

Estudo da análise da viabilidade de painéis fotovoltaicos em residências

Conrado Queiroz Martins (UFU) conradoqueirozmartins@gmail.com

Cynara Mendonça Moreira Tinoco (UFU) cynara@pontal.ufu.br

Gleyzer Martins (UFU) gmartins@pontal.ufu.br

Jonathan Henrique Alves (UFU) jonathan.halves@hotmail.com

Resumo:

A geração de energia fotovoltaica é algo relativamente novo para o Brasil. Mas países Norte Americanos e Europeus já investem nessa ideia. Gerar energia através da radiação solar é muito bem vista por se tratar de uma fonte limpa e sustentável. Esses atributos são justificados por consumir um recurso inesgotável, a radiação solar, e também não emite resíduos após a geração. Este trabalho analisa a viabilidade da instalação da fonte fotovoltaica em residências. A grande vantagem desse sistema é que não há nenhuma desapropriação da fauna ou da flora, uma vez que os painéis solares são instalados nos telhados das casas. Outra vantagem é que a energia é gerada e consumida no mesmo ambiente, isso confere boa eficiência, pois não há perdas nas redes de transmissões, porque não há transmissão. Do ponto de vista de infraestrutura também há benefícios. Dentre eles, um bastante relevante é a economia financeira que se faz em não ter que adquirir transformadores de grande porte para elevar a tensão da rede. O projeto proposto dispensa esse investimento. Apesar de muitos benefícios, os resultados apresentados indicaram não ser financeiramente viável a instalação das placas solares em residências. Esse resultado negativo foi atribuído aos altos índices de impostos. Acredita-se que se o governo criar um plano de incentivo para fontes de energia alternativa o projeto em estudo se tornará viável.

Palavras chave: Fotovoltaica, Residência, Viabilidade

Study assessing the feasibility of photovoltaic panels in homes

Abstract

The photovoltaic power generation is relatively new to Brazil. But North American and European countries already invest in this idea. Generate energy through solar radiation is highly regarded because it is a clean and sustainable source. These attributes are justified by consuming one inexhaustible resource, solar radiation, and does not emit waste after generation. This paper analyses the feasibility of installing photovoltaic source in homes. The great advantage of this system is that there is no expropriation of fauna and flora, since the solar panels are installed on rooftops. Another advantage is that the energy is generated and consumed in the same environment; it gives good efficiency because there is no loss in transmission networks, because there is no transmission. From the standpoint of infrastructure there are benefits. Among them is quite a relevant financial economy that is in not having to purchase large transformers to raise the voltage. The project proposed waiver that investment. Despite many benefits, the results indicated not to be financially viley installation of solar panels on residences.

This negative result was attributed to high rates of taxes. It is believed that the government create a plan incentive for alternative energy.

Key-words: Photovoltaic, Homes, Viability

1. Introdução

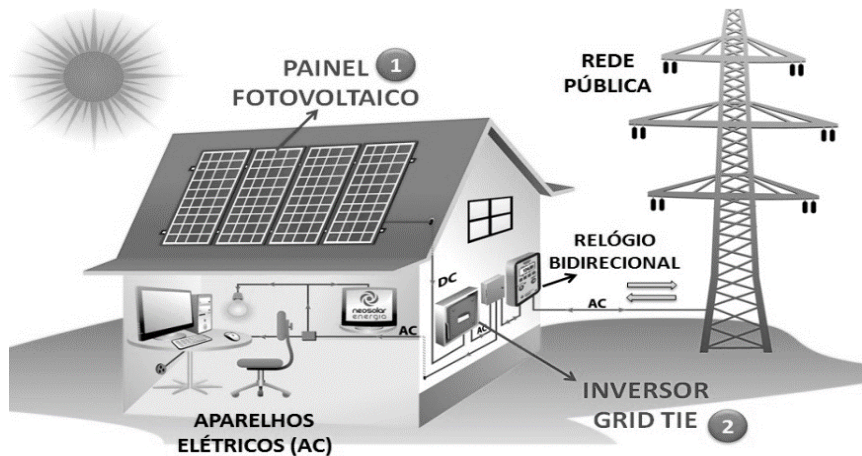
A energia solar fotovoltaica é uma das energias mais limpas e com maior disponibilidade entre as fontes de energia disponíveis, pois está presente em todas as regiões do planeta. O Brasil destaca-se pela disponibilidade de energia solar, tanto para geração térmica quanto fotovoltaica, sendo por sua vez muito superior a energia solar disponível em outros países, tais como os europeus que, apesar disto, possuem um dos maiores programas de incentivo do uso da energia solar (BANDEIRA, 2012). Na Alemanha, como forma de incentivo, as concessionárias são obrigadas a efetuar a compra de toda energia vindoura dessa fonte por preços superiores ao que a própria concessionária vende. Essa medida conferiu aos alemães uma capacidade instalada de 10.000 MW provenientes de fontes fotovoltaicas, enquanto que o Brasil, sem programas de apoio a energia alternativa produz apenas 20 MW de geração fotovoltaica.

