

## Estudo e Viabilidade de Implantação de um Sistema Fotovoltaico.

Eurípedes Vieira dos Santos Cavalcante<sup>1</sup>, Roney Lima de Sales<sup>2</sup>

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade de um sistema fotovoltaico instalado em uma residência na cidade de Quirinópolis – Go. Tendo isso em mente, a presente pesquisa consiste em dimensionar um sistema fotovoltaico *ON GRID* para uma residência unifamiliar e analisar a viabilidade econômica financeira da implantação do mesmo. Por meio de técnica de análise de investimento *Payback* que nos demonstra o tempo de retorno mínimo do investimento, Valor Presente Líquido (VPL) que determina o valor presente de pagamentos futuros e a Taxa Interna de Retorno é a taxa que se espera do capital investido.

**Palavras chave:** Fonte de energia renovável. Viabilidade econômica. Efeito fotovoltaico

### 1. Introdução

O Brasil é rico pela enorme quantidade de recursos naturais, nesse contexto se destaca o potencial hídrico que ao longo dos anos foi possível construir um grande número de usinas, tornando possível a conversão da energia potencial armazenada em barragens em energia elétrica. O campo de geração de energia elétrica no país tem se apresentado diferente de outros, visto que, o modelo adotado, que é o da maioria das empresas, caracteriza-se por hidráulica e em razão da falta de um sistema unificado, a geração térmica tem ficado apenas como complemento em situações de pico (SANTANA e OLIVEIRA, 1998).

Em 2001, a falta de planejamento e o baixo investimento governamental no setor de geração de energia levou privatização das usinas hidrelétricas já estabelecidas. Em paralelo, o aumento da população e da produção industrial provocou um aumento significativo no consumo de energia elétrica. Em consonância com a escassez de chuva, as usinas não foram capazes de atender a demanda de consumo e o investidor privado preferiu investir em usinas termoeletricas, em que o retorno financeiro é mais rápido, apesar de ter custo mais elevado (BRENNER, 2004). Como estratégia de evitar problemas futuros o governo federal, iniciou um programa de investimentos em uma rede de usinas termoeletricas que não dependiam do ciclo das águas. (BRASIL, 2016)

É de suma importância a redução de perdas e desperdícios energéticos de consumo, utilização e geração, uma vez que estes são gerados por fontes insustentáveis diante do modo de vida da população atual (GELLER, 2003; GARCIA, 2008). A busca por meios alternativos de fontes

<sup>1</sup> [eng.euripedescavalcante@gmail.com](mailto:eng.euripedescavalcante@gmail.com), Acadêmico de Engenharia Civil, da Universidade de Rio Verde.

<sup>2</sup> [roneysalles@live.com](mailto:roneysalles@live.com), Acadêmico de Engenharia Civil, da Universidade de Rio Verde.

geradoras de energia como a fotovoltaica que é limpa e sustentável, ao contrário de outras, contribui para o crescimento econômico e também com o meio ambiente (COELHO, 2014). Ou seja, se a natureza tem potencial para produzir a própria energia de forma mais abundante do que o homem, essa fonte de energia se dá por um processo renovável, portanto menos prejudicial ao meio ambiente.

A sustentabilidade hoje é um assunto que ganha espaço em todos os setores, tanto em indústrias quanto em meio social, e a geração de energia elétrica por meio de luz solar, destaca-se nesse viés sustentável. Pois a energia solar não polui durante seu uso, as centrais necessitam de manutenção mínima. No caso do Brasil por ser um país tropical, a utilização dessa energia se torna ainda mais viável em praticamente todo o território. Sem deixar de citar que é uma fonte renovável e gratuita.

O objetivo principal desse trabalho é analisar a viabilidade econômica financeira da instalação de um sistema fotovoltaico conectado a rede elétrica em uma residência localizada em Quirinópolis-GO.

A luz Solar é a principal forma de energia que incide no planeta Terra, e é de extrema importância para a vida, com ampla capacidade energética por meio de radiações solares, absorvidas e transformadas em outros meios de energia. (CAMARGO, 2017).

De acordo com Pinho e Galdinho (2014), existem dois tipos de radiação que chegam a superfície da Terra: a difusa (multidirecional e espalhada por meio de moléculas existentes na atmosfera) e a direta (diretamente do Sol).

A transformação de luz em eletricidade promove o efeito fotovoltaico, por meio da radiação eletromagnética do Sol sobre uma partícula de material semicondutor, que possui uma banda de energia com a presença de elétrons e outra completamente vazia. Essa divisão de duas bandas de energia de materiais semicondutores é chamada de bandgap ou gap. (PINHO; GALDINO, 2014).

