

FÁBIO CASTRO JAMEL

METODOLOGIA PARA MODELAMENTO DE USINA FOTOVOLTAICA COM
APLICAÇÃO DE SOFTWARE RETSCREEN

MANAUS – AM
2022

FÁBIO CASTRO JAMEL

**METODOLOGIA PARA MODELAMENTO DE USINA FOTOVOLTAICA COM
APLICAÇÃO DE SOFTWARE RETSCREEN**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental - PPG.EGPSA, do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia- ITEGAM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Manoel Henrique Reis Nascimento.

**MANAUS – AM
2022**

FABIO CASTRO JAMEL

**METODOLOGIA PARA MODELAMENTO DE USINA FOTOVOLTAICA
COM APLICAÇÃO DE SOFTWARE RETSCREEN.**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia – ITEGAM.

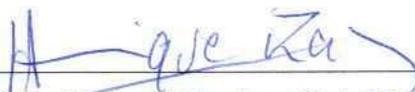
Manaus-AM, 01 de novembro de 2022.



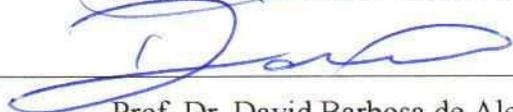
Prof. Dr. Jandecy Cabral Leite

Coordenador do PPG.EGPSA - ITEGAM

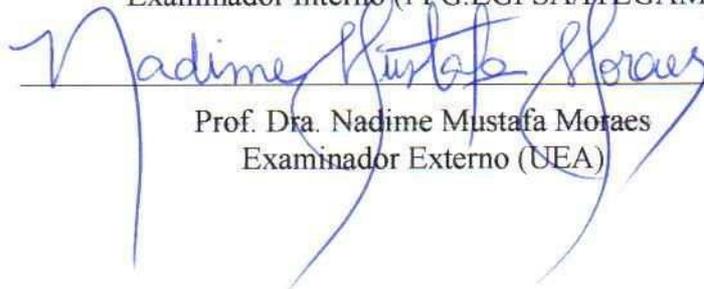
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Manoel Henrique Reis Nascimento
Orientador (PPG.EGPSA/ITEGAM)



Prof. Dr. David Barbosa de Alencar
Examinador Interno (PPG.EGPSA/ITEGAM)



Prof. Dra. Nadime Mustafa Moraes
Examinador Externo (UEA)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Biblioteca do ITEGAM

Jamel, Fábio Castro, 2022 - METODOLOGIA PARA MODELAMENTO DE USINA FOTOVOLTAICA COM APLICAÇÃO DE SOFTWARE RETSCREEN / Fábio Castro Jamel - 2022. 62 f., il: Colorido

Orientador: Dr(a). Manoel Henrique Reis Nascimento

Dissertação: Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia, Programa de Pós Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental (PPG-EGPSA), Manaus - AM, 2022.

1. Energia 2. Fotovoltaico 3. Usinas 4. RETScreen

CDD - 1002.ed.2022.32

AGRADECIMENTOS

Inicialmente meus sentimentos de gratidão são voltados ao Senhor Deus que esteve e ainda está sempre pronto a nos ajudar dando força, sabedoria e vontade de seguir em frente.

Aos meus familiares que fizeram parte desta caminhada e que se tornaram os alicerces que me sustentaram e mantiveram firmes para continuar rumo ao objetivo de conquistar tão merecida titulação.

A minha Esposa Dyanna Kharen Simplício da Silva Jamel que em toda a nossa vida sempre me apoiou, confiou e dedicou sua atenção para que pudéssemos juntos conquistar este momento especial em minha carreira, assim como todos os outros pontos importantes que tivemos o prazer de compartilhar em nossa maravilhosa história.

Ao meu amado Filho Víctor Daniel da Silva Jamel por sempre entender os momentos de isolamento e foco dedicados durante todos os meses ao qual estive empenhado em avançar modulo a modulo para buscar este objetivo. Sempre busquei motivação em olhar para o futuro e poder deixar-lhe o exemplo de quão gratificante é colecionar títulos e saber como usá-los em prol do nosso próximo, ajudando a melhorar o dia a dia de todos a nossa volta.

Aos nossos professores doutores que diretamente foram responsáveis pela nossa conquista e que, pela graça de Deus, sempre tiveram amor pela profissão e comprometimento conosco, além de paciência e perseverança no dia a dia em que estiveram conosco para lecionar e passar tão valiosos conhecimentos.

Ao Professor Dr. Manoel Henrique Reis Nascimento por sempre ter estado a disposição a responder as minhas perguntas fora de hora, com alegria e comprometimento com a causa.

A Instituição ITEGAM na pessoa do Professor Dr. Jandecy Cabral Leite e demais colaboradores que puderam de todas as formas serem benevolentes, atenciosos, compreensivos e uma verdadeira família institucional, em todos os momentos que sucederam tempos tão difíceis que foram estes últimos.

Epígrafe

“O futuro vai mostrar os resultados e julgar
cada um segundo as suas realizações.”

Nikola Tesla

Dedicatória

Dedico este trabalho primeiramente a Deus que nos deu forças para realizar esta conquista, aos meus familiares que sempre me apoiaram nos momentos de luta e alegria.

RESUMO

JAMEL, Fábio Castro. **METODOLOGIA PARA MODELAMENTO DE USINA FOTOVOLTAICA COM APLICAÇÃO DO SOFTWARE RETSCREEN**. 2022. 62 f. Dissertação do programa de pós-graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental (EGPSA), Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Manaus, 2022.

No mundo atual a busca por novas alternativas de geração de energia é crescente e estar distantes dos grandes centros metropolitanos é uma agravante para o desenvolvimento socioeconômico dos municípios. Além da dificuldade e dos altos custos para manter uma cidade em correto funcionamento, a qualidade do serviço prestado pelas concessionárias de energia elétrica possui baixa eficiência e grande consumo de combustíveis fósseis. A fim de contribuir com uma solução, este trabalho tem como objetivo apresentar uma alternativa desenvolvida com a utilização do Software RETScreen, através do dimensionamento de uma usina fotovoltaica, para atender as demandas energéticas dos municípios do estado do Amazonas. Através da pesquisa buscou-se compreender e apresentar as particularidades de cada capítulo proposto e, por meio de simulação computacional, desenvolver uma usina de fonte renovável para abastecimento da demanda do município de São Gabriel da Cachoeira-AM. Pode-se analisar duas possibilidades de aplicação do resultado, onde o atendimento da demanda foi realizado de forma total e parcial e, com isso, obter resultados satisfatórios tais como a redução de 50% do consumo de combustível fóssil, redução de 25% a 50% de emissão de gases poluentes e apresentar o potencial que a geração de energia fotovoltaica tem para a região Amazônica.

Palavras-Chave: Energia; Fotovoltaico; Usinas; RETScreen.

ABSTRACT

JAMEL, Fabio Castro. **METHODOLOGY FOR MODELING A PHOTOVOLTAIC PLANT WITH RETSCREEN SOFTWARE APPLICATION**. 2022. 62 f. Dissertation of the graduate program in Engineering, Process, Systems and Environmental Management (EGPSA), Galileo da Amazônia Institute of Technology and Education (ITEGAM), Manaus, 2022.

In the actually World, searching for new energy Technologies in increasing, and being far from large metropolitan centers is an aggravating factor for the socioeconomic developmet of municipalities. In addition to the difficulty and high costs of keeping a city in proper working order, the quality of servise provided by electric utilities has low efficiency and high consumption of fossil fuels. In order to contribute to a solution, this work aims to presente na alternative developed using the RETScreen Software, through the design of a photovoltaic plants, to meet the energy demands of the municipalities in the state of Amazonas. Through the research, we sought to understand and present the particularities of each proposed chapter and, through computer simulation, to develop a renewable source plant to supply the demand of the municipality of São Gabriel da Cachoeira-AM. Two possibilities of application of the result can be analyzed, where the fulfillment of the demand was carried out in a total and partial way and with this, obtain satisfactory results such as 50% reduction of fossil fuel consumption, reduction of 25% to 50% of emission pollutant gases and present the potential that photovoltaic energy generation has for the Amazon region.

Keywords: Energy; Photovoltaic; Power Plant; RETScreen.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Translado de Poste de Fibra no Município do Careira da Várzea-AM	21
Figura 2.1 – Acompanhamento por Fonte	22
Figura 2.2 – Capacidade Instalada por Estado em Operação (Amazonas)	24
Figura 2.3 – Capacidade Instalada por Estado em Construção (Amazonas)	25
Figura 2.4 – Usina Fotovoltaica Nova Olinda	32
Figura 2.5 – Usina Solar Flutuante – Balbina – AM	33
Figura 3.1 – Mapa de Processo de Aplicação do Modelo	43
Figura 3.2 – Município de São Gabriel da Cachoeira	48
Figura 3.3 – Sistema Interligado Nacional (SIN)	48
Figura 4.1 – Localização da Usina Proposta	51
Figura 4.2 – Dados Climáticos de Radiação Solar Diária	52
Figura 4.3 – Emissão de GEE	54
Figura 4.4 – Receita Acumulada Em 24 Meses De Operação	55
Figura 4.5 – Receita Acumulada Anual – Período de Vida Útil Estimada	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Potencial Anual Médio de Energia Solar	28
Tabela 2.2 – Comparativos de Custos de Sistemas de Ar Condicionados Convencional x VRV	36
Tabela 2.3 – Custo Médio de Geração De Energia.....	38
Tabela 2.4 – Dados Climáticos de São Gabriel da cachoeira – AM gerados pelo Software RESTcreem – julho 2022	40
Tabela 4.1 – PIEs Grupo A & B – Geral	53
Tabela 4.2 – Economia Anual Média Proveniente de Redução de Combustível Fóssil	54

LISTA DE SIGLAS

AAM – Associação Amazonense de Municípios

CPI – Comissão Parlamentar de Inquérito

GEE – Gases do Efeito Estufa

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Anísio Teixeira

LED – *Ligth Emitting Diode* (Diodo Emissor de Luz)

PIES – Produtores Independentes de Energia

PIM – Polo Industrial de Manaus

SIGA – Sistema de Informações de Geração da ANEEL

UF – Usina Fotovoltaica

UHE – Usina Hidrelétrica

UTE – Usina Termoelétrica

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	15
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA DA DISSERTAÇÃO	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 GERAL	18
1.2.2 ESPECÍFICOS	18
1.3 ESCOPO DO TRABALHO	18
CAPÍTULO 2	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 RESUMO HISTÓRICO DA ENERGIA NO AMAZONAS	20
2.2 DIFICULDADES DE INSTALAÇÃO DE ENERGIA NO INTERIOR DO ESTADO DO AMAZONAS	20
2.3 GERAÇÃO DE ENEGIA	21
2.4 MATRIZ ENERGÉTICA DO AMAZONAS	23
2.4.1 QUALIDADE DO SERVIÇO E ATENDIMENTO	25
2.5 POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR E ENERGIA FOTOVOLTAICA	27
2.6 USINAS DE GERAÇÃO	31
2.6.1. USINAS FOTOVOLTAICAS	31
2.7 SOFTWARE RETSCREN	37
CAPÍTULO 3	40
3 MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1 MATERIAIS	40
3.2 MÉTODO	40
3.2.1 QUANTO A NATUREZA	40
3.2.2 QUANTO AOS OBJETIVOS	40
3.2.3 QUANDO AOS PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	40

3.2.4 FASE 1 – ANALISADOR DE ENERGIA VIRTUAL	42
3.2.5 FASE 2 – INDICADOR DE PROJETO INTELIGENTE	43
3.2.6 FASE 3 – AVALIADOR DE RISCOS FINANCEIROS.....	45
3.2.7 FASE 4 – RASTREADOR DE DESEMPENHO	46
3.2.8 MUNICÍPIO DE ESTUDO.....	46
CAPÍTULO 4.....	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
4.1 RESULTADOS DO RETSCREEN.....	49
4.1.1 SITUAÇÃO	49
4.1.2 DADOS CLIMÁTICOS	50
4.1.3 GERAÇÃO DE ENERGIA E CAPACIDADE INSTALADA	51
4.1.4 EMISSÃO DE GASES	52
4.1.5 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E RETORNO DO INVESTIMENTO	53
CAPÍTULO 5.....	56
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
5.1 CONCLUSÃO.....	56
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	57
REFERÊNCIAS	59

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Energia é uma palavra fundamental para o desenvolvimento da humanidade, está presente em todos os seguimentos de uma sociedade. Na indústria, no comércio, nas residências e outras em áreas a mais. Quanto ao emprego em equipamentos elétricos e eletrônicos é indispensável e para a continuidade da vida como é conhecida atualmente não há como desconsiderar a utilização da energia elétrica.

Bastos (2014) aborda um conceito que afirma a respeito das políticas públicas, voltadas para o interesse do povo e avanço do mesmo, ligadas a qualidade de vida dos seus habitantes, onde o autor enfatiza que o acesso à energia é um desafio para as gestões governamentais, mesmo para os países mais desenvolvidos. Energia é qualidade de vida e com o emprego desta é possível a realização de avanços e desenvolvimento de uma nação, povoado e comunidades.

Devido a tão grande importância que a energia tem para o bem estar e comodidade dos seres humanos, nos últimos anos a busca por meios de geração de energia, economia e eficiência de redução do consumo tem ganhado espaço nas pautas de inúmeros eventos sociais, discursões e programas de eficiência energética para que a geração de energia continue sendo realizada com qualidade e garantia de novas fontes limpas.

Camelo et al (2015), corrobora com este entendimento afirmando que a busca por meios e fontes de energia elétrica, que sejam menos poluentes ou limpas referentes a emissão de gases, tem sido cada vez mais pauta nas abordagens em diversos países. E como bem expressado pelo autor, desenvolver fontes de energias limpas e renováveis tem se tornado cada vez mais necessário e desafiador.

Junfeng et al (2006), já há 14 anos atrás expressava seus ideais afirmando que devido a crescente necessidade e dependência da população mundial por recursos energéticos e outras questões, tais como a poluição e impactos ambientais decorrentes de consumo de combustíveis fósseis, mobilizou ainda mais investimentos para geração de energias renováveis.

Poucas fontes conhecidas atualmente são consideradas renováveis, e na grande maioria tais fontes possuem baixo rendimento se comparadas as fontes não renováveis, como por exemplo a geração de energia eólica que se utiliza das correntes de ventos do planeta para geração de energia elétrica.

Esta fonte de energia precisa de uma velocidade média do vento acima de 2,5 m/s para implantação, também está ligada a não existência de rotas migratórias e ainda possui

rendimento típico de apenas 10% em função da energia que entra no sistema para geração de eletricidade. (RODRÍGUEZ, 2020).

