



Análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de captação de energia elétrica fotovoltaica para residência unifamiliar

Rafael Xavier Raiter ¹, Adalberto Pandolfo ²

Ritielli Berticelli ³, Pâmela Bia Pasquali⁴, Eduardo Madeira Brum⁵

¹Universidade de Passo Fundo(rafa_raiter@hotmail.com)

² Universidade de Passo Fundo (adalbertopandolfo@hotmail.com)

³ Universidade de Passo Fundo (ritiberticelli@gmail.com)

⁴ Universidade de Passo Fundo (pbp.pasquali@hotmail.com)

⁵Universidade de Passo Fundo (eduardobrum@embengenharia.com.br)

Resumo

A energia elétrica é um recurso extremamente importante para a vida humana, porém os meios mais utilizados para se obter a mesma, acabam agredindo o meio ambiente como a construção de hidrelétricas, por exemplo. Devido ao aumento da demanda por energia com o crescimento populacional, esse problema tende a aumentar, pois quanto maior a necessidade, mais construções serão necessárias, trazendo consigo impactos ao ecossistema local. Por consequência, verifica-se a necessidade da realização de estudos e desenvolvimento de novos meios de captação de energia que proporcionem menor impacto ao meio ambiente. Com isso há soluções economicamente viáveis e de alcance socioambiental que podem ser implantadas, como o sistema de captação de energia solar fotovoltaica, que além de não causar danos ao meio ambiente, gera energia limpa e é um processo economicamente viável. Com a implantação do sistema de captação de energia solar fotovoltaica em uma residência, este trabalho visa analisar a viabilidade econômica da instalação do sistema, levantando gastos e taxas de consumo, comparando com o sistema convencional de energia, cedido pela concessionária, em uma residência unifamiliar localizada na cidade de Passo Fundo - RS.

Palavras-chave: Avaliação Econômica de Projetos. Energia Solar Elétrica. Implantação de sistema fotovoltaico.

Área Temática: Energia e energias renováveis

Analysis of the economic viability of deploying a photovoltaic power harvesting system for single-family residence

Abstract

Electricity is an extremely important resource for human life, but the most used means to obtain it, end up harming the environment such as the construction of hydroelectric plants, for example. Due to the increasing demand for energy with population growth, this problem tends to increase, because the greater the need the more constructions will be necessary, bringing with it impacts to the local ecosystem. Consequently, there is a need to carry out studies and development of new means of energy capture that provide less impact to the environment. With this, there are economically viable and socio-environmental solutions that can be implemented, such as the photovoltaic solar energy capture system, which, in addition to not causing damage to the environment, generates clean energy and is an economically viable process. With the implementation of the photovoltaic solar energy capture system in a residence, this work aims to analyze the economic viability of the system installation, raising costs and consumption rates, comparing with the conventional energy system, granted by the concessionaire, in a single family residence located in the city of Passo Fundo - RS.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Key-words: Economic Evaluation of Projects. Solar Electric Power. Deployment of photovoltaic system.

Theme Area: Energy and renewable energy.

1 Introdução

Sustentabilidade tem sido nos últimos anos um assunto constantemente citado, pois com o passar do tempo, o índice de agressividade ao meio ambiente aumentou gradativamente, por isso é necessário o estudo de soluções iminentes para esse problema que afeta a todos. A energia convencional que utilizamos, em grande parte, vem das hidrelétricas, que gera impactos ambientais em grande escala. Por isso, um dos meios a ser utilizado é a energia solar que é produzida pelas placas fotovoltaicas.

As hidrelétricas, vistas por muitos como uma fonte de “energia limpa”, do ponto de vista ambiental não podem ser consideradas a melhor solução quando se trata de ecologia. Elas interferem drasticamente no meio ambiente devido à construção das represas, que provocam inundações em imensas áreas de matas, interferem no fluxo de rios, destroem espécies vegetais, prejudicam a fauna, e interferem na ocupação humana (INATOMI; UDAETA, 2005).

Cada forma de obtenção de energia, possui pontos positivos e negativos, entretanto os pesos para cada ponto devem ser atribuídos corretamente para que o planejamento seja válido e realmente possa mitigar os impactos ambientais. Conhece-los e quantifica-los é essencial para um bom planejamento (INATOMI; UDAETA, 2005).

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 benefícios decorrentes do mesmo (COSTA et al., 2000; FADIGAS, 1993).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em uma residência unifamiliar.

