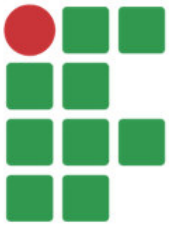


INSTITUTO FEDERAL
Paraíba
Campus João Pessoa

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

IASMIN PALMA BARBOSA

LEVANTAMENTO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO SOLAR EM UNIDADES DE SAÚDE DA GESTÃO PÚBLICA MUNICIPAL: UM ESTUDO DE CASO EM BARRA DE SANTA ROSA - PB

João Pessoa
2024

IASMIN PALMA BARBOSA

LEVANTAMENTO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO SOLAR EM UNIDADES DE SAÚDE DA GESTÃO PÚBLICA MUNICIPAL: ESTUDO DE CASO EM BARRA DE SANTA ROSA - PB

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador:
Prof. Dr. Franklin Martins Pereira Pamplona

João Pessoa
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Biblioteca Nilo Peçanha – IFPB, *Campus* João Pessoa

B238l Barbosa, Iasmin Palma.

Levantamento do potencial de geração solar em unidades de saúde da gestão pública municipal : um estudo de caso em Barra de Santa Rosa - PB / Iasmin Palma Barbosa. – 2024.

57 f. : il.

TCC (Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação da Paraíba / Unidade Acadêmica de Controle e Processos Industriais / Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Martins Pereira Pamplona.

1. Eficiência energética. 2. Potencial de geração solar. 3. Gestão energética municipal. I. Título.

CDU 620.91(043)

Bibliotecária responsável Lucrecia Camilo de Lima – CRB 15/132

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

FOLHA DE APROVAÇÃO

IASMIN PALMA BARBOSA

20172610001

"LEVANTAMENTO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO SOLAR EM UNIDADES DE SAÚDE DA GESTÃO PÚBLICA MUNICIPAL: UM ESTUDO DE CASO EM BARRA DE SANTA ROSA - PB"

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Trabalho aprovado pela banca examinadora em 09 de outubro de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

(assinaturas eletrônicas via SUAP)

Dr. FRANKLIN MARTINS PEREIRA PAMPLONA

IFPB (Orientador)

Dr. WALMERAN JOSÉ TRINDADE JÚNIOR

IFPB (Examinador Interno)

Me. KALINA PEREIRA MEDEIROS

IFPB (Examinadora Interna)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Franklin Martins Pereira Pamplona, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 14/10/2024 19:55:11.
- **Walmeran Jose Trindade Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 15/10/2024 11:21:24.
- **Kalina Pereira Medeiros**, **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 17/10/2024 08:58:15.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 11/10/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código 618490
Verificador: 81e0a40f0c
Código de Autenticação:

Dedico este trabalho a meus pais, Sandro e Suzete, por me apoiarem durante todas as etapas da minha vida, sendo meu porto-seguro. A eles toda a minha gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a toda a minha família, em especial meus pais e meus irmãos que sempre se fizeram presente na minha jornada acadêmica, me apoiando em todos os aspectos, dando força e suporte para que eu conseguisse chegar até essa etapa.

Aos meus amigos e colegas cativados durante a graduação, sou grata por toda a parceria e troca de experiências na vida acadêmica. Ao Ramo Estudantil IEEE que me abriu portas para o aprendizado e desenvolvimento de habilidades pessoais, bem como gestão de pessoas, planejamento e liderança.

Agradeço também a toda a equipe de docentes do curso de Engenharia Elétrica do IFPB, em especial o meu orientador Prof. Dr. Franklin Pamplona, por todo o aprendizado passado, todos os conselhos e orientações para me preparar da melhor forma possível profissionalmente.

No mais, agradeço a todas as pessoas que entraram na minha vida durante esta etapa e que me fizeram crescer pessoalmente e profissionalmente.