Para esclarecer melhor, o silício e o germânio pertencem ao grupo IV da tabela periódica e possuem quatro elétrons na camada de valência, ligando-se a seu vizinho por meio de ligações covalentes e formando uma estrutura cristalina. Ao adicionar átomos penta valentes, como o fósforo e o arsênio, haverá um elétron em excesso, o que torna essa ligação instável com relação ao seu átomo de origem. Sendo necessária uma pequena parcela de energia para liberação desse elétron na banda de condução. (SEGUÉL, 2009)

De acordo com Silva (2010), o Silício tem ótimos atributos elétricos para a concepção de dispositivos ativos, tornando-se satisfatória sua utilização para a fabricação de capacitores e equipamentos controlados por efeito de campo, o que o coloca na lista dos elementos mais populares na geração de circuitos.

A estrutura fotovoltaica autônoma é caracterizada pela ânsia de acumular energia, usualmente utilizada como bateria no local onde essa energia é gerada, através dos painéis solares é acomodada e compartilhada para os locais de consumo.

Comparada aos painéis fotovoltaicos, as baterias têm necessidade de assistência e sua vitalidade é geralmente de quatro a seis vezes inferior à dos painéis. Porém, essas particularidades, nos dias de hoje é bastante viável e concorrente com os sistemas mais tradicionais de produção de energia, já que o alto investimento implicado neste sistema se torna propício à ampliação da rede elétrica pública para cumprir a curta demanda.

Esse tipo de sistema autônomo é bastante usual quando se fala em diminuição de despesas e aumento da capacidade de geração de energia elétrica pública, visto que é preciso ter um alcance maior com um baixo custo. (MARQUES, 2009).

De acordo com Dienstmann (2009) observa-se que dentro de um sistema fotovoltaico não é só a eficiência dos painéis o verdadeiro responsável pelo desempenho e sim todo o sistema, embora na maioria das vezes os painéis sejam os principais responsáveis pelo resultado desejado. O motivo real está relacionado à escolha dos materiais que compõem o sistema e que esteja adequado ao ambiente para melhor desempenho, em especial sistemas de maior dimensionamento.

Tendo isso em mente, a presente pesquisa consiste dimensionar um sistema fotovoltaico *ON GRID* para uma residência unifamiliar no município de Quirinópolis (Goiás) e analisar a viabilidade econômico financeira da implantação do mesmo. A seguir será feito uma discussão sobre os tipos de sistemas fotovoltaicos disponíveis no mercado, destacando suas principais características, a metodologia de análise da viabilidade de implementação do sistema e os resultados obtidos.

## 1.1 DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS

### 1.1.1 Sistemas Interligados à Rede (*ON GRID* ou *GRID-TIER*)

São sistemas que empregam abundantes quantidades de painéis fotovoltaicos e não o acúmulo de energia, portanto, sua produção é recebida na rede. O sistema retrata uma fonte adicional ao sistema elétrico de grande porte onde está ligado. Integralmente o sistema é ligado a inversores e depois dirigido para a rede. Portanto, devem-se usar inversores que atendam as condições de qualidade e segurança com a finalidade de não afetar a rede. (BRITO, 2003).

No sistema *ON GRID*, que é conectado em rede, não utiliza baterias para armazenamento da energia. A captação da radiação é feita também através dos painéis fixos gerando energia em corrente contínua, passando direto pelo inversor, que converte em corrente alternada e distribui ao consumidor. Os inversores além dessa função também sincronizam o sistema com a rede pública.

No sistema podemos utilizar os micro inversores substituído o inversor, possui vantagem de trabalhar em uma tensão e correntes mais baixa garantindo uma melhor segurança para todo o sistema, além de representar melhor eficiência do sistema pois monitora as placas individualmente. Nesse caso, a energia excedente retorna à rede principal da concessionária, passando por um medidor bidirecional que contabiliza esse excedente transformando em crédito para utilização futura. É importante destacar que a energia excedente produzida e que não é consumida pela residência é enviada de volta à rede elétrica da distribuidora, fazendo que o relógio medidor gire no sentido contrário, o que converte em créditos ao consumidor.

Na composição básica temos: os módulos solares ou placas solares; inversor interativo, que é conhecido internacionalmente como *Grid-tied Interactive Inverter*.

O Inversor Interativo recebe a energia gerada pelos Módulos Solares, em corrente contínua (CC), e a transforma em energia elétrica de corrente alternada (CA), com forma de onda igual à energia elétrica fornecida pela Rede Elétrica Concessionária local. O Inversor Interativo injetada no quadro geral da unidade consumidora (residência, por exemplo) toda a energia gerada. Com isso essa energia alimentará a rede como um todo.

