica e perda comercial. Para efeito de comparação são consideradas as fontes: hídrica (proveniente de Itaipu), térmica a carvão (proveniente de Jorge Lacerda) e fotovoltaica instalada na casa do morador.

Algumas observações devem ser feitas para um melhor entendimento da Tab. 3:

- O custo de perda comercial não foi considerado para FV, pois ele representa furto de energia da rede (Abradee, 2013), como neste caso o morador terá toda sua energia suprida pela fonte solar, provavelmente isso não ocorrerá.
- O custo de perda técnica foi calculado pela metade, pois a energia geralmente será transmitida pela rede apenas durante a noite, já que o sistema FV irá gerar energia durante o dia.
- No caso da termoeétrica, foi considerado o preço do carvão mineral, já que a usina de Jorge Lacerda é movida a esta fonte. O custo estimado do carvão mineral é de 180 R\$/MWh (Abcm, 2013).
- O custo da fonte hídrica é de 102R\$/MWh, de acordo com MME (2011), e a energia solar tem um preço aproximado de 300 R\$/MWh (Epe, 2012b).
- Os custos por perda técnica e perda comercial são resultado da multiplicação das porcentagens de cada perda pelo custo de distribuição, já que estas perdas ocorrem na distribuição (Abradee, 2013).

Tabela 3 - Custos para cada fonte estudada

Custo de transmissão	R\$/MWh	9,78
Custo de distribuição	R\$/MWh	88,77
Perda técnica	%	8,23%
Perda comercial	%	5,91%

	Unidade	Hidroelétrica	Termo - carvão	FV
Custo de geração	R\$/MWh	102,00	180,00	300,00
Custo de transmissão	R\$/MWh	9,78	9,78	9,78
Custo de distribuição	R\$/MWh	88,77	88,77	88,77
Custo por perda técnica	R\$/MWh	7,31	7,31	3,65
Custo por perda comercial	R\$/MWh	5,25	5,25	
Custo total por MWh	R\$/MWh	213,10	291,10	402,20
Custo total por casa/mês	R\$	16,20	22,12	30,57

Com este cálculo é possível constatar que a diferença entre o custo da FV em relação a outras fontes reduz quando são considerados custos de transmissão, distribuição e perdas associadas. Isso ocorre pelo fato da energia solar ser gerada próxima ao ponto de consumo.

Tendo como base a energia hídrica, a energia solar se mostra 194% mais cara, mas se forem considerados os outros custos, esta diferença cai para 89%.

Comparando a energia proveniente de uma termoeétrica a carvão com a fotovoltaica, constata-se que inicialmente a FV é 67% mais cara do que a fonte térmica. Quando considerados os outros custos envolvidos, esta diferença reduz para 38%.

Ambos os casos são mostrados nas Fig. 8 e 9.

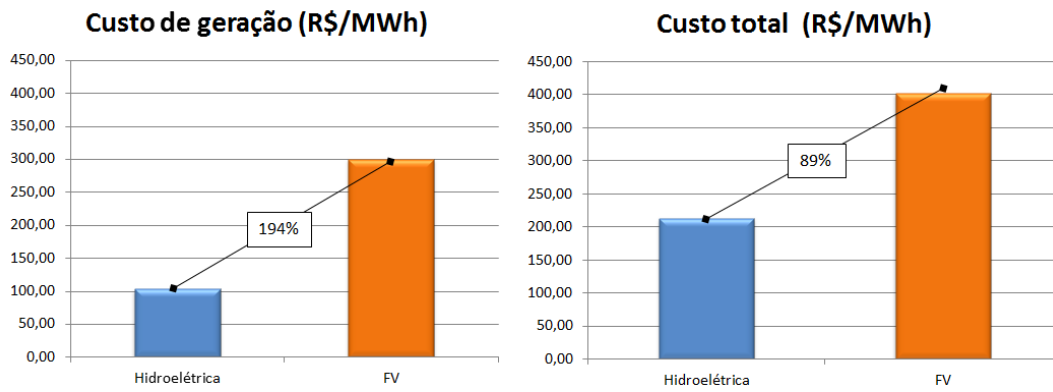


Figura 8 – Comparação de custos entre energia fotovoltaica e hidroelétrica.

