

GERAÇÃO FOTOVOLTAICA CENTRALIZADA: ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA NA CONSTRUÇÃO DE UM EMPREENDIMENTO DE 5 MW

Allan Ricardo Dias – allandias95@hotmail.com

Prof. Dra. Renata Corrêa Nieto (Orientadora) – renata.nieto@mackenzie.br

RESUMO

O presente artigo tem como finalidade apresentar informações relevantes para a construção de uma Usina Fotovoltaica centralizada de 5,0 MWp na cidade de Barretos – SP, juntamente com o estudo de viabilidade financeira com seu respectivo *payback*. Primeiramente é apresentado os principais conceitos referentes a energia solar e tendencias de crescimento na geração, e as regulação brasileira sobre o projeto. A análise de viabilidade econômica é realizada com o levantamento dos custos para a construção do projeto e o fluxo de caixa com um horizonte de 25 anos. O estudo consiste no tempo de retorno do investimento e os processos de comercialização de energia no Brasil. Através dos métodos *Capital Expenditure* (Capex) e *Operational Expenditure* (Opex), obteve-se retorno positivo do investimento a partir do sexto ano.

Palavras-chave: Geração fotovoltaica. Geração centralizada. Viabilidade econômica.

CENTRALIZED PHOTOVOLTAIC GENERATION: FINANCIAL FEASIBILITY STUDY IN THE CONSTRUCTION OF THE 5 MW PROJEC

ABSTRACT

This article aims to present relevant information for the construction of a 5.0 MWp centralized photovoltaic plant in the city of Barretos – SP, together with the financial feasibility study with its respective payback. First, the main concepts related to solar energy and growth trends in generation are presented, as well as the Brazilian regulations on the project. The economic feasibility analysis is carried out by surveying the costs for the construction of the project and the cash flow with a 25-year horizon. The study consists of the payback time and energy trading processes in Brazil. Using the Capital Expenditure (Capex) and Operational Expenditure (Opex) methods, a positive return on investment was obtained from the sixth year.

Keywords: Photovoltaic generation. Centralized generation. Economic viability.

1 INTRODUÇÃO

Há, no mundo, uma busca emergente por energia limpa proveniente de fontes renováveis. O Brasil sempre foi um grande expoente na geração de energia por meio de fontes limpas, em especial, de fontes hidráulicas. Devido à crise energética que vem assolando o país, a uma produção insuficiente e a demanda cada vez maior, o panorama foi se alterando e as fontes de energias renováveis foram perdendo espaço para as fontes não renováveis (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2021). Outro fator influenciador foi a crise energética pela qual o país vem passando (BERTIN, 2017), que impacta profundamente os setores econômicos, em especial, o setor industrial e, por consequência, o agroindustrial.

Na tentativa de resolver este cenário, políticas públicas foram adotadas e alguns incentivos foram criados com base na redução de impostos e na dinâmica da execução de projetos que envolvam energias renováveis para a geração de energia elétrica. Com essas medidas, houve crescimento da micro e minigeração, voltada para consumidores cativos, na modalidade de compensação de créditos (DALLEPIANE; SANTOS; RODRIGUES, 2014; NADIR; VILELA; VALE et al., 2017).

A energia solar é uma alternativa que está amadurecendo e tornando-se cada vez mais viável. Vários são os benefícios e as vantagens desta tecnologia, todos serão detalhados nos capítulos a seguir, define-se como uma fonte de energia sustentável e renovável, não gera ruídos nem tampouco poluição, sua instalação é simples, quando comparada com outras tecnologias, e sua manutenção é baixa.

Este projeto tem como o objetivo descrever o funcionamento do mercado de energia elétrica brasileiro para início de estudos, explorando os principais conceitos e indicadores na construção de uma usina fotovoltaica para vender a energia gerada no livre mercado e no mercado regulado, com a garantia de retorno financeiro e sustentável.

2 METODOLOGIA

Este projeto aplica uma metodologia de pesquisa descritiva e exploratória, pois visa explorar e analisar os benefícios da geração solar fotovoltaica por meio da geração centralizada. Para o desenvolvimento deste projeto, foi utilizado artigos, teses e livros publicados sobre a geração fotovoltaica e sua análise econômica em meio a comercialização de energia no cenário brasileiro.

Através das pesquisas bibliográficas as fundamentações teóricas foram apresentadas como seguem no projeto, princípios para a construção de um empreendimento de geração fotovoltaica sendo ele centralizado ou de geração distribuída. Para análise técnica do sistema de geração, será utilizado como base o “Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos” de João Tavares Pinho e Marco Antônio Galdino.

O projeto foi dividido em três etapas, sendo a primeira etapa responsável pela descrição para a construção de um empreendimento gerador, nesta etapa não será aprofundado quesitos técnicos, mas sim os processos burocráticos previstos na legislação e órgãos de regulação para a autorização da construção. A segunda etapa será a análise econômica onde através de indicadores como o ROI (Retorno Sobre Investimento), *payback*, taxa de conversão, rendimento médio e investimento será feita para a análise necessária para a construção do empreendimento bem como sua viabilidade financeira. Para isso será determinado um modelo exemplo de capacidade de geração para as simulações. A terceira etapa apresenta os procedimentos a serem tomados para a imersão no mercado de energia, sendo eles, leilões no mercado regulado ou negociações diretas no livre mercado.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A energia solar pode ser aproveitada para a geração de várias outras formas de energia. Como energia primária, pode ser utilizada para energia térmica e energia elétrica, e como energia híbrida, pode ser utilizada em conjunto com biomassa, geotérmica, eólica (MODI et al., 2017; PANTALEO et al., 2017; SCHMIDT; CANCELLA; PEREIRA, 2016)

Outra forma de utilização da energia solar é a sua conversão em energia elétrica diretamente, com a utilização de módulos (KOBAYAKAWA; KANDPAL, 2015; LUPANGU; BANSAL, 2017; REZK; ELTAMALY, 2015; SILVESTRE; CHOUDER; KARATEPE, 2013).

O Brasil tem uma distribuição bastante equilibrada da irradiância global horizontal, conforme a Figura 1, com uma média anual entre 1500 e 2300 kWh/m², isto para o período dos anos de 1999-2013. A maior parte do território nacional apresenta média anual em torno de 2000 kWh/m².