RESUMO

Diante da constante crescente procura de fontes alternativas de energia, o setor energético nacional enfrenta vários desafios para suprir tamanha demanda, tornando cada vez mais preciso o conceito da gestão energética. A busca por fontes de energia mais sustentáveis como uma alternativa, melhores modelos de gestão e mais conscientização em relação à energia indicam uma maior preocupação com a energia da matriz atual e com o futuro do meio ambiente. As prefeituras, em sua condição de unidade administrativa mais próxima pela população, são perguntadas com frequência sobre as razões dos problemas que persistem e sobretudo o que foi feito. Muitas administrações de necessidades municipais, no entanto, não têm os meios e recursos necessários, tecnológico e humano à disposição para apoiar adequadamente tais projetos e programas desenvolvidos por agências governamentais mais modulares ou agir de maneira eficaz para resolver esses problemas. Nesse contexto, este trabalho apresenta um estudo de caso que busca levantar o potencial de geração solar das unidades de saúde da cidade de Barra de Santa Rosa, no interior da Paraíba, a fim de fornecer subsídios para a criação de um plano municipal de gestão de energia elétrica. Os resultados indicaram que, mesmo considerando uma perda de 25% no sistema, os prédios públicos municipais de Barra de Santa Rosa analisados nesse estudo, têm potencial para gerar até o dobro da energia que consome através da geração distribuída com fontes renováveis.

Palavras-chave: Eficiência energética, potencial de geração solar, gestão energética municipal.

ABSTRACT

Given the ever-increasing demand for alternative energy sources, the national energy sector faces several challenges to meet such demand, making the concept of energy management increasingly necessary. The search for more sustainable energy sources as an alternative, better management models and greater awareness regarding energy indicate a greater concern with the energy of the current matrix and with the future of the environment. City halls, as the administrative unit closest to the population, are frequently asked about the reasons for the problems that persist and, above all, what has been done. Many municipal administrations, however, do not have the necessary means and resources, technological and human, at their disposal to support such projects and programs developed by more modular government agencies or to act effectively to solve these problems. In this context, this paper presents a case study that seeks to increase the solar generation potential of health units in the city of Barra de Santa Rosa, in the interior of Paraíba, in order to provide subsidies for the creation of a municipal electricity management plan. The results indicated that, even considering a 25% loss in the system, the municipal public buildings of Barra de Santa Rosa analyzed in this study have the potential to generate up to twice the energy they consume through distributed generation with renewable sources.

Keywords: Energy efficiency, solar generation potential, municipal energy management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Crescimento da capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil. 14
Figura 2 – Matriz energética brasileira. 15
Figura 3 – Estrutura de Implementação da GEM 21
Figura 4 – Passo a passo das atividades para apuração do potencial de geração 30
Figura 5 – Planta baixa da USF Anadita Lins 31
Figura 6 – Planilha de dados das fachadas da USF Anadita Lins 32
Figura 7 – Layout do telhado da USF Anadita Lins 32
Figura 8 – Esboço de módulo fotovoltaico Canadian CS6W-545MS 33
Figura 9 – Telhado com arranjo dos módulos 34
Figura 10 – Irradiação média diária de Barra de Santa Rosa/PB 36
Figura 11 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da USF Anadita Lins 46
Figura 12 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da USF José Ribeiro Diniz 46
Figura 13 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da USF Nossa Senhora da Conceição 47
Figura 14 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da USF Riacho da Cruz 47
Figura 15 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da USF Santa Rosa 48
Figura 16 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da USF Tancredo Neves ... 48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões das áreas das coberturas divididas por fachada..... 37
Tabela 2 – Quantidade de módulos por fachada em cada edificação..... 37
Tabela 3 – Consumo das edificações, média mensal e anual..... 39
Tabela 4 – Estimativa do potencial de geração das unidades com os módulos Canadian, desconsiderando a depreciação..... 39
Tabela 5 – Estimativa de potencial de geração das unidades com os módulos Canadian considerando a depreciação..... 40
Tabela 6 – Estimativa de potencial de geração das unidades levando em consideração 25% de perdas no sistema..... 40
Tabela 7 – Potencial energético de geração da USF Anadita Lins..... 49
Tabela 8 – Potencial energético de geração da USF Anadita Lins considerando a depreciação dos módulos..... 49
Tabela 9 - Potencial energético de geração da USF José Ribeiro Diniz..... 50
Tabela 10 - Potencial energético de geração da USF José Ribeiro Diniz considerando a depreciação dos módulos..... 51
Tabela 11 - Potencial energético de geração da USF Nossa Senhora da Conceição..... 51
Tabela 12 - Potencial energético de geração da USF Nossa Senhora da Conceição considerando a depreciação dos módulos..... 52
Tabela 13 - Potencial energético de geração da USF Riacho da Cruz..... 52
Tabela 14 - Potencial energético de geração da USF Riacho da Cruz considerando a depreciação dos módulos..... 53
Tabela 15 - Potencial energético de geração da USF Santa Rosa..... 54
Tabela 16 - Potencial energético de geração da USF Santa Rosa considerando a depreciação dos módulos..... 54
Tabela 17 - Potencial energético de geração da USF Tancredo Neves..... 55
Tabela 18 - Potencial energético de geração da USF Tancredo Neves considerando a depreciação dos módulos..... 55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CRESESB	Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito
DIPGEM	Departamento de Iluminação Pública e Gestão Energética Municipal
GD	Geração Distribuída
GEE	Gases de efeito estufa
GEM	Gestão Energética Municipal
GW	Giga-watt
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PEN	Política Energética Nacional
PLAMGE	Planos Municipais de Gestão da Energia Elétrica
PNE	Plano Nacional de Energia
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios
REN	Resolução Normativa
SCEE	Sistema de Compensação de Energia Elétrica
SIEM	Sistema de Informação Energética Municipal
UGEM	Unidade de Gestão Energética Municipal
USF	Unidade de Saúde da Família