A principal vantagem está na utilização da Rede da Concessionaria Elétrica como o acumulador de energia (Banco de Baterias) em forma de Créditos Energéticos.

### 1.1.2 Sistemas Autônomos ou Isolados (*OFF GRID*)

São os sistemas mais convencionais, ou seja, independente da rede elétrica. Os mesmos são capazes de gerar energia elétrica mesmo onde a rede pública não chega. Essa seria uma das principais vantagens desse sistema em relação ao *ON GRID*.

Existem dois tipos de sistemas autônomos: um com armazenamento e outro sem armazenamento de energia. O primeiro é utilizado com alimentação de baterias de veículos elétricos, em iluminação pública e, inclusive em aparelhos portáteis (VILLALVA & GAZOLI, 2012). O segundo é bastante utilizado em bombeamento de água, onde não é utilizado dispositivo para estocagem de energia (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

No sistema *OFF GRID*, que embora seja autônomo, é condicionada uma chave de transferência automática de rede, para garantir o fornecimento de energia em caso de ausência da mesma nos acumuladores.

São sistemas caracterizados por serem isolados, ou seja, não dependem da rede elétrica sendo autossustentáveis através de suas baterias. Por isso são completos e incluem vários componentes que podem ser descritos da seguinte maneira: bloco gerador constituído por painéis

solares, cabos e estrutura de suporte; bloco de condicionamento de potência constituído por inversores e controladores de carga; bloco de armazenamento constituído por baterias.

Portanto, a captação da radiação é feita através dos painéis fixos gerando energia em corrente contínua e passando por um controlador de carga, o qual monitora e controla a energia que chega aos acumuladores (baterias). Posteriormente essa energia é convertida em corrente alternada através do inversor e distribuída ao consumidor.

Geralmente são utilizados para bombeamento de água, para postes de luz, eletrificação de cercas, etc., ou seja, têm objetivos locais específicos, os quais geralmente baixam os custos de consumo.

Um dos diferenciais desse sistema é o fato da energia ser armazenada em baterias, assim elas garantem o funcionamento em períodos que não há quase nenhuma ou nenhuma luz solar, como por exemplo, dias de tempo nublado ou durante o período noturno. Vale destacar que o dimensionamento de um sistema desse tipo deve ser feito criteriosamente quando responsável para a alimentação residencial, uma vez que, a única fonte de armazenamento são as baterias e em períodos noturnos o consumo de energia elétrica tende a aumentar.

Algumas vantagens desse tipo de sistema são: redução do consumo de combustíveis fósseis; aumento da disponibilidade de energia; redução de custos na conta de energia.

Já o sistema híbrido sua grande vantagem é possibilitar eletricidade (estocada nas baterias), na ausência do sol, em dias de pouca ou nenhuma geração. Em contrapartida, é um sistema complicado, pois necessita incluir várias maneiras de geração de energia elétrica, tais como motores ou geradores eólicos (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

## **2. Material e Métodos**

### **2.1 Métodos**

Para a análise da viabilidade do sistema, levou-se em consideração a capacidade de geração de energia por um período de 25 anos, com base na eficiência energética dos módulos terem uma margem de 80% de eficiência. Foram levantados os índices de radiação solar da região de instalação do sistema por meio de uma ferramenta de apoio oferecida pelo Centro de Referência Para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB) para dimensionamento do sistema fotovoltaico, em que se utiliza como base o programa SunData, que tem por objetivo o cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional e rendimento dos módulos. Quanto a análise de viabilidade econômica foi utilizada a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) baseada na Taxa de juros Selic, o Valor Presente Líquido (VPL) a Taxa interna de Retorno

(TIR) e o Payback, para as tarifas foram utilizados valores atualizados pela Aneel (Agencia Nacional Energia Elétrica).

A presente pesquisa caracteriza-se como exploratória por meio do estudo de caso, com abordagem descritiva e qualitativa na qual verifica-se a viabilidade econômico-financeira na implantação de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede de distribuição (Sistema *ON GRID*). Para Silva (2003), a pesquisa exploratória auxilia na problematização do tema com o objetivo de aprofundar o conhecimento proporcionando maior familiaridade com o mesmo.

Os indicadores para análise de viabilidade econômico financeira utilizados nessa pesquisa estão descritos a seguir.

### 2.1.1 Payback.

É uma técnica de análise de investimento bastante utilizada. Com ela é possível calcular o prazo de retorno do capital investido. Sendo que a mesma implica em saber a saída imediata de capital e em contrapartida esperando receber valores que compensem essa saída, levando em consideração o fator tempo. Ou seja, esse cálculo é feito em períodos que podem ser meses ou anos, os quais são necessários para a recuperação do investimento realizado (ROSS, 2002).