Figura 1 – Irradiância global horizontal no Brasil



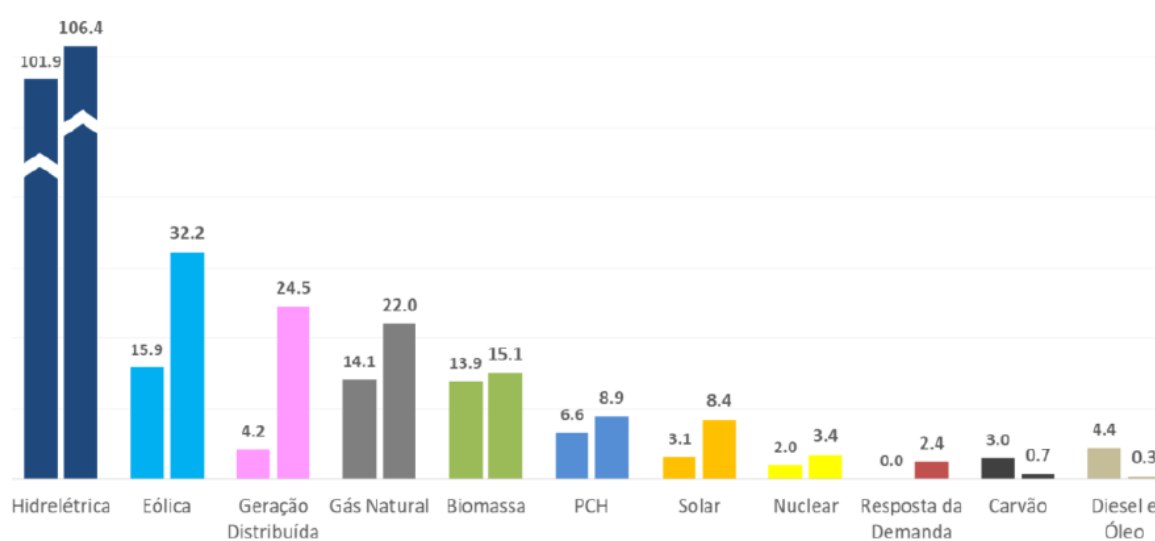
Fonte: Adaptado de SOLARGIS (2021).

Observa-se, a presença de duas faixas, uma na região litorânea da região sul, com média de 1500 kWh/m², e outra na região nordeste, com médias acima de 2300 kWh/m² (SOLARGIS, 2019).

No Brasil, houve acréscimo na geração hidráulica, incluindo as importações, de 64%, em 2015, para 68,1%, em 2016. A Matriz Elétrica Brasileira teve um aumento de 615,7, em 2015, para 619,7 TWh, em 2016 (EPE, 2019).

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2030) traz a previsão de uma predominância de fontes renováveis, como PCH, eólica e solar fotovoltaica (centralizada e distribuída somadas) para o suprimento energético (Figura 2) (EPE, 2021).

Figura 2 – Capacidade instalada inicial e com a expansão prevista pelo PDE 2030 por tecnologia – em GW.



Fonte: PDE 2030 (2021)

As fontes renováveis que mais terão crescimento no cenário mundial com a queda da utilização da geração hidráulica serão a eólica, com um crescimento de 2,5 trilhões de kWh no período de 2015 a 2040, e a solar, com um acréscimo de 1,4 trilhões de kWh no mesmo período (USEIA, 2017).

O Brasil mostra a mesma tendência em relação ao resto do mundo, ou seja, com as energias eólica e solar apresentando um crescimento grande se comparados ao crescimento de outras fontes (CORRÊA DA SILVA; DE MARCHI NETO; SILVA SEIFERT, 2016; SCHMIDT; CANCELLA; PEREIRA, 2016).

No Brasil houve um aumento em de 44,7% na energia solar fotovoltaica dentro da Oferta Interna de Energia (OIE) em 2016. Apesar do aumento expressivo, essa forma de energia renovável ainda é pequena se comparada com outras formas como, por exemplo, a biomassa de cana-de-açúcar, que dominou os índices com 17,5%, e a hidráulica, com 12,6% (EPE, 2019). A geração distribuída de fonte fotovoltaica é a que apresenta a maior quantidade de sistemas instalados, com 32.456,

totalizando 38.765 unidades consumidoras recebendo crédito até o mês de julho de 2018 (ANEEL, 2018). Isto mostra que o mercado está em expansão e que a utilização dessa fonte somente vem crescendo ao longo do tempo no Brasil.

Microgeração e minigeração distribuída são os processos que permitem ao consumidor instalar pequenos geradores de fontes renováveis em sua unidade consumidora sendo que a energia gerada é descontada da energia consumida.

No caso em que a quantidade gerada em determinado mês for superior à consumida naquele período, o consumidor sobeja com créditos que podem ser utilizados para diminuir o valor das faturas dos meses seguintes. A duração desses créditos é de até 60 meses corridos, segundo a (ANEEL, 2016). Define-se por unidade consumidora o “conjunto de instalações e equipamentos elétricos em um só ponto de conexão, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor” (ANEEL, 2016). Pelo Art. 2º da Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) Número 687, têm-se as definições dos tipos de geração distribuída, sendo:

- a) microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; e
- b) minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75kW e menor ou igual a 3MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (ANEEL, 2015, p. 01)

Dessa forma, os sistemas fotovoltaicos podem ser considerados como mini ou microgeração dependendo da dimensão da sua potência.

3.1 MERCADO

A energia elétrica é a segunda maior fonte energética consumida no Brasil, atrás apenas do petróleo e derivados (EPE, 2019). O crescimento do consumo de energia elétrica é um movimento global associado ao desenvolvimento das sociedades e à qualidade de vida e saúde (SOUZA et al., 2013; FERREIRA NETO; CORRÊA; PEROBELLI, 2019). Apesar dos avanços em eficiência energética, no período entre 2000 e 2019 esse consumo cresceu a uma taxa média geométrica anual de 2,8% no Brasil (EPE, 2019).

A preocupação do crescimento contínuo do consumo está relacionada à segurança energética e à necessidade de ampliação da capacidade instalada (OLIVEIRA; REBELATTO, 2015; FERREIRA NETO; CORRÊA; PEROBELLI, 2019). Em 2018, a oferta interna de energia elétrica

foi de 636,4 TWh, da qual uma parcela de 35,0 TWh foi importada. Esse total equivale a 2,3% da geração mundial (EPE, 2019).

Segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 (PDE, 2030) nos próximos anos, espera-se que o uso de energia continue apresentando tendência de eletrificação. Neste íterim, o indicador de elasticidade de renda é de 1,44 e o consumo total de eletricidade cresce 1,0 pontos percentuais anuais a mais que a economia brasileira entre 2019 e 2030.

Este indicador é afetado tanto pelo consumo na rede quanto pela autoprodução não injetada esperados para o período, que crescem às respectivas taxas anuais de 3,1% e 2,6%, o que proporciona um aumento de 3,1% ao ano do consumo total.

Apoiado na recuperação econômica vislumbrada no cenário, o uso de eletricidade esperado para o horizonte analisado cresce a taxas acima do crescimento econômico do país, como ocorrido na maior parte do histórico. Entretanto, há singularidades no cenário atual frente ao contexto de pandemia do novo coronavírus.

Segundo o estudo realizado pela consultoria *Wood Mackenzie* apontou que houve redução de 90% do custo para implementação de usinas fotovoltaicas nas últimas duas décadas e a tendência é continuar. De acordo com a empresa, em 2030 este tipo de energia será o mais barato em relação aos novos projetos no Canadá, China, EUA e outros 14 países. Na próxima década, a estimativa é queda de 15% a 25% nos preços.

