



FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO: ENGENHARIA CIVIL

Alexandre Teixeira Campos
MATRÍCULA: 21400389

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA USINA DE MINIGERAÇÃO
FOTOVOLTAICA NO DISTRITO FEDERAL**

Brasília
2018



ALEXANDRE TEIXEIRA CAMPOS

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA USINA DE MINIGERAÇÃO
FOTOVOLTAICA NO DISTRITO FEDERAL**

Trabalho de Curso (TC)
apresentado como um dos requisitos
para a conclusão do curso de
Engenharia Civil do UniCEUB– Centro
Universitário de Brasília

Orientadora: Eugênia Cornils
Monteiro da Silva, M.Sc

Brasília
2018



ALEXANDRE TEIXEIRA CAMPOS

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA USINA DE MINIGERAÇÃO
FOTOVOLTAICA NO DISTRITO FEDERAL**

Trabalho de Curso (TC)
apresentado como um dos requisitos
para a conclusão do curso de
Engenharia Civil do UniCEUB– Centro
Universitário de Brasília

Orientadora: Eugênia Cornils
Monteiro da Silva, M.Sc

Brasília, 2018.

Banca Examinadora

Eng^a.: Eugênia Cornils Monteiro da Silva, M.Sc.
Orientadora

Examinador 1

Examinador 2

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Eugênia Cornils Monteiro da Silva por todo o tempo que dedicou a me ajudar durante o processo de realização deste trabalho.

Ao meu pai, Alexandre Domingues Campos, por toda a ajuda e esclarecimento em momentos de dúvidas, além de todo o amor que me deu, da educação, ensinamentos e apoio.

A minha mãe, Giovanna de Oliveira Teixeira, por todo o amor que me deu, além da educação, ensinamentos e apoio.

A minha irmã, Vanessa Teixeira Campos, por estar ao meu lado em todos os momentos, e servir de grande exemplo pra mim.

As empresas ORION e CLAREON, por auxiliarem no dimensionamento e composição orçamentária deste trabalho. Especial agradecimento ao Claudio Medeiros.

A esta instituição pelo excelente ambiente oferecido aos seus alunos e os profissionais qualificados que disponibiliza para nos ensinar.

E enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta, fica registrado aqui, o meu muito obrigado!

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade econômico-financeira de uma usina fotovoltaica de 1 Mega-watt pico, com sua produção energética sendo direcionada à venda por meio de consórcios segundo as regulamentações de geração compartilhada. Objetiva também propor um procedimento de análise técnica e econômica para instalação de um sistema fotovoltaico de grande porte. Para isso, foi realizado um estudo de viabilidade, com a estimativa de produção para uma usina que poderá ser instalada no Distrito Federal. Devido a crise hídrica, que afetou principal fonte de energia do Brasil, se fez necessária uma diversificação da matriz energética brasileira e ainda levando em consideração a preocupação com o meio ambiente e o potencial de incidência de radiação no território brasileiro, a utilização de sistemas fotovoltaicos se apresentam bastante eficientes. Sabendo desses fatores, o estudo busca analisar se o investimento em um negócio fotovoltaico é vantajoso considerando uma taxa mínima de atratividade (TMA). Para as demais verificações foram utilizados os indicadores de *Payback*, o Valor Presente Líquido (VPL) e o Fluxo de Caixa Anual e o Acumulado descontado. Em comparação com outros investimentos de renda fixa, pode-se observar que o investimento no sistema fotovoltaico é viável para a localidade em estudo.

Palavras-chave: Energia solar. Investimento Financeiro. Viabilidade econômica. Usina Fotovoltaica

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the economic and financial viability of a 1 Mega-watt peak photovoltaic power plant, with its energy production being directed to sale through consortia according to the regulations of shared generation. It also aims to propose a technical and economical analysis procedure for the installation of a large photovoltaic system. For this, a feasibility study was carried out, with the estimate production for a plant that could be installed in the Federal District. Due to the water crisis, which affected Brazil's main energy source, it became necessary to diversify the Brazilian energy matrix and whereas the concern with the environment and the potential for radiation incidence in the Brazilian territory, the use of photovoltaic systems seems to be very efficient. Knowing these factors, the study seeks to analyze if the investment in a photovoltaic business is advantageous considering a minimum rate of attractiveness (TMA). For other verifications, the Payback, Net Present Value (NPV) and Annual Cash Flow and Accumulated discounted indicators were used. With the comparison with other fixed income investments, it can be observed that the investment in the photovoltaic system is viable for the locality under study.

Keywords: Photovoltaic plant. Solar energy. Financial investment. Economic viability

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABELAS	9
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	11
3 EMBASAMENTO TEÓRICO.....	12
3.1 Energia Fotovoltaica e sua Geração.....	12
3.2 Geração Distribuída (ON-grid) e as Usinas Fotovoltaicas.....	14
3.3 Mercado fotovoltaico e a Geração Compartilhada.....	16
3.4 Legislação.....	17
3.5 Indicadores de Viabilidade Econômico-Financeira.....	18
4 METODOLOGIA	20
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	21
5.1 Levantamento da estimativa de radiação no local de estudo.....	21
5.2 Dimensionamento dos Sistemas Fotovoltaicos.....	22
5.3 Descrição orçamentária.....	23
5.4 Análise técnica e econômica de investimentos.....	24
5.5 Comparativo entre investimentos.....	28
6 CONCLUSÃO.	35
7 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	36
8 BIBLIOGRAFIA	37

Índice de Figuras

Figura 1 - Componentes terrestres da radiação solar.....	12
Figura 2 - MAXPOWER CS6X-325P.....	13
Figura 3 – Esquema de geração On – grid.....	14
Figura 4 – Usina em Nova Olinda – PI.....	15
Figura 5 – Esquema de funcionamento geração compartilhada.....	16
Figura 6 – Gráfico de irradiação solar no plano inclinado.....	21
Figura 7 – Gráfico do tempo de Payback Descontado.....	28
Figura 8 – Comparação de Investimentos 1.....	33
Figura 9 – Comparação de Investimentos 2.....	33

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Incidência Solar na localidade.....	21
Tabela 2 – Descrição orçamentária.....	24
Tabela 3 – Dados utilizados.....	25
Tabela 4 – Fluxo de Caixa.....	26
Tabela 5 – Valor Presente Líquido (VPL).....	27
Tabela 6 – Rendimento Poupança.....	29
Tabela 7 – Tesouro Direto Selic.....	30
Tabela 8 – CDB 100% CDI.....	31
Tabela 9 – Correção Monetária.....	32

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica pode ser definida como a capacidade de uma corrente elétrica realizar trabalho (WILSON, 1968), e é atualmente a principal fonte artificial de luz, força e calor. Esta corrente elétrica pode ser gerada através de uma diferença de potencial induzida entre dois pontos, tendo como base a teoria de conservação de energia que diz “ *a energia pode ser transformada ou transferida, mas nunca criada ou destruída*”.

Com o constante desenvolvimento das tecnologias modernas e a elevação da classe social dos brasileiros, que passaram a consumir mais eletrodomésticos, a energia elétrica se faz cada vez mais necessária no nosso cotidiano. Esse aumento de demanda, somada à crise hídrica no Brasil e a necessidade de diversificação na matriz energética brasileira faz com que fontes renováveis de energia ganhem bastante força no cenário nacional.

São fontes alternativas ou renováveis de energia aquelas que dependem somente de recursos existentes na natureza sem a necessidade da utilização de algum combustível para sua geração. São exemplos mais conhecidos de energias renováveis a hidrelétrica (proveniente da água), eólica (proveniente dos ventos) e fotovoltaica (proveniente da radiação solar). Sendo essa última aquela com maior destaque no cenário energético atual (PORTAL SOLAR, 2013)

A energia solar consiste na transformação de luminosidade em energia elétrica, como será melhor explicado ao longo desse trabalho. Essa tecnologia está criando um mercado que só em 2017 contou com um crescimento de aproximadamente 270% em relação ao ano anterior (Absolar, 2018). Vários fatores contribuíram para tamanha expressividade nessa evolução, entre eles estão o elevado índice de radiação solar no Brasil e a conscientização de sustentabilidade da população. Mas pode-se pressupor que os principais incentivos para esse aumento significativo foram a diminuição nos preços de módulos fotovoltaicos e a Resolução Normativa N° 482/2012, que atualizou as regulamentações relacionados a geração distribuída no país (MDIC, 2018).