### 2.1.2 Valor Presente Líquido (VPL).

Essa metodologia apresenta o valor presente dos fluxos de caixas referente ao investimento, considerando o valor do investimento no tempo. Nele é utilizada uma fórmula matemático-financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa específica e subtrai-se do valor investido inicialmente (ROSS, 2002).

### 2.1.3 Taxa Interna de Retorno (TIR).

É uma taxa onde se espera um crescimento do capital investido, aplicando a taxa de juros, na qual é comparado a aplicações financeiras convencionais. Sendo a base dela um desconto hipotético aplicado ao fluxo de caixa, ou seja, utiliza os valores das despesas junto ao valor presente de modo que eles sejam iguais aos valores de retornos dos investimentos (ROSS, 2002).

## 2.2 Materiais

Para a realização do projeto foram utilizadas estruturas de suporte, painéis solares, inversor de corrente, *string box* ou caixa de junção, cabeamentos, sistemas de monitoramento e medidor bidirecional. Já no dimensionamento foram utilizados os dados do histórico de consumo de energia elétrica da residência do ano de 2017, na qual a média de consumo foi de 358,83 kWh.

O sistema proposto neste trabalho foi de 3 kWh ligados a módulos de 325W, que gera até a 430kWh/mês suprindo toda a demanda mensal de energia elétrica consumida na residência. Para isso os dados de geração foram levantados através de um aplicativo de monitoramento fornecido pelo fabricante do inversor.

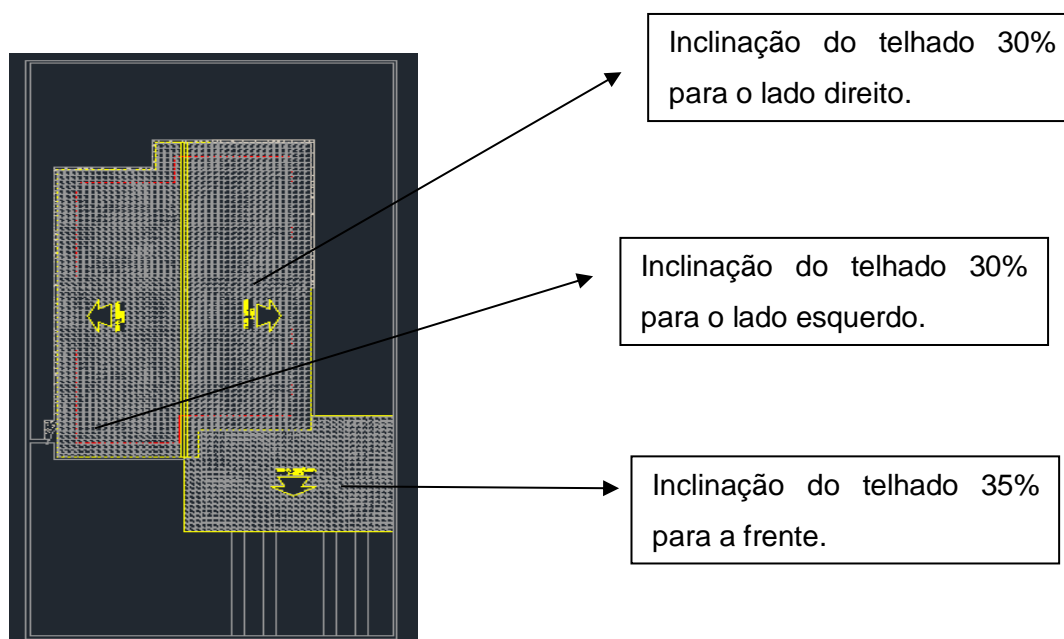
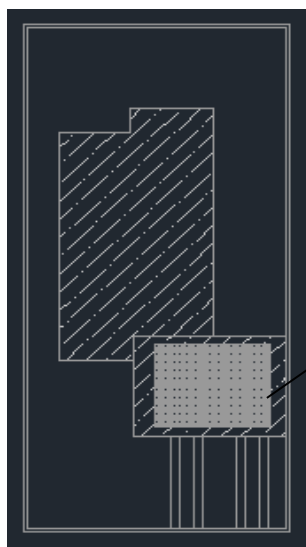


Figura 1 – Planta de Cobertura da Residência

Fonte: autor da pesquisa

No Brasil em função da posição geográfica em relação ao Sol o ideal para a instalação dos painéis é em direção ao Norte, pois não há sombreamento no telhado, de acordo com a figura 1 no caso em questão foram instalados em direção a oeste obedecendo a inclinação do telhado e da disponibilidade do mesmo. Estes são fatores que afetam o desempenho da geração de energia o ideal seria que o ângulo de inclinação fosse igual ao da latitude local, que é o melhor ângulo para instalar os módulos.