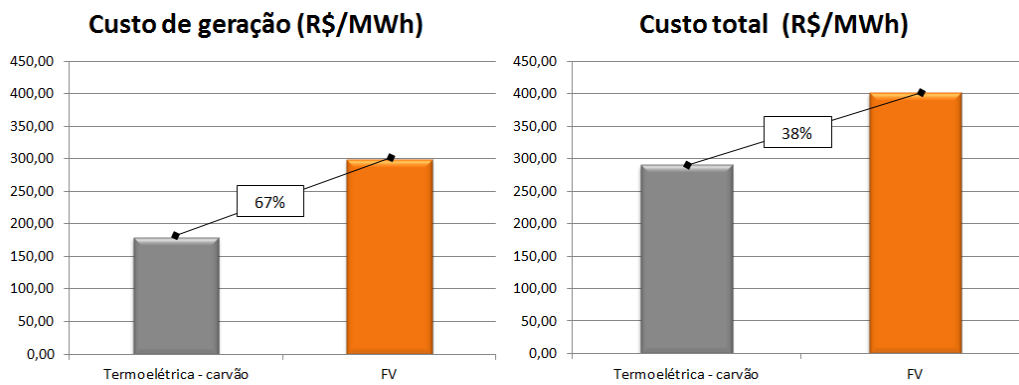


Figura 9 - Comparação de custos entre energia fotovoltaica e termoelétrica.

2.2.2 Aspectos e impactos sociais

O principal impacto social da utilização da energia solar fotovoltaica aplicada em habitações de interesse social é a economia financeira na conta de energia elétrica do morador. Por gerar toda a energia que a residência consome, é necessário apenas o pagamento de uma taxa mínima cobrada pela concessionária, impactando positivamente na situação econômica do morador de baixa renda.

De acordo com Araújo (2007), quanto maior o grau de estudo e desenvolvimento da população, menores são os índices de perdas de energia, ou seja, o furto de energia geralmente é realizado por moradores de baixa renda e com baixa escolaridade. Com a utilização de solar FV em casas populares, provavelmente não haveria furto de energia e desta forma seriam evitados acidentes e incêndios causados por conexões ilegais a rede elétrica de energia.

Por outro lado, o alto custo de produção de energia poderia fazer com que a preço cobrado ao consumidor fosse elevado, causando um impacto negativo na sociedade.

Outro fator que desfavorece a energia solar fotovoltaica é a intermitência, não é sempre que se consegue gerar energia elétrica a partir do sol. Quando comparado às outras fontes estudadas, a energia solar não oferece segurança energética, ou seja, a demanda pode acabar não sendo atendida quando necessário, gerando um impacto negativo à sociedade.

2.2.3 Aspectos e impactos ambientais

Com a utilização de energia solar fotovoltaica em habitações sociais, podem ser citados como aspectos e impactos ambientais, a menor geração de energia graças à redução de perdas por transmissão devido à produção de energia próxima ao ponto de consumo. Considerando que estas habitações são geralmente construídas longe das grandes cidades, devido ao menor custo do terreno, as perdas por transmissão e distribuição devem ser levadas em conta.

Quando comparada a geração de energia proveniente de Itaipu (hidroelétrica) e Jorge Lacerda (Termoelétrica), observa-se que esta primeira está distante 900 km do ponto de consumo (Palhoça) e a segunda é distante em 100 km deste mesmo ponto. Desta forma, mais energia precisa ser gerada para atender uma mesma demanda devido às perdas por transmissão, ou seja, será necessário mais carvão no caso da termoelétrica e mais área alagada o caso da hidroelétrica.

A Tab. 4 mostra de forma sucinta os impactos sociais, ambientais e econômicos do estudo de caso.