O princípio de funcionamento dos sistemas fotovoltaicos é baseado na junção de um semicondutor com diferentes impurezas ou dopantes, que pela interação com o fóton de energia solar, em comprimentos de onda bem definido, geram um potencial elétrico entre as junções possibilitando a geração de energia elétrica diretamente da energia solar (PINHO e GALDINO, 2014). Apesar de abundante a irradiação solar é pouco concentrada requerendo grandes áreas para sua geração.

Nos últimos 60 anos, as células fotovoltaicas foram fabricadas baseadas em diversas tecnologias. Dentre elas estão células baseadas em filmes finos de telureto de cádmio, silício amorfo hidrogenado, silício microcristalino e silício crescido em fitas. Atualmente, dominam o mercado mundial, as células fabricadas em lâminas de silício cristalino tanto monocristalino como policristalino. Estas participam com 87,9% do mercado em 2011, graças à sua maior eficiência que é 25% para monocristalino e 20,4% para policristalino (PINHO e GALDINO, 2014). Porém o uso comercial aponta eficiência de 18% para células monocristalinas e 15% para policristalinas. Para o estudo em questão, foi considerado módulos de células de silício policristalino porque é a única disponível no mercado brasileiro, apesar da sua eficiência ser inferior as células monocristalinas.

A aplicação em estudo é representada na Figura 1. A irradiação solar incide sobre os painéis fotovoltaicos que geram uma diferença de potencial elétrico em corrente contínua, esta é transferida a um inversor transformando em corrente alternada e adequando à tensão necessária (110V ou 220V), a potência elétrica é transferida para uso da residência e também pode ser conectado à rede da distribuidora. Um relógio bidirecional faz a leitura tanto da geração quanto do consumo da rede e gera a resultante das medidas.

A grande vantagem deste sistema é que ele não requer baterias para armazenar a energia excedente, que é o caso de sistemas isolados. Aqui a energia é contabilizada no relógio e lançada na rede. Com isso, há considerável economia com aquisição do equipamento.



Fonte: <<http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>>. Acesso em: 20 Jun 2014.

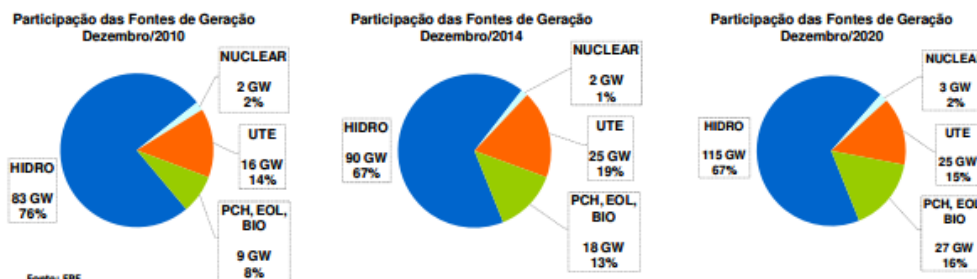
Figura 1 - Esquema de funcionamento do sistema fotovoltaico ligado à rede

Apesar de possuir condições favoráveis para a energia fotovoltaica, o país usa pouco este recurso tão abundante em sua localização. Em reportagem publicada no Jornal Nacional em março de 2014, destacou-se o fato de que a Alemanha apesar de ter índice de irradiação solar bem menor que no Brasil já possui aproximadamente 1,5 milhão de instalações fotovoltaicas e no Brasil existem apenas 83.

Estimativas para 2014 feitas pelo EPE (Empresa de Pesquisa Energética) apontam que o consumo no Brasil aumentará em 4% até o fim do ano, passando de 463,7 TWh em 2013 para 649,2 TWh em 2014.