As fontes não renováveis, por outro lado apresentam melhores resultados na geração de energia elétrica, porém sempre acompanhadas de algum fator característico que as tornam necessariamente substituíveis por uma fonte renovável. Segundo Malzoni (2010), em 2007 a matriz energética mundial era constituída por 82% de consumo de combustível fóssil e comparando com a realidade brasileira, os recursos renováveis eram representados por 47% da produção de energia renovável.

Atualmente, segundo os dados da ANEEL, a matriz energética brasileira apresenta a geração de energia por meio de hidrelétricas com percentual de 12% e de acordo com o PMO de maio de 2020 a capacidade instalada no país que as hidrelétricas representam é igual a 66,1% do total, porém apesar da eficiência, ao se falar de novos projetos de implantação de usinas hidrelétricas, muitas críticas e polemicas são levantadas por diversos agentes externos aos interesses e um destes são os impactos ambientais e antropológicos que estas causam em derredor de suas áreas de implantação devido as grandes alagações provenientes de seus reservatórios e do represamento da água necessários para a geração de energia.

Responsável por gerar 2.887 MW, a energia solar tem ganhado mais espaço na matriz energética brasileira, com perspectiva de chegar a representar em 2024, 2,4% da geração de energia no país. Ainda com o custo de implantação representativo, a fonte de energia pode ser uma alternativa, se bem explorada e havendo maiores recursos empregados, para geração de energia limpa e totalmente renovável.

Segundo Mathyas (2018) esta fonte de energia é o tipo de geração mais limpa e ideal para o Brasil. O mesmo afirma que a energia fotovoltaica alinhada a um sistema de gestão, por exemplo o programa de eletrificação rural, trabalhando em conjunto com o uso produtivo de energia fortalece as comunidades mais carentes e contribui para a preservação do meio ambiente.

Mathyas (2018), também conclui que a exploração da energia solar é ideal para expansão no Brasil devido a intensidade da luminosidade e de calor que são constantes durante todo o ano, tanto em áreas urbanas como em áreas rurais.

Corroborando com a proposta, a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Abosolar) explica, através do presidente da mesma, Rodrigo Sauaia, que a tecnologia fotovoltaica tornou-se mais confiável para investimentos após aprovação de resolução normativa da Aneel, que em 2012 aprovou a micro e minigeração distribuída e o sistema de compensação de energia elétrica.

Rodrigo afirma ainda que havendo incentivo do governo federal há a possibilidade de em 2030 a energia alternativa possa ser responsável por 10% da geração de energia elétrica da matriz energética brasileira. Em 2017 o Brasil ocupou a 10ª posição no ranking mundial dos países geradores de energia fotovoltaica e há a possibilidade de este indicador ser melhor.

O potencial solar, de acordo com Absolar (2018), é superior a todos os recursos atualmente conhecidos, onde sem existir a necessidade de construção de novas usinas e apenas considerando os telhados das casas existentes hoje no país, seria possível gerar aproximadamente 164 GW em potência instalada.

No Amazonas o PPE – Programa de Eficiência Energética é o resultado de investimentos da concessionária local para aplicação de sua receita líquida. Tal programa consiste em direcionar 0,4% da renda operacional líquida da empresa para desenvolvimento de energia limpa. Um desses projetos, iniciado em 2020 é denominado AMESOLAR que contemplaria 1000 consumidores residenciais, clientes da Amazonas Energia S.A., com substituição de 5000 unidades de lâmpadas LED e 1000 sistemas fotovoltaicos residenciais subsidiando 50% do custo dos equipamentos para essas instalações.

Com mais atenção voltada para a ampliação e implementação da energia proveniente de fonte solar o país poderá aproveitar melhor este recurso infinito e gratuito que é totalmente seguro e sustentável. Este tema ainda irá ser muito explorado com o passar dos anos.

Sendo assim, este trabalho destina-se a apresentar a energia fotovoltaica como alternativa para as áreas rurais do estado do Amazonas, onde a construção de linhas de transmissão torna-se inviável devido a necessidade da preservação da fauna e flora local, assim como também, aos diversos tipos de terrenos, alagados, áreas de várzea entre outros obstáculos que tornam onerosos os investimentos e a execução das obras para interligação ao SIN.

Através de simulação computacional, utilizando o software Retscreen Expert é possível determinar com clareza e baixo custo os fatores relevantes para a construção de pequenas e locais usinas fotovoltaicas, para assim gerar energia limpa e garantir as comunidades mais afastadas o direito e igualdade quanto ao uso de energia elétrica.

1.1 JUSTIFICATIVA DA DISSERTAÇÃO

A abordagem do referido tema é fundamental na atualidade para o desenvolvimento de qualquer região, o consumo de energia elétrica é um indicador do desenvolvimento econômico e da qualidade de vida de qualquer localidade, além de ser o foco de diversas frentes de pesquisas e engajamento do trabalho científico nas instituições de ensino no Brasil e no mundo.

Nossa Região Amazônica tem sido, inúmeras vezes, o centro de diversos debates relacionados com preservação do meio ambiente vinculado com a geração e cogeração de energia, estes temas têm grande relevância no cenário energético atual.

Chamar a atenção para o desenvolvimento dessa oportunidade de utilização dos recursos naturais renováveis possibilitará futuros acadêmicos, estatais e organizações adquirir o conhecimento para que as barreiras sejam superadas e com isso novas tecnologias possam ser motivadas a surgirem com a finalidade de obter-se uma real eficiência energética, limpa e sustentável para o Amazonas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Especificar um modelo alternativo de geração de energia elétrica com auxílio de software do RETScreen para atendimento as demandas energéticas dos municípios geograficamente isolados da principal rede de distribuição no estado do Amazonas.

1.2.2 Específicos

- Compreender os problemas e demandas gerados para abastecimento dos municípios mais isolados da região amazônica;
- Desenvolver solução alternativa, por meio de modelamento computacional, para corroboração na geração de energia elétrica de forma parcial ou total com aplicação do RETScreen;
- Realizar um estudo da viabilidade técnica e financeira do modelo alternativo de geração de energia proposto.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

Para desenvolvimento e atendimento a proposta ao qual está dissertação fora elaborada, dividiu-se a mesma de acordo com os capítulos abaixo apresentados:

O **Capítulo I** foi responsável por introduzir o leitor ao tema por meio da apresentação do problema, dos objetivos de forma geral e específicos, evidenciando a relevância do estudo proposto e a delimitação da linha de pesquisa aplicada. Com este capítulo espera-se que o leitor desperte o interesse pelo tema assim como possibilite a boa compreensão dos capítulos que estarão disponíveis na sequência da dissertação.

O **Capítulo II** apresenta uma revisão de literatura focada no tema principal e dispendo de conteúdo bibliográfico para conceituar as características que fundamentam e detalham cada afirmativa na dissertação, mantendo assim os argumentos fundamentados em periódicos de acesso a consulta pública. Conta-se com uma abordagem do histórico relacionado a geração de

energia no estado do Amazonas, assim como parte da evolução e matriz energética local. Discorre a respeito das fontes de energia renováveis potenciais para a região amazônica e municípios do interior do estado, assim como trata de apresentar a ferramenta utilizada para desenvolvimento do estudo de viabilidade da geração de energia fotovoltaica, o Software RETScreen.

O **Capítulo III** corresponde a apresentação dos materiais e métodos utilizados para desenvolvimento da proposta e objetivos da dissertação, compondo cada etapa para obtenção dos resultados e conclusões. Este descreve de forma breve as etapas de aplicação dos dados obtidos no capítulo II para compreensão do leito e replicação do experimento no RETScreen.

No **Capítulo IV** são deliberados os resultados obtidos no decorrer do desenvolvimento do trabalho, bem como os apontamentos analíticos e críticos que poderão contribuir para a continuidade do assunto em linhas de pesquisas futuras por interessados no tema proposto.

O **Capítulo V** finaliza a dissertação com a apresentação das conclusões e sugestões de temas e problemas para linhas de pesquisas futuras.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESUMO HISTÓRICO DA ENERGIA NO AMAZONAS

Os primeiros registros de utilização de eletricidade ocorrem por volta de 1880, onde já existem relatos históricos de emprego da mesma na iluminação pública, porém os primeiros registros formalizados foram contratos para gestão da iluminação pública à eletricidade que ocorreu em 15 de maio de 1895 e foi confiado a empresa General Electric que posteriormente retransmitiu a responsabilidade a empresa americana Manaós Electric Lighting Company. Por fim as obras foram concluídas e inauguradas em 22 de outubro de 1896 com apenas 6 ruas da capital do estado sendo iluminadas.

Nascimento (2017) destaca que inicialmente as primeiras usinas eram localizadas na avenida sete de setembro e o trabalho realizado era destinado a iluminação pública e repartições públicas vindo a energia elétrica a ser comercializada com contratações particulares somente em 1898.

Localizadas no bairro Aparecida, as usinas termoelétricas eram movidas por motor de Ciclo Stirling e a fonte do mesmo era a queima de lenha. Este tipo de motor gerava corrente contínua e alimentava de forma restrita as necessidades locais.

Atualmente no Amazonas a alimentação energética é resultado da interligação ao SIN – Sistema Interligado Nacional, que em 2013 ocorreu à interligação da Cidade de Manaus ao linhão da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. O governo brasileiro iniciou a interligação elétrica a fim de melhorar o aproveitamento energético que iniciou nas regiões sudeste, centro-oeste e nordeste do país. (MERCEDES *et al*, 2015).

Porém por muito tempo o Amazonas possuiu como fonte de geração de energia elétrica as termoelétricas com a queima de etanol da mandioca e o gás natural de Coari, o que fez com que a energia elétrica como a base estrutural da comunidade não fosse uma realidade para o interior da Amazônia Ocidental, dificultando a integração regional. (BARBOSA, 2010).

2.2 DIFICULDADES DE INSTALAÇÃO DE ENERGIA NO INTERIOR DO ESTADO DO AMAZONAS

Com maior fatia da matriz energética nacional e totalmente predominante na região norte do país, as hidrelétricas estão presentes em diversas partes da Amazônia. Fearnside (2019)

destaca o fato das instalações de usinas hidrelétricas representarem inúmeros problemas que afetam as localidades com impactos sociais e ambientais, havendo a necessidade de realização de estudos de impacto ambiental para verificação dos mesmos.

Ainda em seus argumentos, Fearnside (2019) enfoca que as fiscalizações e recomendações realizadas pelo IBAMA têm sido ignoradas para aprovação de diversas barragens em projeto ou planejamento. Isto torna-se uma agravante para o desenvolvimento de forma segura e ecologicamente correta.

Outro fator que torna muito dificultosa a realização de transmissão de energia para áreas mais remotas e isoladas é a logística da região amazônica, assim como apresenta na Figura 1.1. Saliba *et al* (2014) define a Amazônia como patrimônio ambiental e destaca a importância que esta possui para o mundo. Os autores afirmam em seu artigo que todo e qualquer projeto físico na região amazônica torna-se desafiador e exige o máximo de cuidado e tecnologia para reduzir as interferências no ecossistema.

Figura 1.1 – Translado de Poste de Fibra no Município do Careira da Várzea-AM



Fonte: ELETROBRAS (2018)

A logística para realização de transporte de materiais, mão de obra e recursos, assim como a instalação de canteiros de obras é totalmente delicada, muitas das vezes sendo possível somente por meio fluvial através dos rios e afluentes. A natureza não é exata, todo planejamento logístico sofre adaptações para a realização da obra. (SALIBA *et al*, 2014).

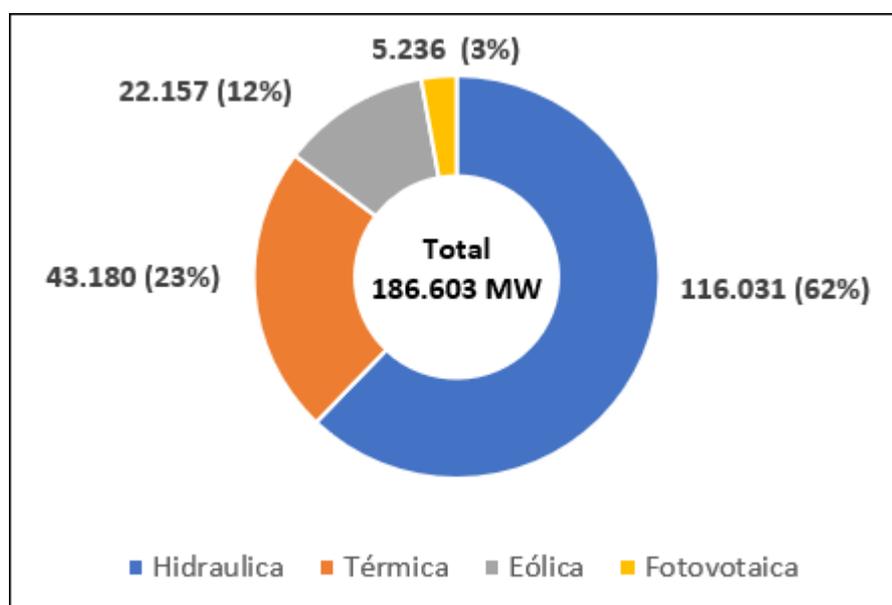
2.3 GERAÇÃO DE ENERGIA

O consumo de energia elétrica é um dos fatores que representam o nível de qualidade de vida e a evolução do desenvolvimento econômico de uma sociedade. Stuchi (2015) aborda a

foto de que a geração de energia é um processo produtivo que utiliza de uma fonte primária de energia.

Atualmente a capacidade instalada no Brasil é igual a 186.603,00 MW gerados a partir de 2.367 usinas que utilizam as mais variadas fontes de energia primária. (CCEE, 2022). Como principal fonte de geração de energia elétrica, estão listados em ordem de importância, os recursos hidráulicos, térmicos, eólicos e solar. A Figura 2.1 apresenta os percentuais atualizados nas principais fontes de geração exploradas no país.

Figura 2.1 – Acompanhamento por Fonte



Fonte: ADAPTADO DE CCEE (2022)

Predominantemente, com 62% do total de geração de energia sendo obtido dos recursos hídricos, as Hidrelétricas são as usinas com maior impacto na produção nacional e seu crescimento ao longo dos últimos quatro anos tem sido linear de acordo com o planejamento da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL

Araújo (2022) aborda que na 19ª edição do Encontro Nacional de Agentes do Setor Elétrico – ENASE, realizada em 8 de junho de 2022, a diretora geral substituta da ANEEL, Camila Bomfim, afirmou que a “modernização é o caminhão para que o setor elétrico continue crescendo, adaptado às novas tecnologias...”. Essas novas tecnologias, que utilizam os recursos renováveis de forma menos depreciativa ao meio ambiente, também foram pauta do encontro com promessa para inclusão de regulamentação de regras aplicadas ao setor.