Local onde estão instalados os módulos solares no telhado da residência, na frente.

Figura 2 – Disposição dos Módulos Solares

Fonte: autor da pesquisa

A Figura 2 mostra o local de instalação dos painéis, o qual foi definido em função da inclinação que contribuíam para o não acúmulo de sujeiras, e também é o telhado que possui menor fração de sombreamento.

### 3. Resultados e discussão

#### Dimensionamento dos Componentes do Sistema

Para o dimensionamento do sistema foi levado em consideração a média do consumo de energia elétrica na residência ao longo do ano de 2017. A partir dessa informação foi solicitado a empresa Automasol localizada na cidade de Rio Verde, no Parque Bandeirantes, que atua no ramo de soluções em engenharia uma planilha dos componentes necessários para o sistema da residência em questão, bem como o investimento. Ver tabela 1.

A Tabela 1 mostra as características principais do sistema, na qual é possível ver a potência de pico que ele pode atingir. Nesse caso é possível saber se essa potência é suficiente para atender a demanda da residência, o que ficou comprovado aqui, ou seja, o dimensionamento do sistema fotovoltaico atende a demanda mesmo considerando as perdas estimadas de 22% na conversão de corrente, no inversor ou nas conexões.

Para o dimensionamento utilizou-se os dados de consumo de energia elétrica da média mensal que foi de 358,83 kWh, ou seja, um consumo diário de 11961 kWh. Para geração de energia que atenda essa demanda dividimos esse valor de consumo diário pela quantidade de horas de sol



pleno mais crítica, ou seja, o mês com menor incidência solar, pois assim obtemos um valor que garanta a geração mínima, por meio do programa Google Earth obtém-se a latitude e a longitude aproximada do local em questão. Entrando-se com os valores obtidos no sistema de dados SunData ([www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br)). O valor obtido foi 4,56 horas de sol pleno.

Com isso vemos que a potência necessária dos módulos será de 2623W, como temos uma perda de 3% de perda do inversor (valor especificado no manual do fabricante), a eficiência, ainda que consideravelmente alta (>97%), não disponibilizará um rendimento excelente quando a operação for abaixo da potência nominal do inversor, sujeira no módulos, esse fator de capacidade é afetado por fatores que ocasionam perdas no sistema, por exemplo, por acúmulo de sujeira nos painéis que diminuem a captação da radiação solar, a irradiação solar também é um fator que afeta esta grandeza (URBANETZ; et. al., 2014a). No Brasil, esse fator está comumente entre 13% e 18%, variando de acordo com tecnologias utilizadas e disponibilidade do recurso solar (BENEDITO, 2009), de acordo com Rütther (2004), as perdas ôhmicas em sistemas CC de baixa tensão são minimizadas pelo menor comprimento possível de cabos elétricos que conectam os painéis fotovoltaicos ao sistema inversor e por contatos elétricos de qualidade. Assim também deve ser levado em consideração um processo de dimensionamento de qualidade das seções dos cabos sendo essa perda de 1% para um condutor de 30 metro e de seção transversal de 6mm., não foi levado em consideração as perdas por posicionamento dos módulos ficando o valor total em 22%. Sendo o valor de perda adicionado a potência dos módulos ficando a potência necessária 3200W, utilizando 10 módulos de 325W uma potência final dos painéis de 3250W sendo necessário um inversor de 3 kWp.

Tabela 1 – Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Características Gerais do Sistema			
Potência Pico do Sistema:	3,25 kWp	Marca do Inversor:	PHB
Potência dos Módulos:	325 Wp	Eficiência do Inversor:	97%
Número de Módulos:	10 unidades	Números de Inversores:	1 unidade
Características Estruturais			
Área Estimada do Sistema:	23,02 m <sup>2</sup>	Média HSP Anual:	
Peso Aproximado por m <sup>2</sup> :	12,8 kg/m <sup>2</sup>	Perdas estimadas:	20%

Fonte: AutomaSol

O valor inicial investido que foi de vinte e dois mil reais, na implantação do sistema *on grid*, discriminando individualmente cada uma das etapas, bem como serviços prestados por terceiros para o desenvolvimento do projeto. Para a implantação do sistema é necessário previamente informar a concessionária de energia sobre a ligação do sistema fotovoltaico a rede elétrica,

enviando o projeto para a aprovação, feito isso poderá realizar a compra e instalar o sistema. Após a instalação, um profissional habilitado realizará uma auditoria e gerará um relatório onde deverá ser encaminhado a concessionária, para regularizar os aspectos técnicos pendentes. Feito isso realizará outra vistoria do sistema, autorizando a ligação e o relógio é trocado por um medidor bidirecional.