O Brasil se encontra em uma posição extremamente favorável à produção fotovoltaica. Contando com a maior parte do seu território entre o Equador e o Trópico de Capricórnio possui uma incidência energética que varia entre 4kWh/m².dia e 5,3 kWh/m².dia (CRESESB, 2012). Valores muito maiores do que, por exemplo, os da Alemanha, que mesmo com uma incidência de somente 2.8 kWh/m².dia se encontra

como uma das maiores produtoras de energia fotovoltaica do mundo (GLOBAL SOLAR ATLAS, 2016).

Então a necessidade de implantação e desenvolvimento de uma indústria nacional de energia fotovoltaica é identificada para redução da utilização de combustíveis fósseis, visando um maior cuidado para com o meio ambiente e para uma maior diversificação da matriz energética nacional, que hoje se mostra dependente da geração hidrelétrica.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Fazer uma análise da viabilidade econômica de uma usina de minigeração fotovoltaica no DF para venda através da geração compartilhada a partir de comparações com investimentos do mercado financeiro de renda fixa, como poupança, Tesouro direto e CDB (Certificado de depósito bancário).

2.2 Objetivos específicos

- Fazer um estudo sobre os conhecimentos necessários para a pesquisa;
- Realizar o orçamento da implantação de uma usina fotovoltaica de 1 Megawatt-pico
- Analisar o tempo de *payback* do empreendimento e Valor Presente Líquido conforme a previsão de geração;
- Fazer uma comparação com o retorno oferecido por investimentos do mercado financeiro.

3. EMBASAMENTO TEÓRICO

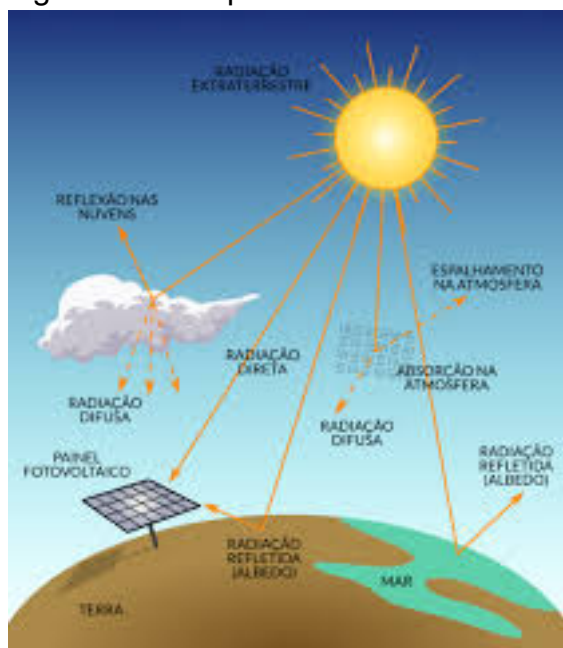
A seguir serão apresentados e explicados os assuntos que foram utilizados como base para a realização deste trabalho.

3.1 Energia Fotovoltaica e sua Geração

A energia fotovoltaica advém do aproveitamento da energia eletromagnética luminosa proveniente do sol, também chamada de radiação solar, que incide sobre superfície da terra (CRESESB, 2012) através do chamado efeito fotovoltaico.

Essa radiação que penetra a atmosfera terrestre possui 3 componentes: radiação direta, radiação difusa e albedo. A radiação direta é aquela que atinge o solo sem sofrer qualquer tipo de dispersão e é a principal componente em dias de céu limpo. É chamada de radiação difusa aquela parcela que ao penetrar na atmosfera perde parte de sua intensidade devido à processos de espalhamento causados por moléculas de gases e aerossóis. Já o albedo corresponde a razão entre a radiação refletida pelo solo do planeta e a proveniente do sol (SBMET), como apresentado na Figura 1.

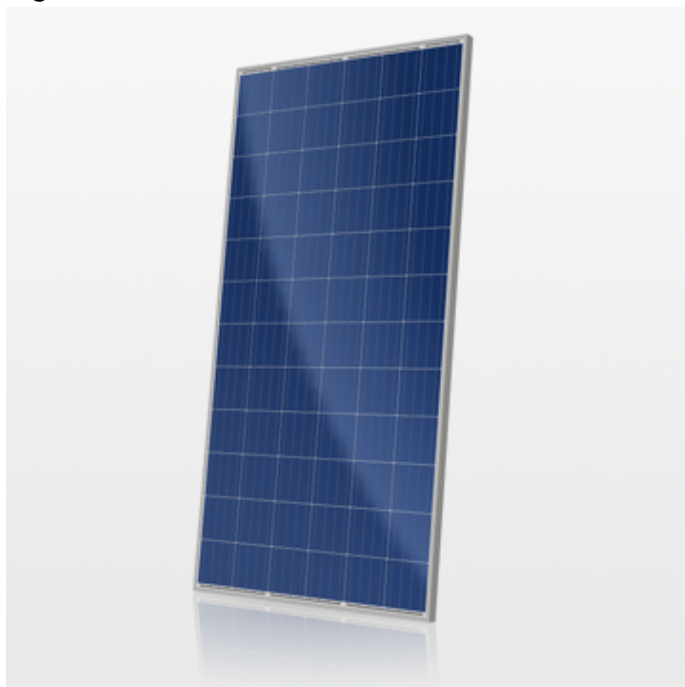
Figura 1 – Componentes terrestres da radiação solar



Fonte: Atlas Solar Paraná Manual do Usuário, 2017

O efeito fotovoltaico é o que torna tudo possível, e foi observado pioneiramente pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel em 1839, que observou em um experimento eletroquímico que a exposição de certos metais a luz solar originava uma diferença de potencial elétrico. E foi depois aprimorada, em 1876, por dois cientistas britânicos, W. G. Adams e R. E. Day, que descobriram que a energia da radiação solar poderia ser convertida diretamente em energia elétrica quando incidida sobre uma placa semicondutora (PERAZA, 2013).

Figura 2 – MAXPOWER CS6X-325P



Fonte: Canadian Solar. em < https://www.canadiansolar.com/datasheets/v5.5/Canadian_Solar-Datasheet-MaxPower-CS6X-P-v5.51en.pdf >

Uma placa fotovoltaica é composta por diversas células fotovoltaicas constituídas por um material semicondutor, entre os quais se destaca o silício cristalino, ligadas em série e posicionadas de forma distribuída na área do módulo. As células mais utilizadas atualmente podem ser produzidas de duas formas diferentes: silício monocristalino, silício polycristalino. As células de silício monocristalino são obtidas a partir de barras cilíndricas feitas em um forno especial e cortadas em lâminas finas de normalmente 300 μm . As de silício polycristalino são conseguidas através da fusão de silício puro em moldes que são resfriados lentamente até sua solidificação, formando assim uma estrutura cristalina (DO NASCIMENTO, 2004), como na figura 2.

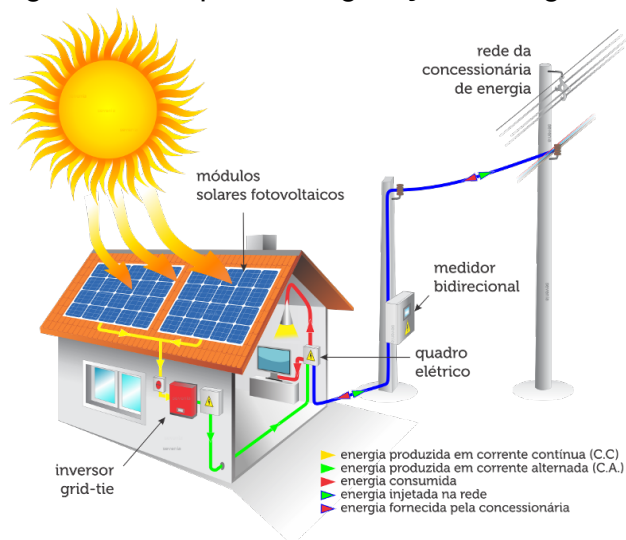
3.2 Geração Distribuída (ON-grid) e as Usinas Fotovoltaicas

Segundo o Artigo 14 do Decreto no 5.163 [6], de 2004,

“Considera-se geração distribuída a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, incluindo aqueles tratados pelo art. 8º da Lei no 9.074, de 1995, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de empreendimento”

Com isso, uma pessoa pode instalar um sistema fotovoltaico produtor de energia em sua casa ou fazenda, e, com o auxílio de um relógio medidor bidirecional, injetar sua produção na rede de distribuição da concessionária local, conforme a figura 3. E, caso o valor consumido seja maior do que o gerado, paga-se a diferença. Caso o que foi produzido supere o que foi gasto, o produtor fica com o excedente de crédito para descontar em outras contas com um prazo de até 60 meses (ANEEL, 2015). E, com a regulamentação desse modelo de produção energética abriu portas para um novo mercado de geração de energia, o das usinas fotovoltaicas.