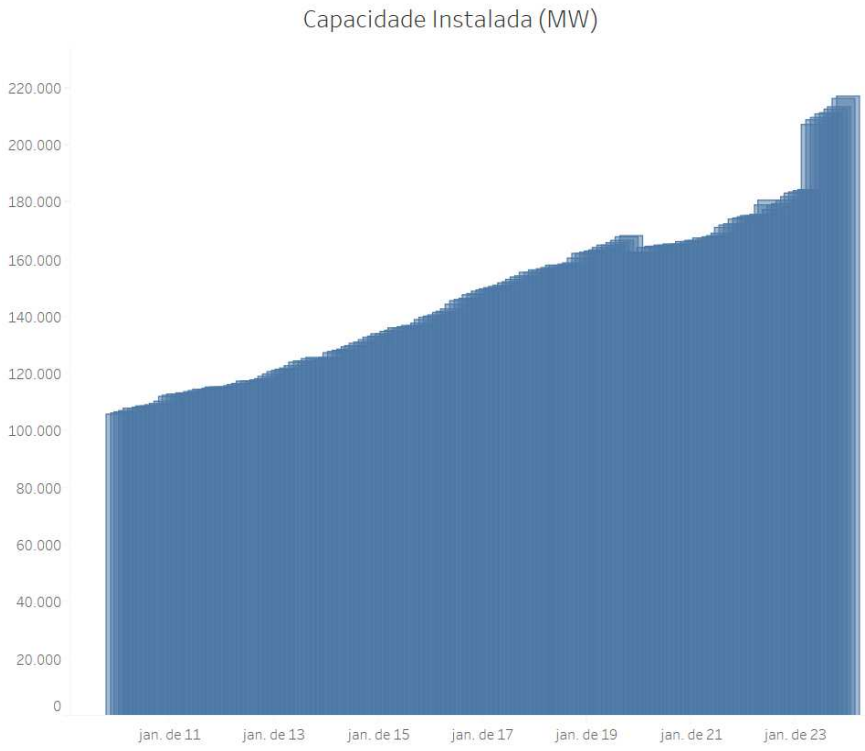
SUMÁRIO

Agradecimentos iv
Resumo v
Abstract vi
Lista de Ilustrações vii
Lista de Tabelas viii
Lista de Abreviaturas e Siglas ix
Sumário x
1 Introdução 14
1.1 Objetivos 18
1.1.1 Objetivo Geral 18
1.1.2 Objetivos específicos 18
1.2 Metodologia e Estrutura do Texto 18
2 Embasamento Teórico 20
2.1 Política Energética de Sustentabilidade 20
2.2 Gestão Energética Municipal 21
2.2.1 Eficiência Energética 22
2.2.2 Caracterização do local estudado 24
2.3 Sistemas Fotovoltaicos 24
2.3.1 Sistema de Compensação de Energia Elétrica 25
2.3.2 Módulos fotovoltaicos 26
2.3.3 Inversor 26
2.4 Posicionamento dos Módulos Fotovoltaicos 27
2.5 Ferramentas 27
2.5.1 Potencial Solar SunData v3.0 27
2.5.2 Autocad 28
2.5.3 Excel 28
3 Apuração do Potencial Energético de Geração Fotovoltaica 30
3.1 Levantamento das áreas dos telhados 31
3.2 Inspeção da Área Disponível e Arranjo dos Painéis 33
3.3 Taxa de ocupação dos telhados e cálculo de potencial de geração 34
3.4 resultados 37
4 Considerações Finais 42
Referências 44
APÊNDICE A – Arranjo dos módulos Fotovoltaicos nos telhados de cada edificação 46
APÊNDICE B – Potencial energético de Geração de cada edificação 49
ANEXO A – Datasheet do módulo fotovoltaico de referência 57