Através da Tabela 3 apresentada abaixo pode-se ver a média de geração de energia mensal que é de 375,63 kWh/mês, porém a média de consumo real é de 358,83 kWh, portanto o percentual de consumo é de 95,52% da energia gerada, ou seja, o sistema não utiliza 100% da sua capacidade, representando assim uma economia de R\$ 1.102,99. Conforme apresentado acima entre os meses de março e dezembro, onde a intensidade do Sol é maior a geração consequentemente é mais expressiva e o consumo fica acima da média dos outros meses.

Tabela 3 – Geração de Energia X Consumo Mensal

Mês	Energia Gerada (Kwh/mês)	Energia Gerada (R\$)	Energia Consumida (Kwh/mês)	Energia Consumida (R\$)
abr/18	371,3 Kwh/mês	R\$ 330,46	391,00 Kwh/mês	R\$ 347,99
mai/18	356,40 Kwh/mês	R\$ 317,20	344,00 Kwh/mês	R\$ 306,16
jun/18	311,90 Kwh/mês	R\$ 277,59	310,00 Kwh/mês	R\$ 275,90
jul/18	366,30 Kwh/mês	R\$ 326,01	339,00 Kwh/mês	R\$ 301,71
ago/18	376,10 Kwh/mês	R\$ 334,73	327,00 Kwh/mês	R\$ 291,03
set/18	355,30 Kwh/mês	R\$ 316,22	325,00 Kwh/mês	R\$ 289,25
out/18	352,40 Kwh/mês	R\$ 313,64	365,00 Kwh/mês	R\$ 324,85
nov/18	324,00 Kwh/mês	R\$ 288,36	348,00 Kwh/mês	R\$ 309,72
dez/18	412,40 Kwh/mês	R\$ 367,04	373,00 Kwh/mês	R\$ 331,97
jan/19	446,30 Kwh/mês	R\$ 397,21	417,00 Kwh/mês	R\$ 371,13
fev/19	402,50 Kwh/mês	R\$ 358,23	374,00 Kwh/mês	R\$ 332,86
mar/19	432,70 Kwh/mês	R\$ 385,10	392,96 Kwh/mês	R\$ 349,73
<b>Média</b>	<b>375,63 Kwh/mês</b>	<b>R\$ 334,31</b>	<b>358,83 Kwh/mês</b>	<b>R\$ 319,36</b>
<b>Anual</b>	<b>4507,60 Kwh/ano</b>	<b>R\$ 4.011,76</b>	<b>4305,96 Kwh/ano</b>	<b>R\$ 2.908,77</b>

Fonte: autor da pesquisa

A Tabela 4 apresentada a seguir representa demonstrativo dos valores em cada um dos três critérios analisados na metodologia, ou seja, payback, valor presente líquido e taxa interna de retorno, onde é possível ter um parecer específico do tempo de retorno do investimento na implantação desse sistema. Levando em consideração os valores do fluxo de caixa no período de um ano, o qual não houve reajuste, pois foi o período de instalação do sistema. Posteriormente nota-se que a partir do segundo período foi considerada a taxa de reajuste da concessionária que foi uma média de 9.7% ano, portanto é possível constatar que o tempo aproximado de recuperação capital investido, ou seja, o Payback foi de 6,3 anos.

A partir desse período de recuperação do capital investido os próximos períodos são de lucratividade, ou seja, a médio prazo foi recuperado investimento, que foi entre 5 a 6 anos e após isso, a longo prazo, entre 6 a 20 anos é possível ver que o valor presente líquido começa a crescer gerando assim o que se pode chamar de taxa de lucratividade.