O desenvolvimento de novas tecnologias e meios de geração de forma limpa é a realidade atual e não há possibilidade de um pesquisador desviar seus esforços para outra direção. Ainda

considerando os dados do CCEE, pode-se compreender que 3% do total da capacidade instalada é proveniente de sistemas de geração fotovoltaicos e cada vez mais essa nova e inexplorada fonte de energia irá tomar parte da fatia de percentual das fontes hídricas.

Stuchi (2015) destaca que a energia elétrica proveniente de fontes hídricas correspondia a 74% do total produzido no mesmo ano. Comparando esses dados com os dados do CCEE, pode-se entender que após 7 anos, mesmo com o crescimento da demanda de utilização da fonte hídrica, o valor de contribuição máximo de 62% da geração total corroborando com os objetivos em comum da atualidade.

Em maio deste ano a ANEEL divulgou que foram acrescidos 601,5 MW na potência instalada da matriz energética nacional por meio da maior expansão registrada de geração em 2022. De janeiro até maio, 2.162 MW foram adicionados ao sistema onde 144 MW, correspondentes a 45% do total adicionado, são resultados da implantação de usinas eólicas e 40,7 MW de usinas fotovoltaicas. (ANEEL, 2022).

2.4 MATRIZ ENERGÉTICA DO AMAZONAS

Atualmente o Estado do Amazonas possui ligação com Sistema Interligado Nacional (SIN) que distribui energia elétrica por grande parte do Brasil suprimindo as demandas energéticas. Em 2013, a capital do estado passou a fazer parte do SIN por meio do linha denominado como Tucuruí-Manaus-Macapá permitindo assim que possibilidades alternativas para a região amazônicas fossem tangíveis. (NASCIMENTO, 2017).

Outrora o estado submetia suas demandas energéticas à exploração de fontes hídricas e térmicas por meio, principalmente, da queima de óleo diesel nas termoelétricas espalhadas pelos municípios adentro a Amazonia. No início da era da borracha e após a implantação da Zona Franca de Manaus o consumo desordenado de energia gerou a necessidade de elaborar uma solução para atendimento dos imigrantes que buscavam uma vida melhor.

Nascimento (2017) aborda que para suprir as necessidades da cidade de Manaus e do PIM, que estava ocasionando o aumento populacional na região, foi construída e inaugurada em 1980 a Hidrelétrica de Balbina, situada no município de Presidente Figueiredo, com capacidade de 250 MW de potência. Porém tal obra de engenharia foi muito questionada devido sua entrega ser realizada em troca de um elevado custo de construção e grande impacto ambiental causado nas comunidades adjacentes a UHE.

Figueiredo (2022) destaca a matriz energética do estado do Amazonas como sustentada basicamente por um sistema de geração de energia elétrica quase que exclusivamente no

emprego de derivados de petróleo e óleo diesel. Este afirma ainda que tal demanda representa cerca de 70% da geração.

Em atendimento a cidade de Manaus, Figueiredo (2022) lista as usinas termoelétricas componentes do parque térmico da Manaus Energia S.A., subsidiária da Eletronorte, com suas respectivas capacidades de geração, sendo estas UTE Aparecida (120 MW), UTE Mauá (136 MW) e Eletron (120 MW), assim como também a UHE de Balbina supracitada.

De acordo com os dados atualizados do Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA) acessados em 23 de junho de 2022, representado na Figura 2.2, o estado do Amazonas possui três fontes de geração de energia elétrica para atendimento da demanda, com um total de 314 empreendimentos em operação cujas as fontes de energia são a biomassa, fóssil, hídrica e solar.

Figura 2.2 – Capacidade Instalada por Estado em Operação (Amazonas)

Número de Empreendimentos					Potência Outorgada Total (kW)				
314					2.446.245,38				
Fonte	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Qtde	% (Pot. Fiscalizada)	UF	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Quantidade	%
UFV	651,48	651,48	93	0,03%	AM	2.446.245,38	2.374.801,38	314	100,00%
UHE	274.710,00	274.710,00	2	11,57%					
UTE	2.170.883,90	2.099.439,90	219	88,40%					

Fonte: ANEEL (2022)

A utilização de fontes térmicas para geração de energia elétrica é responsável por 88,40% do abastecimento no estado. A seleção dos tipos de usinas e origem do combustível são disponibilizadas no SIGA para consulta ao público, sendo assim, é possível acessar os dados e identificar que dos 241 empreendimentos, do total 343 descritos na Figura 2.2, são movidos por combustível fóssil gerando uma potência de 2082,41 MW correspondente a 81,14% da energia que atende as necessidades da capital e do interior. Indo na contramão, também é evidenciado, através do exposto que a utilização de recursos renováveis e totalmente limpos não ultrapassam 0,03% da capacidade de geração de energia elétrica.

O SIGA também disponibiliza as capacidades planejadas para implantação e que estão em processo de construção. Abaixo está a Figura 2.3 que apresenta as futuras usinas que participarão da missão de abastecer o Amazonas

Figura 2.3 – Capacidade Instalada por Estado em Construção (Amazonas)

Número de Empreendimentos					Potência Outorgada Total (kW)				
17					78.868,50				
Fonte	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Qtde	% (Pot. Fiscalizada)	UF	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Quantidade	%
UTE	78.868,50	0,00	17		AM	78.868,50	0,00	17	

Fonte: ANEEL (2022)

De acordo com os dados informados, 17 novos empreendimentos, já em fase de construção, sendo todos este UTE que acrescerão aproximadamente 78,87 MW a disposição da sociedade amazonense. Há também no planejamento já publicado dados de mais 12 UTE em condição de construção não iniciada.

2.4.1. Qualidade do Serviço e Atendimento

Abordar o tema qualidade de serviço e a satisfação do cliente em qualquer frente de pesquisa é um desafio minucioso que esbarra nas particularidades de cada indivíduo em particular, cada nível de vontades, desejos e ponto de vista próprios que permitem a diversidade de opiniões e movem uma sociedade e definem a identidade de sua população.

A ABNT NBR ISO 9000 (2008) define qualidade como “a totalidade das características de um produto ou serviço que suportam suas habilidades de satisfazer uma necessidade estabelecida ou implícita”. Portanto a qualidade, mediante definição técnica da ISO, é o cumprimento da tarefa e atendimento da necessidade para a qual um produto ou serviço fora criado.

Corroborando com esta afirmação Deming (1990) defende que a qualidade depende da avaliação do observador, por exemplo, para um consumidor de condicionador de ar haverá qualidade no produto se este quando posto em funcionamento desempenhar as funções que atendam a necessidade de refrigeração do ambiente do cliente.

Simplificando, JURAN (1991) conclui que apesar de muitas definições para a palavra qualidade, esta pode ser compreendida como a ausência de falhas, ou seja, adequação ao uso, pois se determinado bem ou serviço está adequado para atender a necessidade para a qual foi criado significa que não há falhas devido ao seu correto funcionamento.

Sendo assim, para atendermos tais exigências impostas naturalmente, são pesquisadas e desenvolvidas técnicas, método e tecnologias que dão suporte para a redução de falhas e também possibilitam a detecção destas atentando para o atendimento ao conceito de qualidade. Aplicando esses conceitos a qualidade de energia ou abastecimento de energia elétrica pode-se

entender que o consumidor espera, assim que necessitar, utilizar um aparelho eletroeletrônico disponível que permitirá satisfazer sua necessidade devido haver uma fonte de energia contínua em sua residência, comércio, indústria, etc.

Assim como já abordado anteriormente existem situações que dificultam a prestação de um serviço de qualidade nos municípios mais longínquos do Estado do Amazonas e consequentemente o foco desse atendimento é comumente afetado.

Em 15 de outubro de 2021 o Tribunal de Justiça do Estado do Amazonas publicou um artigo com o título que informa a condenação da concessionária de energia a indenizar os consumidores do município de Manacapuru por terem sido submetidos a períodos de racionamento. Stachon (2021) destacou que a sentença foi determinada em uma Ação Civil Coletiva apresentada pelo MPE/AM contra a empresa Amazonas Energia.

Uma CPI presidida na Assembleia Legislativa do Amazonas foi instaurada para compreender os motivos pelos quais 69% dos municípios do estado declararam-se em 2021, insatisfeitos com os serviços ofertados pela empresa Amazonas Energia. Jessica Trajano destaca os problemas apresentados pela CPI pelo diretor-presidente da Associação Amazonense de Municípios (AAM), Jair Souto, ouvido na condição de convidado.

Trajano (2021) discorre que os problemas na prestação de serviços da empresa concessionária variaram entre apagões, racionamento de energia, atendimento ruim e preços abusivos. De acordo com as declarações de Jair Souto 69,4% na zona rural e 56,4% das zonas urbanizadas declaram insatisfação com o serviço prestado.

Jessica Trajano destaca ainda que os resultados de pesquisa de satisfação do consumidor, apresentados a CPI em relatório técnico, possuem opiniões populares que concordam em 75,5% dos entrevistados que os apagões são corriqueiros, e ainda que 52,4% entendem que não existem a realização de manutenção ou ampliação da rede elétrica.

Em 2 de agosto de 2017 o Ministério Público do Estado do Amazonas, por meio da 1ª Promotoria de Justiça de Tabatinga expediu uma Recomendação a empresa Amazonas Energia para impedir o racionamento de energia no município. A recomendação se deu devido à época de estiagem dos rios e com a medida buscou-se garantir o fornecimento regular de energia em respeito a determinação constitucional que defende a prestação de serviço público eficiente e sem interrupção essencial para o funcionamento da cidade.

Como pode-se compreender mediante os casos abordados as comunidades e municípios mais isolados tendem a uma rotina que as cidades grandes desconhecem em seu dia a dia e com

isso pode-se estender o entendimento ao que diz respeito ao desenvolvimento de uma cidade está diretamente ligado a tecnologia energética que o mantem em perfeita operação.

2.5 POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR E ENERGIA FOTOVOLTAICA

A fonte de energia mais antiga do nosso planeta é o nosso Sol e este tem sido fonte de luz e calor para todos os seres vivos que já passaram por este planeta. Tal fonte de energia é capaz de proporcionar a vida se observada por um ângulo natural, como por exemplo a realização da fotossíntese que as plantas utilizam para sobrevivência.

Nascimento (2017) apud ANEEL (2005) explica que a energia solar pode ser utilizada de forma direta como iluminação e fonte de aquecimento. Este destaca a importância que tal fonte possui quando discorre na diversidade de aplicações que podem beneficiar o usuário da energia solar.

Em suas palavras pode-se entender a flexibilidade do uso da fonte em transformação de fonte de calor para aquecimento de fluidos e ambientes ou também como potencial elétrico e mecânico.

Nascimento (2017) afirma que o emprego da iluminação natural e do calor pode contribuir para realizar o aquecimento de ambientes internos de edificações por meio da penetração ou da absorção da radiação solar, com isso, técnicas de aproveitamento auxiliam a arquitetura atual e a construção civil.

Outra aplicação da energia que a luz solar é explorada está ligada ao aquecimento de fluidos por meio da concentração da luz via concentradores solares com fins comerciais e residenciais. Estes concentradores possuem superfície espelhada que convergem a luz para um ponto central produzindo elevadas temperaturas que tem como utilização o aquecimento de água, secagem de grãos e até geração de vapores. (BANDEIRA, 2012).

O vapor produzido por concentradores pode gerar energia mecânica com o auxílio de uma turbina a vapor, e, posteriormente, eletricidade, por meio de um gerador, com funcionamento semelhante ao de uma termoelétrica a vapor convencional. (NASCIMENTO, 2017).

Os conhecimentos e tecnologias são limitados e são barrados em função do alto custo de desenvolvimento de equipamentos e instalação tornando o emprego dessa valiosa fonte de energia ainda escasso e pouco atrativo. O financiamento de componentes e da infraestrutura de geração também são onerosos, porém a fonte de energia é ideal para comunidades mais isoladas com pequenas quantidades de habitantes. (FAPEAM; 2020).

Entretanto, como um recurso renovável e infinito, o sol através de sua luz que na verdade são os fótons pode proporcionar grande quantidade de energia em grande parte da superfície do planeta. Em especial o Brasil é o país que recebe maior irradiação do sol em todo mundo. Estando localizadas as proximidades da linha do equador e por ter pouca variação das estações do ano o país recebe mais de 3 mil horas de luz solar que corresponde ao ranger diário de 4.500 a 6.300 Wh/m². (BOREAL SOLAR, 2016). A incidência solar nas regiões brasileiras está representada na Tabela 2.1 a seguir.

Tabela 2.1 – Potencial Anual Médio de Energia Solar

Potencial anual médio de energia solar	
Região	Radiação Global Média (em kWh/m²)
Nordeste	5,9
Centro-Oeste	5,7
Sudeste	5,6
Norte	5,5
Sul	5

Fonte: ADAPTADO DE BOREAL SOLAR (2016)

Tais condições, como por exemplo, nenhuma região brasileira possuir potencial abaixo de 5 kWh/m², ganham mais consideração à medida que a comunidade científica e investidores avançam na geração de informação, dados e tecnologia. As repartições governamentais e as autarquias responsáveis pelo estudo do potencial solar no Brasil apresentam resultados unânimes que corroboram para um futuro promissor da exploração da fonte no país.

De acordo com Enio Pereira, físico coordenador de estudos do Atlas Brasileiro de Energia Solar, gerenciado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, “o potencial para geração de energia solar no Brasil é gigantesco”.

Nascimento (2017) corrobora com essa afirmativa afirmando que o Brasil possui um potencial de geração de energia solar expressivo, podendo contar com elevados níveis de irradiação solar, sendo este muito superiores aos índices de outros países onde projetos para utilizar a energia solar são disseminados com amplitude, assim como a Alemanha, a França e a Espanha.

Atualmente a energia solar no país é empregada exclusivamente para pequenos sistemas isolados, na grande maioria em localizações distantes das redes de energia, implantadas pela iniciativa privada.

Usinas experimentais foram sendo alvos de investimentos após a ANEEL lançar o programa estratégico de Arranjos Técnicos e Comerciais para Isenção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira, onde foi realizada concessão de geração de energia empresas do ramo.

Como exemplo temos o projeto ANEEL PE-0394-1113/2011 que faz parte dos interesses nacionais mediante temas propostos pela autarquia para insinuar o desenvolvimento de novas tecnologias para o setor energético brasileiro. A ANEEL por meio de uma lista de modalidades oferta temas para chamadas estratégicas que visam ao P&D e proporcionam que sejam apresentadas propostas para melhoria e inovação com objetivo de introduzir novas oportunidades que beneficiem a sociedade.

A empresa Transmissora Aliança de Energia Elétrica S.A. – TAESA, pertencente a um dos maiores grupos privados de fornecimento de serviços dedicados a construção, operação e manutenção de ativos de transmissão de energia elétrica, declara em seu site detalhes do Projeto 0034 voltado para a construção de uma Usina Solar Fotovoltaica de 3 MW vinculada ao projeto da ANEEL para desenvolvimento de novas fonte de energia renováveis.