Figura 3 – Esquema de geração On – grid



Fonte: Luz Solar, 2017

Uma usina fotovoltaica pode ser descrita como um complexo fotovoltaico de grande porte, onde milhares de módulos fotovoltaicos geram energia de forma centralizada, este modelo se difere dos sistemas residenciais na complexidade do projeto, e na finalidade da energia gerada, que no caso das usinas são distribuição e venda, contrariamente ao autoconsumo nas instalações residenciais (PORTAL SOLAR, 2013).

As usinas funcionam com a instalação de milhares de painéis fotovoltaicos que captam a luz solar e a transformam em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. Esses painéis podem ser instalados no solo com uma estrutura fixa, ou móvel, chamada de *solar-tracker*, que é um dispositivo que altera a posição dos painéis de modo a deixá-los sempre no melhor ângulo para o recebimento de radiação solar. Esse sistema aumenta a eficiência dos módulos, porém tem um grande impacto no orçamento do empreendimento. Neste estudo será considerado um sistema com uma estrutura fixa, fixada ao solo (BLUE SOL, 2017).

Essa energia produzida pelos painéis é então mandada a um inversor, para que seja transformada de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA), que é o tipo de energia fornecida na rede elétrica brasileira. Após a passagem pelos inversores, é necessário o aumento de tensão dessa energia, pois os inversores trabalham com tensões de até 380 Volts. Sendo assim, a energia passa por transformadores que elevam sua tensão para de 13.800 Volts até 230.000 volts, para que possa ser distribuída aos pontos de consumo através das redes de alta tensão da concessionária local (BLUE SOL, 2017).

Figura 4 – Usina em Nova Olinda – PI



Fonte: Divulgação Governo de Estado do Piauí, 2017

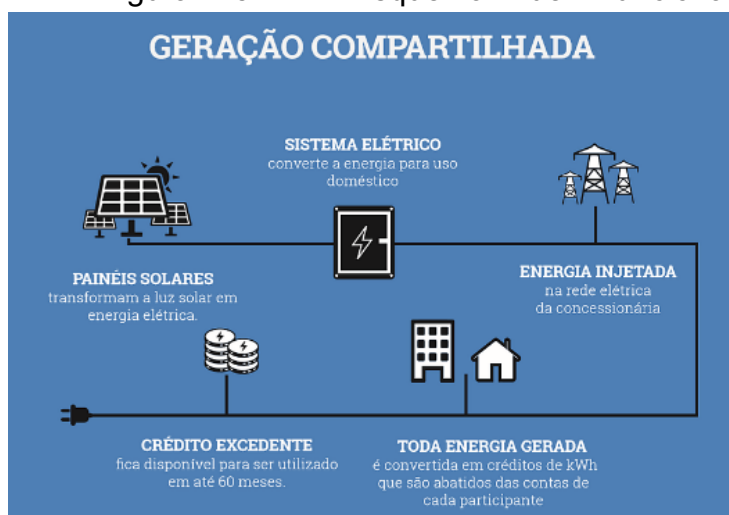
A maior usina fotovoltaica em atividade no Brasil e na América Latina está localizada na cidade de Nova Olinda-PI, ela conta com 930 mil módulos fotovoltaicos instalados com o sistema de *tracker*, que combinados geram uma potência de 292 MWp. Capaz de alimentar até 300 mil casas por ano, a usina da italiana Enel Green Power ocupa uma área total de 690 hectares, o equivalente a 700 campos de futebol (INSTALOSOLAR, 2018), e esta apresentada na figura 4.

3.3 Mercado fotovoltaico e a Geração Compartilhada

O mercado fotovoltaico está em expansão, um estudo realizado pelo *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems* (ISE) em 2018 apontou que este setor apresenta um crescimento anual médio de 24% em todo o mundo entre os anos de 2010 e 2016. Enquanto somente no Brasil, foi apresentado um crescimento de aproximadamente 270% entre os anos de 2017 e 2018 (ABSOLAR, 2018), contando com uma potência instalada de 160,93 MWp ao final de 2017 (ANEEL, 2018) e tendo Minas Gerais como o estado com a maior potência conectada a rede, com 32,746 MWp.

Este avanço acelerado no mercado brasileiro se deve em grande parte a diminuição nos preços de fabricação e conseqüentemente de venda dos módulos fotovoltaicos, que variaram em seu preço médio de R\$5,88/Wp em julho de 2016 para R\$4,00/Wp em janeiro de 2018, contando com uma queda de 33,77% neste período (GREENER, 2018). Mas também tem uma parcela da responsabilidade nesse crescimento a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), pois com as Resoluções Normativas N° 482/2012, que regulamenta a geração distribuída, e a N° 687/2015 que regularizou a geração compartilhada.

Figura 5 – Esquema de funcionamento geração compartilhada



Fonte: GLOBALSUN. Disponível em < <http://www.globalsun.com.br/geracao-compartilhada> >

A geração compartilhada consiste em uma modalidade de geração distribuída no qual várias unidades consumidoras de uma mesma área de concessão se unem por meio de um consórcio ou cooperativa, para usufruir dos créditos excedentes concedidos por uma unidade produtora de microgeração ou minigeração distribuídas

localizada em um local diferente das unidades consumidoras e com um prazo de compensação dos créditos energéticos estendidos (BLUESOL, 2017).

Com isso, uma empresa passou a poder montar usinas fotovoltaicas, sendo unicamente responsável por sua implantação e manutenção, e vender sua energia produzida para terceiros, sob a condição de que todos devem estar inseridos em um mesmo CNPJ, através de um consórcio ou cooperativa, do qual a empresa dona da unidade de micro ou mini geração é a administradora.

3.4 Legislação

A ANEEL, no ano de 2012, com a instauração da Resolução Normativa (RN) N° 482, alterou o cenário de geração fotovoltaica no Brasil. A partir desta foram ajustadas condições para os sistemas de distribuição e compensação de créditos energéticos tais como a microgeração e a minigeração distribuída. É considerada microgeração a central geradora cuja potência máxima instalada não exceda o limite de 75 kW. Caso a potência instalada na localidade geradora esteja entre 75 kW e 5 MW, esta passa a ser considerada de minigeração. Ambos os casos para geração a partir de fontes renováveis de energia elétrica (ANEEL, 2012). Porém, mesmo com a legislação mencionadas acima, ainda não havia nenhuma regulamentação que incluísse o preceito de geração compartilhada, o que impossibilitava a concepção de usinas de geração energéticas em locais diferentes das unidades consumidoras, que usufruiriam da quantidade excedente, até o ano de 2015.

Em 24 de novembro de 2015, foi emitida pela ANEEL uma nova resolução normativa, a N° 687, que alteraria algumas condições da RN N° 482/2012. Entre essas alterações estava a inserção do conceito, previamente não mencionado, de geração compartilhada e como seria sua adesão ao sistema de compensação de energia elétrica. Segundo a referida norma, é considerada geração compartilhada a reunião de consumidores que estejam dentro da mesma área de concessão, por meio de consórcio ou cooperativa, podendo incluir pessoas físicas (PF) ou pessoas jurídicas (PJ), que possuam uma central de microgeração ou minigeração em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada.

Para garantir a viabilidade de uma usina fotovoltaica é necessário primeiramente entender a composição das tarifas energéticas no estado em questão (DF). A tarifa de energia elétrica em geral é composta por 4 elementos principais: Tarifa de energia (TE), Tarifa de uso da rede de distribuição (TUSD), Tarifa de uso da rede de transmissão (TUST) e Tributos (Superintendência de Mercado e Regulação, 2004). Destes custos, a TE se refere ao custo de geração da energia, a TUSD e TUST se referem ao serviço da concessionária para a disponibilização e manutenção da rede, e por fim, os tributos são os impostos cobrados sobre o total, que varia de acordo

com cada estado. Impostos como o Programa de Integração Social (PIS) e a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), por se tratarem de tributos federais, são isentados para geração compartilhada a partir de fontes renováveis, porém, no Distrito Federal, ainda contamos com uma tributação de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) de 25% (SECRETARIA DE FAZENDA, 2018). Mas existem evidências que o DF em breve contará com a isenção desse tributo, como sugere o Projeto de Lei nº 249/2014, que está em análise no Senado.

Considerando que atualmente no Brasil, o estado que mais tem investido na geração compartilhada a partir de energias fotovoltaicas é o de Minas Gerais, devido ao fato de que o governo, a partir do decreto Nº 47.231, de 4 de agosto de 2017, determinou a isenção do ICMS para a compensação de energia elétrica produzida por microgeração e minigeração. Com isso, houve o aumento da viabilidade de alguns projetos de usinas de micro e minigeração. Pois foi possível aplicar um desconto maior sobre a tarifa de energia elétrica cobrada pela concessionária local, e assim, tornar sua proposta mais atrativa para o consumidor final.