Diante deste cenário, verifica-se a necessidade de fortalecer o sistema de geração em especial no Brasil que em 2012 gerou aproximadamente 552,4 TWh contra um consumo de 463,7 TWh resultando num *gap* de 88,7 TWh. O que demonstra fragilidade do fornecimento de energia elétrica no país e a necessidade de fortalecê-lo a fim de evitar crises energéticas que possam racionar o consumo de energia no país.

Outro ponto que fragiliza o sistema de distribuição de energia é a centralização da geração, no caso do Brasil mais de 75% da geração é concentrada nas usinas hidrelétricas. Em períodos de secas ao longo do ano, as usinas hidrelétricas não conseguem atender a demanda energética do país que recorre às usinas termelétricas como forma de suprir este período sazonal, como apresentado na Figura 2.



Fonte: <<https://infopetro.wordpress.com/tag/intermitencia/>>. Acesso em: 04 out 2014

Figura 2 - Evolução da capacidade instalada por fonte de geração (GW e %)

Porém, usar as termelétricas além de implicar em alto custo de produção, essa fonte emite como resíduo CO₂ para atmosfera, prejudicando o meio ambiente. Como medida para evitar o uso das usinas térmicas o governo brasileiro, nos últimos 20 anos, tem investido na chamada Pequena Central Hidroelétrica – PCH. A ideia de se construir pequenas hidroelétricas é tentar diminuir o impacto sobre as áreas alagadas. O que o governo não contemplou é que quanto menor o reservatório mais suscetível está a usina no período da seca, tornando-a inutilizável nesse período. A proposta das fontes fotovoltaicas nas residências busca suprir a carência energética do país nesse período sazonal e dispensar a construção das PCH.

De acordo com Hernandez (2013), o sistema atual apresenta algumas desvantagens:

- a) A geração centralizada apresenta maior eficiência no gerenciamento, dado que a mesma é gerida apenas por uma organização geradora. Mas, a extensão das redes do SIN (Sistema Interligado Nacional) acarretou em 2011 perdas na transmissão e distribuição em torno de 18,93%, suficiente para abastecer aproximadamente 45 milhões de residências;
- b) A centralização também causa grande impacto socioambiental, caracterizado pelo despovoamento e inundação de grandes áreas;
- c) A utilização das termelétricas convencionais a base de combustíveis fósseis e nucleares em tempos de escassez, acarreta emissão de diversos gases poluentes, riscos nucleares, entre outros.

Assim, a abordagem da geração distribuída por tecnologia fotovoltaica pode contribuir na minimização de perdas, eliminação do impacto ambiental e descentralização da geração de energia, uma vez que a energia é gerada e consumida no mesmo local.

O país dá seus primeiros passos em direção ao uso desta tecnologia. Em abril de 2012, a ANEEL publica a resolução normativa nº 482 que estabelece as condições de acesso ao sistema de distribuição de energia elétrica do país por minigeradoras e microgeradoras. Esta classificação se dá pela potência instalada em que, até 100kW considera-se microgerador e entre 100kW e 1MW é considerado minigerador.

A resolução normatiza apresenta o sistema de compensação de energia, conhecido internacionalmente como *net metering*. O mini ou microgerador injeta energia na rede da distribuidora sob forma de empréstimo gratuito, valendo a compensação. Por exemplo, considere uma residência ou empresa qualquer que deseja se tornar mini ou microgerador. A compensação se aplica da seguinte forma:

- a) **Caso 1:** Produção < Consumo – neste caso, deve ser pago à distribuidora a diferença de kWh entre o que foi consumido e o que foi produzido e injetado na rede;
- b) **Caso 2:** Produção = Consumo – aqui é pago à distribuidora somente a taxa mínima de disponibilização da rede que inclui taxa de iluminação pública, multas e impostos;
- c) **Caso 3:** Produção > Consumo – neste caso também é pago somente a taxa mínima e o mini ou microgerador ganha créditos de energia com validade de 36 meses, ou seja, se em determinado mês ele se enquadra no caso 1, tem-se a opção de usar os créditos de energia para compensar a diferença e se enquadrar no caso 2.

O objetivo deste estudo consiste em avaliar a viabilidade financeira de se tornar um mini ou microgerador por meio da tecnologia fotovoltaica. Através de dados sobre irradiação solar obtidos pelo software Radasol 2 (Software para geração de dados horários de radiação solar e implementando a modelagem de circuito equivalente para as células fotovoltaica, pode-se mensurar a produção real de energia elétrica no período de um ano produzido por um módulo fotovoltaico. Para isso, considera-se ainda, especificações, dados de eficiência e vida útil dos

módulos fotovoltaicos e equipamentos. A análise financeira foi efetuada pela técnica de análise de investimento VPL. O estudo considera uma residência da cidade de Ituiutaba-MG.