Outra frente que necessita de desenvolvimento, recursos e atenção é o método de aproveitamento da energia solar para transformação em energia elétrica. De acordo com o Dantas (2018) existem duas formas de gerar energia elétrica a partir dos raios solares, são estas a forma hipotérmica e a fotovoltaica.

Como foco tem-se interesse em abordar a respeito do sistema fotovoltaico que por sua vez depende de células solares que consiste em utilizar materiais semicondutores para realizar um efeito físico-químico formando tensão elétrica ou corrente a serem expostos a luz solar.

Dantas (2018) apud Diamandis (2014) discorre que os avanços tecnológicos atuais na área de semicondutores e o aumento produtivo de células solares contribuem para a redução dos preços de sistemas fotovoltaicos. Como exemplo Dantas aborda que em menos de quarenta anos o valor de produção do watt de energia produzido caiu de U\$\$ 79,67 para U\$\$ 0,6.

Este ainda descreve que a diminuição dos preços é um dos principais fatores que impulsionam o avante crescimento do mercado de geração de energia fotovoltaica e destaca que a produção mundial em 2015 alcançou a marca de 230 GW.

Outro possível fator que age na contramão do desenvolvimento energético proveniente de fonte solar é o fato de a matriz energética brasileira ser praticamente baseada em energia gerada de fontes hidráulicas.

Nascimento (2017), reconhece que o Brasil necessita de avanços na exploração da fonte renovável solar e afirma que diferentemente dos grandes produtores de energia fotovoltaica, que possuem na base de sua geração uma matriz dependente de combustíveis fósseis, a matriz energética brasileira tem, possivelmente, diminuído o apoio a políticas de incentivos a fonte solar devido nossa matriz ser suportada pelas hidrelétricas.

O fato é que será necessário que tal fonte de energia seja melhor expandida pois esta contribui de várias maneiras proporcionando diversos benefícios, tanto do ponto de vista elétrico como socioeconômico e claramente ambiental (ABSOLAR, 2016).

Ao observa-se a questão elétrica melhora em muito a redução de problemas oriundos dos meios convencionais atuais e do ponto de vista socioeconômico e ambiental pode-se compreender que o uso dessa fonte energética influencia diretamente no tempo de emprego das usinas hidrelétricas, economizando os níveis de água dos reservatórios e reduzindo o tempo de operação das termoelétrica que são acionadas para suprir falta de atendimento que UHE proporcionam quando tem seus reservatórios com níveis baixos. (DANTAS, 2018).

Corroborando com Dantas, Nascimento (2017) aborda outro fator que é pauta mundial e que uma vez sendo parte da matriz energética, a geração fotovoltaica reduz a emissão de poluentes e consequentemente a redução de gases do efeito estufa, bem como contribui com a geração de novos empregos locais e com mobilização econômica da região ao qual está inserida.

Pode-se considerar ainda que o Brasil possui uma das maiores reservas de Silício do mundo, material essencial para produção das células responsáveis por gerar energia elétrica quando exposto aos fótons, o que proporciona ainda mais a valorização da fonte energética solar no país e certamente contribuiria para o desenvolvimento de mais empregos e renda.

Dantas (2018) explica que os sistemas fotovoltaicos podem suprir as demandas que ocorrem durante o dia, suavizando as variações e ressaltas que as possibilidades são inúmeras para esta linha de produção de energia.

Constata-se, mesmo que o Brasil seja promissor e possa se tornar uma grande potência mundial na geração de energia limpa e de fonte renovável, ainda há muito o que ser feito para que esta fonte possa superar as predominantes atuais no país.

2.6 USINAS DE GERAÇÃO

Com desempenho que vai além de gerar energia elétrica, as usinas geradoras também possuem o papel fundamental de proporcionar o desenvolvimento socioeconômico de uma determinada região.

Com a capacidade de aproveitar determinado tipo de energia e transformar esta mesma em energia elétrica, os diversos tipos de usinas estão presentes em todo país, estas podem utilizar diversos meios de fontes para atendimento de uma demanda.

No Brasil a distribuição da energia elétrica gerada ocorre por meio do SIM e interligado aos, popularmente conhecidos como, linhões, estão usinas hidrelétricas, eólicas, termoelétricas a vapor, termoelétricas à óleos Diesel, nuclear, biomassa e Solar.

2.6.1. Usinas Fotovoltaicas.

As usinas solares ou complexos solares, também denominados parque solares, são grandes centrais geradores de energia elétrica que se utilizam de placas fotovoltaicas ou outras tecnologias para direta ou indiretamente converter a energia química dos fótons em eletricidade. (PORTAL SOLAR, 2022).

Existem dois tipos de usinas solares sendo estas as Usinas Fotovoltaicas e as Usinas Termosolares que diferem uma da outra devido a tecnologia aplicada para transformação da luz no produto final desejado.

Nos últimos anos no Brasil foram realizados grandes projetos civis para atendimento a demanda energética por meio de usinas solares. Em 2018 o Estado do Piauí, através da SEMAR, Secretária de Meio Ambiente do Piauí, se destacou após concluir a maior usina fotovoltaica da América Latina. (CIDADE SUSTENTÁVEL, 2018).

A usina fotovoltaica de Nova Olinda em Ribeira do Piauí, representada na Figura 2.4, localizada a 377 quilômetros de Teresina, pode gerar 290 MW utilizando uma área de 690 hectares, aproximadamente 7 Km², para abastecimento de 300 mil habitações e com redução média de 350 mil toneladas de CO₂ para a atmosfera. O investimento para conclusão da obra e garantia de contribuição para atendimento a demanda local foi estimado na ordem de US\$ 300 Milhões.

Figura 2.4 – Usina Fotovoltaica Nova Olinda



Fonte: CIDADE SUSTENTÁVEL (2018)

Outra aplicação das usinas fotovoltaicas teve grande repercussão nacional em 2016 quando a empresa Eletrobrás divulgou a implantação da primeira usina flutuante do mundo. Com objetivo de realizar uma geração híbrida junto a UHE de Balbina, localizada no município de Presidente Figueiredo no Estado do Amazonas, o projeto previa a conclusão em 2017. (RYLO, 2016).

O Ministério de Minas e Energia iniciou um projeto piloto com instalação de 16 painéis fotovoltaicos sobre o lago do reservatório da UHE, apresentados na Figura 2.5. Este tipo de aplicação é comum nos países que exploram a fonte solar, porém realizar a implantação na área do reservatório será realizada pela primeira vez em todo o mundo.

Com investimento de R\$ 55 milhões, o planejamento previa a implantação de 20 mil placas solares ao final da obra para produção 5 MW que deveria fornecer energia elétrica para 9,5 mil famílias. De acordo com Ryle (2016), o custo de geração de energia solar em usina flutuante fica próximo de R\$ 6,5 milhões por megawatts instalados o equivalente ao custo de uma usina fotovoltaica implantada em terra.

Esta proposta tornar-se viável pois a construção das usinas fotovoltaicas flutuantes possibilita a interligação da energia produzida as linhas de transmissão já instaladas de atendimento às hidrelétricas. Esta possibilidade tem um considerável impacto nos custos de implementação da usina de forma favorável a aplicação. O reaproveitamento de uma rede sólida como as utilizadas nas UHE traz uma confiabilidade, segurança e garantia de que o sistema já implantado suportará a inclusão da nova carga sem ocorrência de problemas futuros oriundos de uma nova estrutura de engenharia civil.

Figura 2.5 – Usina Solar Flutuante – Balbina - AM



Fonte: RYLE (2016)

De acordo com o Portal Solar, existem em operação no Brasil o total de 4.357 usinas fotovoltaicas gerando uma potência estimada em 3,84 GW, sendo que, estão previstos o desenvolvimento de mais 24,8 GW distribuídos entre 81 unidades em fase de construção (3,1 GW) e outros projetos não iniciados (21,7 GW).

2.6.1.1. Vantagens de uma usina fotovoltaica

A vantagem mais significativa relacionada a implantação de uma usina fotovoltaica é a produção de energia limpa e sustentável, porém outras podem representar a diferença que deverá ser potencial para a determinação e escolha pelo tipo de sistema.

Indo na contramão do princípio funcional das termoelétricas movidas a óleo, as usinas solares não emitem gases e nem partículas sólidas que misturadas a atmosfera proporcionam o aumento dos efeitos do fenômeno estufa. O setor de energia foi, em 2016, responsável pela emissão de 423,5 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e), valor este que representou 19% do total de CO₂ emitido no Brasil durante o ano inteiro. (ALVES, 2019)

Com a transformação da energia potencial química dos raios solares em energia elétrica o sistema das usinas fotovoltaicas é 100% limpo e considerado infinito tendo em vista que o sol é a fonte de vida do planeta e devido a ele e sua luz existe a vida como hoje é conhecida. Silva (2016) apud Pinho et al (2014), corrobora afirmando que a energia solar é fonte ampla e maior meio de fonte energética do planeta Terra, sendo responsável pelos ciclos das águas, indução a circulação das massas de ar e desenvolvimento da matéria orgânica.

Em função do meio ambiente as usinas solares possuem menor impacto quando comparadas com as hidrelétricas e os parques eólicos, tendo em vista que sua volumétrica e

área de implementação é menor que os outros métodos de geração, além de não comprometer as condições hidrográficas regionais, não afeta nas mesmas proporções a fauna e flora.

Santana (2022) aborda o que as Pequenas Centrais Hidrelétricas consideradas de menor impacto ambiental quando comparadas as grandes centrais, possuem um indicador de maior impacto por megawatts e destaca ainda que as barragens geram efeitos negativos para as áreas ambientais, sociais e econômicas.

Ao considerar a área de locação de implantação de um sistema fotovoltaica em relação a área de alagação de uma hidrelétrica ou a altura da mesma em relação as torres das turbinas de geração eólica, é notável que tanto em área que afetaria a fauna, a flora, comunidades adjacentes, como na altura que é fator preocupante em relação as rotas migratórias, vê-se que para ambientes com tais condições, uma usina fotovoltaica supre a demanda causando menores impactos ao meio.

Fearnside (2015) corrobora com os dados obtidos da UHE de Balbina, onde os impactos ambientais gerados após a implantação resultaram em uma área superior a 2.360 km² que havia sido oficialmente inundada pelas águas, tendo em vista que as ilhas desenvolvidas pela alagação fazem parte desses dados. E completa ainda com a afirmativa de que, em função da preparação por meio de fotos e mapas topográficos, não era previsto o tamanho real da área que poderia ser comprometido pela ação das águas do rio Uatumã.

Outra vantagem é o custo benefício de implantação, com os investimentos estimados em milhões por gigawatts gerado, as usinas fotovoltaicas tendem a uma vida útil de 25 anos em média e devido aos custos de operação e manutenção estarem reduzidos a folha de pagamento e manutenções preditivas, estas em pouco tempo de operação proporcionam mais receita que as demais usinas em função da durabilidade dos painéis solares. (PORTAL SOLAR, 2022).

Para concluir a lista de vantagens, NG Solar (2022) destaca que a manutenção dos sistemas de geração de energia solar é baixa devido o sistema depender de estar limpo. Considerando que, para captação da luz, solar faz-se necessário que a mesma entre em contato com as placas fotovoltaicas, deve-se manter um ciclo de limpeza dos painéis garantindo assim que estes possam realiza a conversão de energia.

2.6.1.2. Desvantagens de uma usina fotovoltaica

Enquanto o custo de manutenção é baixo, o custo de armazenamento é elevado, apesar da viabilidade comercial dos bancos de baterias estar melhorando, essa solução ainda é onerosa, o

que na maioria dos casos, torna financeiramente inviável a aplicação deste tipo de sistema. (NG SOLAR, 2022).

As proporções residenciais não são equiparáveis às gerações oriundas de uma usina e, mesmo que projetos e incentivos sejam realidade na atualidade para movimentar o mercado dos componentes para os sistemas fotovoltaicos, ainda há muito trabalho a ser desenvolvido para que o custo de armazenamento seja minimizado.

Quando o assunto é produtividade as usinas solares e fotovoltaicas pedem destaque quando comparadas as usinas termoeletricas e hidrelétricas. A produção elétrica do maior parque solar do país, São Gonçalo no estado do Piauí, em planejamento possuía capacidade de geração de 856 MW, enquanto a termoeletrica Porto de Sergipe I, em Barra dos Coqueiros (SE), movida a gás natural tem capacidade de geração de 1.551 MW. (PORTAL SOLAR, 2022).

ABINEE (2012) apresenta como uma barreira à expansão do setor fotovoltaico no Brasil a intermitência da geração solar fotovoltaica, com grandes variações de potência ocorrendo em curtos espaços de tempo. Corroborando com a questão levantada, Porta Solar (2022) discorre que para geração de energia elétrica por meio deste sistema há a necessidade de luz solar e placas fotovoltaicas, somente, com isso qualquer interferência, como por exemplo uma nuvem ou chuva, podem gerar a intermitência de geração da energia.

2.6.1.3. Custo médio de uma usina solar

Os custos de implantação são, na grande maioria, custos que possuem maior impacto em sistemas de grande eficiência ou de melhor rendimento quando comparados a outros sistemas ativos e concorrentes. Como exemplo temos os sistemas de Condicionadores de Ar com tecnologia inverter, aparelhos de mesma capacidade em BTU/h quando comparados permitem ao consumidor um retorno do investimento inicial em um curto intervalo de tempo. A Tabela 2.2 apresenta um comparativo entre sistemas para auxiliar na compreensão do argumento.

Tabela 2.2 – Comparativos de Custos de Sistemas de Ar Condicionados Convencional x VRV

PLANILHA COMPARATIVA DE CUSTOS					
TIPO:	Split Convencional		TIPO:	Multisplit - VRV	
CAPACIDADE (TR):	175		CAPACIDADE (TR):	175	
CUSTOS R\$ POR TR			CUSTOS R\$ POR TR		
EQUIPAMENTOS	R\$ 1.100,00		EQUIPAMENTOS	R\$ 7.240,47	
MANUTENÇÃO MENSAL	R\$ 38,70		MANUTENÇÃO MENSAL	R\$ 68,00	
INSTALAÇÃO	R\$ 730,00		INSTALAÇÃO	R\$ 3.160,00	
CONSUMO (Kw)/1,0 TR	1,1		CONSUMO (Kw)/1,0TR	0,19	
CUSTO INSTALAÇÃO:	R\$ 320.250,00		CUSTO INSTALAÇÃO:	R\$ 1.820.082,25	
CUSTO MANUTENÇÃO:	R\$ 6.772,50		CUSTO MANUTENÇÃO:	R\$ 11.900,00	
CUSTO DE CONSUMO:	R\$ 37.191,00		CUSTO DE CONSUMO:	R\$ 6.423,90	
CUSTO TOTAL MÊS:	R\$ 43.963,50		CUSTO TOTAL:	R\$ 18.323,90	
VANTAGEM			VANTAGEM		
PREÇO DA INSTALAÇÃO SISTEMA DE BACKUP			BAIXO CONSUMO DE ENERGIA GÁS ECOLOGICO ROBUSTEZ (VIDA ÚTIL ELEVADA) USO INDEPENDENTE POR AMBIENTE AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO REMOTO		
CONTRAS			CONTRAS		
3 a 4 ANOS DE VIDA UTIL			10 a 15 ANOS DE VIDA UTIL		
POLUIÇÃO DA FACHADA/ Nº DE ÁREAS TÉCNICA SISTEMA DE AR EXTERNO FORÇADO CONSUMO DE ENERGIA CUSTO OPERACIONAL E MANUTENÇÃO VIDA ÚTIL (FRAGILIDADE)			CUSTO INICIAL (INSTALAÇÃO) SISTEMA DE AR EXTERNO FORÇADO MANUTENÇÃO ESPECIFICA (MÃO DE OBRA ESPECIAL)		

O custo de implantação de um sistema VRV, conforme a tabela do estudo de viabilidade acima, é aproximadamente 5,7% mais cara do que um sistema de Split convencional. Pode-se, também, verificar que o custo de manutenção 76% mais caro, sendo que este custo é um valor estimado para manter em operação o sistema mês a mês.