Descrição da Tabela 4, na qual o Investimento Inicial é igual o valor do investimento

Taxa de amortização: levada em consideração para achar o valor presente

Reajuste da Enel: Taxa estimada anual de reajuste da Enel

Valor da energia mensal: valor estimado mensal para saber o tempo de payback

Período: Quantidade de anos do investimento

Fluxo de caixa: Prováveis valores pago anualmente, a partir do período dois foram levado em consideração a taxa de reajuste da Enel

$$\text{Fluxo de Caixa} = \text{valor da energia mensal} * 12;$$

#### Eq.01

$$\text{Fluxo de caixa} = (\text{valor da energia mensal} * 12) + \text{taxa de reajuste da Enel}$$

#### Eq.02

Valor presente: é os valores futuros que o projeto irá gerar, convertendo para valores presentes, ou seja estimando uma Taxa de amortização, desvalorizando o dinheiro futuro.

$$\frac{\text{Valor presente} = \text{valor futuro (fluxo de caixa)}}{(1 + i)^n}$$

#### Eq.03

Onde:

n é o período

I é a Taxa de amortização

VP Acumulado: é o valor presente acumulado, no período 0 será o valor do investimento, através dele conseguimos visualizar nitidamente o tempo de retorno do investimento.

$$Vp \text{ Acumulado} = Vp \text{ acumulado anterior} + \text{valor presente}$$

#### Eq.04

Soma dos VPs: soma de todos os valores presentes.

$$Soma \text{ dos VPs} = \text{soma de todos os valores presentes}$$

#### Eq.05

VPL do projeto: é a soma de todos os fluxos de caixas futuros em seus valores presentes, lembrando que o fluxo de caixa é levado em consideração a Taxa de amortização

$$VPL = \text{soma dos VPs} - \text{investimento inicial}$$

#### Eq.06

TIR: indicador complementar ao VPL, é a taxa de desconto para a qual o VPL do projeto passa a ser zero

$$VP = \text{valor do investimento} + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+i)^t}$$

#### Eq.07

Onde:

VP = valor presente

N= quantidade de períodos

Ft= entrada do valor investido no período t;

i = taxa interna de retorno

Taxa de Lucratividade: outro indicador complementar ao VPL, ele é o somatório do valor presente de todos os fluxos de caixas futuros dividido pelo investimento inicial; significando que a cada um real investido receberei 2,18 reais até o final do projeto, se essa taxa for maior do que 1 o projeto é viável. (SAMANEZ, 2002)

$$\text{Taxa de lucratividade} = \frac{\text{Soma VPs}}{\text{Investimento inicial}}$$

#### Eq.08

Tempo de Payback: Tempo de retorno do investimento, ou seja, o tempo em que o VP acumulado fica positivo.

Tabela 4 – Viabilidade da Implantação do Sistema Fotovoltaico

Investimento Inicial	R\$22.000,00		
Taxa de Amortização	9,70%	a.a	
Reajuste de energia ( Enel)	9,70%	a.a	
Valor da energia mensal	R\$319,36		
Período	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VP Acumulado
0	-R\$22.000,00	-R\$22.000,00	-R\$22.000,00
1	R\$3.832,32	R\$3.493,45	-R\$18.506,55
2	R\$4.204,06	R\$3.493,45	-R\$15.013,09
3	R\$4.611,85	R\$3.493,45	-R\$11.519,64
4	R\$5.059,20	R\$3.493,45	-R\$8.026,18
5	R\$5.549,94	R\$3.493,45	-R\$4.532,73
6	R\$6.088,28	R\$3.493,45	-R\$1.039,27
7	R\$6.678,85	R\$3.493,45	R\$2.454,18
8	R\$7.326,70	R\$3.493,45	R\$5.947,64
9	R\$8.037,39	R\$3.493,45	R\$9.441,09
10	R\$8.817,01	R\$3.493,45	R\$12.934,55
11	R\$9.672,26	R\$3.493,45	R\$16.428,00
12	R\$10.610,47	R\$3.493,45	R\$19.921,46
13	R\$11.639,69	R\$3.493,45	R\$23.414,91
14	R\$12.768,74	R\$3.493,45	R\$26.908,37
15	R\$14.007,30	R\$3.493,45	R\$30.401,82
16	R\$15.366,01	R\$3.493,45	R\$33.895,28
17	R\$16.856,52	R\$3.493,45	R\$37.388,73
18	R\$18.491,60	R\$3.493,45	R\$40.882,19
19	R\$20.285,28	R\$3.493,45	R\$44.375,64
20	R\$22.252,95	R\$3.493,45	R\$47.869,10
Soma VPs (ano 1 ao 20)	R\$47.869,10		
VPL do projeto	R\$25.869,10		
Taxa Interna de retorno (TIR)	26,03%		
Taxa de Lucratividade	2,18		
Tempo de Payback	6,30	anos	

Fonte: autor da pesquisa

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração o fato de que o Brasil está cada vez mais se aprimorando na geração e uso de energias renováveis, pode-se dar destaque à fotovoltaica, pois o país é rico em

radiação solar. Porém, uma das dificuldades enfrentadas é a falta de recursos, ou seja, financiamentos com baixas taxas de juros para instalação de sistemas sustentáveis.