3.5 Indicadores de Viabilidade Econômico-Financeira

Cada projeto possui suas características, que o difere dos demais. Sabendo disso, existem diversos tipos de indicadores de viabilidade econômico-financeira que podem ser utilizados. Para o estudo em questão, que objetiva a análise de uma usina de geração fotovoltaica, serão considerados, o tempo de *Payback*, Valor Presente Líquido (VPL) e será apresentado o Fluxo de Caixa estimado do empreendimento para os próximos 25 anos.

Fluxo de Caixa: O autor Henrique Hirschfeld (1998) define fluxo de caixa como sendo o cálculo de todas as contribuições monetárias (despesas e receitas) ao longo de um período de tempo, podendo ser representada de forma analítica ou gráfica. Este método apresenta os momentos em que ocorrem as movimentações financeiras, e se elas são positivas ou negativas.

Fluxo de caixa Descontado: É considerado fluxo de caixa descontado aquele que contabiliza a entrada e saída do montante financeiro do empreendimento já contabilizando a correção monetária em decorrência da inflação (Hirschfeld, 1998)

Tempo de *Payback*: O tempo de *payback* é o tempo necessário para que o investidor receba os recursos investido integralmente a partir dos lucros gerados pelo investimento em um ambiente de inflação zero (LEISMANN, 2009).

Tempo de *Payback* Descontado: De acordo com os autores Brigham e Ehrhardt (2006), o tempo de *payback* descontado é um dos métodos mais eficazes para na determinação do tempo necessário para a recuperação do montante investido inicialmente, pois ele considera uma taxa de retorno. Sendo assim, o valor recebido 10 anos depois do investimento é corrigido. Neste estudo foi utilizada uma taxa de 4,5% referente ao índice de inflação (IPCA) do ano de 2018.

Valor Presente Líquido (VPL): O cálculo do valor presente líquido nos permite encontrar a equivalência de rendimentos ou despesas projetados para o futuro em valores atuais (GITMAN, 2001). Já o autor Hirschfeld (1996), considera VPL a somatória algébrica de todos os valores envolvidos no período de tempo considerado, reduzidos ao instante inicial, com uma taxa de juros comparativa. Caso o VPL seja nulo, significa que o investimento rendeu apenas, e tão somente a taxa de juros comparativa, que poderia ser considerada a taxa mínima de atratividade.

4. METODOLOGIA

Uma pesquisa pode ser descrita como um processo de análise de um caso com método de pensamento reflexivo com o objetivo de conhecer a realidade, conforme Marconi e Lakatos (2003). Esse trabalho pode ser classificado como uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos aplicáveis em soluções para problemas específicos (GERHARDT E SILVEIRA, 2009). Também, segundo Gil (2008) esse trabalho pode ser considerado um estudo de caso, pois pretende fazer a análise de viabilidade de uma usina fotovoltaica em Brasília próximo a Ponte Alta de baixo – DF com coordenadas 16.0223 S, 48.2195 O. Com objetivos empiricamente verificáveis e utilizando-se das técnicas de pesquisa qualitativas para obtenção dos dados.

A pesquisa pode ser considerada de objetivo exploratório, uma vez que proporciona uma maior familiaridade com o problema (GIL, 2008), e as fontes bibliográficas utilizadas para elaboração dessa monografia são primárias e secundárias, compostas por trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses, artigos científicos, normas e documentos produzidos a partir de consultorias especializadas no assunto.

Para realização do trabalho foi desenvolvida uma análise dos recursos solares na localização utilizando dados do Solar data (CRESESB, 2012), a partir desses dados foi definida a capacidade de geração local e área necessária para implantação de usina fotovoltaica de 1 Megawatt-pico.

Foi desenvolvido um orçamento detalhado baseado em informações adquiridas principalmente na Intersolar (feira internacional voltada a energia solar) que aconteceu em agosto de 2018 em São Paulo, do mercado de geração fotovoltaica atual, contando com todos os gastos necessários para importação de materiais e a implantação da usina. A partir disso foi realizado um estudo de viabilidade do negócio com base no tempo de *payback* e valor presente líquido (VPL) e uma comparação de investimentos com diferentes aplicações do mercado financeiro.

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados todos os estudos realizados para a verificação da viabilidade e rentabilidade da usina fotovoltaica de 1MWp.

5.1 Levantamento da estimativa de radiação no local de estudo

A estimativa de incidência de radiação no local de estudo foi realizada através da plataforma de mapeamento fornecido pela CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito), e levou em consideração a coordenada geográfica aproximada de um terreno localizado na Ponte Alta – DF, próximo à saída para o estado de Goiás (16.0223 S, 48.2195 O). Com esses dados referentes a localização das placas fotovoltaicas é possível aferir a irradiação local em KWh/m².dia conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Incidência Solar na localidade

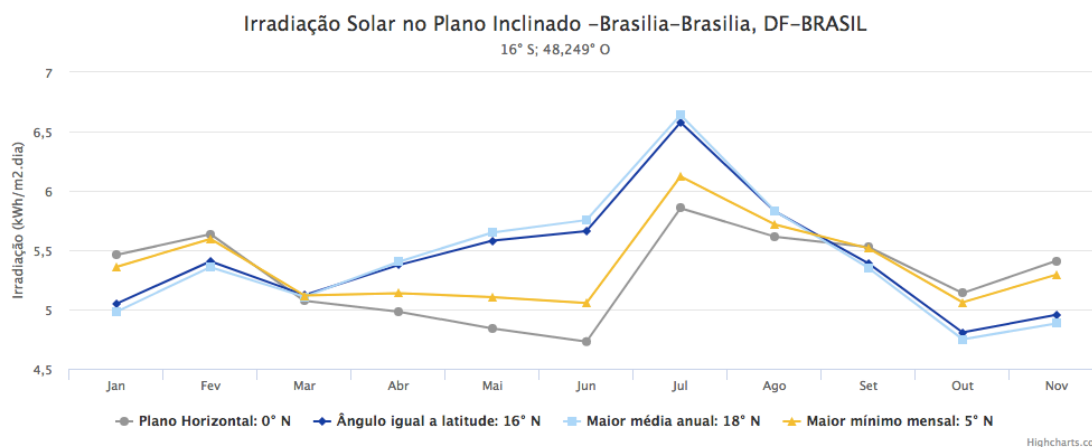
Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Brasília
Município: Brasília, DF - BRASIL
Latitude: 16° S
Longitude: 48,249° O
Distância do ponto de ref. (16,0459° S; 48,2471° O): 5,1 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
✓	Plano Horizontal	0° N	5,46	5,64	5,07	4,98	4,84	4,73	5,00	5,85	5,61	5,53	5,14	5,41	5,27	1,13
✓	Ângulo igual a latitude	16° N	5,05	5,41	5,12	5,37	5,58	5,66	5,91	6,58	5,83	5,39	4,81	4,96	5,47	1,77
✓	Maior média anual	18° N	4,98	5,36	5,11	5,40	5,65	5,75	6,00	6,64	5,83	5,35	4,75	4,88	5,48	1,89
✓	Maior mínimo mensal	5° N	5,36	5,60	5,12	5,14	5,10	5,05	5,32	6,12	5,72	5,52	5,06	5,29	5,37	1,07

Fonte: CRESESB, 2018

Figura 6 – Gráfico de irradiação solar no plano inclinado



Fonte: CRESESB, 2018

Tomando como base os dados obtidos, pode-se verificar também a variação da radiação ao longo do ano na localidade de estudo, com as diferentes inclinações sugeridas, conforme a Figura 6.

Para o estudo foi utilizada a irradiação média de 1991 kW/m²/ano, valor disponibilizado pelo CRESESB para as coordenadas da localização.

5.2 Dimensionamento dos Sistemas Fotovoltaicos

Para a usina em estudo foi projetada uma capacidade de geração de 1 Megawatt-pico por se tratar de uma usina experimental para um modelo de negócio com possibilidade de expansão para até 5 Megawatt-pico (limite para mini geração). E pelo fato de ser um mínimo exequível para uma usina, pois com 1 MWp obtém-se uma produção real de aproximadamente 125.000 kW.h/mês, considerando o consumo médio no DF por unidade consumidora privada de 411,5 kWh/mês (EPE, 2017) seria possível alimentar em média 303 unidades consumidoras.