Nesta projeção, em análise comparativa entre classes de consumo e entre décadas, espera-se que incrementos das classes comercial e residencial registrarão patamares mais brandos, que a indústria cresça com mais vigor, aproveitando a alta capacidade ociosa atual, e que o setor energético tenha forte expansão de consumo via autoprodução.

3.2 COMERCIALIZAÇÃO

O mercado de energia elétrico brasileiro apresenta algumas características. Uma delas é a presença de dois ambientes distintos de contratação: o ambiente de contratação regulado e o ambiente de contratação livre (MAGALHÃES, 2009; REGO, 2012). Outra característica é o dinamismo entre as migrações entre os dois ambientes de contratações que podem ser feitas (REGO, 2012). A legislação vem sempre sendo atualizada para melhorar cada vez mais essa regulamentação, retirando algumas barreiras de penetrações de novas tecnologias e técnicas de comercialização, facilitando, assim, a comercialização da energia elétrica no país (BRANDÃO, 2017).

3.2.1 Ambiente de contratação regulado – ACR

No ACR, empresas distribuidoras adquirem energia elétrica para atender seus consumidores cativos, aqueles que não têm a possibilidade de escolher o fornecedor de energia pois compram a energia diretamente da distribuidora local a qual estão conectados. Esses consumidores estão expostos

a uma tarifa regulada pela (ANEEL), sendo essas operações precedidas de licitação (MUNHOZ, 2018).

Por sua vez, os agentes distribuidores têm as seguintes possibilidades de compra energia elétrica, segundo o Decreto no 9.143/2017:

- Através da compra proveniente de geração distribuída;
- Aquisição pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia - PROINFA;
- Compra de energia de Itaipu Binacional, para distribuidoras da região sul, sudeste e centro-oeste;
- Leilões de energia de reserva, espécie de adicional de energia que deve ser agregado ao SIN visando a segurança energética;
- Leilões de energia de empreendimentos existentes, para recontração de contratos vencidos e fornecimento à demanda atual, com contratos com duração de 1 a 15 anos (em licitações realizadas com anos "A-0", "A-1", "A-2", "A-3", "A-4" e "A-5");
- Leilões de novos empreendimentos de geração, para atendimento de demandas futuras, com licitações a serem realizadas de cinco ou três anos antes da data de início de entrega da energia elétrica, por meio de contratos com duração de 15 a 35 anos (em licitações realizadas com anos "A-3", "A-4", "A-5" e "A-6");
- Leilões para fontes de energia alternativas (em licitações realizadas com anos "A-1", "A-2", "A-3", "A-4" e "A-5" e "A-6");
- Leilões para energia proveniente de projetos de geração indicados por resolução do CNPE (Conselho Nacional de Política Energética) e aprovada pelo presidente da República (em licitações realizadas com anos "A-5", "A-6" ou "A-7");
- Leilões para energia nova cuja licitação ocorrerá em conjunto com a dos ativos de transmissão pelos quais a energia será escoada (em licitações realizadas com anos "A-5", "A-6" ou "A-7");
- e
- Cotas de Garantia Física e Potência provenientes de usinas existentes que tiveram suas concessões renovadas conforme a MP 579 de 2012, regulamentada pelo Decreto no 7.805 de 2012, convertida na Lei no 12.783 de 2013.

Os leilões são organizados pelo Governo Federal e registrados pela CCEE. A ideia contida nessa disposição dos leilões é de que a energia oriunda de usinas existentes (energia “velha”), teoricamente devidamente amortizadas, poderia ser comercializada por preços menores do que aquela gerada pelas novas usinas, que tem o preço acrescido pelo investimento inicial (RIBEIRO, 2015).

3.2.2 Ambiente de contratação livre – ACL

No ACL é possível a livre negociação de preços e prazos de contratos entre os agentes. Estes dividem-se em consumidores, autoprodutores - APE, consumidores livres - CL, consumidores

especiais - CE e exportadores, sendo os acordos de compra e venda de energia pactuados por meio de contratos bilaterais. Nestes, as partes têm liberdade de negociar volumes de energia, prazos, preços, garantias financeiras, dentre outros itens que constituem esses tipos de contrato (MUNHOZ, 2018).

Atualmente, mercado ACL representa 30,4% da energia consumida no Brasil (CCEE, 2020). Há também a possibilidade de os próprios vendedores comprarem energia para posterior revenda, esse é o papel dos chamados comercializadores de energia. Este agente não detém propriedade de nenhum ativo de geração, ele apenas atua na compra e venda de energia de usinas de outros proprietários para seus clientes consumidores (MUNHOZ, 2018).

Segundo a Lei no 9.074/1995, podem optar livremente pelo gerador de energia os consumidores cuja demanda seja maior ou igual a 1,5 MW sendo atendidos por nível de tensão a partir de 69 kV, se conectados antes de julho de 1995, ou em qualquer nível de tensão, se conectados após esta data.

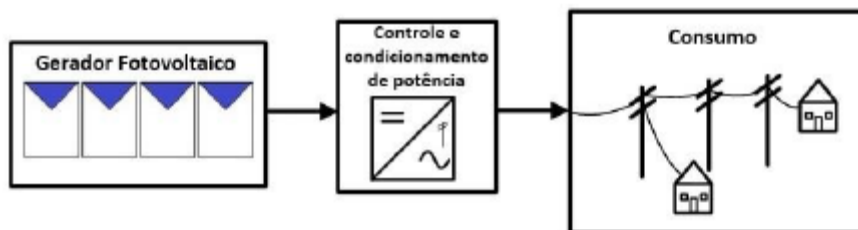
Além dos consumidores nessa faixa de consumo, denominados consumidores livres, a legislação também prevê que os consumidores com demanda maior ou igual a 500 kW, em qualquer nível de tensão, também possam optar pela compra de energia. Entretanto, esses consumidores denominados consumidores especiais, só podem contratar a partir de fontes alternativas (PCH, solar, eólica e biomassa), de acordo com o Decreto no 9.143/2017.

Esta decisão por parte do consumidor relativo a qual ambiente comprar a energia, ACL ou ACR, é fruto da análise da comparação entre a relação preço e previsibilidade da tarifa do cativo e dos custos do ambiente livre, sendo os custos do ACL relacionados à compra da energia.

3.3 PROJETO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

O projeto de um sistema fotovoltaico envolve orientação dos módulos, disponibilidade de área, estética, disponibilidade do recurso solar, demanda a ser atendida e diversos outros fatores. Através do projeto pretende-se adequar o gerador fotovoltaico as necessidades definidas pela demanda. O dimensionamento de um sistema (SFV) é o ajuste entre a energia radiante recebida do sol pelos módulos fotovoltaicos e a necessidade de suprir a demanda de energia elétrica (CEPEL, 2021). Como pode ser visto na Figura 3, os blocos básicos de um SFV são: geração, equipamentos de controle e condicionamento de potência.