O presente trabalho se justifica pela necessidade de se avaliar a viabilidade financeira da microgeração fotovoltaica, visto que é necessário um investimento considerável para sua execução. Outro ponto importante são as condições técnicas de geração. Vários fatores como a temperatura e a irradiação nominal que possui variação diária ao longo do ano podem influenciar na produção das células e isto implica diretamente na análise financeira do projeto.

2. Metodologia

2.1. Método numérico

Para avaliação da geração de energia pelo sistema fotovoltaico considerou-se a placa fotovoltaica modelada por um circuito elétrico composto por uma fonte de geração, um diodo e uma resistência elétrica em série, conforme estabelecido por Costa (2010). A formulação matemática deste circuito é detalhada em Danilo (2014), conforme descrito abaixo:

$$I = I_{fg} - I_0 \cdot \left[e^{\left(\frac{V + R_s \cdot I}{n \cdot V_T} \right)} - 1 \right]$$

Em que I_{fg} e I_0 são respectivamente a corrente fotogerada e a corrente de saturação do diodo, de maneira que R_s representa a resistência em série. A corrente I e a tensão elétrica V são as grandezas que definem a potência elétrica e os termos n e V_T são constantes elétricas que representam respectivamente o fator de idealidade do diodo e tensão térmica do diodo. A corrente fotogerada I_{fg} e a corrente de saturação I_0 são formuladas em função da irradiação local, S , e de referência, S_r , além das condições de temperatura de operação local, T , e de referência T_r , conforme descrito a seguir:

$$I_{fg} = \left[I_{cc} + \alpha (T - T_r) \right] \cdot \frac{S}{S_r}$$

$$I_0 = \frac{I_{fg}}{\left(e^{\left(\frac{V_{ca}}{n \cdot V_T} \right)} - 1 \right)} \cdot \left(\frac{T}{T_r} \right)^3 \cdot \left(e^{\left[\frac{q \cdot EG}{n \cdot k} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T} \right) \right]} - 1 \right)$$

Em que α , I_{cc} e V_{ca} são respectivamente o coeficiente de temperatura, a corrente de curto circuito e a tensão de circuito aberto característico dos módulos fotovoltaicos comerciais. Tem-se ainda os parâmetros elétricos que são: k que é a constante de Boltzmann; EG que é o *gap* de energia e o q que representa a carga do elétron.

Utilizando a modelagem acima é possível estabelecer através dos dados de insolação e de temperatura local da região estudada a distribuição da geração elétrica, corrente e tensão elétrica na placa fotovoltaica.

Da mesma maneira que o sistema de *grid tie* busca um ponto de máxima potência do sistema fotovoltaico para o melhor aproveitamento da energia gerada, foi necessário assim implementar um método de otimização para a busca da máxima potência no sistema de

equações da modelagem, neste trabalho foi empregado o método do gradiente conjugado pela robustez e facilidade de desenvolvimento.

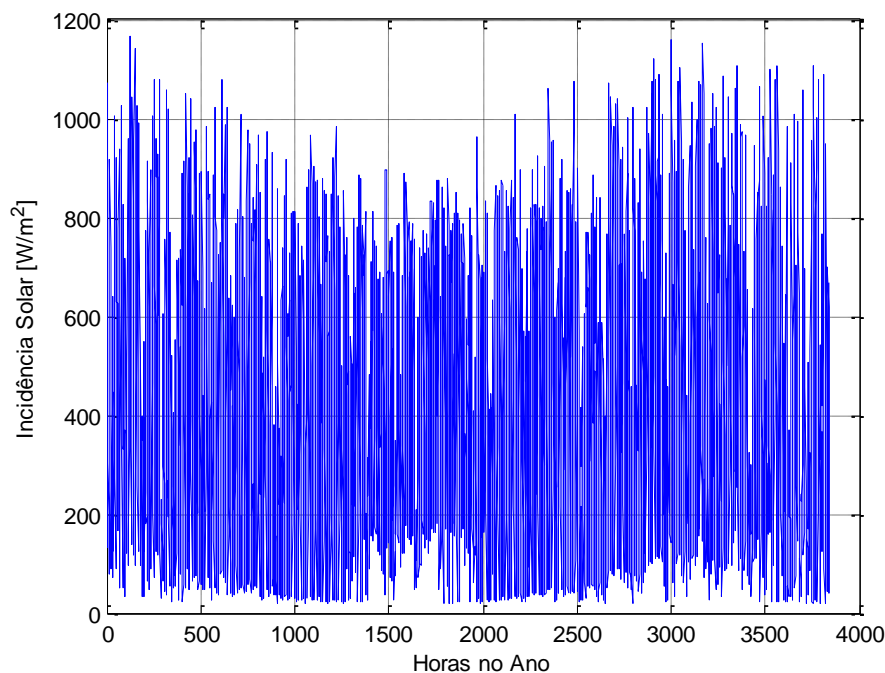
O método do gradiente conjugado realiza a modificação do gradiente da função utilizando as informações das buscas anteriores em um escalar β , possibilitando a melhoria da taxa de convergência do processo de otimização. Sendo assim a direção de busca é dado por:

$$S^q = -\nabla F(\mathbf{X}^{q-1}) - \beta_q S^{q-1}$$

Em que o escalar β é dado por:

$$\beta_q = \frac{|\nabla F(\mathbf{X}^{q-1})|^2}{|\nabla F(\mathbf{X}^{q-2})|^2}$$

O método empregou o cálculo da matriz de gradiente utilizando a aproximação por diferenças finitas das derivadas parciais da função objetivo. Sendo assim implementou um código em Matlab para determinar os pontos de máxima potência de acordo com a incidência e a temperatura local para região de Ituiutaba que possui Latitude $-18^{\circ}.68'$ e Longitude $49^{\circ}.57'$ considerando a média das irradiações anuais para cada hora do dia (Figura 3), conforme disponibilizado pelo software Radiasol 2 desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Desta forma, foi possível estimar a corrente e a tensão máxima do circuito fotovoltaico para cada hora do ano considerando as condições de nebulosidade da região.



Fonte: Própria

Figura 3 - Incidência solar ao longo do ano

Observe que a incidência solar possui comportamento sazonal, com picos de radiação diários próximos do meio dia e condições de maior incidência nos primeiros e últimos meses do ano, além de uma significativa redução nos meses do inverno demonstrados na região central da Figura 3.

2.2. Especificações técnicas

A Tabela 1 apresenta as especificações dos materiais utilizados no projeto segundo os fabricantes. O tipo de placa e inversor foram definidos com base em práticas do mercado para o setor, considerando viabilidade econômica e capacidade de geração.

| ITENS | DESCRIÇÕES |
|--------------------|---|
| PAINEL: | Painel solar fotovoltaico Yingli YL245P 29b (245Wp) |
| POTÊNCIA: | 245Wp |
| TIPO: | Policristalino |
| VIDA ÚTIL: | 25 anos, com perda de 20% de produção de energia |
| EFICIÊNCIA PAINEL: | 15% |
| VM(V): | 30,2 |
| IM(A): | 8,11 |
| INVERSOR: | Inversor SMA Sunny Boy SB 1300TL-10 |
| MAX POT CC: | 1400 W |
| MAX POT CA: | 1300 VA |
| VIDA ÚTIL: | 15 anos |
| EFICIÊNCIA MAX: | 96% |
| FREQUÊNCIA: | 50/60 Hz |

Fonte: Própria

Tabela 1 - Especificações técnicas do projeto

Por meio das especificações pode-se estimar qual a taxa de cobertura solar, ou seja, qual será a produção do sistema para atender o consumo requerido de uma residência. O modelo numérico considera tais dados para estimar a produção anual que o sistema irá gerar, considerando a irradiação solar local.

A modelagem possui como restrição a deficiência da simulação do *grid tie* e dos circuitos elétricos que interligam os módulos a rede residencial, entretanto, possibilita representar os melhores cenários de geração de um módulo fotovoltaico.

2.3. Análise de investimentos

Uma análise de investimento tem por objetivo fornecer estimativas do valor adicionado ao negócio de uma empresa ou pessoa diante de uma oportunidade (GONÇALVES et al., 2011).

Neste contexto, o estudo apresenta uma análise da viabilidade financeira de se investir na geração distribuída através da tecnologia fotovoltaica.

