

ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTVOLTAICA EM UMA RESIDÊNCIA DA ZONA RURAL

DIONE DA COSTA OLIVEIRA¹, RAFAEL ELER DE SOUZA², GUILHERME GABRIEL DA SILVA³.

¹Acadêmico de Engenharia Civil da Faculdade Vértice, Técnico em Edificações Pela Escola Técnica Vértice, Bolsista de Iniciação Científica da Fapemig. dionecostaexatas@gmail.com

²Mestre em Engenharia dos Materiais pela Rede Temática em Engenharia de Materiais (REDEMAT), Graduado em designer de produtos pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). rafaeleller.d@gmail.com

³Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). guigabriel.silva@gmail.com

RESUMO

Nos últimos anos, com o aumento da dependência do uso de termoelétricas e com o sobre-carregamento dos sistemas hidrelétricos, as discussões sobre a implantação de células fotovoltaicas para residências vem ganhando maior evidência. Ademais, a falta de informações e alguns tabus ainda carecem ser desmistificados no intuito da inclusão de novas alternativas em projetos residenciais, visto que, em muitos casos, os valores de implantação são uma fração do valor da edificação e amortizado com o decorrer dos anos. No decorrer do artigo será abordado o consumo elétrico médio de uma casa tipicamente da classe C, analisando a implantação do kit fotovoltaico e seus impactos positivos à natureza. Será analisado o consumo mensal (KW) dessa residência que, através do serviço “portal solar”, gerará a ficha técnica do gerador com informações detalhadas, incluindo seu valor monetário médio e o tempo para amortização do investimento em anos de produção.

Palavras-chave: Energias renováveis; Célula fotovoltaica; Energia solar.

PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY SYSTEM IMPLEMENTATION ANALYSIS IN THE RESIDENCE FROM THE RURAL AREA

ABSTRACT

In last years, with increasing dependence on the use of thermoelectric plants and the over-charging of hydroelectric systems, discussions on the implementation of photovoltaic cells in the residences have been gaining more evidence. Furthermore, the lack of information and some taboos will need to be demystified in order to include new alternatives in residential projects, since in many cases the values of implantation are a fraction of the amount of the building and amortized over the years. The discourse will address the average electric consumption of a typical class C home containing televisions, refrigerator, notebook, washing machine and others, analyzing the implantation of the photovoltaic kit and its positive impacts to nature. It will be analyzed the monthly consumption (KW) of this residence, which through the "solar portal" service, will be generate the detailed datasheet from the photovoltaic kit. It including an

average monetary value, and the lifetime for the amortization from the investment on years of the production.

Keywords: Renewable energy; Photovoltaic cell; Solar energy.

1 INTRODUÇÃO

As discussões sobre a implantação de células fotovoltaicas para residências eram rodeadas de tabus como normalização, falta de mão de obra e preço. Rompidos esses empecilhos, a discussão se torna inevitável visto que o apelo social e ecológico é evidente. Segundo ONUDI (2015), ainda que o clima da Terra sempre tenha sofrido mudanças naturais, agora, pela primeira vez, a atividade humana é a principal força que afeta esse processo, com consequências potencialmente drásticas, isso ocorre, pois todos os dias fazemos a utilização de enormes volumes de combustíveis fósseis na forma de gasolina, petróleo, carvão e gás natural, liberando dióxido de carbono. Isto, junto a outras emissões geradas pela atividade humana, como o metano e o óxido nitroso, acentuam o “efeito estufa” natural que torna a Terra um planeta habitável.

De acordo com dados da Eletrobrás, as reservas de combustíveis fósseis de boa qualidade no Brasil são poucas. Avalia-se que as reservas brasileiras de petróleo sejam suficientes para 22 anos e somente 23% do potencial hidrelétrico é aproveitado, tendo sua maior capacidade na região Amazônica, em que a inundação de enormes áreas para a construção de reservatórios das hidrelétricas poderia trazer como resultado uma catástrofe ambiental (SANTOS, 2013). E Palz (2011) acrescenta que, nas últimas quatro décadas, o consumo final de energia no Brasil registrou um crescimento de 3,0% ao ano.