Para a implantação de usinas fotovoltaicas em solo, utiliza-se usualmente uma média de 9 m² por cada 1 kW produzido, conforme observado em consultorias com empresas especializadas. Portanto, seriam necessários 9.000 m² para a implantação desta usina, contando com: áreas de circulação para limpeza dos módulos, distanciamento entre módulos para a obtenção da maior eficiência possível de cada um, uma construção pequena para armazenamento interno de componentes que apresentem baixa resistência às intempéries e monitoramento da usina para garantir a segurança dos equipamentos contra danos. E uma área de 5.910 m² destinada somente aos módulos fotovoltaicos.

Para o empreendimento em estudo, será considerada uma área de aproximadamente 4 ha (40.000 m²), para que seja levada em consideração a possibilidade de expansão futura caso sobrevenha um cenário positivo na gestão da usina de 1 MWp.

Para que seja possível a geração de 1 MWp de potência da usina seriam necessários 3080 módulos fotovoltaicos de 325 W calculados a partir da equação 1.

$$N_p = \frac{P_t}{P_{mod}} \quad (1)$$

Onde:

N_p = Número de placas fotovoltaicas

P_t = Potência de geração da usina (Wp)

P_{mod} = Potência individual do módulo (W)

Buscando extrair a maior eficiência de cada um, os painéis fotovoltaicos foram posicionados com orientação para o norte geográfico aproveitando assim o máximo de radiação solar possível, inclusive nos pontos de nascente e poente (PAIVA, 2016). Ainda com esse objetivo, os módulos serão instalados com uma inclinação de 18°, pois segundo as informações fornecidas pelo Cresesb essa angulação proporciona o maior aproveitamento da radiação diária.

5.3 Descrição orçamentária

Neste capítulo será apresentado um levantamento do investimento necessário para a implementação da usina em estudo, com a quantificação e o detalhamento de gastos em diferentes áreas do empreendimento como os equipamentos que compõem um kit fotovoltaico, projetos, execução e mão de obra. Nele é possível verificar as especificações dos equipamentos utilizados, tal qual o inversor escolhido, que dispensa a utilização de *string box*, equipamento de proteção dos inversores, pelo fato de já as ter embutidas, como apresentado na Tabela 2.

Um kit fotovoltaico é o conjunto de equipamentos necessários para a composição de um sistema fotovoltaico, são esses equipamentos: módulos fotovoltaicos, inversores e estrutura. Esses equipamentos são considerados em conjunto pois se importados dessa maneira tem o incentivo de isenção de tributos, que torna o custo final de aquisição mais acessível.

Este levantamento foi realizado em parceria com as empresas ORION e CLAREON, ambas empresas consolidadas e especializadas no mercado fotovoltaico que prestaram consultorias gratuita para complementar e aproximar da realidade os resultados do orçamento.

Tabela 2 – Descrição orçamentária

Descrição	Unidade	Qty.	Valor Unit.	Valor Total	Custo R\$/w
MODULO CANADIAN SOLAR 72CELLS 325W POLY-SI	und	3.080	R\$519,34	R\$1.599.555,74	R\$1,60
INVERSOR ABB MODELO PVS-120-TL-POWER MODULE-480V + ACESSÓRIO WB-SX2-PVS-100/120-TL/24 INPUTS + ACESSÓRIO BRACKET - PVS-100/120	und	7	R\$60.000,00	R\$420.000,00	R\$0,42
CONECTORES FEMEA/ MACHO WEID_CABUR_TE_MC4_	und	400	R\$10,09	R\$4.034,03	R\$0,00
CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC PT ABNT NBR 16612	m	5.000	R\$4,00	R\$20.000,00	R\$0,02
CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC VM ABNT NBR 16612	m	5.000	R\$4,00	R\$20.000,00	R\$0,02
CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC VM ABNT NBR 16613	m	2.500	R\$4,00	R\$10.000,00	R\$0,01
ESTRUTURA	vb	1	R\$400.000,00	R\$400.000,00	R\$0,40
PROJETOS	vb	1	-	R\$28.000,00	R\$0,03
EXECUÇÃO E MÃO DE OBRA	vb	1		R\$955.110,23	R\$0,96
EXTRAS	vb	1	-	R\$243.300,00	R\$0,24
TOTAL				R\$3.700.000,00	R\$3,70

Fonte: Autor, 2018

5.4 Análise técnica e econômica de investimentos

O valor da comercialização de energia tomada como base para os cálculos deste estudo foi de R\$ 0,79/kWh, pois esta representa o valor médio da tarifa base da concessionária CEB nos últimos meses. Contando com uma taxa de reajuste tarifário ao longo dos anos, que para os primeiros 5 anos foi estabelecido o valor de 8,8% referente ao reajuste de 2018 divulgado pela ANEEL. Para os demais anos, o ajuste será realizado conforme os índices da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

que são o Índice Geral de Preços de Mercado (IGP-M) ou Índice de Preços do Consumidos Amplo (IPCA), que resultam em um reajuste anual de 4,44% (IBGE, 2018).

Para a manutenção e operação, como um sistema de monitoramento, segurança 24 horas, limpeza de painéis, escritório local físico, secretária, etc, foi considerado um custo no primeiro ano de 7% do investimento inicial, e contará com um reajuste de 2% a.a.. Aplicando-se uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 8% a.a, podemos verificar o VPL do investimento, com valores futuros cotados como valores atuais. E levando em consideração o índice de inflação (IPCA) igual a 4,5% a.a. podemos analisar o tempo de *Payback* descontado, que é aquele que já se considera a correção monetária. Como apresentado nas tabelas 3 e 4 e na figura 7 apresentados abaixo.

Tabela 3 – Dados utilizados

Irradiação (kWh/m ² /ano)	1991
Rendimento Inversor	80,00%
Potência do sistema (MWp)	1
Valor do kWp	R\$ 3.700,00
Valor do investimento (R\$)	R\$ 3.700.000,00
Valor kWh CEB (R\$/kWh)	R\$ 0,79
Desconto sobre kWh para comercialização	15%
Valor da Energia vendida 1 ^a ano (R\$/MWh)	R\$ 0,67
Produção Média (kWh/mês)	125000,00
Manutenção	7,00%
Redução de potência do sistema no primeiro ano	2,50%
Redução de potência do sistema do 3 ^a ao 25 ^a ano	0,70%
Reajuste tarifa elétrica (primeiros cinco anos)	8,8%
Reajuste tarifa elétrica (7 ^o ao 25 ^o ano)	5,0%
Inflação (IPCA)	4,5%
PIS e COFINS	0,0%
ICMS	25,0%

Fonte: Autor, 2018

O valor da energia a ser comercializada no primeiro ano teria o valor de R\$ 0,67, porém, como a usina em estudo se localiza no DF, um estado que não conta com a isenção do ICMS, foi abatido do valor inicial, os 25% referentes a esse tributo, chegando ao valor de R\$ 0,50, que foi sendo corrigido ao longo dos anos.