Porem outro custo fixo para manter um Sistema VRV em operação mês a mês é o custo de consumo de energia elétrica, responsável por possibilitar o uso diário dos equipamentos. Visualmente temos uma discrepância que após calculada representa uma economia direta de 83% no valor da conta mensal.

Por outro lado, faz necessário considerar todos os custos fixo para evidenciarmos a real economia, sendo assim, somados os valores de manutenção e de consumo dos dois sistemas, pode-se chegar ao surpreendente resultado de uma economia do emprego do sistema VRV equivalente a 58% em relação ao sistema convencional.

Isso é possível pois os sistemas VRV são fabricados com a tecnologia inverter e isso condiciona a aplicação dos aparelhos a atualizar o trabalho realizando em função da demanda real dos ambientes alvos de refrigeração. Levando em consideração que a tecnologia VRV possui de 10 a 15 anos de vida útil e que o retorno da diferença do investimento é obtido em 4,9 anos, o sistema VRV ao termino da sua vida útil irá possibilitar a aquisição de pelo menos mais 1,5 sistema novo para substituir o já implantado.

Aplicações diferentes, entretanto, com o mesmo princípio de potencial econômico ao ser comparado com outro sistema concorrente, os sistemas fotovoltaicos podem receber intervenções de alguns aspectos que gerem alteração em seu custo médio de implantação da usina, mas ainda sim tem outros benefícios, outrora já apresentados, que o tornam uma excelente escolha para geração de energia limpa e renovável.

De acordo com Portal Solar (2022) o custo médio por megawatts a ser produzido é equivalente a faixa de R\$ 4 a R\$ 5 milhões, garantindo as mesmas condições de vantagens, tais como vida útil e retorno do investimento.

Considerando outro exemplo, para corroborar com a afirmativa acima, como os dados obtidos da implantação do Parque Solar de Nova Olinda. Na Tabela 2.3 abaixo, estão os dados da implantação da obra, assim como o valor do dólar comercial acumulado de 2018 equivalente a R\$ 3,88. (ADVFN, 2022).

Tabela 2.3 – Custo Médio de Geração De Energia

USINA	Cotação do Dólar (Acumulado de 2018)	CAPACIDADE INSTALADA	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO		CUSTO MÉDIO DE GERAÇÃO	
	(R\$)		(MW)	(US\$)	(R\$)	R\$/MW
PARQUE SOLAR NOVA OLINDA - PI	R\$ 3,8757	290	\$ 300.000.000,00	R\$ 1.162.710.000,00	R\$ 4.009.344,83	R\$ 4,0 Milhões

Analisando o caso apresentado do Parque Solar de Nova Olinda que possui capacidade instalada para geração de energia de 290 MW e teve custo geral de implantação igual a US\$ 300 milhões, pode-se calcular o valor de implantação da obra e, utilizando o valor do dólar comercial acumulado de 2018, ano de implantação da obra de Nova Olinda, obtém-se o valor de R\$ 4.009.344,83 por megawatts a serem gerados, ou seja, aproximadamente um custo médio de R\$ 4 milhões/MW.

2.7 SOFTWARE RETSCREN

Na engenharia moderna diversos ensaios, teste, análises de viabilidades, entre outras linhas de estudo, são geridos por softwares que possuem confiabilidade e credibilidade para desempenhar cálculos e estimativas que representam as condições reais, de forma parcial ou total, o resultado final de um serviço ou produto a ser desenvolvido.

De acordo com Siemens (c2022) a engenharia auxiliada por computador é o uso de software computacional na simulação de desempenho, para melhorar projetos de produto. A prevenção de falhas e desenvolvimento de soluções, a análise de riscos e custo benefício, análise

de rendimento e desempenho funcional são possibilidade que podem ser verificadas com o emprego de softwares específicos em cada linha de pesquisa e análise.

Hexagon (c2022), contribui com o argumento descrevendo que a utilização de softwares na engenharia moderna permite o uso de ferramentas de estimativa de custo e otimização dos projetos a serem desenvolvidos.

Disponibilizado de forma gratuita pelo Governo do Canada a plataforma RETScreen *Clean Energy Managemenr Software*, habilita o planejamento, implantação, monitoramento e respostas voltadas a geração de energia limpa.

FREITAS et al (2017) apud Restscreen International, (2016); Bastos et al (2015) afirma que o RETScreen é utilizado mundialmente para avaliação de produção e acumulo de energia, redução de emissão de poluentes, viabilidade financeira e riscos para diversos tipos de sistemas de geração de energia elétrica.

De acordo com Centro de Soluções de Energia Limpa (*Clean Energy Solutions Center*) o RETscreen potencializa profissionais a tomada de decisões, a identificação rápida, avaliação e otimização de viabilidades técnica e financeiras de projetos potenciais de energia limpa, assim como possibilita a verificação do real desempenho de projetos já instalados contribuindo para identificação de pontos de melhorias voltados para as áreas de economia de energia e produção (CENTRO DE SOLUÇÕES DE ENERGIA LIMPA, 2022).

O Software dispõe de abas que possibilitam a análise e seleção de níveis de análises de sistemas potenciais ligados a geração de energia. A aplicação do mesmo pode resultar em vantagens que dificilmente seriam identificadas devido a necessidade de realização de estudos in loco para dimensionamento das mesmas.

De acordo com Freitas (2017) o RETScreen considera diversos fatores que são de grande importância para a realização de um estudo detalhado de um sistema de geração de energia, sendo estes, por exemplo, a fonte de energia disponível para o projeto, o desempenho dos equipamentos, os custos iniciais de implantação do projeto, custos de operação e manutenção, financiamento e impostos sobre equipamentos e renda, bem como características ambientais e subsídios.

Composto por informações e dados de diversos fabricantes do seguimento energético pode-se gerar a partir do software um modelo de usina através do método e fluxo definido iniciado com indicadores de referência, seguidos com o estudo de viabilidade do projeto e finalizado com uma análise de desempenho.

É possível por meio do RETScreen escolher a localidade de interesse de implantação da usina em estudo e com isso obter um resumo das principais condições climáticas daquela região. Com isso o projetista possuirá informações essenciais que contribuirão para sua tomada de decisão e definição do sistema de geração de energia. Na Tabela 2.4 estão apresentados os dados climáticos do Município de São Gabriel da Cachoeira.

Tabela 2.4 – Dados Climáticos de São Gabriel da cachoeira – AM gerados pelo Software RESTcreem – julho 2022

Mês	Temperatura do Ar	Humidade Relativa	Precipitação	Radiação Solar Diária Horizontal	Pressão Atmosferica	Velocidade do Vento	Temperatura do Solo	Graus-Dia para Aquecimento 18°C	Refrigeração Graus-Dia 10°C
	°C	%	mm	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Janeiro	25,40	92,30	269,70	4,47	99,80	0,60	25,30	0	477
Fevereiro	25,50	92,10	232,68	4,54	99,90	0,60	25,40	0	434
Março	25,50	92,00	252,34	4,59	99,90	0,70	25,40	0	481
Abril	25,40	92,70	264,00	4,49	99,90	0,70	25,30	0	462
Maio	25,10	93,10	302,25	4,22	100,00	0,70	25,00	0	468
Junho	24,90	92,50	266,10	4,00	100,10	0,70	24,60	0	447
Julho	24,80	91,40	223,51	4,15	100,20	0,70	24,50	0	459
Agosto	25,30	89,60	180,73	4,75	100,10	0,70	25,00	0	475
Setembro	25,60	89,80	178,80	4,07	100,00	0,70	25,30	0	468
Outubro	25,70	90,30	180,73	4,91	99,90	0,60	25,40	0	487
Novembro	25,60	91,40	190,80	4,71	99,80	0,70	25,40	0	468
Dezembro	25,50	92,30	231,88	4,40	99,80	0,60	25,30	0	481
Anual	25,40	91,60	2.773,52	4,52	99,90	0,70	25,10	0	5.605
Fonte	NASA								

Fonte: ADAPTADO DE RETSCREEN (2022)

Como pode ser observado entre os fatores, apresentados para a região do municio de São Gabriel da Cachoeira – AM, a incidência de radiação solar diária possui uma média de 4,52 kWh/m²/dia e este valor mantém variação durante todos os meses do ano dentro a média com um indicador de mínimo registro no mês de junho equivalente a 4 kWh/m²/dia e máxima no mês de outubro equivalente a 4,91 kWh/m²/dia, valores que evidenciam o potencial energético solar da região amazônica.

CAPÍTULO 3

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

Para desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o Software RETScreen Clean Energy Management, disponibilizado gratuitamente por meio do site do Governo do Canadá, para simulação dos resultados de implantação de usina fotovoltaica na região do município de São Gabriel da Cachoeira - AM

3.2 MÉTODO

É do entendimento geral que uma abordagem correta das atividades que deverão ser desenvolvidas permite a execução de um trabalho acadêmico com maior proporção de atendimento aos objetivos propostos. Esta abordagem é direcionada pelo método de aplicação pertencente a metodologia empregada no desenvolvimento do trabalho científico.

Para melhor compreensão a pesquisa será classificada de acordo com três parâmetros a seguir:

3.2.1. Quanto a Natureza

Esta é classificada como pesquisa aplicada por gerar conhecimentos para aplicação prática com objetivo de gerar soluções para problemas específicos.

3.2.2. Quanto Aos Objetivos

Além de bibliográfica, também é classificada como experimental por tratar-se de aplicação de software que, baseado em banco de dados de anos de pesquisas, determinará informações genuinamente reais para tomada de decisão em caso de intuito de implantação do projeto.

3.2.3. Quando Aos Procedimentos Técnicos

O estudo será desenvolvido através de 2 etapas, sendo a primeira a pesquisa bibliográfica e o levantamento de dados a respeito do tema abordado e com isso pretende-se fundamentar o modelamento em informações confiáveis e atualizadas possibilitando assim que os resultados sejam passíveis de consolidar uma proposta viável para solucionar o problema.

Adotando tal conceituação é de grande importância realizar o amadurecimento das ideias e conhecimentos com literaturas atualizadas que deem sustentabilidade, coerência e relevância aos resultados pretendidos neste trabalho a serem apresentados.

A segunda etapa será realizada através do modelamento prático por meio do uso do software RETScreen visando cumprir algumas etapas de seleção e preenchimento de informações e dados para que, através dos resultados gerados pela ferramenta, seja avaliada a viabilidade da proposta de implementação de Usina Fotovoltaica como fonte de geração de energia elétrica para os municípios do Estado do Amazonas.

Para desenvolvimento do fluxo de realização das etapas deverá ser seguida a lista de procedimentos descritas a seguir:

- Desenvolver conhecimento científico - bibliográfico para garantir o atendimento aos objetivos propostos.
- Inserir dados no Software RETScreen com base na bibliografia pesquisada.
- Analisador de Energia Virtual.
- Identificador de Projeto Inteligente.
- Avaliador de Riscos Financeiros.
- Rastreador de Desempenhos.
- Desenvolver na prática a construção do sistema de geração de energia viável para atendimento dos objetivos propostos, sendo este uma usina fotovoltaica para atendimento de determinada demanda.
- Mensurar os resultados do relatório desenvolvido pelo software e realização de comparação dos mesmos.
- Apresentar resultados determinando os valores de custos de implantação de usina fotovoltaica e de eficiência em relação a aplicação de geração de energia predominante na região.

Iniciado o software deverão ser atendidas as etapas para o desenvolvimento dos resultados. Cada uma das etapas será realizada em função das características obtidas mediante estudo, tais como localização pretendida de implantação da usina, o tipo de fonte pretendido, a demanda a ser suprida, etc.

Nesta etapa do processo é importante haver um conhecimento já adquirido a respeito da cidade onde pretende-se desenvolver a proposta, assim como as condições de geração e demanda necessária para atendimento da necessidade da população foco do estudo.

Esses dados iniciais serão a base para alimentação dos requisitos do RETScreen e após processamento das informações o software será capaz de prover resultados para realização da análise crítica da proposta e a sua viabilidade. Cada uma das etapas de inclusão de informação no software será realizada em sequência lógica que o próprio *template* do RETScreen disponibiliza.

Na Figura 3.1 está representado o mapa de processo adotado para desenvolvimento, aplicação e compreensão das etapas realizadas para obtenção dos resultados.

Figura 3.1 – Mapa de Processo de Aplicação do Modelo



O desenvolvimento da simulação deverá ser realizado em 4 fases divididas em 10 etapas de preenchimento dos dados do projeto. Cada uma das fases está discriminada a seguir com a quantidade e respectivas etapas.

3.2.4. Fase 1 – Analisador de Energia Virtual

Esta fase está subdividida em duas etapas sendo estas Local e Instalação e tem como objetivo a aplicação dos conhecimentos obtidos em função da cidade de interesse de implantação do projeto e definição do tipo de geração que será adotado para atendimento da demanda de energia elétrica a ser suprida.

- Etapa 1 – Local: Nesta etapa deverá ser realizada a definição da região/localização de objeto do estudo para implantação da usina de geração de energia. O RETScreen disponibiliza por meio de uma aba de pesquisa a função que direciona o usuário para o mapa. Com imagens vinculadas ao banco de dados do sistema do software e ao motor de busca da Microsoft, o Bing, é possível selecionar o ponto específico de latitude e longitude de implantação da usina escolhida.

O software também apresenta a localização exata dos locais onde foram coletados os dados climáticos daquela região para que sejam conhecidas as referências dos mesmos. Dados como a zona climática, elevação e condições de umidade relativa e temperatura serão disponibilizados para uma análise prévia e parâmetro de seleção da posição de implantação da localização da usina proposta.