Figura 3 – Diagrama de blocos de sistemas fotovoltaicos conectados a rede



Fonte: Manual de engenharia

As Principais etapas do projeto de um SFV são as seguintes:

- Levantamento adequado do recurso solar disponível no local da aplicação;
- Definição da localização e configuração do sistema;
- Levantamento adequado de demanda e consumo de energia elétrica;
- Dimensionamento do gerador fotovoltaico;
- Dimensionamento dos equipamentos de condicionamento de potência.

No livro “Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos”, (PINHO; GALDINO, 2014) demonstra em detalhes todos os processos para auxiliar os quesitos técnicos ligados à tecnologia fotovoltaica no Brasil. Neste contexto a publicação traça um histórico caminho da energia fotovoltaica, com exemplos de projetos instalados nos últimos anos. Juntamente com informações sobre o uso de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, são incluídos tópicos relacionados às normas e regulamentos aplicáveis ao setor, além de aspectos econômicos.

Os projetos realizado por (MONTEIRO, 2017) e (ABE, 2018), apresentam um estudo de viabilidade técnica, econômica e financeira e contém as informações sobre características locais como qualidade do fornecimento de energia elétrica, dados Solari métricos e análise de sombreamento ao sistema, também com dimensionamento dos equipamentos principais e acessórios, layouts físicos do sistema, simulações com o software PVsyst para cálculo de produção de energia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

4.1 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

O licenciamento ambiental é uma etapa muito relevante em qualquer projeto de engenharia, mas em projetos fotovoltaicos é relativamente simples devido ao seu reduzido impacto ambiental em comparação com usinas hidrelétricas ou termelétricas. Cada estado é responsável pelas diretrizes e regulamentos desse trabalho. No Estado de São Paulo, a Resolução SMA nº 74 de 4 de agosto de 2017 estipula que caso a capacidade instalada estimada do projeto seja menor ou igual a 5 MW, licenças ambientais para projetos de geração de energia utilizando fontes solares fotovoltaicas,

incluindo microgeração e distribuída. Os projetos de microgeração de energia exigem autorização apenas quando necessário para suprimir a vegetação nativa ou se instalar em áreas de proteção de bacias hidrográficas.

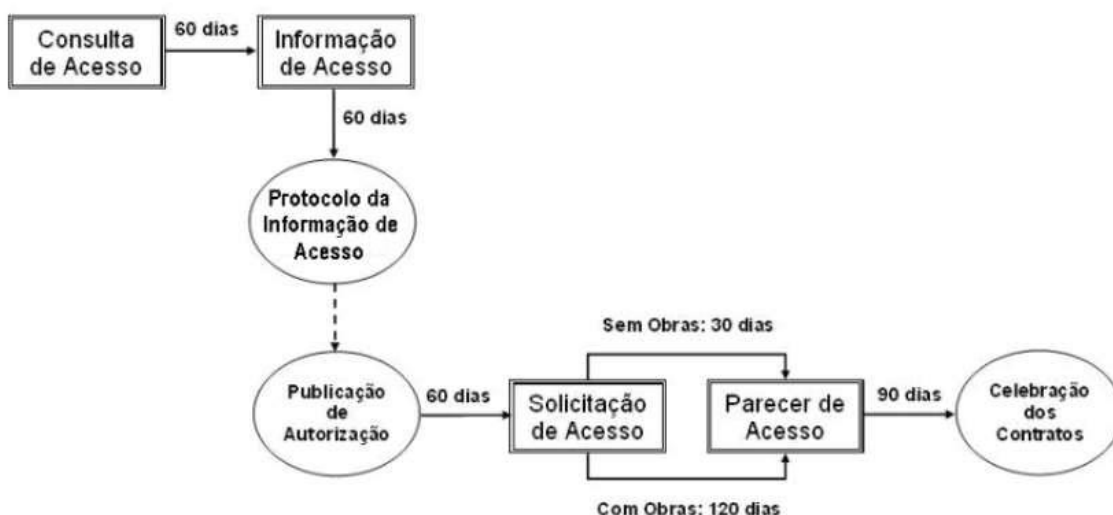
4.2 SUBESTAÇÕES

Para estimar o custo da linha de transmissão, é importante estudar a área do projeto proposto antes que a concessionária libere o parecer oficial de acesso e encontrar uma subestação ou linha de transmissão existente nas proximidades para se conectar ao sistema de interconexão nacional. Este estudo será considerado uma subestação a 8,5 quilômetros de distância.

4.3 VIABILIDADE DE ACESSO

Para conectar usinas solares fotovoltaicas, o acesso é necessário. Inclui as seguintes etapas: consulta de acesso, informação de acesso, solicitação de acesso e opinião de acesso. Na figura 4, segue as etapas e os prazos para as centrais geradoras solicitantes.

Figura 4 – Etapas de acesso para centrais geradoras solicitantes de autorização.



Fonte: Prodist, ANEEL (2012)

A consulta de acesso é obrigatória, sendo que o acesso realizado pelo utilizador do sistema com o único propósito de obter informação técnica de acesso à rede eléctrica deve ser formulado e executado pelo utilizador do sistema, podendo o utilizador do sistema especificar livremente um ou mais pontos de acesso (ANEEL, 2012).

E a etapa de informações de acesso, que é a resposta formal e obrigatória do entrevistado à consulta de acesso executada. Não tem custo para os usuários e tem como objetivo fornecer informações sobre o acesso. As informações devem ser devolvidas ao usuário do sistema por escrito no prazo máximo de 60 dias a partir da data de recebimento da consulta de acesso, e devem ser retidas para fiscalização por 60 meses (ANEEL, 2012). Este arquivo de informações de acesso é necessário

para obter a autorização da usina ANEEL. O arquivo deverá ser encaminhado à mesma instituição em até 60 dias após a publicação do arquivo pelo entrevistado, devendo o usuário do sistema notificar o entrevistado que encaminhou o arquivo à ANEEL. Após a edição dessa lei de autorização, os usuários do sistema têm no máximo 60 dias para solicitar o acesso à concessionária (ANEEL, 2012).

A Solicitação de Acesso refere-se ao documento elaborado pelo gerador, que por sua vez entregue a concessionária, esta deve priorizar o atendimento conforme a ordem cronológica de protocolo (ANEEL, 2012).

O parecer de acesso é um documento formal e obrigatório formulado pela concessionária, sem custos para o gerador, no qual serão informadas todas as condições de acesso, compreendendo a conexão e o uso, os requisitos técnicos que possibilitam a conexão das instalações do gerador, com os prazos estipulados. A distribuidora tem o prazo de 30 dias após o recebimento desta solicitação de acesso para emitir o parecer de acesso. Após a emissão deste parecer, os contratos relacionados ao acesso têm um prazo de 90 dias para serem assinados entre as partes (ANEEL, 2012).