Tabela 4 – Fluxo de Caixa

Ano	Geração Anual (kWh)	Valor Energia 1º ano (R\$/kWh)	Receita Bruta (R\$/Ano)	Manutenção (R\$/Ano)	Fluxo de Caixa Empreendimento (R\$/Ano)	Payback Descontado R\$/ano
0					-R\$3.700.000,00	-R\$3.700.000,00
1	1.500.000 kWh	R\$0,50	R\$755.437,50	-R\$259.000,00	R\$496.437,50	-R\$3.370.062,50
2	1.462.500 kWh	R\$0,55	R\$801.368,10	-R\$264.180,00	R\$537.188,10	-R\$2.984.527,21
3	1.452.263 kWh	R\$0,60	R\$865.785,27	-R\$269.463,60	R\$596.321,67	-R\$2.522.509,26
4	1.442.097 kWh	R\$0,65	R\$935.380,56	-R\$274.852,87	R\$660.527,68	-R\$1.975.494,50
5	1.432.002 kWh	R\$0,71	R\$1.010.570,19	-R\$280.349,93	R\$730.220,26	-R\$1.334.171,49
6	1.421.978 kWh	R\$0,74	R\$1.053.972,05	-R\$285.956,93	R\$768.015,13	-R\$626.194,08
7	1.412.024 kWh	R\$0,78	R\$1.099.237,94	-R\$291.676,07	R\$807.561,87	R\$153.189,06
8	1.402.140 kWh	R\$0,82	R\$1.146.447,90	-R\$297.509,59	R\$848.938,31	R\$1.009.020,88
9	1.392.325 kWh	R\$0,86	R\$1.195.685,43	-R\$303.459,78	R\$892.225,65	R\$1.946.652,48
10	1.382.579 kWh	R\$0,90	R\$1.247.037,61	-R\$309.528,98	R\$937.508,64	R\$2.971.760,47
11	1.372.901 kWh	R\$0,95	R\$1.300.595,26	-R\$315.719,55	R\$984.875,70	R\$4.090.365,40
12	1.363.290 kWh	R\$0,99	R\$1.356.453,09	-R\$322.033,95	R\$1.034.419,15	R\$5.308.850,98
13	1.353.747 kWh	R\$1,05	R\$1.414.709,90	-R\$328.474,62	R\$1.086.235,28	R\$6.633.984,56
14	1.344.271 kWh	R\$1,10	R\$1.475.468,72	-R\$335.044,12	R\$1.140.424,61	R\$8.072.938,47
15	1.334.861 kWh	R\$1,15	R\$1.538.837,01	-R\$341.745,00	R\$1.197.092,01	R\$9.633.312,71
16	1.325.517 kWh	R\$1,21	R\$1.604.926,82	-R\$348.579,90	R\$1.256.346,92	R\$11.323.158,70
17	1.316.239 kWh	R\$1,27	R\$1.673.855,06	-R\$355.551,50	R\$1.318.303,56	R\$13.151.004,41
18	1.307.025 kWh	R\$1,34	R\$1.745.743,62	-R\$362.662,53	R\$1.383.081,09	R\$15.125.880,70
19	1.297.876 kWh	R\$1,40	R\$1.820.719,64	-R\$369.915,78	R\$1.450.803,87	R\$17.257.349,20
20	1.288.791 kWh	R\$1,47	R\$1.898.915,73	-R\$377.314,09	R\$1.521.601,64	R\$19.555.531,55
21	1.279.769 kWh	R\$1,55	R\$1.980.470,17	-R\$384.860,38	R\$1.595.609,80	R\$22.031.140,26
22	1.270.811 kWh	R\$1,63	R\$2.065.527,21	-R\$392.557,58	R\$1.672.969,62	R\$24.695.511,20
23	1.261.915 kWh	R\$1,71	R\$2.154.237,26	-R\$400.408,73	R\$1.753.828,53	R\$27.560.637,73
24	1.253.082 kWh	R\$1,79	R\$2.246.757,23	-R\$408.416,91	R\$1.838.340,32	R\$30.639.206,75
25	1.244.310 kWh	R\$1,88	R\$2.343.250,73	-R\$416.585,25	R\$1.926.665,49	R\$33.944.636,54

Fonte: Autor, 2018

Tabela 5 – Valor Presente Líquido (VPL)

Fluxo de Caixa Empreendimento (R\$/Ano)	VPL (Descontado do Fluxo de Caixa)	Fluxo de Caixa Empreendimento - Acumulado Descontado R\$/ano
-R\$3.700.000,00		-R\$3.700.000,00
R\$496.437,50	R\$459.664,35	-R\$3.370.062,50
R\$537.188,10	R\$460.552,21	-R\$2.984.527,21
R\$596.321,67	R\$473.379,37	-R\$2.522.509,26
R\$660.527,68	R\$485.507,57	-R\$1.975.494,50
R\$730.220,26	R\$496.975,64	-R\$1.334.171,49
R\$768.015,13	R\$483.979,81	-R\$626.194,08
R\$807.561,87	R\$471.204,60	R\$153.189,06
R\$848.938,31	R\$458.654,96	R\$1.009.020,88
R\$892.225,65	R\$446.334,96	R\$1.946.652,48
R\$937.508,64	R\$434.247,89	R\$2.971.760,47
R\$984.875,70	R\$422.396,31	R\$4.090.365,40
R\$1.034.419,15	R\$410.782,08	R\$5.308.850,98
R\$1.086.235,28	R\$399.406,46	R\$6.633.984,56
R\$1.140.424,61	R\$388.270,15	R\$8.072.938,47
R\$1.197.092,01	R\$377.373,33	R\$9.633.312,71
R\$1.256.346,92	R\$366.715,69	R\$11.323.158,70
R\$1.318.303,56	R\$356.296,52	R\$13.151.004,41
R\$1.383.081,09	R\$346.114,70	R\$15.125.880,70
R\$1.450.803,87	R\$336.168,76	R\$17.257.349,20
R\$1.521.601,64	R\$326.456,90	R\$19.555.531,55
R\$1.595.609,80	R\$316.977,06	R\$22.031.140,26
R\$1.672.969,62	R\$307.726,88	R\$24.695.511,20
R\$1.753.828,53	R\$298.703,80	R\$27.560.637,73
R\$1.838.340,32	R\$289.905,05	R\$30.639.206,75
R\$1.926.665,49	R\$281.327,66	R\$33.944.636,54

Fonte: Autor

Figura 7 – Gráfico do tempo de *Payback* Descontado



Fonte: Autor, 2018

Com as informações apresentadas acima, observou-se que o tempo necessário para o ressarcimento total do investimento em uma usina fotovoltaica desse porte é de 6,2 anos. Tendo sido levada em consideração a correção monetária em decorrência da inflação ao longo dos 25 anos.

5.5 Comparativo entre investimentos

Considerado o sistema fotovoltaico exemplificado acima como um investimento financeiro. Foi realizada uma estimativa de rendimento de outros investimentos já consolidados no mercado financeiro nacional, para uma comparação que ajude na percepção da rentabilidade do sistema.

Para essa comparação, foram utilizados investimentos de renda fixa, por serem mais conservadores, e pelo fato de que as opções escolhidas já englobam o índice de inflação, que também será apresentado. As opções escolhidas foram a Caderneta de Poupança, Tesouro Direto SELIC e CDB com rentabilidade de 100% do CDI. Utilizou-se como base para esta estimativa, os índices de mercado de novembro de 2018. Contando com rendimentos de 4,55% a.a. para a Caderneta de Poupança, de 6,5% a.a. para o Tesouro Direto SELIC e de 6,4% a.a. para o CDB relacionado. Para tal comparação também foi deduzido o índice de inflação de 4,5% a.a. relacionado a expectativa para o final de 2018.

Nas tabelas 6, 7, 8 e 9 podemos verificar a rentabilidade estimada dos investimentos citados acima, com o mesmo capital inicial do sistema fotovoltaico em estudo.

Tabela 6 – Rendimento Poupança

Caderneta de Poupança			
Ano	Rendimento	Rendimento recebido	Saldo Acumulado
0		R\$ 3.700.000,00	R\$ 3.700.000,00
1	4,55%	R\$ 168.350,00	R\$ 3.868.350,00
2	4,55%	R\$ 176.009,93	R\$ 4.044.359,93
3	4,55%	R\$ 184.018,38	R\$ 4.228.378,30
4	4,55%	R\$ 192.391,21	R\$ 4.420.769,51
5	4,55%	R\$ 201.145,01	R\$ 4.621.914,53
6	4,55%	R\$ 210.297,11	R\$ 4.832.211,64
7	4,55%	R\$ 219.865,63	R\$ 5.052.077,27
8	4,55%	R\$ 229.869,52	R\$ 5.281.946,78
9	4,55%	R\$ 240.328,58	R\$ 5.522.275,36
10	4,55%	R\$ 251.263,53	R\$ 5.773.538,89
11	4,55%	R\$ 262.696,02	R\$ 6.036.234,91
12	4,55%	R\$ 274.648,69	R\$ 6.310.883,60
13	4,55%	R\$ 287.145,20	R\$ 6.598.028,80
14	4,55%	R\$ 300.210,31	R\$ 6.898.239,11
15	4,55%	R\$ 313.869,88	R\$ 7.212.108,99
16	4,55%	R\$ 328.150,96	R\$ 7.540.259,95
17	4,55%	R\$ 343.081,83	R\$ 7.883.341,78
18	4,55%	R\$ 358.692,05	R\$ 8.242.033,83
19	4,55%	R\$ 375.012,54	R\$ 8.617.046,37
20	4,55%	R\$ 392.075,61	R\$ 9.009.121,98
21	4,55%	R\$ 409.915,05	R\$ 9.419.037,03
22	4,55%	R\$ 428.566,18	R\$ 9.847.603,22
23	4,55%	R\$ 448.065,95	R\$10.295.669,16
24	4,55%	R\$ 468.452,95	R\$10.764.122,11
25	4,55%	R\$ 489.767,56	R\$11.253.889,66
TOTAL		304,16%	

Fonte: Autor, 2018

Nota-se que a rentabilidade oferecida pela caderneta de poupança não apresenta muita atratividade, uma vez que sua taxa é praticamente a mesma que a inflação, a pessoa que investisse nessa opção não teria um valor considerável de lucro

real, praticamente só retiraria o valor corrigido ao longo do tempo, porém, com o mesmo poder de compra do inicial.