A conversão da energia solar diretamente em eletricidade, em um processo limpo, silencioso e realizado no próprio local do consumo vai ao encontro de uma grande aspiração da sociedade moderna. Principalmente em uma época em que os principais processos de produção e transporte da eletricidade são alvos de críticas, devido aos impactos ambientais que provocam (ALVARENGA, 2001).

Varella *et al.* (2008) acredita que esse estímulo, além de aumentar a participação da energia solar na matriz energética, poderá auxiliar na melhoria de sua competitividade econômica, frente às fontes convencionais, através do incentivo à indústria nacional, trazendo, ainda, grandes benefícios ao meio ambiente e à sociedade brasileira.

Visto o rápido crescimento demográfico, inclusive em zonas rurais, em que as moradias muitas vezes chegam antes da urbanidade, nasce a necessidade do texto no intuito de guiar a viabilidade de um sistema fotovoltaico autônomo em detrimento ao cabecamento quando as regiões estão afastadas ou impossibilitadas. Assim, o objetivo deste estudo é a análise de viabilidade na implantação de kits para obtenção de energia elétrica para uma residência típica da zona rural. Avaliando o consumo médio e com o referencial da análise de custo para implantação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Durante todo o século XX, a significativa oferta de energia obtida principalmente a partir dos combustíveis fósseis como petróleo e carvão mineral deu suporte ao crescimento e às transformações da economia mundial, com notáveis prejuízos ambientais, em especial contribuindo com a emissão de dióxido de carbono e outros

gases de efeito estufa. Entretanto, nos primeiros anos do século XXI, percebeu-se a necessidade de modelos de desenvolvimento sustentáveis de geração de energia (ANEEL, 2009).

Segundo Bolibahiano (2004), embora a energia solar seja a maior fonte de energia recebida pela Terra, sua intensidade na superfície da Terra é na verdade muito baixa, devido à grande distância entre a Terra e o sol e ao fato de que a atmosfera da Terra absorve e difunde parte da radiação (fig. 1). Até mesmo em um dia claro, a energia que alcança a superfície da Terra é de apenas 70% do seu valor nominal. Sua intensidade varia de acordo com a região do planeta, com a condição do tempo e com o horário do dia.

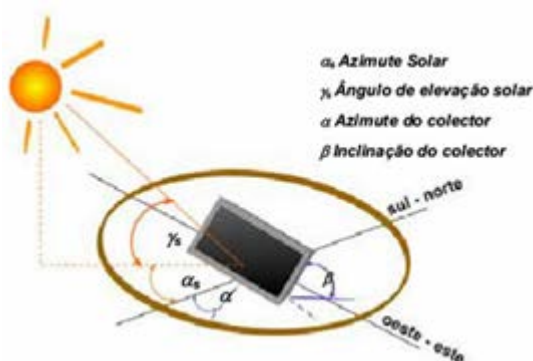
Figura 1 - Componentes da radiação solar ao nível do solo.



Fonte: BOLIBAHIANO, 2004.

Para determinar os dados de radiação e a energia produzida pelas instalações solares, é necessário o conhecimento exato da localização do sol. De acordo com a Figura 2, a localização do sol pode ser definida em qualquer local, pela sua altura e pelo seu azimute. No campo da energia solar, o Sul é referido geralmente como $\alpha = 0^\circ$. O símbolo negativo é atribuído aos ângulos orientados a Leste (Leste: $\alpha = -90^\circ$) e o símbolo positivo aos ângulos orientados a Oeste (Oeste: $\alpha = 90^\circ$) (ANTUNES, 1999).

Figura 2 - Representação de ângulos nas técnicas solares.



Fonte: BOLIBAHIANO, 2004.

Segundo Alvarenga (2014), a conversão da radiação do Sol diretamente em eletricidade é feita usando-se o efeito fotovoltaico, observado já em 1839 por Edmond Becquerel: o surgimento de uma diferença de potencial nas extremidades de uma estrutura semicondutora quando fazia incidir uma luz sobre ela. Apesar de, em 1876, já ter sido construído um primeiro dispositivo prático, somente em 1956 foram construídas

as primeiras células fotovoltaicas industriais, impulsionadas pelas novas descobertas da microeletrônica.

Costa *et al.* (2000) e Fadigas (1993) afirmam que, para saber se a energia solar é um investimento economicamente viável, é necessário recorrer ao uso de modelos de análise que avaliem tanto os custos do investimento quanto os seus benefícios decorrentes.