A técnica utilizada foi a do valor presente líquido (VPL). Através do VPL, é possível verificar se o investimento no projeto será pago e se sim, qual o valor adicionado ao investidor. Para isso alguns parâmetros são necessários. São eles: vida útil do projeto, fluxo de caixa (FC) e taxa mínima de atratividade (TMA). Para o estudo em questão os parâmetros de entrada para a análise financeira são:

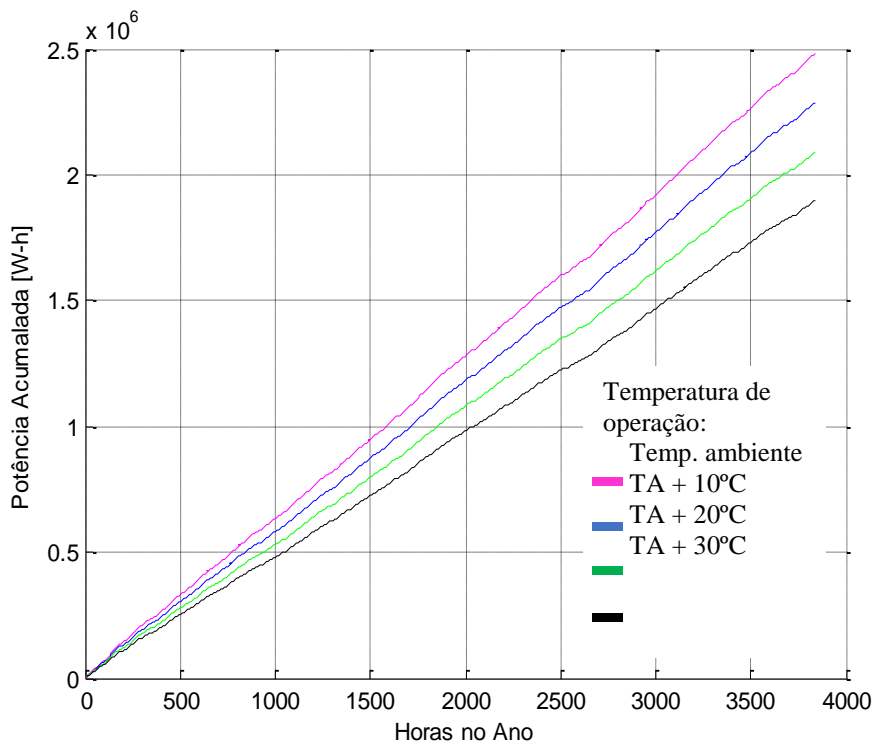
- Vida útil:** tempo de duração dos módulos e equipamentos do sistema fotovoltaico. Dadas as especificações técnicas do projeto, a vida útil é estimada em 25 anos;
- Taxa mínima de atratividade:** é a menor taxa de retorno a qual fará com que o investidor se convença a executar o projeto. Neste caso, considere que o projeto será totalmente financiado. Sendo assim, a TMA será a própria taxa de juros do financiamento. Baseado em

pesquisa de mercado, verificou-se que as linhas de financiamento bancário para esta modalidade praticam taxas em torno de 1,8% ao mês (a.m);

c) **Fluxo de caixa:** projeção de entradas e saídas do caixa ao longo dos períodos da vida útil do projeto. A entrada no projeto será o ganho em produção por kW/h conforme o sistema de compensação, baseado no preço praticado pela distribuidora local. No caso a CEMIG, pratica R\$ 0,6034/kWh. As saídas consistirão em investimento no projeto, custos de manutenção e consumo de energia nos períodos de não geração mensurado também a R\$ 0,6034/kWh.

3. Resultados

Considerando uma residência no município de Ituiutaba-MG com consumo médio mensal de 225 kWh ou 2700 kWh por ano, se faz necessário determinar qual a quantidade de painéis que atendem à demanda de energia da residência. Para 7 placas, por meio do método numérico e a partir das especificações apresentadas na Tabela 1 e dos dados de irradiação média anual demonstrados na Figura 3 obtêm-se os seguintes resultados de potência produzida no sistema:



Fonte: própria

Figura 4 – Potência produzida por hora durante o ano

Observe que a temperatura influencia diretamente no volume de produção do sistema. A temperatura de operação inicial é a temperatura ambiente para a região fornecida pelo programa Radiasol 2 para cada hora do ano. A medida que se aumenta a variação da temperatura do módulo em relação a temperatura ambiente verifica-se que a produção do sistema diminui. Isso se dá devido a própria característica elétrica das células fotovoltaicas.