Tabela 7 – Tesouro Direto Selic

Tesouro Direto SELIC			
Ano	Rendimento	Rendimento recebido	Saldo Acumulado
0		R\$ 3.700.000,00	R\$ 3.700.000,00
1	6,50%	R\$ 240.500,00	R\$ 3.940.500,00
2	6,50%	R\$ 256.132,50	R\$ 4.196.632,50
3	6,50%	R\$ 272.781,11	R\$ 4.469.413,61
4	6,50%	R\$ 290.511,88	R\$ 4.759.925,50
5	6,50%	R\$ 309.395,16	R\$ 5.069.320,65
6	6,50%	R\$ 329.505,84	R\$ 5.398.826,50
7	6,50%	R\$ 350.923,72	R\$ 5.749.750,22
8	6,50%	R\$ 373.733,76	R\$ 6.123.483,98
9	6,50%	R\$ 398.026,46	R\$ 6.521.510,44
10	6,50%	R\$ 423.898,18	R\$ 6.945.408,62
11	6,50%	R\$ 451.451,56	R\$ 7.396.860,18
12	6,50%	R\$ 480.795,91	R\$ 7.877.656,09
13	6,50%	R\$ 512.047,65	R\$ 8.389.703,74
14	6,50%	R\$ 545.330,74	R\$ 8.935.034,48
15	6,50%	R\$ 580.777,24	R\$ 9.515.811,72
16	6,50%	R\$ 618.527,76	R\$10.134.339,49
17	6,50%	R\$ 658.732,07	R\$10.793.071,55
18	6,50%	R\$ 701.549,65	R\$11.494.621,20
19	6,50%	R\$ 747.150,38	R\$12.241.771,58
20	6,50%	R\$ 795.715,15	R\$13.037.486,74
21	6,50%	R\$ 847.436,64	R\$13.884.923,37
22	6,50%	R\$ 902.520,02	R\$14.787.443,39
23	6,50%	R\$ 961.183,82	R\$15.748.627,21
24	6,50%	R\$ 1.023.660,77	R\$16.772.287,98
25	6,50%	R\$ 1.090.198,72	R\$17.862.486,70
TOTAL		482,77%	

Fonte: Autor, 2018

A Tabela 7 apresenta um rendimento maior, uma vez que é vinculado a taxa nacional de juros (SELIC), que varia de acordo com o progresso do país. Contando com uma maior estabilidade política e financeira que pode vir a acontecer no Brasil, a tendência deste número é cair, fazendo com que seu investimento perca atratividade.

Tabela 8 – CDB 100% CDI

CDB (100% CDI)			
Ano	Rendimento	Rendimento recebido	Saldo Acumulado
0		R\$ 3.700.000,00	R\$ 3.700.000,00
1	6,40%	R\$ 236.800,00	R\$ 3.936.800,00
2	6,40%	R\$ 251.955,20	R\$ 4.188.755,20
3	6,40%	R\$ 268.080,33	R\$ 4.456.835,53
4	6,40%	R\$ 285.237,47	R\$ 4.742.073,01
5	6,40%	R\$ 303.492,67	R\$ 5.045.565,68
6	6,40%	R\$ 322.916,20	R\$ 5.368.481,88
7	6,40%	R\$ 343.582,84	R\$ 5.712.064,72
8	6,40%	R\$ 365.572,14	R\$ 6.077.636,87
9	6,40%	R\$ 388.968,76	R\$ 6.466.605,63
10	6,40%	R\$ 413.862,76	R\$ 6.880.468,39
11	6,40%	R\$ 440.349,98	R\$ 7.320.818,36
12	6,40%	R\$ 468.532,38	R\$ 7.789.350,74
13	6,40%	R\$ 498.518,45	R\$ 8.287.869,18
14	6,40%	R\$ 530.423,63	R\$ 8.818.292,81
15	6,40%	R\$ 564.370,74	R\$ 9.382.663,55
16	6,40%	R\$ 600.490,47	R\$ 9.983.154,02
17	6,40%	R\$ 638.921,86	R\$10.622.075,88
18	6,40%	R\$ 679.812,86	R\$11.301.888,73
19	6,40%	R\$ 723.320,88	R\$12.025.209,61
20	6,40%	R\$ 769.613,42	R\$12.794.823,03
21	6,40%	R\$ 818.868,67	R\$13.613.691,70
22	6,40%	R\$ 871.276,27	R\$14.484.967,97
23	6,40%	R\$ 927.037,95	R\$15.412.005,92
24	6,40%	R\$ 986.368,38	R\$16.398.374,30
25	6,40%	R\$ 1.049.495,96	R\$17.447.870,25
TOTAL		471,56%	

Fonte: Autor, 2018

A Tabela 8 exibe resultados muito semelhantes a tabela 7, pois são rendimentos nos quais pode-se verificar que ambos os investimentos dependem dos mesmos fatores para compor as suas rentabilidades, como crescimento de investimentos no país.

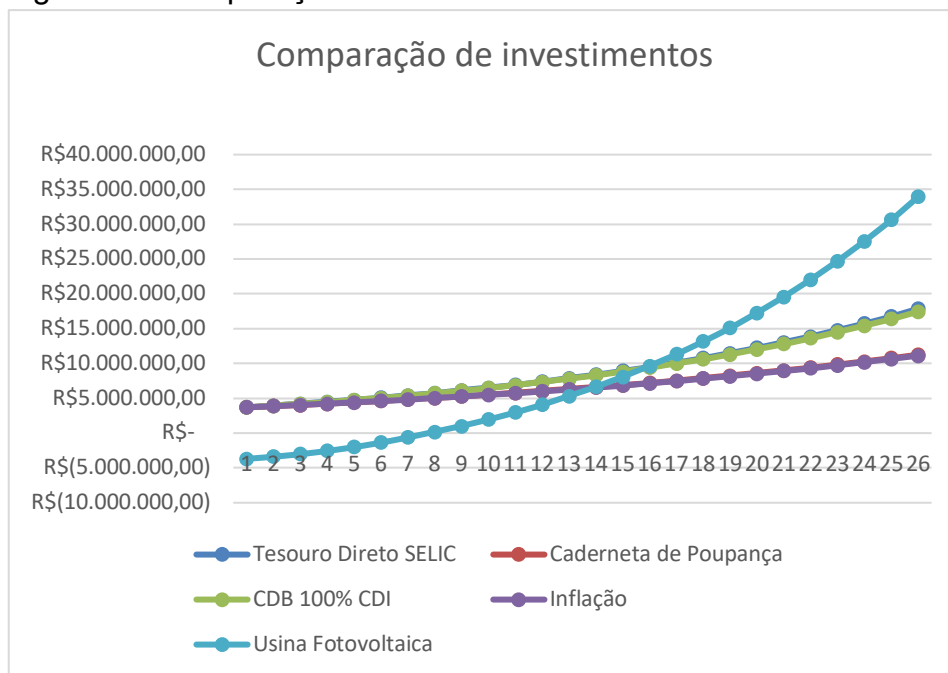
Tabela 9 – Correção Monetária

Correção Monetaria (IPCA)			
Ano	Rendimento	Rendimento recebido	Saldo Acumulado
0		R\$ 3.700.000,00	R\$ 3.700.000,00
1	4,50%	R\$ 166.500,00	R\$ 3.866.500,00
2	4,50%	R\$ 173.992,50	R\$ 4.040.492,50
3	4,50%	R\$ 181.822,16	R\$ 4.222.314,66
4	4,50%	R\$ 190.004,16	R\$ 4.412.318,82
5	4,50%	R\$ 198.554,35	R\$ 4.610.873,17
6	4,50%	R\$ 207.489,29	R\$ 4.818.362,46
7	4,50%	R\$ 216.826,31	R\$ 5.035.188,77
8	4,50%	R\$ 226.583,49	R\$ 5.261.772,27
9	4,50%	R\$ 236.779,75	R\$ 5.498.552,02
10	4,50%	R\$ 247.434,84	R\$ 5.745.986,86
11	4,50%	R\$ 258.569,41	R\$ 6.004.556,27
12	4,50%	R\$ 270.205,03	R\$ 6.274.761,30
13	4,50%	R\$ 282.364,26	R\$ 6.557.125,56
14	4,50%	R\$ 295.070,65	R\$ 6.852.196,21
15	4,50%	R\$ 308.348,83	R\$ 7.160.545,04
16	4,50%	R\$ 322.224,53	R\$ 7.482.769,57
17	4,50%	R\$ 336.724,63	R\$ 7.819.494,20
18	4,50%	R\$ 351.877,24	R\$ 8.171.371,44
19	4,50%	R\$ 367.711,71	R\$ 8.539.083,15
20	4,50%	R\$ 384.258,74	R\$ 8.923.341,89
21	4,50%	R\$ 401.550,39	R\$ 9.324.892,28
22	4,50%	R\$ 419.620,15	R\$ 9.744.512,43
23	4,50%	R\$ 438.503,06	R\$ 10.183.015,49
24	4,50%	R\$ 458.235,70	R\$ 10.641.251,19
25	4,50%	R\$ 478.856,30	R\$ 11.120.107,49
TOTAL		300,54%	