Após seleção do ponto de implantação da usina serão calculados os dados médios relativos ao ano, discriminados mês a mês. Vários parâmetros de interesse para utilização como fonte de geração de energia serão apresentados e com isso será possível identificar qual das fontes é mais viável para geração de energia.

- Etapa 2 – Instalação: Nesta etapa poderá ser definido qual o tipo de tecnologia é mais viável para desenvolvimento de geração de energia no local selecionado. Esta etapa é dividida em duas partes onde será possível por meio dos gráficos de análise de indicadores de referência, viabilidade e desempenho compreender qual tecnologia é viável para implantação.

Relacionado aos custos de geração por kWh ou MWh será apresentada uma faixa de custo de geração de energia que apresentará uma perspectiva média do custo de implantação para cada uma das possibilidades de geração existentes no RETScreen. Com base nos resultados obtidos por meio da pesquisa bibliográfica é possível converter e comparar os dados com os valores de base do software e compreender qual será a usina a ser projetada.

3.2.5. Fase 2 – Indicador de Projeto Inteligente

Nesta segunda fase serão desenvolvidas três etapas do fluxo com a finalidade de definir o tipo de energia, os custos de implantação, e a emissão de poluentes. Será possível por meio da tecnologia adotada na etapa anterior dar continuidades nos equipamentos que irão compor a usina proposta e por meio da definição dos mesmos obter os valores previstos de implantação da usina assim como as reduções que esta será capaz de gerar assim que iniciada a utilização da mesma.

- Etapa 3 – Energia: A etapa de energia é dividida em três partes onde serão definidos os tipos de combustíveis e horários de aplicação da usina, o tipo de energia e equipamentos que irão ser responsáveis pela geração da energia e os resultados que serão obtidos com o emprego da tecnologia definida.

Na primeira parte deverá ser informado o tipo de combustível que seria necessário para geração de energia da usina e o período de exportação da energia gerada para o consumo, assim como deverão ser definidos os preços de venda desta energia. Estas informações serão utilizadas para comparação entre a proposta e o meio convencional.

Na segunda parte a tecnologia será definida e entre as possíveis estão meios de produção de energia provenientes de fonte renováveis e não renováveis. Caso não esteja disponível a opção de escolha para implantação da proposta é possível que o usuário realize a inclusão de sua escolha.

Uma vez definida a tecnologia opções de equipamentos serão disponibilizados por meio de banco de dados pré-definidos pelo RETScreen, como por exemplos turbinas eólicas e painéis fotovoltaicos. Estão disponíveis de acordo com fabricante, marca e modelo.

A definição torna-se de fácil especificação tendo em vista que o próprio software realiza os cálculos da lista de equipamentos necessários para implantação da usina em função da demanda instalada que será necessária para atendimento a demanda de abastecimento no local indicado.

Finalizando com a terceira parte o RETScreen realizará um comparativo que será capaz de apresentar um resumo de alguns dos fatores que servirão para tomada de decisão, tais como, os custos iniciais baseados na capacidade instalada da proposta, os equipamentos e materiais e o custo de venda da energia gerada, assim como também um balanço econômico em relação a implantação da usina proposta e a usina convencional proveniente de fonte não renovável.

- Etapa 4 – Custo: Definições dos custos iniciais do projeto com incremento de dados existentes referentes a projeto e execução de obra, assim como custos de manutenção da operação, tais como, folha de pagamento de operadores.

Com base em dados obtidos da pesquisa bibliográfica é possível realizar uma estimativa de custos que irão fazer parte da implantação do projeto proposto e da manutenção deste projeto. Com a inclusão destas informações serão gerados indicadores que possibilitarão o usuário realizar um balanço financeiro posterior e compreender a viabilidade de implementação do projeto.

- Etapa 5 – Emissão: Esta etapa é uma análise dos indicadores de redução de emissão de poluentes e GEE gerados pelo software para gerenciamento do projeto e tomada de decisão referente ao tema meio ambiente.

Os resultados são emitidos em função do comparativo realizado entre a quantidade de energia e a quantidade de combustível fóssil necessário para geração desta mesma energia. É possível inserir algumas informações para especificar detalhes referentes a região de implantação da proposta e com isso obter resultados específicos para o projeto proposto.

Um indicador de emissão de GEE em toneladas de CO₂ é apresentado e o gráfico dispõe de duas colunas para representar as quantidades de redução dos poluentes assim como a equivalência com a quantidade de combustível economizado em alguns meios de mensuração como quantidade de litros de gasolina e quantidade de barris de óleo Diesel.

3.2.6. Fase 3 – Avaliador de Riscos Financeiros

Nesta fase será necessário um conhecimento mais aprofundado relativo à análise financeira e análise de riscos. Conhecimentos detalhados poderão ser informados para definição de parâmetros como taxa de inflação, vida útil do projeto, razão de dívida entre outras que irão compor os dados para que seja gerado um resultado para avaliação crítica do usuário.

- Etapa 6 – Finanças: Discriminação de parâmetros financeiros, custos de investimentos, incentivos e subsídios que possibilitam uma análise e prospecção para o projeto a médio e longo prazo.

Serão apresentados os custos anuais para manutenção da proposta e contrabalanço com a receita que irão proporcionar um indicador de custo benefício relacionado ao fluxo de caixa da usina com a finalidade de apresentar o retorno do investimento inicial ao longo do tempo de vida útil do projeto.

- Etapa 7 – Riscos: Análise de sensibilidade dos riscos de implantação do projeto mediante resultado apresentados pelo software em função de todos os dados já inseridos no escopo do projeto, onde por meio de dois indicadores poderão ser avaliados os riscos.

Quanto ao impacto será informado por meio de indicador de análise de performance que possui três subdivisões para escolha do usuário. Uma vez definida a forma de análise de risco os indicadores de classe por impacto e frequência serão gerados automaticamente.

3.2.7. Fase 4 – Rastreador de Desempenho

Nesta última fase do RETScreen serão apresentados um resumo de todos os dados inseridos e gerados por meio dos cálculos que o software realiza e com isso são apresentadas as três últimas etapas do macrofluxo.

- Etapa 8 – Dados: apresentação do resumo dos dados informados.
- Etapa 9 – Análise: apresentação dos indicadores gerados pelo resumo dos dados.
- Etapa 10 – Relatório: Emissão de relatório para apresentação. Este último item somente é passível de ser armazenado mediante aquisição da licença do software.

O modelo estudado foi desenvolvido para atender a demanda total local como fonte principal de geração de energia e a partir dos resultados obtidos pode-se realizar uma análise crítica para determinação do regime de operação sendo total ou parcial.

Como percentual de atendimento parcial adotou-se o valor de 70% de atendimento a demanda para assim determinar um parâmetro que irá resultar em valor que servirão de subsídios para uma análise crítica e viável, bem como, notável para aplicação prática.

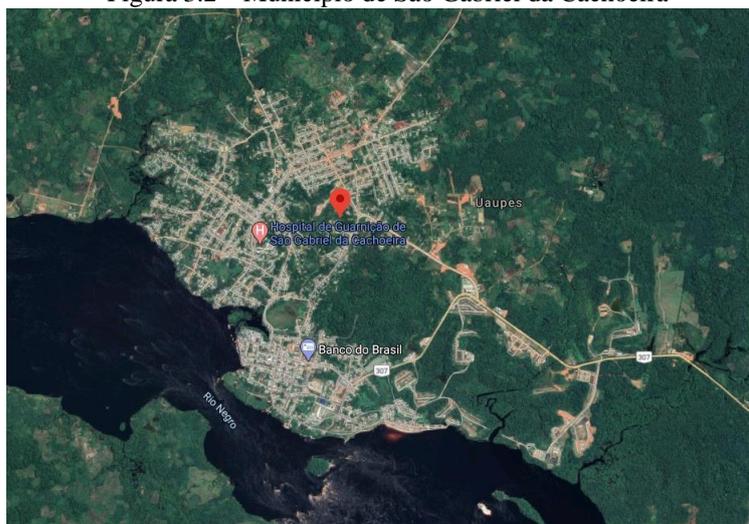
3.2.8. Município de Estudo

Para atendimento aos objetivos do trabalho foi avaliada a demanda energética necessária para atendimento ao município de São Gabriel da Cachoeira, localizado no extremo noroeste do Amazonas. O município faz fronteira com os países Colômbia e Venezuela e está localizado as margens do Rio Negro.

A escolha do município deu-se em virtude do isolamento geográfico em relação a distribuição de energia abrangida pelo SIN e por ser uma região cujo fornecimento do serviço de geração de energia elétrica é realizado por meio de termoelétricas movidas a combustível fóssil.

Outro fator que contribui para escolha da região que está diretamente ligado ao isolamento é a acessibilidade ao local. Os custos logísticos são elevados para manter o funcionamento da usina local através de reposição de peças e combustível necessário para produção quase que ineficiente dos motores a Diesel. A Figura 3.2 apresenta uma vista da cidade de São Gabriel da Cachoeira.

Figura 3.2 – Município de São Gabriel da Cachoeira

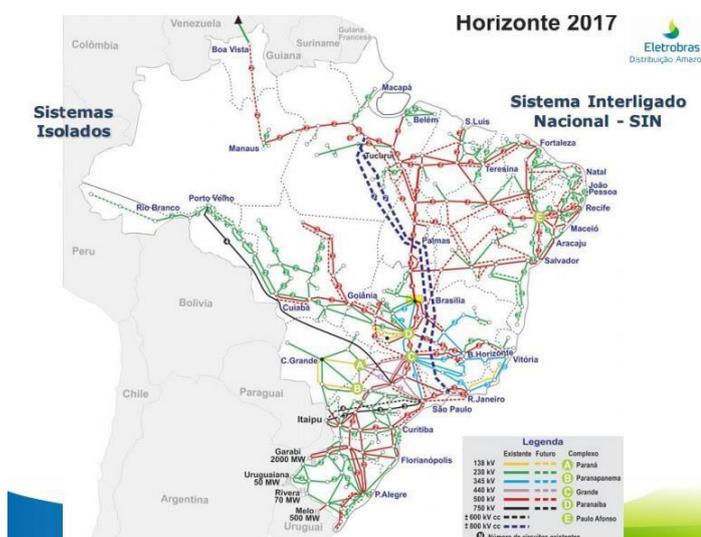


Fonte: GOOGLE MAPS (2020)

Com uma população estimada em 2019 pelo IBGE de 45.564 habitantes é o décimo terceiro município mais populoso do estado e atualmente o sistema de fornecimento de energia elétrica possui como fonte uma Usina Termoelétrica com capacidade instalada de potência de 5.548 kW.

Abaixo pode-se identificar através da Figura 3.3 que a rota de transmissão de energia do SIN não contempla o extremo noroeste do Amazonas corroborando assim para a exclusão dos municípios mais longínquos.

Figura 3.3 – Sistema Interligado Nacional (SIN)



Fonte: ELETROBRAS (2018)

A UTE de São Gabriel da Cachoeira contém quatro unidades geradoras sendo UG1 e UG2, de 1.850 kW cada e UG3 e UG4, de 924 kW cada. No Diário Oficial da União, publicado em 24 de junho 2020, o Superintendente de Fiscalização dos Serviços de Geração da ANEEL, Gentil Nogueira de Sá Junior, liberou o uso das unidades geradores para realização de testes.

A geração de energia elétrica por meio de utilização da fonte solar já está sendo posta em prática na região conhecida como “cabeça do cachorro”. De acordo com artigo publicado em 26 de junho de 2022, pelo veículo de comunicação Informe Manaus, o governo do estado do Amazonas divulgou a liberação de verbas para aquisição de kits de painéis solares por meio de convenio com a Secretaria de Estado de Infraestrutura e Região Metropolitana – SEINFRA e a prefeitura do município de São Gabriel da Cachoeira.

Os kits possuem painéis solares que captam a luz do sol e devem ser instalados em telhados, com estimativa de gerar cerca de 2,64 kWh/dia, considerando 6 horas de incidência solar, viabilizando o consumo da carga por até três dias sem sol. Modo mais prático e econômico para geração de energia em locais geograficamente isolados. (INFORME MANAUS, 2022).

CAPÍTULO 4

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RESULTADOS DO RETSCREEN

Com o emprego do Software RETScreen foi possível realizar uma análise da implantação de uma Usina Fotovoltaica de Capacidade Instalada de 6.500 kW. O processo de análise iniciou-se com um indicador de referência, determinando a localização e tipo de instalação desejada.

Na sequência abordou-se a viabilidade com o emprego da energia, verificação dos custos em geral e da emissão de poluentes, dando continuidade na análise financeira e riscos de implantação da usina.

Para conclusão da análise verificou-se o desempenho do modelo estudado através dos resultados apresentados mediante a simulação de implantação da usina fotovoltaica que serão percorridos a seguir por meio dos indicadores gerados pelo software RETScreen, onde cada uma das fases de obtém-se resultados

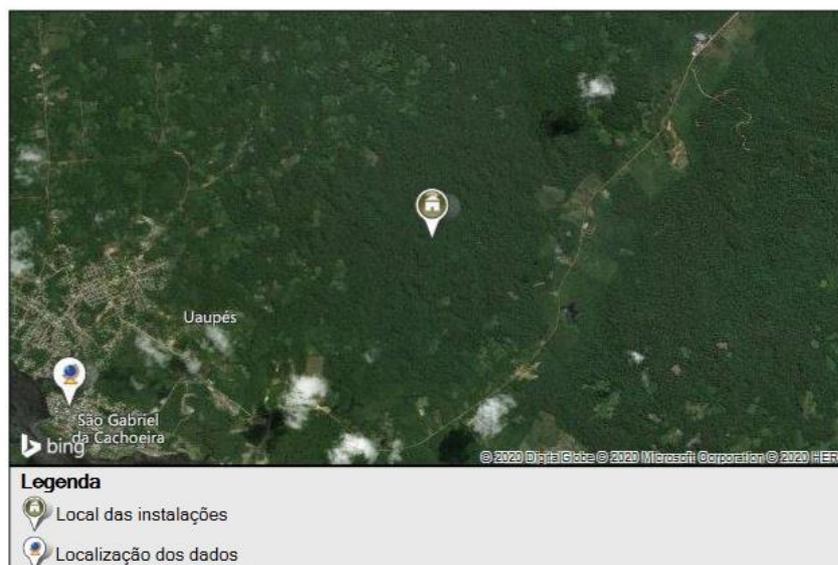
4.1.1. Situação

O lugar para implantação da Usina Fotovoltaica (UF) foi definido no software nas proximidades da cidade de São Gabriel da Cachoeira. Atualmente a UTE está instalada no centro da cidade e está gera muito ruído, além da emissão de gases que afetam direta e indiretamente a população local.

Apesar da operação da UF proposta não gerar ruído e nem poluentes em grandes níveis adotou-se para o modelamento um posicionamento fora dos limites da área urbana da cidade visando a possibilidade de futuras ampliações para abastecimento da crescente demanda local.