4.4 PROJETO TÉCNICO

Módulos solares fotovoltaico atualmente comercializado em 355 W da marca Canadian Solar Inc., em silício policristalino de rendimento, será usado, como pode ser visto na figura 5:

Figura 5 – Folha de dados do módulo solar fotovoltaico CS3U-355P V5.581_EN.



Fonte: Canadian Solar Inc. (2021)

Os inversores selecionados serão da marca *Sungrow* modelo SG125HV com 1500 VDC. Como pode ser observado na figura 6.

Figura 6 - Inversor Sungrow SG125HV V1.0.

SUNGROW
www.sungrowpower.com
SG125HV NEW
String Inverter for 1500Vdc System



Fonte: Sungrow Power Supply Co. (2021)

Com os dados da potência produzida pelos módulos escolhidos ($E_{\text{módulo}}$) e a definição da potência da usina (E_{usina}), calcula-se através da Equação 1, o número de módulos (N_p) que a usina terá, considerando arredondamento numérico para cima.

$$N_p = \frac{E_{USINA}}{E_{MÓDULO}} \quad (1)$$

$$N_p = 5.000/0.355$$

$$N_p = 14.085 \text{ módulos}$$

Com as especificações técnicas fornecido pelo fabricante dos módulos solares, tem-se que a tensão de circuito aberto dos módulos em STC é $V_{oc} = 46,8 \text{ V}$. Considerando um fator empírico de segurança de 10% = 51,5 V. Pela folha de dados do inversor, tem-se que a máxima tensão de entrada é de 1500 V, então:

$$\text{Módulo em Série} = \frac{1500}{51,5}$$

$$\text{Módulo em série} = 29 \text{ módulos}$$

Através dos cálculos anteriormente precisa-se de 14.085 módulos e tem-se 29 módulos em cada série, então:

$$\text{strings} = \frac{14.085}{29}$$

$$\text{strings} = 485,69$$

Com o arredondamento matemático para cima do número de *strings* para 486, tem-se um novo número total de módulos:

$$\text{Total de módulos} = 29 * 486$$

$$Total\ de\ módulos = 14.094$$

Houve uma pequena alteração no valor da potência da usina:

$$P = 14.094 * 355$$

$$P = 5.004,37\ KWp \rightarrow 5,00\ MWp$$

Para o dimensionamento dos inversores, segundo a folha de dados do fabricante, a potência de saída AC é de 125 kW cada, e a potência total necessária para usina é de 5000 kW, então:

$$Número\ de\ inversores = \frac{5000}{125}$$

$$Número\ de\ inversores = 40$$

4.5 CÁLCULO DO CAPEX

No cálculo do *Capex* (sigla em inglês para despesas de capital), em português despesas de capital ou investimento em bens de capital, são considerados vários itens que compõem o projeto, tais como análise, execução do projeto, todos os itens e equipamentos de interconexão de rede. Como o acesso de entrada e linha de transmissão, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo do Capex item a item.

	ITEM	TOTAL	POR KWp
1	Engenharia	R\$ 1.187.472,00	R\$ 237,49
1.1	Análise Ambiental	R\$ 5.500,00	R\$ 1,10
1.2	Análise Geológica	R\$ 1.100,00	R\$ 0,22
1.3	Análise Topográfica	R\$ -	R\$ -
1.4	Projeto Executivo	R\$ 656.040,00	R\$ 131,21
1.5	Engenharia do Proprietário	R\$ 524.832,00	R\$ 104,97
2	Equipamentos Principais	R\$ 11.553.147,54	R\$ 2.310,63
2.1	Módulos Fotovoltaicos	R\$ 10.854.043,20	R\$ 2.170,81
2.2	Invsor	R\$ 1.905.787,40	R\$ 381,16
2.3	Monitoramento	R\$ 77.000,00	R\$ 15,40
3	Outros Equipamentos	R\$ 4.274.797,43	R\$ 854,96
3.1	Caixa de Junção	R\$ 110.000,00	R\$ 22,00
3.2	Cubículos	R\$ 656.040,00	R\$ 131,21
3.3	Cabeamento, conectores, etc.	R\$ 185.328,00	R\$ 37,07
3.4	Estruturas	R\$ 3.165.229,32	R\$ 633,05
3.5	Strings Boxes	R\$ 303.177,60	R\$ 60,64
3.6	Sistemas de Medição	R\$ 55.000,00	R\$ 11,00
3.7	Sistemas de Limpeza	R\$ -	R\$ -
3.8	Transformador	R\$ 275.000,00	R\$ 55,00
3.9	Estação Solatrimétrica	R\$ -	R\$ -
4	Outros Serviços	R\$ 4.853.058,35	R\$ 970,61
4.1	Comissionamento	R\$ 328.020,00	R\$ 65,60
4.2	Logística	R\$ 474.838,35	R\$ 94,97
4.3	Obra Civil, Montagem e ART Civil	R\$ 4.050.200,00	R\$ 810,04
5	Transmissão e Conexão	R\$ 1.210.000,00	R\$ 242,00
5.1	Linha de Transmissão	R\$ 660.000,00	R\$ 132,00
5.2	Bay de Entrada	R\$ 550.000,00	R\$ 110,00
6	Outros	R\$ 77.000,00	R\$ 15,40
6.1	Viagens	R\$ 38.500,00	R\$ 7,70
6.2	Despesas Locais	R\$ 38.500,00	R\$ 7,70
		R\$ -	R\$ -
	TOTAL	R\$ 23.155.475,32	R\$ 4.631,10

Fonte: O Autor (2021)

O investimento necessário para uma usina deste porte, chegou-se à estimativa de R\$ 23.155.475,35 que compõe o valor de R\$ 4.631,10 por kWp instalado.

4.6 CÁLCULO DO OPEX

Para estimar o *Opex*, sigla em inglês para *operational expenditure*, que significa os valores de despesas operacionais necessárias para manter a usina em funcionamento, utiliza-se uma expectativa de 25 anos levando-se em consideração o reajuste monetário (IPCA), custo para arrendamento da terra, operação e manutenção (O&M), custo com seguranças, demanda da usina e troca de inversores a cada 8 anos. Todas estas despesas segregadas anualmente podem ser vistas na Tabela 2.

Tabela 2 – Cálculo do *Opex* ao longo de 25 anos.