2 Material e Métodos

2.1 Descrição do objeto de estudo

O trabalho será realizado com o objetivo de uma avaliação econômica de um sistema de energia fotovoltaica que será implantada em uma residência unifamiliar, abrigando uma família de 4 pessoas, no município de Passo Fundo – RS.

2.2 Procedimento metodológico

O trabalho será realizado conforme as etapas citadas abaixo:

Etapa 1 - Análise da residência para a inclusão do sistema fotovoltaico

O primeiro passo consistiu em realizar um levantamento do consumo mensal de energia elétrica de kWh da residência baseado nas últimas faturas da energia. Analisado esse consumo, foi calculado quantas placas seriam necessárias para o suprimento da demanda de energia. Para inserir esse sistema no projeto convencional os painéis geradores de energia elétrica fotovoltaica serão fixados no telhado da residência, conforme mostra a Figura 1. As quantidades dessas placas foram calculadas com base no consumo mensal de kwh da residência.

O sistema foi projetado com objetivo de produzir energia equivalente à passível compensação, baseado no consumo médio solicitado. Nos meses de maior radiação, no verão, o sistema tende a gerar mais do que é consumido. A energia excedente gera créditos de energia. Nos meses de menor radiação, o consumo tende a superar a geração. Nestes, os créditos anteriores gerados são utilizados para compensar a diferença.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 1 – Esquema de implantação das placas fotovoltaicas no telhado.



Fonte: Próprio Autor, 2017.

Etapa 2 – Quantitativo de equipamentos necessários para o sistema de captação de energia elétrica fotovoltaico;

A escolha dos equipamentos foi baseada na demanda necessária para implantação do sistema juntamente com o preço atual dos equipamentos passados pela empresa. Foi necessário obter esses parâmetros para que o mesmo não sofra um superdimensionamento causando custos desnecessários. Os painéis e inversores foram escolhidos conforme a necessidade do sistema. Todo o valor do material e mão de obra foram determinados por empresa situada no município que trabalha com a comercialização desses sistemas. Os itens incluídos no orçamento foram os seguintes:

- Painel Solar Fotovoltaico;
- Inversor;
- Quadro stringbox;
- Cabos e conectores;
- Trilhos e suportes para as placas;
- Mão de obra.

O cálculo para a determinação da redução de consumo pode ser realizado através da seguinte formula:

$$IR = \frac{(VA - VD)}{VA} \times 100\% \quad (1)$$

Onde:

IR=Impacto de redução;

VA=Volume antes das medidas adotadas;

VD=Volume após as medidas adotadas.

Etapa 3 – Determinação dos gastos do sistema seguido da análise da avaliação econômica;

Logos após a determinação dos itens necessários, foi realizado o levantamento



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

quantitativo do sistema visando determinar a quantidade dos itens componentes do produto e seus respectivos preços. Este orçamento foi realizado em empresas da região comparando-as a partir do custo benefício.

Definido o custo mensal da energia elétrica convencional que a concessionaria disponibiliza à residência, foi realizada uma verificação da quantidade de kWh que o sistema produz ao mês e o quanto será economizado.

Foram consideradas as tarifas estabelecidas pela concessionaria, no caso RGE, de acordo com a residência, realizando uma comparação da conta mensal utilizando apenas a energia da concessionaria, com a conta utilizando o sistema de energia fotovoltaica.

Logo após a determinação do investimento total no sistema, foi realizada a análise de viabilidade econômica. Os métodos que foram utilizados são: Taxa interna de Retorno (TIR), Análise de Retorno de Investimento (PAYBACK) e o Valor Presente Líquido (VPL).

O método do Valor Presente Líquido (VPL) refere-se ao cálculo do valor presente das entradas e saídas do Fluxo de Caixa com uma determinada taxa de desconto, que pode ser representada pela Taxa Mínima de Atratividade. Para o projeto ser viável o valor do VPL tem que ser positivo, consequentemente se o VPL for negativo, o investimento é considerado inviável.

A Taxa Mínima de Atratividade será definida com base na taxa de juros atual para aplicações de baixo risco.

Para o cálculo do VPL utilizamos a seguinte formula:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (2)$$

Onde:

FC_t = Valor dos fluxos de caixa no tempo;

I = Investimento inicial;

k = taxa mínima de atratividade;

t = tempo de desconto;

n = tempo de desconto do último fluxo de caixa.

A Taxa Interna de Retorno (TIR), é um fórmula matemática-financeira utilizada para calcular a taxa de desconto que teria um determinado fluxo de caixa para igualar a zero seu Valor Presente Líquido. Em outras palavras, seria a taxa de retorno do investimento em questão. Essa taxa é comparada com a TMA para ver qual investimento é mais rentável. O projeto será atrativo caso a taxa de retorno for maior que a TMA.