Portanto, com a utilização de sistemas fotovoltaicos pode-se ter inúmeros benefícios, tanto do ponto de vista financeiro quanto ambiental, isto é, com o uso dessa fonte de energia é possível diminuir o consumo de energia termoelétrica e devido ser uma fonte de energia renovável, natural reduz a poluição sendo favorável ao meio ambiente. Nesse sentido o estudo desenvolvido nesse trabalho teve por objetivo analisar a eficácia de um sistema fotovoltaico e a viabilidade da implantação do mesmo, vislumbrando as vantagens.

Na metodologia do projeto foram analisados três critérios valorativos, o payback, valor presente líquido e taxa interna de retorno, em que é possível ter um parecer específico do tempo de retorno do investimento na implantação desse sistema que foi inicialmente de R\$ 22.000,00 e a recuperação do investimento se deu em 6,3 anos, levando em consideração as perdas de 22% das placas e conectores e colocando a média das taxas de reajuste da concessionária Enel, ao longo de 20 anos.

A partir da análise dos resultados apresentados, os quais mostram a viabilidade do sistema proporcionando o retorno em um período de 6,3 anos, a uma taxa interna de retorno de 26,03%, levando em consideração os altos custos das tarifas praticados pela concessionária permite que o sistema conectado à rede seja viável mesmo com o investimento inicial ainda alto, portanto ainda assim é positivo, ou seja, houve um capital inicial investido, posteriormente começou a haver uma economia de energia que foi convertida em kW e conseqüentemente teve queda no valor pago à concessionária, gerando assim uma economia ao proprietário da residência, visto que, o sistema não utiliza sua capacidade total para atender a demanda de consumo real da residência, o que é considerado então viável.

## Referências

BENEDITO, R. **A produção de eletricidade com sistemas fotovoltaicos conectados à rede: barreira econômica pontos de conexão e mecanismos de incentivo.** In II Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2009.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Paineis de Discursos: Crise Energética. Disponível em Acesso em 10/11/2016b.

BRENNER, Marcelo Paz; **Sistema Eletro-Energético da Região Centro-Oeste da Aes Sul-Enfoque**. Oferta, 2004.

BRITO, Sérgio de Salvo. Energia Solar Princípios e Aplicações. **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica**, 2003.

CAMARGO, L.T.; Projeto de sistemas Fotovoltaicos conectados à Rede Elétrica, 2017.103. Trabalho de conclusão de curso da Universidade Estadual de Londrina.

COELHO, F. L. N. A. 2014. O incentivo à moradia ambientalmente correta: o uso da energia renovável. Direito Econômico e Socioambiental  
<http://www2.pucpr.br/reol/index.php/direitoeconomico?dd99=pdf&dd1=14824> acessado em Maio/2016.

DIENSTMANN, Gustavo. **Energia Solar: uma comparação de tecnologias**. 2009.

GELLER, H. S. 2003. **Revolução Energética – Políticas para um futuro sustentável**. Ed. Relemu Dumará. Rio de Janeiro, Brasil, p.299.

MARQUES, Rubéria Caminha, Stefan CW Krauter, and Lutero C. de Lima. "Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o nordeste brasileiro." *Revista Tecnologia* 30.2 (2009).

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

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014 (44-57).

ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JAFFE, Jeffrey F. **Administração Financeira – Corporate Finance**. São Paulo: Atlas, 2002.

SAMANEZ, Carlos Patrício. Matemática Financeira – **Aplicações à Análise de Investimentos**. 3. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002

SANTANA, E., OLIVEIRA, C. **A economia dos custos de transação e a reforma na indústria de energia elétrica no Brasil**. In: Borenstein, C. (org), Regulação e gestão competitiva no setor elétrico brasileiro. Porto Alegre: Editora Sagra Luzzato, 1999.

SEGUEL, J.I.L.; Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital, 2009. 220. Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais.

SILVA, A. C. R. da. **Metodologia da Pesquisa Aplicada à Contabilidade: orientações de estudos, projetos, relatórios, monografias, dissertações, teses**. São Paulo: Atlas, 2003.



SILVA, I. T. ; **Desenvolvimento de um sistema mecatrônico para posicionamento de um painel fotovoltaico e comparação com painel fixo, 2010.80.** Pós-graduação em Mecatrônica, Escola Politécnica e Instituto de Matemática, Universidade Federal da Bahia.

URBANETZ JUNIOR, Jair; CASAGRANDE JUNIOR, Eloy; TIEPOLO, Gerson M.  
Acompanhamento do desempenho do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica do escritório verde da UTFPR. IX Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. 2014a.

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