ITEM	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7
IPCA	-	10,50%	7,50%	7,00%	6,50%	6,50%	6,50%
Arrendamento de Terra Anual	R\$ 66.000,00	R\$ 72.930,00	R\$ 78.399,75	R\$ 83.887,73	R\$ 89.340,44	R\$ 95.147,56	R\$ 101.332,16
Seguro Anual	R\$ -						
O&M Anual	R\$ 131.208,00	R\$ 144.984,84	R\$ 155.858,70	R\$ 166.768,81	R\$ 177.608,79	R\$ 189.153,36	R\$ 201.448,32
Seguranças Anual	R\$ 55.000,00	R\$ 60.775,00	R\$ 65.333,13	R\$ 69.906,44	R\$ 74.450,36	R\$ 79.289,64	R\$ 84.443,46
Troca de Inversores							
Demanda da Usina	R\$ 1.452.000,00	R\$ 1.607.073,60	R\$ 1.778.709,06	R\$ 1.968.675,19	R\$ 2.178.929,70	R\$ 2.411.639,40	R\$ 2.669.202,48
TOTAL ANUAL	R\$ 1.704.208,00	R\$ 1.885.763,55	R\$ 2.078.300,72	R\$ 2.289.238,25	R\$ 2.520.329,35	R\$ 2.775.230,02	R\$ 3.056.426,49

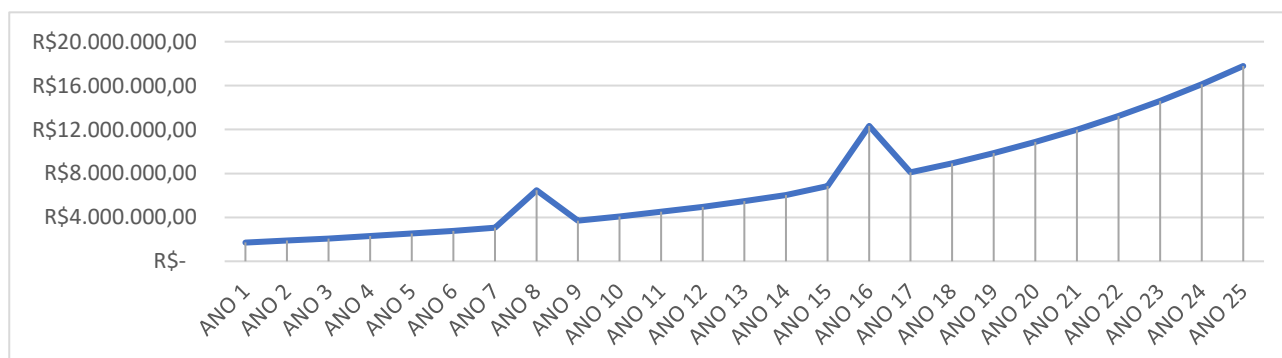
ANO 8	ANO 9	ANO 10	ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	ANO 16
6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
R\$ 107.918,75	R\$ 114.933,46	R\$ 122.404,14	R\$ 130.360,41	R\$ 138.833,83	R\$ 147.858,03	R\$ 157.468,81	R\$ 167.704,28	R\$ 178.605,06
R\$ 214.542,47	R\$ 228.487,73	R\$ 243.339,43	R\$ 259.156,49	R\$ 276.001,66	R\$ 293.941,77	R\$ 313.047,99	R\$ 333.396,10	R\$ 355.066,85
R\$ 89.932,29	R\$ 95.777,89	R\$ 102.003,45	R\$ 108.633,67	R\$ 115.694,86	R\$ 123.215,03	R\$ 131.224,00	R\$ 139.753,56	R\$ 148.837,55
R\$ 3.116.214,92								R\$ 4.998.408,72
R\$ 2.954.273,30	R\$ 3.269.789,69	R\$ 3.619.003,23	R\$ 4.005.512,78	R\$ 4.433.301,54	R\$ 4.906.778,14	R\$ 5.430.822,05	R\$ 6.211.033,84	R\$ 6.652.790,89
R\$ 6.482.881,78	R\$ 3.708.988,83	R\$ 4.086.750,31	R\$ 4.503.663,41	R\$ 4.963.831,97	R\$ 5.471.793,04	R\$ 6.032.562,91	R\$ 6.851.887,85	R\$ 12.333.709,13

ANO 17	ANO 18	ANO 19	ANO 20	ANO 21	ANO 22	ANO 23	ANO 24	ANO 25
6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
R\$ 190.214,38	R\$ 202.578,32	R\$ 215.745,91	R\$ 229.769,39	R\$ 244.704,41	R\$ 260.610,19	R\$ 277.549,85	R\$ 295.590,59	R\$ 314.803,98
R\$ 378.146,20	R\$ 402.725,70	R\$ 428.902,87	R\$ 456.781,56	R\$ 486.472,36	R\$ 518.093,06	R\$ 551.769,11	R\$ 587.634,10	R\$ 625.830,32
R\$ 158.511,99	R\$ 168.815,27	R\$ 179.788,26	R\$ 191.474,50	R\$ 203.920,34	R\$ 217.175,16	R\$ 231.291,55	R\$ 246.325,50	R\$ 262.336,65
R\$ 7.363.308,96	R\$ 8.149.710,36	R\$ 9.020.099,43	R\$ 9.983.446,04	R\$ 11.049.678,09	R\$ 12.229.783,71	R\$ 13.535.924,60	R\$ 14.981.561,35	R\$ 16.581.592,10
R\$ 8.090.181,60	R\$ 8.923.829,71	R\$ 9.844.536,53	R\$ 10.861.471,56	R\$ 11.984.775,26	R\$ 13.225.662,19	R\$ 14.596.535,17	R\$ 16.111.111,61	R\$ 17.784.563,12

Fonte: O Autor (2021)

Na figura 7, pode-se observar a evolução crescente do *Opex* ao longo dos 25 anos da usina.

Figura 7 – Curva do *Opex* ao longo dos 25 anos.



Fonte: O Autor (2021)

Observa-se na curva do *Opex*, dois pontos críticos para troca dos inversores em 8 e 16 anos respectivamente.

4.7 FLUXO DE CAIXA E *PAYBACK*

Para ter uma equalização de contas levando-se em consideração valores de *Capex* e *Opex* que irão balizar a viabilidade da usina juntamente com a potência gerada foi definido a cidade de Barretos – SP que possui incidência solar de 5,509 KWh/m² dia (SÃO PAULO. SECRETÁRIA DE ENERGIA, 2013), é apresentado na Tabela 3, todo o fluxo de caixa para os 25 anos, abaixo, Equação 2, o cálculo da geração anual de energia.

$$P_{FV} = \frac{E * G}{H_{TOT} * PR} \quad (2)$$

Onde:

E = Energia a ser gerada (KWh/dia)

G = Irradiancia na condição STC (W/m²)

Htot = Irradiação solar incidente no plano dos módulos (kWh/m²/dia)

PR = Performance Ratio

Substituindo os valores, temos a potência gerada pela usina:

$$E = \frac{5000 * 5,50 * 0,8}{1}$$

$$E = 22.000 \text{ KWh/dia} \rightarrow 8.030.000 \text{ KWh/ano}$$

Tabela 3 – Relatório completo do fluxo de caixa ao longo dos 25 anos.