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (3)$$

Onde:

FC_t = Valor dos fluxos de caixa no tempo;

I = Investimento inicial;

t = tempo de desconto;

n = tempo de desconto do último fluxo de caixa

TIR = taxa mínima de atratividade

Payback trata-se do tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento.

O Payback simples é definido como o número de períodos (anos, meses, semanas etc.)



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

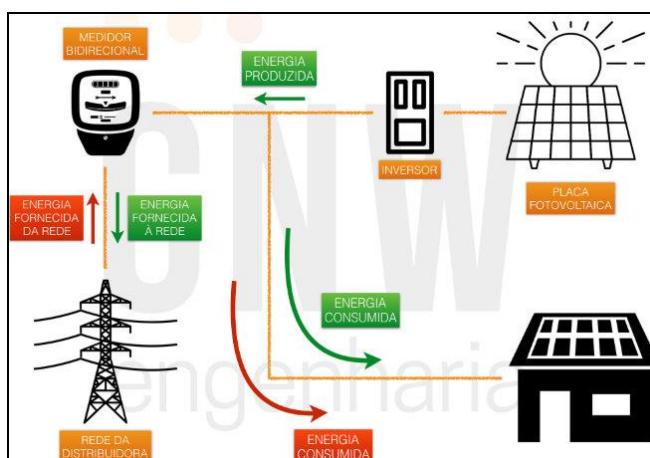
para se recuperar o investimento inicial. Esse método não considera a correção do dinheiro em relação ao tempo.

3 Resultados e Discussões

3.1 Implantação do sistema

Toda energia gerada é consumida durante o dia. O excedente é exportado para a rede elétrica como crédito para consumo noturno ou posterior, como retrata a Figura 2.

Figura 2 – Sistema Conectado à Rede – Ongrid.



Fonte: Gnwendengenaria, 2016.

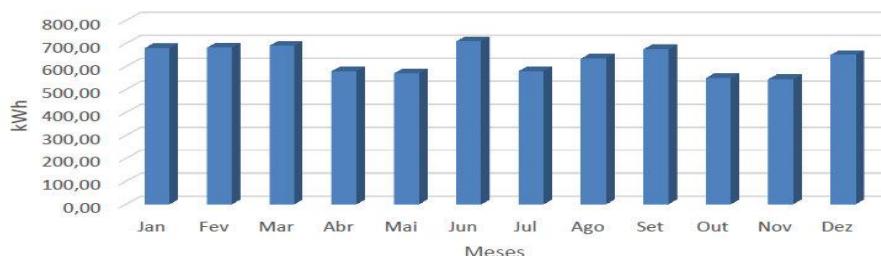
A quantidade de energia captada pelas placas varia conforme a intensidade de radiação solar do local onde elas foram instaladas. Quanto maior a radiação solar, mais energia será gerada pelas placas.

Esse dimensionamento é baseado na radiação solar média na região de Passo Fundo/RS considerando a inclinação ideal do telhado e sem desvio azimutal ou sombreamento dos painéis.

Foi feita uma captação de dados da residência onde será implantada o sistema, e se observou o consumo dos últimos 12 meses. A quantidade de energia elétrica consumida está apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Uso de eletricidade da residência

Consumo



- ✓ **Média de consumo mensal:** 640 kWh/mês
- ✓ **Entrada de Energia:** Trifásica
- ✓ **Taxa Mínima de Consumo:** 100 kWh
- ✓ **Energia a Ser Compensada:** 540 kWh/mês

Fonte: Ilumina Energia, 2017



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

O sistema foi projetado com objetivo de produzir energia equivalente à passível compensação, baseado no consumo médio solicitado. Considerando o sistema, os materiais de geração de energia escolhidos são de primeira linha e melhores marcas disponíveis no mercado.

3.2 Valores para implantação

Na execução no sistema de energia fotovoltaica em uma residência unifamiliar, foram levados em consideração o sistema junto a mão de obra da empresa que presta o serviço, no caso a empresa Ilumina Energia, localizada no parque tecnológico, na cidade de Passo Fundo - RS.

O valor do sistema juntamente com os serviços prestados pela empresa Ilumina energia e tecnologia, foi orçado em R\$ 31.500,00 (Trinta e um mil e quinhentos reais).