Fonte: Autor, 2018

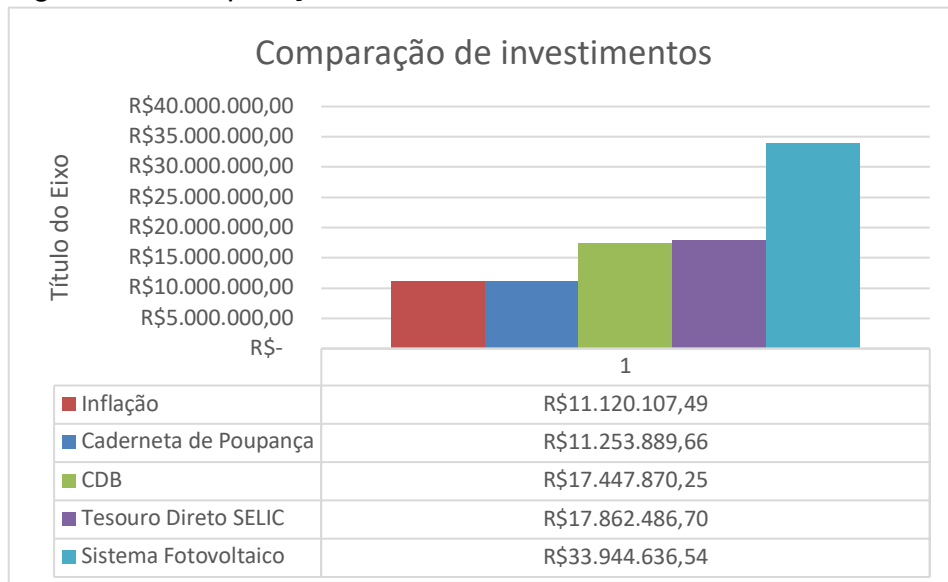
Pode-se perceber, que devido a correção monetária, o valor de 3.700.000 reais, ao longo dos 25 anos foi aumentando, e se tornou equivalente a quantia de 11.120.107,49 reais, isso significa que após 25 anos, seriam necessários 11.120.107,49 para comprar o que 3.700.000,00 comprariam anteriormente

Figura 8 – Comparação de Investimentos 1



Fonte: Autor, 2018

Figura 9 – Comparação de Investimentos 2



Fonte: Autor, 2018

Com base nas informações fornecidas pelos gráficos, pode-se notar que o investimento em sistema fotovoltaico se mostra mais rentável do que outros investimentos já consolidados no mercado financeiro como os apresentados. Podendo ser identificada uma rentabilidade maior que o dobro da rentabilidade da caderneta de poupança.

6. CONCLUSÃO

O crescente aumento da demanda energética, paralelamente com os diversos problemas ambientais que tem como umas das principais causas a queima de combustíveis fósseis, as energias renováveis se fazem cada vez mais necessárias na matriz energética. Diminuindo assim a dependência de recursos não renováveis.

Pesquisas relacionadas a geração de energia fotovoltaica ganharam destaque nos cenários nacional e internacional, tornando os módulos cada vez mais eficientes e a custos gradativamente menores, isso mostra que com o passar do tempo, as tecnologias relacionadas a geração fotovoltaicas irão ficar mais acessíveis e mais difundidas nos países, proporcionando uma maior geração de energia limpa e diminuindo a dependência de combustíveis fósseis.

O presente estudo teve como objetivo a análise econômico-financeira de uma usina fotovoltaica com geração de 1 Mega-watt pico instalada no Distrito Federal. Tendo em vista as constatações apresentadas na análise econômica deste trabalho, verificou-se que o sistema fotovoltaico apresentado obteve resultados positivos, superiores aos investimentos de renda fixa difundidos no mercado financeiro e vinculados à inflação apresentados.

Observou-se também nas planilhas e gráficos apresentados, que há uma indicação que esta usina fotovoltaica pode ser considerada um negócio de longo prazo, tendo em vista que somente ultrapassou o rendimento oferecido pelo tesouro direto SELIC após o 16º ano. Mas após esse ano, obteve resultados consideráveis, tornando a usina fotovoltaica com objetivo de comercialização da energia produzida um investimento viável.

As planilhas aqui exibidas se apresentaram de forma adequada para auxiliar trabalhos futuros, uma vez que estas dispõem de todas as informações necessárias para a implementação de uma usina de 1 MWp e para a comercialização dessa energia produzida.

7. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

- Definir método para análise de viabilidade econômica de usinas fotovoltaicas no Brasil;
- Simular resultados nos softwares PV system e comparar resultados do dimensionamento realizado;
- Variar configuração de sistema e identificar melhorais no projeto;
- Após a implantação acompanhar rendimento econômico do empreendimento para análise comparativa com os resultados obtidos no estudo;

8. BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução normativa nº482. MME 2012.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>> Acesso em 10 de Setembro de 2018.

ANEEL – Resolução Normativa 687 em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>> acesso em_ 10 de outubro de 2018

ANEEL – Contribuição em : <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2004/047/contribuicao/copel-contribuicao.pdf> – SMR > acesso em 10 de outubro de 2018

ANTONIOLLI, Andriago Fillipo et al. Análise de serviço de energia solar fotovoltaica compartilhada no brasil. Revista Empreender e Inovar, v. 1, n. 1, p. 104-116, 2018.

BLUE SOL – Geração Compartilhada: o Início do Condomínio Solar e Novos Cenários Disponível em: < <http://blog.bluesol.com.br/geracao-compartilhada> > Acesso em 03 de Outubro de 2018.

BLUE SOL – Usina Solar: Guia de Como a Energia Solar É Gerada de Forma Centralizada e Principais Usinas do Brasil Disponível em: < <http://blog.bluesol.com.br/usina-solar-no-brasil>> Acesso em 13 de Setembro de 2018.

CORRETORA RICO – Taxas de Tesouro Direto SELIC em: < <https://www.rico.com.vc/> > acesso em 29 de outubro de 2018

DO NASCIMENTO, Cássio Araújo. Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica. Diss. Universidade Federal de Lavras, 2004.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – Anuário 2017 em: < <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>> acesso em 08 de outubro de 2018

Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE - Photovoltaics Report. Relatório técnico. Disponível em: < www.ise.fraunhofer.de > Acesso em 10 de maio de 2018.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GITMAN, L. J. Princípios da administração financeira. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GITMAN, L. J. Princípios da administração financeira. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GLOBAL RATES – Inflação em 2018 em: <<https://pt.global-rates.com/estatisticas-economicas/inflacao/indice-de-precos-ao-consumidor/ipc/brasil.aspx> > acesso em 30 de outubro de 2018

GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ – Usina de Nova Olinda em: < <http://www.pi.gov.br/materia/energias-renovaveis/inaugurado-no-piaui-maior-parque-de-energia-solar-da-america-do-sul-3972.html> >

INFOMONEY – Taxas de CDI e Poupança em: <<https://www.infomoney.com.br/> > acesso em 29 de outubro de 2018

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEISMANN, EDISON LUIZ; ROESLER, DOUGLAS ANDRÉ. Investimentos governamentais e tempo de retorno. Ciências Sociais Aplicadas em Revista, v. 9, n. 16, 2009.

PERAZA, Danielle Goulart. Estudo de viabilidade da instalação de usinas solares fotovoltaicas no estado do Rio Grande do Sul. 2013.

PORTAL SOLAR – Usina Solar em: < <https://www.portalsolar.com.br/usina-solar.html> > Acesso em 13 de Setembro de 2018.

Potencial Solar – Sundata v 3.0 Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>> Acesso em 10 de Setembro de 2018.

RECEITA FEDERAL – Taxa de juros SELIC em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic>> acesso em 29 de outubro de 2018

SECRETARIA DE ESTADO DA FAZENDA – Alíquota de ICMS em:
<http://www.fazenda.df.gov.br/area.cfm?id_area=1151> acesso em 10 de outubro de 2018

SECRETARIA DE ESTADO DA FAZENDA – Isenção de ICMS em MG em:
<http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao_tributaria/decretos/2017/d47231_2017.htm> acesso em 10 de outubro de 2018

SENADO FEDERAL – Isenção de ICMS em:
<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/118448>> acesso em 10 de outubro de 2018

VILELA, Izana Nadir Ribeiro; DA SILVA, Ennio Peres. ANÁLISE DO MERCADO POTENCIAL DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA NO BRASIL CIEI&EXPO 2016.