Para o melhor dos casos (temperatura ambiente), obtêm-se para o ano uma potência de 2480 kWh, o que representa uma cobertura de 91,8% do consumo médio. Para o pior dos casos, a cobertura é de 70,2%. O caso mais provável da temperatura de operação dos módulos é em

torno de 10 a 15 °C acima da temperatura ambiente, que cobre em torno de 84% do consumo médio anual.

Algumas empresas no Brasil oferecem serviço completo de material, projeto e instalação do sistema de geração fotovoltaico. O preço praticado dadas as especificações e cobertura estipulada neste estudo é de aproximadamente R\$ 25.000,00. O financiamento será considerado conforme apresentado na Tabela 2.

| FINANCIAMENTO | |
|----------------------|---------------|
| Valor financiado | R\$ 25.000,00 |
| Cobertura: | 100% |
| Taxa de juros: | 1,8% a.m |
| Prazo de quitação: | 60 meses |
| Valor da parcela: | R\$ 684,80 |

Fonte: própria

Tabela 2 – Simulação de financiamento

Desta forma, é possível gerar a projeção do fluxo de caixa, a fim de analisar a viabilidade do investimento. A Tabela 3 apresenta os resultados.

| | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Preço kWh | R\$ 0,6034 | | | | |
| Consumo médio anual (kWh) | 2700 | | | | |
| Produção estimada (kWh) | 2280 | | | | |
| Queda de rendimento das placas (ao ano) | 0,8% | | | | |
| | ANO | | | | |
| LANÇAMENTOS | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Investimento inicial | | | | | |
| Manutenção | | | | | |
| Produção de energia | | R\$ 1.364,75 | R\$ 1.353,74 | R\$ 1.342,73 | R\$ 1.331,73 |
| Parcela do financiamento | | -R\$ 8.217,59 | -R\$ 8.217,59 | -R\$ 8.217,59 | -R\$ 8.217,59 |
| Fluxo de Caixa disponível | | -R\$ 6.852,84 | -R\$ 6.863,85 | -R\$ 6.874,86 | -R\$ 6.885,86 |
| LANÇAMENTOS | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Manutenção | | | | | |
| Produção de energia | R\$ 1.320,72 | R\$ 1.309,72 | R\$ 1.298,71 | R\$ 1.287,70 | R\$ 1.276,70 |
| Parcela do financiamento | -R\$ 8.217,59 | | | | |
| Fluxo de Caixa disponível | -R\$ 6.896,87 | R\$ 1.309,72 | R\$ 1.298,71 | R\$ 1.287,70 | R\$ 1.276,70 |
| LANÇAMENTOS | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Manutenção | | | | | |
| Produção de energia | R\$ 1.265,69 | R\$ 1.254,69 | R\$ 1.243,68 | R\$ 1.232,67 | R\$ 1.221,67 |
| Fluxo de Caixa disponível | R\$ 1.265,69 | R\$ 1.254,69 | R\$ 1.243,68 | R\$ 1.232,67 | R\$ 1.221,67 |
| LANÇAMENTOS | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| Manutenção | -R\$ 6.490,00 | | | | |
| Produção de energia | R\$ 1.210,66 | R\$ 1.199,66 | R\$ 1.188,65 | R\$ 1.177,64 | R\$ 1.166,64 |
| Fluxo de Caixa disponível | -R\$ 5.279,34 | R\$ 1.199,66 | R\$ 1.188,65 | R\$ 1.177,64 | R\$ 1.166,64 |

| LANÇAMENTOS | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|----------------------------------|--|--------------|--------------|----------------------|--------------|
| Manutenção | | | | | |
| Produção de energia | R\$ 1.155,63 | R\$ 1.144,63 | R\$ 1.133,62 | R\$ 1.122,61 | R\$ 1.111,61 |
| Fluxo de Caixa disponível | R\$ 1.155,63 | R\$ 1.144,63 | R\$ 1.133,62 | R\$ 1.122,61 | R\$ 1.111,61 |
| LANÇAMENTOS | 25 | | | | |
| Manutenção | | | | | |
| Produção de energia | R\$ 1.100,60 | | | | |
| Fluxo de Caixa disponível | R\$ 1.100,60 | | | | |
| Valor do financiamento | R\$ 25.000,00 | | | | |
| Nº parcelas | 60 | | | | |
| Taxa de juros | 1,8% ao mês | | | | |
| Valor das parcelas | -R\$ 684,80 ao mês -R\$ 8.217,59 ao ano | | | | |
| | | | VPL | -R\$ 16761,10 | |

Tabela 3 – Resultados do projeto

A análise do projeto resultou num VPL negativo, conforme a Tabela 3. Isso significa que o projeto, com taxa mínima de 1,8% a.m. não se paga e ainda gera um déficit de –R\$ 16.761,10, se caracterizando como um investimento inviável.