Dentre os métodos econômicos disponíveis, podem-se citar os mais comuns, que são: o da taxa de retorno, o da relação custo/benefício, o do tempo de retorno e o do custo da vida útil.

Os métodos de avaliação econômica de sistemas energéticos diferem essencialmente na maneira em que relacionam custos e benefícios que, mesmo ligados entre si, não são necessariamente excludentes, pois tratam de tipos diferentes de decisões de investimentos. Assim, para alguns tipos de decisões, a escolha de um método é mais importante do que a de outro (HIRSCHEFELD, 1996).

3 METODOLOGIA

O sistema fotovoltaico escolhido é o *off-grid* que não depende da rede elétrica convencional para funcionar, sendo possível sua utilização em localidades carentes de rede de distribuição elétrica. Existem dois tipos de autônomos: com armazenamento e sem armazenamento. O primeiro pode ser utilizado em carregamento de baterias de veículos elétricos, em iluminação pública e, até mesmo, em pequenos aparelhos portáteis (VILLALVA & GAZOLI, 2012). Ainda segundo Dazcal e Mello (2008), são dispositivos responsáveis por fazer o armazenamento da energia elétrica gerada pelos módulos, com o intuito de suprir a sua demanda na ausência da radiação solar. Com isso, podem ser consideradas de extrema importância, já que a radiação solar não ocorre nos períodos noturnos e é reduzida em dias nublados. Enquanto o segundo, além de ser frequentemente utilizado em bombeamento de água, apresenta maior viabilidade econômica, já que não utiliza instrumentos para o armazenamento de energia (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

Para Manrique, Monroy & Cardona (2015) existem duas maneiras de dimensionar o sistema fotovoltaico: o primeiro, com base na disponibilidade econômica para determinar a capacidade de energia da planta e o outro com base na demanda de energia para conhecer o custo total da instalação.

Para realizar o dimensionamento técnico deste projeto, baseou-se na demanda de energia média de uma residência localizada na zona rural. O levantamento de equipamentos gerais, quantidades, potência, horas por dia de utilização juntamente com o valor em Wh/dia de cada equipamento foi feito com o auxílio da Calculadora *Off-Grid* do site especializado neosolar. Ademais, o total de potência diária (Wh/dia) também foi calculado juntamente com o tamanho aproximado do sistema fotovoltaico (W_p) levando em consideração que o total de horas de sol durante os dias cheguem a 5, como é mostrado abaixo.

Em seguida, foi utilizado o simulador solar de outra empresa especializada em venda de equipamentos solares: a Portal Solar, sendo feito o levantamento da ficha técnica mais aprofundada desse gerador. Nesse levantamento, foi utilizada a potência diária (Wh/dia) definida anteriormente e multiplicada pelo número de dias presentes em

um mês (optamos pelo número 31) para que fosse descoberto o consumo mensal em kW/h.

Figura 03 – Radiação solar global.



Fonte: NEOSOLAR, 2017.

Com esses dados, será possível saber o preço médio do gerador juntamente com as gerações mensal e anual de energia. Em posse do valor anual de geração de energia, o produto do mesmo com seu valor unitário em determinada região, concluiremos o valor em reais (R\$) médio, gastos anualmente. Em seguida, para se verificar a viabilidade, o valor médio do gerador para essa situação será dividido pelos gastos anuais, o que nos permitirá concluir o tempo de retorno.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a classe familiar estudada, foi feito o levantamento de equipamentos, potências e consumos diários, disponíveis nas Tabelas 01 e 02.

Tabela 01 – Equipamentos gerais.

Equipamentos Gerais	Quantidade	Potência (W)	Horas por dia (h)	Consumo diário (Wh/dia)
Lâmpada 313 W	10	13	04	520
TV 40" LED	02	150	03	900
Parabólica	02	25	03	150
Carregador	03	70	2	420
Notebook	01	80	5	400
SOM	01	60	03	180
MICROONDAS	01	800	0,2	160

Na Tabela 02, pode-se observar o consumo da geladeira que será utilizada juntamente com outros equipamentos de maior consumo.

Tabela 02 – Equipamentos Fixos.