ITEM	ANO 0	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4
Inflação Energética	10,68%	10,68%	10,68%	10,68%	10,68%
Rendimento dos Módulos	100%	97,50%	96,80%	96,10%	95,40%
Geração de Energia (KWh)	8.030.000,00	7.829.250,00	7.578.714,00	7.283.144,15	6.948.119,52
Valor da Tarifa	R\$ 0,6050	R\$ 0,6696	R\$ 0,7411	R\$ 0,8203	R\$ 0,9079
Receita Bruta	R\$ -	R\$ 5.242.575,41	R\$ 5.802.482,46	R\$ 6.422.187,59	R\$ 7.108.077,22
Investimento	-R\$ 23.155.475,32	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
O&M	R\$ -	R\$ 1.704.208,00	R\$ 1.886.217,41	R\$ 2.087.665,43	R\$ 2.310.628,10
Impostos de Faturamento	0,00%	15,63%	15,63%	15,63%	15,63%
Fluxo de Caixa do Projeto	-R\$ 23.155.475,32	R\$ 2.718.952,87	R\$ 3.009.337,04	R\$ 3.330.734,24	R\$ 3.686.456,65
SALDO ACUMULADO	-R\$ 23.155.475,32	-R\$ 20.436.522,45	-R\$ 17.427.185,41	-R\$ 14.096.451,17	-R\$ 10.409.994,52

ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10	ANO 11
10,68%	10,68%	10,68%	10,68%	10,68%	10,68%	10,68%
94,70%	94,00%	93,30%	92,60%	91,90%	91,20%	90,50%
6.579.869,19	6.185.077,04	5.770.676,88	5.343.646,79	4.910.811,40	4.478.659,99	4.053.187,29
R\$ 1,0048	R\$ 1,1122	R\$ 1,2309	R\$ 1,3624	R\$ 1,5079	R\$ 1,6690	R\$ 1,8472
R\$ 7.867.219,87	R\$ 8.707.438,95	R\$ 9.637.393,44	R\$ 10.666.667,05	R\$ 11.805.867,10	R\$ 13.066.733,70	R\$ 14.462.260,86
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ 2.557.403,18	R\$ 2.830.533,84	R\$ 3.132.834,86	R\$ 3.467.421,62	R\$ 3.837.742,25	R\$ 4.247.613,12	R\$ 4.701.258,20
15,63%	15,63%	15,63%	15,63%	15,63%	15,63%	15,63%
R\$ 4.080.170,22	R\$ 4.515.932,40	R\$ 4.998.233,98	R\$ 5.532.045,37	R\$ 6.122.867,82	R\$ 6.776.790,10	R\$ 7.500.551,28
-R\$ 6.329.824,30	-R\$ 1.813.891,89	R\$ 3.184.342,09	R\$ 8.716.387,46	R\$ 14.839.255,28	R\$ 21.616.045,38	R\$ 29.116.596,66

ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	ANO 16	ANO 17	ANO 18
10,68%	10,68%	10,68%	10,68%	10,68%	10,68%	10,68%
89,80%	89,10%	88,40%	87,70%	87,00%	86,30%	85,60%
3.639.762,19	3.243.028,11	2.866.836,85	2.514.215,92	2.187.367,85	1.887.698,45	1.615.869,88
R\$ 2,0445	R\$ 2,2628	R\$ 2,5045	R\$ 2,7720	R\$ 3,0680	R\$ 3,3957	R\$ 3,7584
R\$ 16.006.830,32	R\$ 17.716.359,80	R\$ 19.608.467,03	R\$ 21.702.651,30	R\$ 24.020.494,46	R\$ 26.585.883,27	R\$ 29.425.255,61
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ 5.203.352,58	R\$ 5.759.070,64	R\$ 6.374.139,38	R\$ 7.054.897,47	R\$ 7.808.360,52	R\$ 8.642.293,42	R\$ 9.565.290,36
15,63%	15,63%	15,63%	15,63%	15,63%	15,63%	15,63%
R\$ 8.301.610,16	R\$ 9.188.222,13	R\$ 10.169.524,25	R\$ 11.255.629,44	R\$ 12.457.730,66	R\$ 13.788.216,30	R\$ 15.260.797,80
R\$ 37.418.206,82	R\$ 46.606.428,95	R\$ 56.775.953,20	R\$ 68.031.582,64	R\$ 80.489.313,30	R\$ 94.277.529,60	R\$ 109.538.327,40

ANO 19	ANO 20	ANO 21	ANO 22	ANO 23	ANO 24	ANO 25
10,68%	10,68%	10,68%	10,68%	10,68%	10,68%	10,68%
84,90%	84,20%	83,50%	82,80%	82,10%	81,40%	80,70%
1.371.873,52	1.155.117,51	964.523,12	798.625,14	655.671,24	533.716,39	430.709,13
R\$ 4,1598	R\$ 4,6040	R\$ 5,0957	R\$ 5,6400	R\$ 6,2423	R\$ 6,9090	R\$ 7,6469
R\$ 32.567.872,90	R\$ 36.046.121,73	R\$ 39.895.847,53	R\$ 44.156.724,05	R\$ 48.872.662,18	R\$ 54.092.262,50	R\$ 59.869.316,13
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
R\$ 10.586.863,37	R\$ 11.717.540,37	R\$ 12.968.973,69	R\$ 14.354.060,07	R\$ 15.887.073,69	R\$ 17.583.813,16	R\$ 19.461.764,41
15,63%	15,63%	15,63%	15,63%	15,63%	15,63%	15,63%
R\$ 16.890.651,00	R\$ 18.694.572,53	R\$ 20.691.152,88	R\$ 22.900.968,00	R\$ 25.346.791,39	R\$ 28.053.828,71	R\$ 31.049.977,61
R\$ 126.428.978,40	R\$ 145.123.550,93	R\$ 165.814.703,81	R\$ 188.715.671,81	R\$ 214.062.463,20	R\$ 242.116.291,90	R\$ 273.166.269,51

Fonte: O Autor (2021)

Payback é o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual lucro líquido acumulado atualizada iguala o valor do investimento realizado. *O payback* pode ser nominal, se calculado com base no fluxo de caixa com valores nominais, e presente líquido, se acumulado com base no fluxo de caixa com valores trazidos ao valor presente líquido. Trata-se do período necessário para que as receitas recuperem a despesa realizada em investimento, ou seja, é o período de recuperação do capital investido.

Analisando a Tabela 3 acima, percebe-se que após o ano 6, o saldo acumulado inverte-se, zerando o valor investido e começando a ter resultados positivos no saldo tornando a usina lucrativa.

4.8 COMERCIALIZAÇÃO

No ACR a comercialização é feita através dos leilões: leilão de energia nova e existente. O leilão de energia nova é para empreendimentos que não existem ainda e estão da fase de projeto, para comercializarem energia a partir do 4 ou 5 anos, quando o projeto solicita participação no projeto ele

recebe o Despacho de Registro de Requerimento de Outorga, para depois do leilão conseguir outorga. O leilão de energia existente é para empreendimentos que já existem e podem comercializar sua energia nos próximos anos.