1 INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento populacional atrelado ao constante avanço tecnológico, os sistemas elétricos de transmissão e distribuição necessitam regularmente de robustez, uma vez que a energia elétrica torna-se cada vez mais um fator de extrema importância para a população. A Figura 1 indica o histórico da capacidade de geração de usinas controladas pela ONS no Brasil de janeiro de 2010 a janeiro de 2024, o que corrobora o fato de que esse aumento na demanda impulsiona a expansão e construção de usinas de geração, ocasionando, indiretamente, uma pressão crescente sobre o meio ambiente.

Figura 1 – Crescimento da capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil.

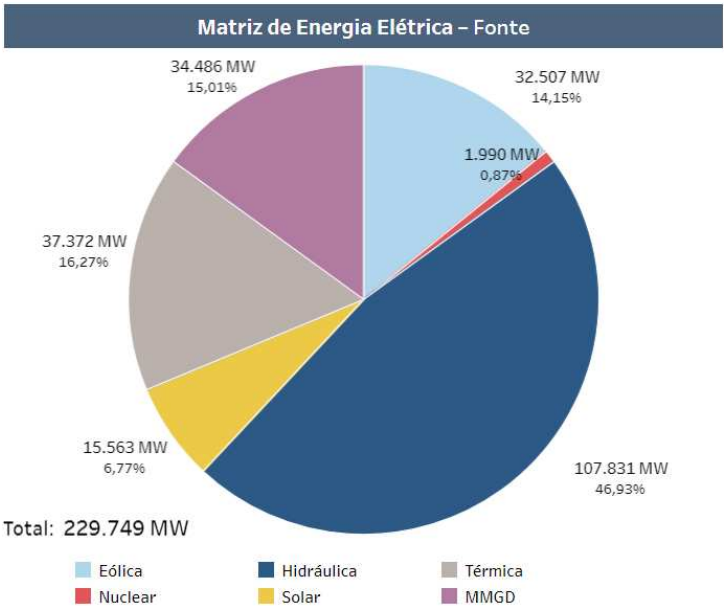


Fonte: (Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2024).

Dessa forma, o aumento de demanda reflete diretamente a necessidade de ampliação da oferta de energia no país. Historicamente, o se sobressai por possuir uma matriz energética com alta participação de fontes renováveis, especialmente quando comparado a outros países, como mostra a Figura 2. Abordagens praticáveis para conter a crescente demanda por energia incluem a ampliação das fontes de geração, a conclusão

de usinas em construção, ou até mesmo a importação de energia elétrica de outros países (ALVAREZ; SAIDEL, 1998). No entanto, essas alternativas podem resultar em impactos ambientais significativos, como poluição do ar, alagamento de grandes áreas, perda da vegetação nativa e consequentes alterações nos ecossistemas. Além disso, algumas dessas soluções podem ser financeiramente inviáveis, dependendo não apenas do governo e das concessionárias de energia, mas também de investimentos externos.

Figura 2 – Matriz energética brasileira.



Fonte: (Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2024).

Portanto, uma alternativa viável para minimizar a expansão de sistemas elétricos instalados seria o uso consciente e eficiente da energia elétrica, do ponto de vista do setor elétrico, ao mesmo tempo que diminui os custos e aprimora o desempenho dos sistemas de uso final (ALVAREZ; SAIDEL, 1998).