Geladeiras e Freezers	Quantidade	Consumo Mensal (KWh)	Consumo diário (Wh/dia)
Geladeira Classe A 450 L	01	55,2	1840
Chuveiro	01	162	5400
Máquina de Lavar	01	48	1600

O consumo diário total é de 2.898,84 Wh/dia ou 2,898 KWh/dia, multiplica-se esse valor por 31 (total de dias em um mês) e tem-se o consumo mensal dessa residência, logo, $2,898 \times 31 = 89,838$ KWh. Para suprir essa demanda, faz-se necessário um equipamento com o rendimento de aproximadamente 902,57 Wp (Watt-pico).

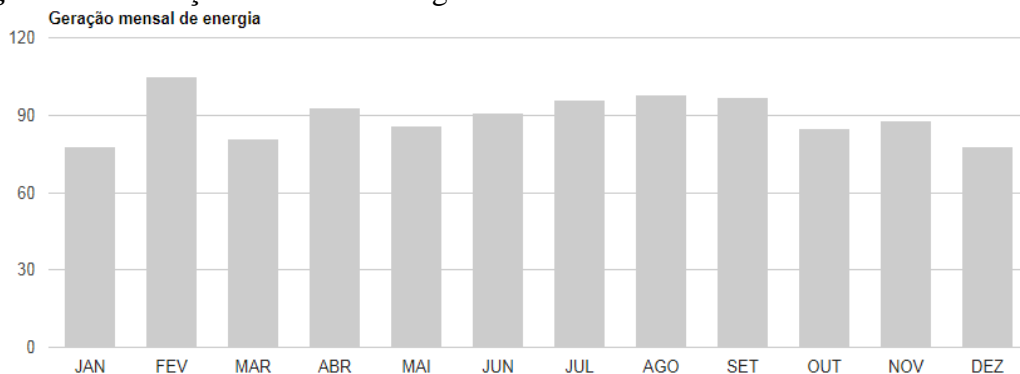
Com o consumo mensal, consegue-se descobrir a ficha técnica do gerador com informações mais detalhadas através do portal solar mostradas na figura a seguir:

Figura 04– Ficha técnica do gerador.

Para atender a sua demanda de eletricidade, o seu sistema gerador de energia solar fotovoltaica precisa ter uma potência de:	0,81	kWp. (ou potência instalada)
O preço médio de um gerador fotovoltaico deste tamanho varia no mercado de:	R\$ 6.885,00	até R\$ 8.302,50
Quantidade de placas fotovoltaicas:	3	de 260 Watts
Produção anual de energia:	1078,06	kWh/ano aproximadamente
Área mínima ocupada pelo sistema:	6,49	metros quadrados aprox.
Peso médio por metro quadrado:	15	kilograma / metro quadrado
Geração mensal de energia (em Kwh)	89,838	kWh/mês aproximadamente

Fonte: PORTAL SOLAR, 2017.

Outra informação fornecida refere-se a uma análise da média do consumo mensal de energia, dada a época do ano, mostrada na Figura 04.

Figura 05 – Geração mensal de energia.

Fonte: PORTAL SOLAR, 2017.

Segundo a Figura 03, com apenas 3 painéis de 260 Watts, é possível abastecer uma residência com um consumo de 90 KWh/mês. As placas comerciais em questão

têm potência nominal de 32,50 KWh/mês gerando em 3 painéis 97,50KWh/mês, suprimindo meses de maior consumo de energia, segundo a Figura 04, sem nenhum custo adicional, consumindo apenas 6 m² na sua instalação.

De acordo com a Cemig (2017), o Consumo (R\$/kWh) para zonas rurais em Minas Gerais varia de 0,34590 a 0,39590 sem impostos. Então se multiplicarmos esse consumo pela produção anual de energia, obtemos o gasto anual de energia em R\$ por essa residência. Logo:

$$0,3459 \times 1078,06 = \mathbf{R\$ 372,90/ano} \text{ ou } 0,3959 \times 1078,06 = \mathbf{R\$ 426,80/ano}$$

Ademais, dividindo-se o preço médio do gerador fotovoltaico pelo gasto anual, obter-se-ão os seguintes valores (em anos), para que possamos avaliar a viabilidade da implantação do sistema fotovoltaico nessa localização:

$$\text{R\$6885} \div \text{R\$ 372,90/ano} = 18,46 \rightarrow 19 \text{ anos}$$

$$\text{R\$6885} \div \text{R\$ 426,80/ano} = 16,13 \rightarrow 17 \text{ anos}$$

$$\text{R\$8302} \div \text{R\$ 372,90/ano} = 22,26 \rightarrow 23 \text{ anos}$$

$$\text{R\$8302} \div \text{R\$ 426,80/ano} = 19,45 \rightarrow 20 \text{ anos}$$