Para a comercialização no ACR, é preciso tornar-se autoprodutor ou gerador de energia solar associado à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) para vender aos consumidores do mercado livre com demanda entre 500 kW e 3 MW. Esta regra é válida para energia solar, eólica, hidráulica e biomassa. A CCEE conta com o prazo de até cinco dias úteis, após a solicitação, para analisar os documentos no sistema. Em caso de aprovação, a empresa elaborará um parecer opinativo que será encaminhado para a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que, então, tem o papel de emitir a autorização para o candidato para atuação como comercializador de energia. O candidato deve abrir uma conta corrente no Banco Bradesco S/A antes da conclusão do processo. Esse processo se aplica mesmo àqueles que já têm uma conta na instituição em questão, uma vez que a conta deve ter a única funcionalidade de Liquidação Financeira.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mundo está buscando ser cada vez mais sustentável em suas atitudes, considerando a previsão de crescimento da presença da energia solar fotovoltaica na matriz energética brasileira e a tendência dos custos para a construção estarem caindo, esse tipo de investimento se torna mais atrativo para os investidores. As usinas fotovoltaicas serão mais comuns no decorrer dos próximos anos em todo o país e seguindo esta ideia, este artigo trouxe de forma simplificada o processo para implementação de um parque juntamente com as estimativas de custo com seu respectivo fluxo de caixa e o *payback*.

Foi apresentado um cenário de investimento próprio com horizonte de 25 anos, utilizando o método de *Capex* e *Opex*, assim tivemos um saldo positivo financeiro de R\$ 3.184.342,09 a partir do sexto ano após início das operações da usina, considerando que, no momento da cotação dos equipamentos, a taxa cambial estava em R\$ 5,60 relativamente alta comparada a anos anteriores e como mencionado na revisão da literatura, acredita-se que nos próximos anos o preço dos equipamentos tende a diminuir.

Um ponto importante a ser mencionado é a abertura do mercado de energia brasileiro nos próximos anos, assim os consumidores poderão escolher seus geradores para negociar energia, deixando o mercado mais atrativo para esse tipo de investimento além dos incentivos para ser consumido energia proveniente de fontes renováveis.

REFERÊNCIAS

ABE, Bruna Cristina Satie. Projeto de sistema de geração fotovoltaica com potência de 1.004 kWp/800kWca. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Cadernos Temáticos ANEEL: Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de Compensação de Energia Elétrica. 2. ed. Brasília: maio 2016a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. Brasília, maio 2016b. Rev.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Tarifa branca é nova opção para os consumidores a partir de 2018. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/id/16049685>. Acesso em: 15 de abril de 2021.

ANEEL. SIGA – Sistema de Informações de Geração. Brasília, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2XE5KV0>>. Acesso em: 10 mai. 2021.

BERTIN, André Jeandro de Oliveira. **Análise de geração distribuída de eletricidade com tecnologia heliotérmica em usina sucroalcooleira como vetor de economia de bagaço de cana-de-açúcar**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BRANDÃO, Lucas Guimarães Lins et al. Uma análise da dinâmica do setor elétrico brasileiro utilizando VAR em painel. 2017.

CCEE. O que fazemos: Informações ao mercado. Dados gerais 2020. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2YyNY4Q>>. Acesso em: 14 maio 2021 (CCEE, 2020).

DA SILVA, Rodrigo Corrêa; DE MARCHI NETO, Ismael; SEIFERT, Stephan Silva. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 328-341, 2016.

DA SILVA, Rodrigo Corrêa; DE MARCHI NETO, Ismael; SEIFERT, Stephan Silva. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 328-341, 2016.

DALLEPIANE, Patrícia Gomes; DOS SANTOS, Gustavo Cordeiro; RODRIGUES, Mauro Fonseca. A Geração de Energia Elétrica com Biogás para Atender Agroindústrias, Proteger Meio Ambiente e

Melhorar Fornecimento de Energia no Meio Rural. **REVISTA INTERDISCIPLINAR DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO-RevInt**, v. 3, n. 1, 2016.

KOBAYAKAWA, Toru; KANDPAL, Tara C. Analysis of electricity consumption under a photovoltaic micro-grid system in India. **Solar Energy**, v. 116, p. 177-183, 2015.

LUPANGU, C.; BANSAL, R. C. A review of technical issues on the development of solar photovoltaic systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 73, p. 950-965, 2017.

MAGALHÃES, Gerusa de Souza Cortes. **Comercialização de energia elétrica no ambiente de contratação livre: uma análise regulatório-institucional a partir dos contratos de compra e venda de energia elétrica**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MODI, Anish et al. A review of solar energy-based heat and power generation systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 1047-1064, 2017.

MUNHOZ, Letícia Leite. Análise de portfólio de contratação na comercialização de energia no ACL com avaliação de riscos. 2018.

PANTALEO, Antonio M. et al. Thermo-economic assessment of an externally fired hybrid CSP/biomass gas turbine and organic Rankine combined cycle. **Energy Procedia**, v. 105, p. 174-181, 2017.

REGO, Erik Eduardo. **Proposta de aperfeiçoamento da metodologia dos leilões de comercialização de energia elétrica no ambiente regulado: aspectos conceituais, metodológicos e suas aplicações**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

REZK, Hegazy; ELTAMALY, Ali M. A comprehensive comparison of different MPPT techniques for photovoltaic systems. **Solar energy**, v. 112, p. 1-11, 2015.

SÃO PAULO. SECRETÁRIA DE ENERGIA. Energia Solar Paulista. p. 49, 2013.

SCHMIDT, Johannes; CANCELLA, Rafael; PEREIRA JR, Amaro O. The role of wind power and solar PV in reducing risks in the Brazilian hydro-thermal power system. **Energy**, v. 115, p. 1748-1757, 2016.

SILVESTRE, Santiago; CHOUDER, Aissa; KARATEPE, Engin. Automatic fault detection in grid connected PV systems. **Solar energy**, v. 94, p. 119-127, 2013.

SOLARGIS. Solar Radiation. Disponível em: <<https://solargis.info/imaps/#loc=36.557204,-17.197845&c=-1.144693,-34.296476>> Acesso em 22 de março de 2021.

SOUZA, E. C. de et al. Impactos das mudanças climáticas sobre o bem-estar relacionado à saúde no Brasil. Pesquisa e Planejamento Econômico, v. 43, n. 1, p. 49-87, 2013.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. International Energy Outlook 2017 Overview. International Energy Outlook, v. IEO2017, n. September 14, 2017.

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

WOOD MACKENZIE. SEIA. Disponível em: <https://www.woodmac.com/>. Acesso em: 15 nov. 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre me amparar durante todo o curso.

A minha família pelo total apoio e aos colegas de trabalho que me orientaram na realização deste trabalho.

Agradeço minha amiga Eng. de energia Ioly Vieira pela validação dos dados e correções.