3.3 Valores para consumo de energia

O consumo de energia elétrica residencial foi calculado com base em quilowatt-hora (KWh) consumidos durante o mês. Pela esfera municipal, é cobrada a Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP), relacionada ao projeto, implantação e expansão de redes públicas. Já na esfera estadual, que é aquela que possui diferentes alíquotas nos estados brasileiros, existe a cobrança do Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Pela esfera federal, ocorre a cobrança do Programa de Integração Social (PIS) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), voltados para atender programas sociais do governo. De forma geral, o contribuinte acaba pagando no PIS a alíquota de 0,95% do valor de consumo da energia elétrica; já a COFINS leva 4,45% do valor de sua fatura; por sua vez, o ICMS poderá custar até 30% do valor consumido por mês. A CIP é definida individualmente em cada município brasileiro.

Além da parte tributária, o ano de 2015 ainda trouxe mais um complicador para o valor da conta de energia elétrica: o sistema de bandeiras.

- Na bandeira Verde, não há acréscimo da tarifa pelo kilowatt hora (que é o valor mínimo de cobrança pelo consumo de energia).
- Na bandeira Amarela, há o acréscimo de R\$ 0,025 para cada kWh.
- Por fim, na bandeira Vermelha, há o acréscimo de R\$ 0,045 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

O funcionamento dessas bandeiras justifica-se, entre outros motivos, pelo maior ou menor uso das usinas termelétricas em tempos secos, que tem um custo de operação mais elevado que as usinas hidrelétricas (SOLARVOLT ENERGIA, 2015)

Captados os valores mensais no período total de um ano, se tem o gráfico do consumo de energia elétrica e da geração da mesma pelo sistema fotovoltaico no período de um ano como mostra a Figura 4.

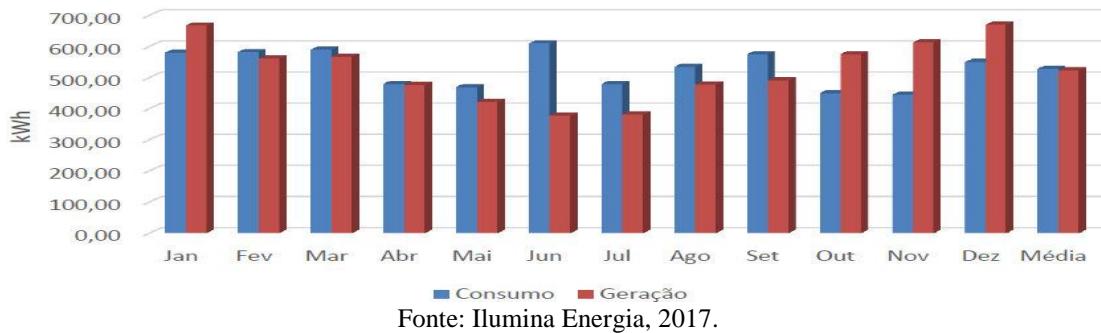


6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 4 – Consumo x Geração

Consumo x Geração



Fonte: Ilumina Energia, 2017.

3.4 Análise do Valor Presente Líquido

O método do Valor Presente Líquido analisa o fluxo de caixa, através do cálculo do valor presente, considerando uma TMA, no caso de 6%. Se o VPL for positivo o investimento é viável. Se o VPL for negativo, indica que não é um bom investimento.

Para o sistema de energia fotovoltaica foi realizado o cálculo do VPL. O período de manutenção das placas será considerado a partir do 25º ano, com uma taxa de degradação anual de 0,7%, como o horizonte de investimento de 20 anos, desconsideramos a manutenção. A partir da Tabela 1 observando os cálculos realizados o VPL foi positivo, demonstrando que o investimento é viável

Tabela 1 – Analise Valor Presente Líquido

PERÍODO (ANOS)	FLUXO DE CAIXA
0º ANO	-R\$ 31.500,00
1º ANO	R\$ 4.019,50
2º ANO	R\$ 3.991,37
3º ANO	R\$ 3.963,43
4º ANO	R\$ 3.935,68
5º ANO	R\$ 3.908,13
6º ANO	R\$ 3.880,78
7º ANO	R\$ 3.853,61
8º ANO	R\$ 3.826,64
9º ANO	R\$ 3.799,85
10º ANO	R\$ 3.773,25
11º ANO	R\$ 3.746,84
12º ANO	R\$ 3.720,61
13º ANO	R\$ 3.694,57
14º ANO	R\$ 3.668,70
15º ANO	R\$ 3.643,02
16º ANO	R\$ 3.617,52
17º ANO	R\$ 3.592,20
18º ANO	R\$ 3.567,05
19º ANO	R\$ 3.542,08
20º ANO	R\$ 3.517,29
VPL	R\$ 12.238,40

Fonte: Próprio Autor, (2017).