A posição de implantação está situada a 87 m acima do nível do mar com endereço estimado na BR-307, aproximadamente a 7 km do centro da cidade. A Figura 4.1 marca a localização da proposta para implantação da usina e apresenta o ponto central do município de São Gabriel da Cachoeira.

Figura 4.1 – Localização da Usina Proposta



	Unidade	Localização dos dados climáticos	Local das instalações
Nome		Brasil - Amazonas - São Gabriel da Cachoeira	Brazil
Latitude	'N	-0,1	-0,1
Longitude	'E	-67,1	-67,0
Zona climática		1A - Muito quente - Úmido	1A - Muito quente - Úmido
Elevação	m	93	87

Fonte: RETSCREEN (2020)

4.1.2. Dados Climáticos

Através da definição da localização de objeto de implantação da UF o software de apoio apresentou dados favoráveis e coerentes com os índices inicialmente apresentados. O fato determinantemente característico para implantação da UF é a incidência média de raios solares com valores que atendem a quantidade de emissão necessárias para o abastecimento da energia local.

A Tabela 2.4 de dados climáticos, apresentada anteriormente, adaptada do RETScreen, apresentou uma incidência de radiação solar média diária de 4,52 kW/m²/d, atingindo em setembro, como apresentado na Figura 4.2, o indicador de 5,07 kW/m²/d.

Essa média é superior a quantidade mensurada na Alemanha, país que em 2019 ficou em terceiro lugar no ranking dos países produtores de energia solar e que possui a capacidade de 500 watts para cada habitante em seu território nacional.

Figura 4.2 – Dados Climáticos de Radiação Solar Diária



Fonte: RETSCREEN (2020)

A Tabela 2.4, apresentada anteriormente no capítulo 2, foi gerada pela análise com base no banco de dados do RETScreen e são os indicadores das principais características climáticas da região, como já fora discutido sobre o assunto. Entretanto, é importante enfatizar, ao comparar os dados entre a tabela 2.4 e a figura 4.2, o quanto é relevante o potencial solar da região chegando aos incríveis 4,52 kWh/m²/dia potencializando a escolha para implantação de uma usina fotovoltaica.

4.1.3. Geração de Energia e Capacidade Instalada

Para desenvolvimento do estudo e atendimento da demanda atual instalada foi determinada uma carga e 6.500 kW de potência. Para atendimento da demanda proposta foram definidos a instalação de 22.000 unidade de painéis fotovoltaicos do fabricante Canadian Solar, modelo mono – Si – CS3K-300MS – KuPower.

Cada painel possui capacidade de geração de 300W totalizando assim 6.600kW, eficiência de 18,05% e perímetro de 1,662 m². Para implantação da UF é estimado a utilização de uma área equivalente a 36,5 mil metros quadrados.

O fator de utilização foi definido em 85% para manter a qualidade do fornecimento de energia, permitindo que a UF não realize o trabalho no limite de produção e abrindo espaço para realização de manutenções preventivas sem perda de potência e eletricidade exportada para a Rede.

Com o sistema proposto foi possível simular e determinar a quantidade de 49.144 MWh de energia exportada para a rede ao ano, valor superior aos dados licitados em 2017 para a região.

De acordo com a Tabela 4.1, a empresa vencedora da licitação da Eletrobrás para fornecimento de energia ao Grupo B Lote BIV, onde está lotado São Gabriel da Cachoeira, o valor de energia exportada para a rede anual é equivalente a 46.859 MWh que representa 4,65% de acréscimo, impacto que resulta diretamente no meio ambiente, pois a fonte é totalmente limpa e renovável.

Tabela 4.1 – PIES Grupo A & B - Geral

Vencedor do Lote	Grupos	Lote	Preço Edital (R\$/MWh)	Preço Leilão (R\$/MWh)	Deságio (%)	Energia Anual (MWh)	Período de Contratação (meses)	Valor do Contrato Inicial (R\$)	Valor do Contrato no Leilão (R\$)	Valor do Contrato Mensal (R\$)	Economia para o Consumidor
Aggreko	A	II	1.487	1.152	22,51	289.442	180	6.229.148.577	4.826.773.278	27.791.980	1.402.375.299
Aggreko	A	III	1.503	1.171	22,10	235.770	180	5.152.156.245	4.013.402.882	23.003.293	1.138.753.363
CONS. ENERGIA DO AMAZONAS	A	A-I	487	276	43,38	132.170	155	831.404.371	470.779.091	3.037.267	360.625.280
CONS. OLIVEIRA-ETAM	B	B-I	1.582	1.155	27,00	165.411	180	3.925.203.030	2.865.745.575	15.920.809	1.059.457.455
CONS. OLIVEIRA - ETAM	B	BI-A	1.610	1.288	20,00	135.380	60	1.089.809.000	871.841.396	14.530.674	217.967.604
CONS. OLIVEIRA - ETAM	B	B-II	1.468	1.063	27,60	318.999	180	7.024.357.980	5.086.439.055	28.257.995	1.937.918.925
POWERTECH	B	B-III	1.482	976	34,14	112.392	180	2.498.474.160	1.645.418.880	9.141.216	853.055.280
CONS. VPOWER - TELEMENIA	B	B-III-A	1.453	1.030	29,11	169.074	60	1.228.322.610	870.740.126	14.512.326	357.582.484
CONS. VPOWER - TELEMENIA	B	BIV	1.349	990	26,61	46.859	180	948.191.901	695.851.951	3.865.828	252.339.950
CONS. VPOWER - TELEMENIA	B	BV	1.356	965	28,84	45.633	180	928.175.220	660.528.081	3.669.616	267.647.139
Total	-	-	1.378		28,19	1.651.130	-	29.855.243.094	22.007.520.315	143.731.003	7.847.722.779
			Média		Média						

Fonte: ELETROBRAS (2018)

4.1.4. Emissão de Gases

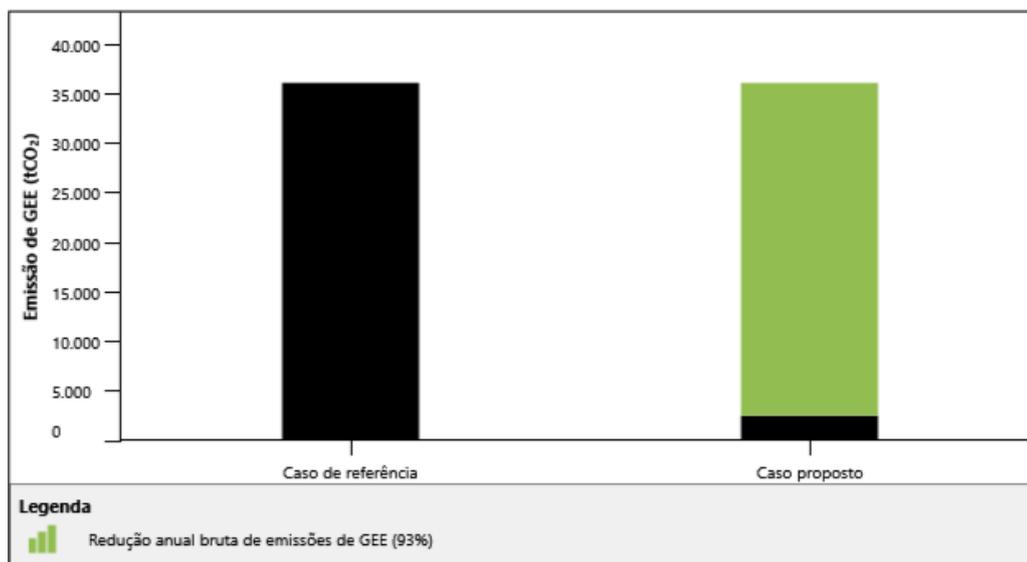
O impacto ambiental gerado pela UF proposta foi apresentado com uma redução anual bruta de emissão de gases de Gases de Efeito Estufa (GEE) de 93%, valor altamente expressivo quando avaliado paralelamente ao caso de referência do software.

A UF proposta foi capaz de realizar uma redução anual bruta de emissão de GEE de 33.586 Toneladas de CO₂, valor equivalente a 78.108 Barris de Óleo Bruto, uma conceituada redução da queima de combustível fóssil e, também, financeira para o estado do Amazonas.

De acordo com dados da Petrobras, disponíveis no sitio da estatal, 1 barril de óleo é equivalente a 158,93 litros. Considerando ainda, que em 2020 o preço do óleo diesel fechou o ano com o valor de R\$ 5,617 por litro é possível calcular uma economia mensal superior a R\$ 5,8 milhões.

Considerando que o fornecimento de energia elétrica seja híbrido com 70% do atendimento da demanda sendo realizado pela usina modelo ainda é possível ter um ganho econômico mensal de aproximadamente R\$ 4,01 milhões e a redução de emissão de GEE estimada equivalente a queima de 724 mil litros de óleo Diesel.

Figura 4.3 – Emissão de GEE



Fonte: RETSCREEN (2020)

Através do indicador representado pela Figura 4.3 pode-se comparar as quantidades estimadas de GEE geradas pela usina proposta, a direita, em comparação com uma usina termoelétrica equivalente, a esquerda, para atendimento a demanda, e o resultado mostra-se mais satisfatório e eficiente.

4.1.5. Custos de implantação e retorno do investimento

Adotando como parâmetro a Tabela 2.3, apresentada anteriormente, pode-se estimar o valor de implantação da usina para atendimento ao município equivalente a R\$ 26.060.741,38 milhões e adotando o emprego de geração parcial de energia para atendimento a 70% da demanda pode-se definir o retorno do investimento de acordo com a Tabela 4.2 a seguir.

Tabela 4.2 – Economia Anual Média Proveniente de Redução de Combustível Fóssil

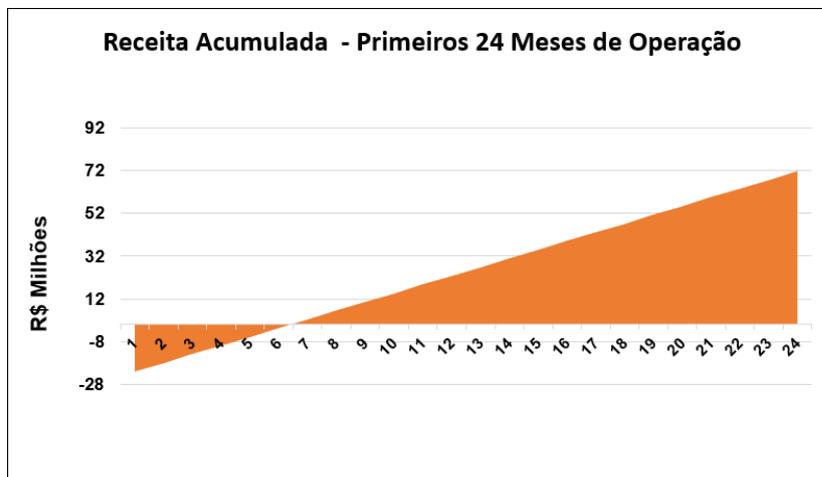
investimento inicial	Economia Mensal (70% de Geração)	Meses Totais para pagamento da Dívida	Total de Meses Restantes de Operação	Receita Anual (25 anos)
R\$ 26.060.741,38	R\$ 4.067.453,71	7	293	R\$ 47.670.557,45

Devida redução de 70% do consumo de combustível fóssil e adotando o valor de comercial de 2020 por litro a economia calculada ao ser convertida em receita pode superar em 7 meses o valor de investimento inicial para implantação.

Com base no tempo de vida útil de operação estimado para as usinas fotovoltaicas equivalentes a 25 anos ainda pode-se determinar uma receita bruta anual de mais de R\$ 47,5 milhões. Sabe-se que os valores são estimados e que as taxas e juros pertinentes a geração de energia e preço de combustíveis sofrem variação com o passar dos anos, porém os valores podem ser representativos devido as variações oriundas do seguimento possuírem influência em todos os seguimentos de geração de energia.

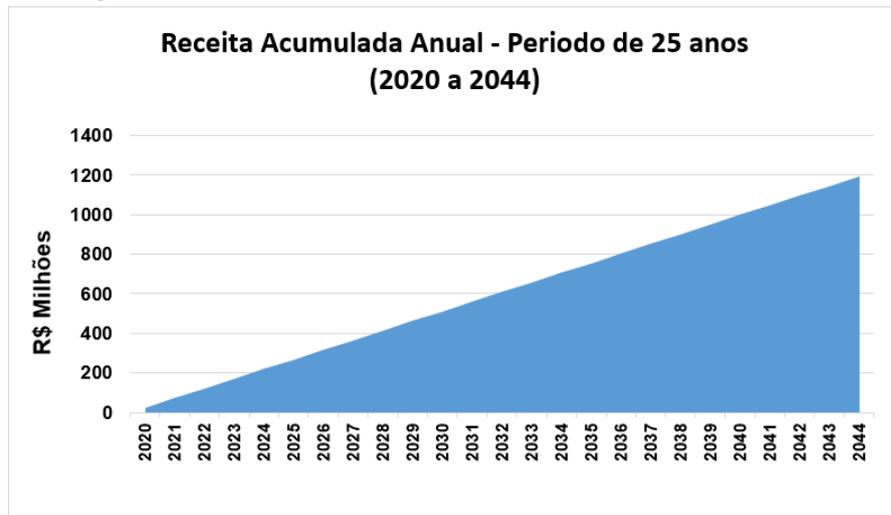
Mediante exposto pode-se avaliar que, apenas com a conversão da economia obtida com redução do consumo do combustível, o investimento inicial deve ser quitado em apenas 6,5 meses, sendo que a partir da metade do sexto mês de operação, toda economia tornar-se-á em receita. O valor acumulado economizado nos 24 primeiros meses de operação pode ser determinado, como apresentado a seguir na Figura 4.4, em aproximadamente R\$ 72 milhões.

Figura 4.4 – Receita Acumulada Em 24 Meses De Operação



Por fim após geração de energia durante o tempo de vida útil de 25 anos é possível afirmar, como apresentado na Figura 4.5, que com a redução de custos para operação poderão ser financiadas 46 novas usinas fotovoltaicas para geração de energia limpa e renovável.

Figura 4.5 – Receita Acumulada Anual – Período de Vida Útil Estimada



Com a quitação da dívida após o sexto mês de operação os valores economizados com a redução de consumo de combustível poderão ser reinvestidos de forma a gerar mais desenvolvimento para a comunidade local entre outras aplicações possíveis que ficariam a cargo de fiscalização e transparência pública para melhor serem aproveitadas.

CAPÍTULO 5

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

O estado do Amazonas, sendo um estado com uma grande área territorial, possui grandes dificuldades em realizar um atendimento de qualidade na prestação de serviços à população dos municípios mais isolados. Os problemas para atendimento da demanda energética são notáveis e, se ainda tratado pelos meios já praticados, continuará sendo uma barreira a ser superada.