Verifica-se que o custo do projeto é dispendioso comparado com outros países. A política fiscal de importação do país afeta este custo. A tabela 4 apresenta os impostos e taxas sobre os equipamentos da tecnologia fotovoltaica. Verifica-se que os impostos de fato encarecem e acabam inviabilizando o investimento no projeto.

| Impostos e Taxas | Equipamento | | |
|------------------|--------------|--------------|--------------|
| | Módulo | Inversor | Medidor |
| II | 12% | 14% | 14% |
| IPI | 0% | 15% | 15% |
| ICMS | 0% | 18% (MG) | 18% (MG) |
| PIS | 1,65% | 1,65% | 1,65% |
| COFINS | 7,6% | 8,6% | 8,6% |
| AFRMM | 25% do frete | 25% do frete | 25% do frete |
| Taxa SISCOMEX | R\$ 185,00 | R\$ 185,00 | R\$ 185,00 |

Fonte: Erwes, Forli e Filho (2012)

Tabela 4 – Impostos e taxas sobre a importação da tecnologia fotovoltaica no Brasil

4. Considerações finais

Acredita-se que a resolução normativa nº 482 é uma iniciativa estratégica que será de grande incentivo ao crescimento da geração por meio de fontes renováveis, em especial a fotovoltaica, sendo ainda uma potencial forma de fortalecer o sistema de abastecimento de energia elétrica no país, tornando-o menos suscetíveis a crises energéticas e menos dependente da compensação da crise por meio de usinas térmicas altamente poluentes. Além disso sabe-se que essa fonte tem boa produtividade pois o Brasil há abundância de radiação solar, o que confere um bom abastecimento energético o ano todo. Ainda, vale lembrar que a fonte fotovoltaica é limpa e sustentável, pois não gera resíduos e não agride o meio ambiente ao serem instaladas, opondo-se as usinas hidroelétricas.

Entretanto, os resultados obtidos não foram satisfatórios, pois além de não suprir o investimento inicial, gerou déficit de quase R\$ 17.000 ao longo dos 25 anos. Para que esse projeto se torne viável faz-se necessário o incentivo do governo por meio da diminuição de encargos e impostos sobre a tecnologia fotovoltaica, a fim de viabilizar o uso da tecnologia no país. Mais do que isso, bom seria para o país, o desenvolvimento de uma indústria fotovoltaica, o que tornaria a tecnologia mais acessível e incentivaria seu uso em maior escala.

5. Bibliografia

ANUÁRIO Estatístico de Energia Elétrica 2013. Rio de Janeiro, RJ: EPE (Empresa de Pesquisa Energética), 2013.

BANDEIRA, F.P.M., O Aproveitamento da Energia Solar No Brasil – Situação e Perspectivas. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Brasília, 2012.

BAHNERMANN, Wellington. Consumo de energia elétrica cresce 3,5% em 2013. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/consumo-de-energia-eletrica-cresce-3-5-em-2013>>. Acesso em: 20 Jun. 2014.

CONSUMO de Eletricidade na rede cresce 2,1% em Abril. Rio de Janeiro, RJ: EPE (Empresa de Pesquisa Energética), 2014.

COSTA, W. T. Modelagem, Estimção de Parâmetros e Método MPPT para Módulos Fotovoltaicos. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, p. 188. 2010.

ERWES, H., FORLI, C., FILHO, R.D., Condições de Importação e Equipamentos de Mini e Micro-geração Distribuída Fotovoltaica no Brasil. Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha. Rio de Janeiro, 2012.

GONÇALVES, Armando ... [et al]. Engenharia Econômica e Finanças. – Rio de Janeiro: Elsevier: Abepro, 2011.

HERNANDES, R.C., Análise técnica e econômica da inserção da microgeração fotovoltaica no contexto da região metropolitana de Campinas. 2013. 97f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

PINHO, J. T., GALDINO, M.A., Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES). Rio de Janeiro, 2014.

TRIGUEIRO, André. Brasil possui apenas 83 microgeradores de energia solar. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2014/03/brasil-possui-apenas-83-microgeradores-de-energia-solar.html>>. Acesso em: 20 Jun. 2014.