Com as informações mostradas acima, podemos concluir que, em meio às condições da residência considerada, a implantação desse sistema será paga em um tempo médio de 17 a 23 anos sem contar tributos.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os dados obtidos: a implantação de kits fotovoltaicos gera baixo impacto do valor empenhado, visto que a implantação para o caso estudado se paga em entre 17 a 23 anos sem contar a carga tributária que incide sobre a energia e varia de estado para estado. Nesse caso, temos um baixo gasto energético mensal e a vida útil do kit é de 25 anos. Outro fator relevante é independência de outras formas de obtenção de energia, como de hidroelétricas, termoelétricas ou outras, tornando-se uma energia limpa e livre de oscilações monetárias comerciais e governamentais, podendo ser implantada em qualquer lugar por mais remoto que seja.

Um kit com 3 placas pode gerar mais de 97 KWh/mês consumindo apenas 6m² do telhado sendo suficiente para iluminar 10 lâmpadas, notebook, 2 televisores, aparelho de som entre outros aparelhos comuns em uma residência unifamiliarde classe C localizada na zona rural.

6 REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Carlos Alberto. **Energia solar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

ALVARENGA, C.A. **Relatório técnico-científico da ENGENHARIASOLENERG**: 2014. Belo Horizonte: HEG, 2014. 80p. Relatório Institucional.

ANTUNES, L.M. **A Energia Solar**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: 2009. 243 p.

A. K. R. Manrique; Á. I. C. Monroy; A. J. A. Cardona. Diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica para usuarios residenciales en Chía, Cundinamarca. **MUTIS**. Vol. 5 (1) pp.55-65, enero-junio, 2015.

BOLIBAHIANO, Don. Manual de energia fotovoltaica. Jan 2004. Disponível em: <<http://www.greenpro.de/po/fotovoltaico.pdf>>. Acesso em 03.mai.2016.

CALCULADORA SOLAR. Neo Solar Energia. n. 01. ago 2014. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/aprenda/calculadora>>. Acesso em 12.jun.2016.

CEMIG. **Valores de tarifa e serviços**. Resolução Homologatória Aneel 2248 de 23/05/2017. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx> Acesso em 30.mar.2017.

COSTA, H.S.; COSTA, R.A.L.; ECK, M. Análise econômica comparativa da eletrificação rural comercial e fotovoltaica. In: **ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL**, 3., 2000, Campinas. Anais... Campinas: UNICAMP, 2000. 1 CD.

DAZCAL, R.; MELLO, A. Estudo da Implementação de um Sistema de Energia Solar Fotovoltaica em um edifício da Universidade Presbiteriana Mackenzie. **Abenge – Associação Brasileira de Educação de Engenharia**. Fortaleza, 2008.13f.

Energia e mudança climática: Programa de capacitação em energias renováveis. [S.I]: ONUDI: 2015.

FADIGAS, E. **Dimensionamento de fontes fotovoltaicas e eólicas com base no índice de perda de suprimento e sua aplicação para o atendimento a localidades isoladas**. 1993. 163 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

HIRSCHEFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custo**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 1996. 407 p.

PALZ, **Wolfgang**. **Energia solar e fontes alternativas**. São Paulo: Hemus, 2011.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2011.

RODRIGO, Sérgio Gasques. **Energia solar**. Rev. eletrônica de ciências. n. 8. Jun 2002. Disponível em: <http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_08/energiasolar.html>. Acesso em 03.mai.2016.

SANTOS, J. **Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais**, São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/sausoc/v22n3/26.pdf>> . Acesso em: 07.mai. 2017.

VARELLA, Fabiana Karla de Oliveira Martins; CAVALIERO, Carla Kazue Nakao; SILVA, Ennio Peres da. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL**:

INCENTIVOS REGULATÓRIOS. **Revista Brasileira de Energia**, [S.I], v.14, nº 01, p. 09-22, 1º sem. 2008.

VILLALVA, M.; GAZOLI, J. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Erica, 2012.