A distância dos inúmeros municípios amazonenses dificulta a o fornecimento de combustíveis, peças, serviço qualificado entre outros fatores que contribuem para a geração de energia nas termoeletricas de forma ineficiente. Esses fatores proporcionam insatisfação nas comunidades devido as diversas sanções tomadas para tentar conter o problema, tais como racionamento de energia e em muitos casos até suspensão temporária do serviço de abastecimento.

É necessário desenvolver novas alternativas para mudar essas condições desfavoráveis ao qual a sociedade das zonas interioranas tem se submetido. Os valores obtidos por meio da simulação computacional são suscetíveis a variações, porem mostram um potencial para aplicação e que tem como contribuir com o atendimento de demandas de médio e pequeno porte.

Não obstante ao potencial energético e de fonte renovável já enfatizado, a redução de consumo de combustíveis fósseis já é um excelente motivo para não medir esforços para desenvolver as tecnologias fotovoltaicas no estado do Amazonas. Garantir o mínimo de emissão de gases poluentes provenientes da queima do Diesel, assim como minimizar os impactos ambientais deve ser observado com maior comprometimento.

O modelamento apresentou resultados favoráveis que otimizam a qualidade no atendimento a demanda de energia elétrica, redução de combustível para geração de energia, redução de GEE, economia que poderá ser utilizada na implantação de novas usinas. Além desses resultados a alternativa mostra-se promissora por ser flexível podendo esta ser implantada em áreas terrestres sob a superfície de áreas alagadas ou reservatórios das hidrelétricas.

Quando observado do ponto de vista de operação e manutenção de uma usina fotovoltaica pode-se entender e apresentar as vantagens que o sistema possui em relação aos demais predominantes no estado. Devido a simplicidade ainda existe o ganho de eficiência com a utilização de mão de obra local para prestar tais serviços, diminuindo assim o envio de mão de obra dos grandes centros urbanos e gerando novos empregos para a população local.

Mediante exposto, as usinas fotovoltaicas apresentam-se, significativamente, como alternativa para atendimento as demandas energéticas do Estado do Amazonas. É necessário a realização de investimentos em estudos que viabilizem dados em campo e práticos para uma real determinação dos resultados que se mostram promissores e idôneos.

É necessário disponibilizar tempo e recurso para a exploração da energia solar e do potencial que a região amazônica possui. Explorar melhor a possibilidade de uma geração híbrida em conjunto com as termoelétricas que no momento atendem em parte a necessidade local, porem deixam a desejar em outros aspectos, como por exemplo as políticas ambientais.

Há ainda muito a ser realizado, e com a ajuda do estado, novos e promissores estudos ainda terão como alvo otimizar e promover a geração de energia elétrica por meio de usinas fotovoltaicas na Amazônia, pois este certamente é um futuro que logo tornar-se-á realizada para aqueles que iniciarem primeiro na corrida por desenvolver esta poderosa oportunidade de desenvolvimento tecnológico.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Desenvolver estudo voltado para a geração de energia em regime híbrido, onde poderão ser alternadas a utilização das usinas termoelétricas com as fotovoltaicas utilizando a mesma rede de transmissão de energia, reduzindo custos de implantação e melhorando o rendimento e a eficiência da prestação de serviço das concessionárias.

Apresentar propostas de estudos de desenvolvimento de pequenas usinas solares com objetivo de atender comunidades de menor densidade demográfica, comunidades ribeirinhas ou até mesmo comunidades indígenas mais isoladas que os pequenos municípios.

Desenvolver estudo voltado para atendimento aos municípios de várzea aplicando a tecnologia de geração de energia por meio de painéis fotovoltaicos flutuantes nos lagos existentes na bacia amazônica, por exemplo, o Lagos dos Reis, localizado no município do

Careiro da Várzea, Amazonas, que possui uma comunidade local e uma demanda por energia elétrica que poderia ser melhor ofertada através do uso da tecnologia proposta.

REFERÊNCIAS

ABINEE, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira**. LCA. 2012. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>>. Acessado em: 30 de junho de 2022.

ABSOLAR, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ed.). **Potencial solar brasileiro poderia atender demanda de energia elétrica de 170 brasileiros**. 2018. Disponível em: <http://absolar.org.br/noticia/noticias-externas/potencial-solar-brasileiro-poderia-atender-demanda-de-energia-eletrica-de-170-brasis.html>. Acesso em: 11 jul. 2020.

ABSOLAR, Associação Brasileira de Energia Solar. **Geração Distribuída Solar Fotovoltaica**. Encontro Nacional das Agentes do Setor Elétrico – ENASE. Rio de Janeiro, 2016.

ADVFN. **Cotação do Dólar em 2018**. ADVFN, 2022. Disponível em: <https://br.advfn.com/moeda/dolar/2018>. Acessado em: 05 de julho de 2022.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA (ANEEL). **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. Brasília – DF. 2ª Edição. 2005.

ARAÚJO, Erika; **ANEEL debate o futuro do setor elétrico com foco em renováveis**; Canal Solar, 2022. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/aneel-debate-o-futuro-do-setor-eletrico-com-foco-em-renovaveis/>. Acessado em: 25 de junho de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9001:2008: Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2008.

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. **Energia Solar: estudo de geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. 2019. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Ciências Exatas e Aplicações da Universidade Federal de Ouro Preto – MG. 2019.

ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR; Enio Bueno; Fernando Ramos Martins; André Rodrigues Gonçalves; Rodrigo Santos Costa; Francisco J. Lopes de Lima; Ricardo Ruther; Samuel Luna de Abrel; Gerson Tiepolo; Silvia Vitorino Pereira; Jefferson Gonçalves de Souza. 2ª Ed. São José dos Campos: INPE, 2017.

BARBOSA, Evandro Brandão. **Energia Elétrica em Manaus: fontes, produção e perspectivas**. fontes, produção e perspectivas. 2010. Disponível em: <https://administradores.com.br/artigos/energia-eletrica-em-manaus-fontes-producao-e-perspectivas>. Acesso em: 12 jul. 2020.

BASTOS, Robson de. **IMPLANTAÇÃO E SUSTENTABILIDADE DO PROGRAMA LUZ PARA TODOS NO ESTADO DO AMAZONAS**. 2014. 22 f. TCC (Pós-Graduação) - Curso de Pós-graduação Lato Sensu em Gestão e Políticas Públicas, Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo, São Paulo, 2014.

BOREAL SOLAR ENERGIA RENOVÁVEL (Goiânia) (ed.). **Potencial de Energia Solar: Quais as melhores regiões brasileiras para captação da luz solar**. 2016. Disponível em:

<http://borealsolar.com.br/blog/2016/10/26/potencial-de-energia-solar-quais-as-melhores-regioes-brasileiras-para-captacao-da-luz-solar>. Acesso em: 15 jul. 2020.

BRASIL. Despacho nº 1.815, de 23 de junho de 2020. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, nº 119, 24 de junho de 2020. Seção 1. Pg.116.

CAMELO, H.N. et al. **Previsão de velocidade média do vento através da utilização e modelagem Auto Regressiva de Médias Móveis (ARMA) em região Serrana do estado do Ceará**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.4, n._, p. 17-29, 2015.

CCEE, 2022. Disponível em < <https://www.ccee.org.br/>>. Acessado em 21 de junho de 2022.

CENTRO DE SOLUÇÕES DE ENERGIA LIMPA. **RETSscreen clean energy management software**. 2022. Disponível em: < <https://cleanenergysolutions.org/resources/>>. Acesso em: 02 de julho de 2022.

CIDADE SUSTENTÁVEL. **Piauí instala a maior usina de energia fotovoltaica da América Latina**. 2018. Disponível em: <https://fundacaoverde.org.br/>. Acessado em: 28 de junho de 2022.

DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico**. IPEA- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Governo Federal. 2018. Disponível em: <>. Acesso em: 26 de junho de 2022.

DEMING, W. Edwards, **Qualidade: a revolução da Administração**; Rio de Janeiro: Marques – Saraiva, 1990.

ELETOBRAS (org.). **PRESTAÇÃO TEMPORÁRIA DO SERVIÇO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA NO AMAZONAS**. Manaus: Eletrobras, 2018. 38 slides, color.

FACHIN, Odília. **Fundamentos da Metodologia**. 4ª Ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

FAPEAM. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (org.). **Pensando a Questão Energética na Amazônia**. 2006. Disponível em: <http://www.fapeam.am.gov.br/pensando-a-questao-energetica-na-amazonia/>. Acesso em: 13 jul. 2020.

FEARNSIDE, Philip Marlin. **Impactos das hidrelétricas na Amazônia e a tomada de decisão**. 2019. 28 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ciências Biológicas, Universidade de Michigan, Michigan, 2019.

FEARNSIDE, Philip M. **Impactos das hidrelétricas na Amazônia e a tomada de decisão sobre grandes obras**. Vol 1. Manaus: Editora IMPA, 2015.

FIGUEIREDO, Carlos Alberto, CARTAXO, Elizabeth Ferreira and SILVA, Ennio Peres da. **Indicadores do mercado de energia elétrica no Estado do Amazonas**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. **Proceedings online...** Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 23 de junho 2022.

FREITAS, Lamec Sampaio de *et al.* **Viabilidade de um sistema fotovoltaico ligado à rede em instituição pública**: Estudo de caso usando Retscreen. Revista Brasileira de Energias

Renováveis. 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/50713>>. Acesso em: 02 de julho de 2022.

HEXAGON. **Software de Engenharia Assistida por Computador (CAE)**. 2022. Disponível em: < <https://www.hexagonmi.com/> >. Acesso em: 02 de julho de 2022.

INFORME MANAUS. **Wilson Lima confirma iluminação em LED em São Gabriel da Cachoeira e energia solar em comunidades rurais**. Informe Manaus. 2022. Disponível em: <<https://informemanaus.com/>>. Acesso em: 02 de julho de 2022.

JUNFENG, L. et al. **A study on the pricing policy of wind power in China**. Brussels: GWEC, 2006.

JURAN, J. M. e GRZYNA, Frank M., **Controle da Qualidade**; tradução Maria Cláudia de Oliveira Santos; São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991 – v. 1. Conceitos, políticas e filosofia da qualidade.

LEITE, Jandecy Cabral. **Metodologia Científica e da Pesquisa e Elaboração de Trabalho de Pesquisa**. Manaus: Pós-Graduação Lato Sensu e Strictu Sensu. Instituto de Tecnologia Galileo da Amazonia – ITEGAM, 2013. Apostila.

MALZONI, Isabel. **Entenda a matriz energética brasileira**. 2010. Nova Escola. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/110/entenda-a-matriz-energetica-brasileira#>. Acesso em: 10 jul. 2020.

MATHYAS, A. M.; SOUZA, A.; CASSARES, M. A. R. (2018). **Energia solar potencializa produção extrativista na Amazônia**. In: In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 17 a 20, 2018, Gramado. Anais... Gramado: CBES, p. 1-9.

MERCEDES, S.S.P.; RICO, J.A.P.; POZZO, L.D.Y. **Uma revisão histórica do planejamento do setor elétrico brasileiro**. Revista USP, São Paulo, n. 104. p. 13 a 16, 2015.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO AMAZONAS. **MP-AM faz recomendação à concessionária de energia para impedir racionamento em Tabatinga**. Ministério Público do Estado do Amazonas. 2017. Disponível em: < <https://www.mpam.mp.br>>. Acesso em: 21 de junho de 2022.

NASCIMENTO, Mario George Andrade do. **Levantamento histórico da matriz energética em manaus**. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção: Qualidade e Meio Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. **Energia solar no Brasil: situação e perspectivas**. Consultoria Legislativa. 2017. Disponível em: < <https://www.camara.leg.br/radio>>. Acesso em: 25 de junho de 2022

NG SOLAR. **Vantagens e desvantagens da energia solar (2022)**. Disponível em: < <https://www.ngsolar.com.br/> >. Acesso em: 30 de junho de 2022.

OLIVEIRA, Silvio Luiz de. **Tratado de Metodologia Científica: projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

PINA, Jorge Henrique de Moraes *et al.* **Implementação de Usinas Fotovoltaicas com Geração Compartilhada**. 2018. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unievangélica, Anápolis, 2018.

PORTAL SOLAR; **Usina solar: todas as informações sobre a tecnologia no Brasil e no mundo**. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/usina-solar.html> >. Acesso em: 28 de junho de 2022.

PRODANOV, Cleber Cristiano. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ª Ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RODRÍGUEZ, Jorge Laureano Moya. **Sistemas Térmicos e Eficiência Energética**. Manaus: Instituto de Tecnologia e Educação Galileu da Amazônia, 2020. 83 slides, color.

RYLO, Ive. **Nova usina solar flutuante no AM deve atender 9,5 mil famílias até 2017**. G1. 2016. Disponível em: < <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2016/03/nova-usina-solar-flutuante-no-am> > Acesso em: 20 de junho de 2022.

SALIBA, Amaury *et al.* **Desafios para implantação da LT 500 kVTucuruí/Manaus**. 2014. Disponível em: <https://www.osetoelettrico.com.br/desafios-para-implantacao-da-lt-500-kv-tucuru-i-manau-s/>. Acesso em: 12 jul. 2020.

SANTANA, Silvia. FARIA, Alcides. **Estudo mostra o estrago que fazem as represas – Um problema também no Pantanal**. ECOA. 2022. Disponível em: < >. Acesso em: 29 de junho de 2022.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 23ª Ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SIEMENS. **Engenharia Auxiliado por Computador (CAE)**. 2022. Disponível em: < <https://www.plm.automation.siemens.com/> >. Acesso em em: 02 de julho de 2022.

SILVA, Malumara Ferreira. **Panorama da Energia Solar Fotovoltaico Centralizada no Sistema Elétrico Brasileiro: Evolução, Desafios e Tendências**. 2016. 32 f. Monografia. Curso de Graduação de Engenharia Civil ou Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Goiás. 2016.

STACHON, Patrícia Ruon. **Em Manacapuru, juiz condena concessionária de energia a indenizar consumidores por período de racionamento do serviço e aumento no valor da tarifa de luz**. Tribunal de Justiça do Estado do Amazonas. 2021. Disponível em: < <https://www.tjam.jus.br> >. Acesso em 24 de junho de 2022.

STUCHI, Gabriel Augusto Domingos. **Geração termoeétrica: principais componentes e tipos de centrais termoeétricas**. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica e Automação) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2015.

TRAJANO, Jéssica; BAYANCCO, Ytallo. **CPI: Municípios declaram insatisfação de 69% com serviços da Amazonas Energia**. Assembleia Legislativa do Estado do Amazonas. 2021. Disponível em: < >. Acesso em: 20 de junho de 2022.

<https://economia.uol.com.br/cotacoes/noticias/redacao/2018/12/28/dolar-fechamento-2018>.