Tabela 4 - Impactos associados a cada fonte de energia estudada

Impactos ambientais		Impactos sociais		Impactos econômicos		
Positivos	Negativos	Positivos	Negativos	Positivos	Negativos	
Baixa emissão de CO2 por kWh;	Distante do ponto de consumo. Necessidade de vasta área alagada, impactando na biodiversidade local.	Baixo custo da energia elétrica. Segurança energética.	Necessidade de vasta área alagada e desapropriação de terras de povos indígenas e ribeirinhos.	Baixo custo por energia gerada. Segurança energética.	Custo por perdas na transmissão de energia, maior distância entre geração e ponto de consumo entre as opções analisadas (900km).	Hidroelétrica - Itaipu
	A mais alta emissão de CO2 por kWh entre as fontes de energia analisadas;	Segurança energética.	Maior número de mortes por energia gerada, devido à emissão de poluentes; Menor número de empregos criados por MW.	Segurança energética.	Custo por perdas na transmissão de energia, distância entre geração e ponto de consumo de 100km.	Térmica - Jorge Lacerda
Menor quantidade de energia gerada, devido a redução de perdas pro transmissão. Baixa emissão de CO2 por kWh;	Descarte após 30 anos de uso, apenas parte é reciclada.	Melhora na qualidade de vida devido a redução dos custos com a energia elétrica. Incêndios evitados pela redução de furto de energia.	Alto custo da energia elétrica.	Custo reduzido por perda comercial (furto de energia elétrica). Menor custo por perda técnica (perda por transmissão de energia)	Elevado custo de geração de energia.	Solar Fotovoltaica - habitação social

3. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram analisados os aspectos e impactos associados à utilização da energia solar fotovoltaica em moradias de interesse social do programa do governo “Minha Casa, Minha Vida”. Para fins de comparação foram enumerados os principais aspectos e impactos ambientais, sociais e econômicos das principais fontes de energia utilizadas no Brasil, assim como a energia solar fotovoltaica.

Como incentivo à energia fotovoltaica, foi simulada a utilização desta tecnologia em várias cidades do país nas habitações para população de baixa renda. Por meio dos resultados das simulações foram propostas formas de investimento por parte do Governo junto a empresas do setor de energia elétrica e ao proprietário da residência. Posteriormente enumeraram-se os aspectos e impactos ambientais, sociais e econômicos envolvidos nestas simulações, para o caso de habitações sociais na cidade de Palhoça/SC. Também foi comparada a fonte solar, gerada localmente, com outras fontes de energia geradas em locais distantes.

Conclui-se que a energia solar fotovoltaica possui custo de geração elevado em relação a outras fontes, mas ao serem consideradas perdas por distribuição e furto de energia, esta fonte se mostra competitiva. Do ponto de vista social e ambiental, esta fonte se apresenta ainda mais atrativa, contribuindo para o aumento da qualidade de vida com a geração de renda de forma descentralizada, redução das emissões de gases poluentes, geração de energia próxima ao ponto de consumo, sem a utilização de combustíveis fósseis ou alagamento de áreas extensas.

A adoção da proposta deste artigo permite o Governo desenvolver a indústria fotovoltaica nacional, diversificando a matriz energética brasileira. A empresa gestora de energia elétrica ganha na medida em que reduz suas perdas por furto de energia e conseqüentemente aumenta seus lucros. Por fim, o cidadão tem o custo de vida reduzido, aumenta sua qualidade de vida e contribui para um desenvolvimento sustentável da sociedade.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do setor de energia elétrica regulado pela ANEEL e à Eletrosul pelo suporte financeiro ao projeto. Este artigo está relacionado ao projeto “Implementação de um Complexo Fotovoltaico na Sede da Eletrosul buscando Arranjo Tecnológico, Comercial e Normativo Viável”, da chamada nº 013/2011 da ANEEL.

REFERÊNCIAS

Abcm, 2013. Associação brasileira de carvão mineral. Térmicas a carvão precisam de preço-teto de R\$ 180 por MWh. Acessado em 13 de Novembro de 2013, disponível em: http://www.carvaomineral.com.br/interna_noticias.php?i_conteudo=222