3.5 Análise da Taxa Interna De Retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é utilizada para medir a rentabilidade de um investimento. Para esse investimento ser rentável, a TIR deve ser maior que a TMA esperada pelo investidor de 6%. A partir dos dados obtidos, tem-se que a (TIR) apresentou valor de



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

10,58% ao longo de 20 anos, sendo maior que a (TMA) tornando assim o investimento rentável.

3.6 Análise do período de retorno do investimento – *Payback Simples*

O *Payback Simples* determina o tempo do retorno do investimento inicial, sem levar em consideração a correção do dinheiro em relação ao tempo. Observa-se que no sistema de placas fotovoltaicas o horizonte de investimento é de 20 anos. Chega-se à conclusão que o Payback Simples é viável, pois o valor investido é recuperado antes do horizonte de investimento, como pode ser observado na tabela abaixo:

Tabela 2 – *Payback Simples*

PAYBACK SIMPLES

PERÍODO (ANOS)	SALDO
0° ANO	-R\$ 27.480,50
1° ANO	-R\$ 23.489,13
2° ANO	-R\$ 19.525,70
3° ANO	-R\$ 15.590,02
4° ANO	-R\$ 11.681,88
5° ANO	-R\$ 7.801,11
6° ANO	-R\$ 3.947,50
7° ANO	-R\$ 120,86
8° ANO	R\$ 3.678,99
9° ANO	R\$ 7.452,24
10° ANO	R\$ 11.199,08
11° ANO	R\$ 14.919,69
12° ANO	R\$ 18.614,25
13° ANO	R\$ 22.282,96
14° ANO	R\$ 25.925,98
15° ANO	R\$ 29.543,50
16° ANO	R\$ 33.135,70
17° ANO	R\$ 36.702,75
18° ANO	R\$ 40.244,84
19° ANO	R\$ 43.762,13
20° ANO	R\$ 47.279,42

Fonte: Próprio Autor, (2017).

4 Conclusões

A importância e utilização de energias alternativas renováveis passou a ganhar destaque, no final do século passado, devido não apenas à preocupação em diminuir a dependência das fontes fósseis, mas, principalmente, por motivos ambientais relacionados às mudanças climáticas e os efeitos dessas sobre a humanidade. Como consequência, a energia solar vem despertando mais interesse em vários países do mundo, por se tratar de uma tecnologia considerada limpa, com reduzido impacto ambiental (VARELLA; CAVALIERO; SILVA, 2008).

Com base nos métodos e cálculos expostos, conclui-se que é viável o investimento em um sistema de placas fotovoltaicas para uma residência unifamiliar devido aos resultados indicados pelos métodos de cálculo e o horizonte de investimento que foi de 20 anos. Além disso, em 9 anos o sistema já terá recuperado o valor investido e começará, inclusive, a ser rentável. O investimento em energia fotovoltaica, por conseguinte, foi comprovadamente benéfico para seu investidor, devido ao seu amplo tempo de proveito e lucratividade.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Referências

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.

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.

GNWENGENHARIA. **Energia Solar Fotovoltaica.** 2016. Disponível em: <http://gnwengenharia.com/energia-solar-fotovoltaica/?gclid=CjwKEAjwh9PGBRCfso2n3ODgvUcSJAhpW5obeDmznaCRtcGzT5_CMUCYPEku_U6F990B2FtJQpz5xoCX73w_wcB>. Acesso em 25 mar. 2017.

ILUMINA- **Instituto de Desenvolvimento Estratégico do Setor Energético.** 2017. Disponível em: < <http://www.ilumina.org.br/category/estudos-e-artigos/>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

INATOMI, Thais Aya Hassan; UDAETA, Miguel Edgar Morales. Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos. In: **III Workshop Internacional Brasil-Japão: Implicações Regionais e Globais em Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.** 2005.

SOLARVOLT ENERGIA. **4 vantagens de usar energia solar fotovoltaica em sua casa.** 2014. Disponível em: <<http://www.solarvoltenergia.com.br/4-vantagens-de-usar-energia-solar-fotovoltaica-em-sua-casa/>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

VARELLA, F. K. O. M.; CAVALIERO, Carla Kazue Nakao; SILVA, E. P. Energia solar fotovoltaica no Brasil: Incentivos regulatórios. **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n. 1, p. 9-22, 2008.