- Abrace, 2009. Uma introdução ao setor elétrico.
- Abradee, 2013. Furto e Fraude de Energia. Acesso em 16 de Outubro de 2013, disponível em <http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/perdas/furto-e-fraude-de-energia>
- América do sol. Mercado brasileiro. Acesso em 13 de Setembro de 2013, disponível em América do Sol: <http://www.americadosol.org/potencial-brasileiro/>
- Aneel, 2013. Por dentro da conta de luz: informação de utilidade pública. 6ª Edição. Brasília.
- Araujo, A. C., 2007. Perdas e inadimplência na atividade de distribuição de energia elétrica no Brasil. Rio de Janeiro.
- Caixa, 2011. O sistema de aquecimento solar no programa minha casa minha vida. Campinas.
- Caixa, 2012. Demanda habitacional no brasil. Brasília.
- Caixa, 2013. Termo de referência sistemas de aquecimento solar de água - SAS. Acesso em 21 de Junho de 2013, disponível em: http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/desenvolvimento_urbano/gestao_ambiental/tr_sas_mcmv2.pdf..
- Celesc, 2007. Tabela de preços CELESC.
- CICLO VIVO, 2012. Minha casa minha vida pode ter energia solar. Acesso em 30 de Agosto de 2013, disponível em http://www.ciclovivo.com.br/noticia/minha_casa_minha_vida_pode_ter_sistema_de_energia_solar
- Diário catarinense, 2011. Palhoça tem o maior número de contratos para construção de casas por programa habitacional. Acesso em 11 de Setembro de 2013, disponível em <http://diariocatarinense.clicrbs.com.br/sc/noticia/2011/01/palhoca-tem-o-maior-numero-de-contratos-para-construcao-de-casas-por-programa-habitacional-3177461.html>
- EcoD, R., 2013. Acesso em 28 de Agosto de 2013, disponível em <http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2013/janeiro/com-producao-recorde-energia-solar-na-alemanha#ixzz2dC21MW6D>
- Epe, 2012a. Projeção da demanda de energia elétrica. Rio de Janeiro.
- Epe, 2012b. Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. Rio de Janeiro.
- Epe, 2012c. Balanço Energético Nacional - Ano base 2011. Rio de Janeiro.
- Feup, 2011. Caso Prático - Dimensionamento de sistema ligado à rede em moradia no Porto. Acesso em 17 de Setembro de 2013, disponível em Utilização de Energia Fotovoltaica para a Eficiência Energética de uma Moradia: <http://filipefs.weebly.com/caso-praacutetico.html>
- Hochheim, N. , 2002. Engenharia Econômica. Curso do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia, Florianópolis.
- Ministério do planejamento, 2011. PAC 2. Acesso em 30 de Agosto de 2013, disponível em: <http://www.pac.gov.br/noticia/3fccf547>.
- Mme, 2011. Resultados dos leilões regulares de compra de energia elétrica (A-3, A-5 e energia de reserva).
- Mme/Epe, 2011. Plano Decenal de Expansão de Energia 2020. Brasília.
- Montenegro, A., 2013. Avaliação do retorno do investimento em sistemas fotovoltaicos integrados a residências unifamiliares urbanas no Brasil, Florianópolis/SC. Dissertação de Mestrado, PPGEC-UFSC.
- Procel, 2005. Pesquisa de posse de equipamentos e hábito de uso - Região Sul. Rio de Janeiro.
- Rudobens. Acesso em 11 de Setembro de 2013, disponível em http://rodobensimoveis.com.br/sc/palhoca/casas-de-2-dorms/moradas-palhoca/?utm_source=MinhaCasaMinhaVida&utm_medium=HotSite&utm_campaign=MCMV
- Salamoni, I.T., 2009. Um programa residencial de telhados solares para o Brasil: diretrizes de políticas públicas para a inserção da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica. Florianópolis/SC. Tese de Doutorado, PPGEC-UFSC.

PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY APPLIED TO SOCIAL HOUSING - STUDY OF SOCIAL, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS

Abstract. *The Brazilian energy demand is growing fast, and it is necessary to invest in new energy generation plants. However, most sources of power generation commonly used in Brazil have significant environmental and social impacts. In this context, solar photovoltaic energy is presented as a renewable, low-impact option for society and the environment. The overall goal of this work is to analyze the impacts of the implementation of solar photovoltaic systems in the social housing program "My House, My Life" (Minha Casa, Minha Vida), from the point of view of economic, society and environment. For this, simulations of photovoltaic systems in social housing were performed, using PVsyst software. The simulations were presented in three scenarios, which differ by the method to finance the PV system. The positive and negative impacts of the implementation of these systems are listed, whether from the perspective of the government, of the Energy Company and the owner of the residence. The results indicate that with encouragement from the Government is financially viable the implementation of solar photovoltaic systems in social housing. The contributions of this work lie in the discussion of alternatives for diversifying the Brazilian energy grid by the inclusion of solar PV energy, in which each citizen can contribute to the country's development in a sustainable way.*

Key words: Solar Energy, Social Housing, Renewable Energy.