Consequentemente, o uso inteligente da energia elétrica está associado à preservação desse recurso e ao atendimento de interesses coletivos, como: a redução de custos para os consumidores; a diminuição dos impactos ambientais; a necessidade menor de investimentos em geração, transmissão e distribuição de energia; a redução do risco de escassez de energia; o aumento da confiabilidade do sistema elétrico; e o fortalecimento da competitividade das indústrias e produtos nacionais no mercado global (JANNUZZI, 2002)(GELLER, 1994).

Para este ano de 2024, a projeção da ANEEL é de aumento na conta de luz de 5,6% acima da inflação estimada em 3,9% pelo mercado financeiro, o que vem

acontecendo para o consumidor residencial desde 2021 (G1). Além disso, vale ressaltar que a busca por soluções econômicas e eficazes para a gestão do uso racional de energia elétrica no Brasil não é uma questão recente. Devido à crise energética, em 2001 foi adotada a primeira legislação relevante. A Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, estabelece a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e foi regulamentada pelo Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Este decreto determina, por exemplo, que "O Poder Executivo estabelecerá níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, com base em indicadores técnicos pertinentes." (BRASIL, 2001a) (BRASIL, 2001b).

As questões relacionadas à energia abrangem dimensões técnicas, econômicas, políticas, sociais e ambientais (COLLAÇO; BERMANN, 2017), tornando-se um tema de relevância global, não apenas para municípios ou países, mas para a cooperação e acordos energéticos entre nações. Com a crescente concentração populacional em grandes centros urbanos, em que o consumo de energia é mais intenso, é natural concluir que esses locais são os principais alvos para a implementação eficaz de projetos de eficiência energética.

No tocante ao Brasil, o planejamento energético tem ocorrido de forma centralizada, com abordagem voltada para a oferta, trazendo limitações que culminam dificuldades previamente citadas. Dessa forma, o Planejamento Energético descentralizado pode promover o desenvolvimento local, utilizando diferentes fontes de energia para alcançar a sustentabilidade, integrando a geração de energias renováveis e promovendo a eficiência e conservação energética de forma limpa (COLLAÇO; BERMANN, 2017).

Tratando-se de um desafio social que afeta a coletividade, é fundamental a implementação de políticas públicas para sua resolução. Nesse contexto, as instituições municipais desempenham um papel mais relevante no desenvolvimento da descentralização energética, podendo alcançar resultados mais significativos em comparação a outras esferas do poder público. A gestão energética descentralizada permite uma maior participação coletiva da população, fortalecendo a relação entre município e a população, gerando um senso de unidade e propósito comum, além de possibilitar um consumo de energia elétrica mais eficiente. Criado em 2003, o PROCEL Gestão Energética Municipal (GEM) é um dos subprogramas do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), uma iniciativa dos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, regulamentado pelo Decreto nº 3.789/91 e

administrado pela ELETROBRAS. Desde 1985, o programa tem se empenhado em transformar a cultura de desperdício. Assim, o conceito de geração distribuída tem se expandido tanto no Brasil quanto no mundo, atraindo mais investimentos e novos aderentes, o que está causando uma mudança significativa nas principais fontes de energia. Esse avanço também impacta diretamente uma das principais formas de aplicação do GEM nas cidades brasileiras, promovendo o uso eficiente e consciente da energia.

Dentre as diversas fontes de geração de energia renovável, destaca-se a fonte fotovoltaica como uma das mais difundidas e conhecidas, tanto no Brasil quanto internacionalmente. Com a utilização de diversos módulos, inversores e micro inversores, a energia solar fotovoltaica vem ganhando espaço como protagonista das formas de geração distribuída disponíveis, uma vez que possui capacidade de adaptação a necessidade do usuário. Como uma fonte de energia limpa e renovável, a energia fotovoltaica destaca-se no contexto da descentralização energética, oferecendo uma solução eficiente para promoção da sustentabilidade e economia a população.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise de geração solar das unidades de saúde da cidade de Barra de Santa Rosa-PB, demonstrando a aplicação prática do conceito de Gestão Energética Municipal. Para isso, serão utilizadas ferramentas como a avaliação do potencial de geração fotovoltaica em edificações públicas vinculadas à prefeitura.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com a finalidade de alcançar o objetivo principal, foram estabelecidos alguns objetivos específicos, que são:

- Levantamento das áreas disponíveis nos telhados de cada unidade pública e sugerir a disposição ideal de módulos solares em cada uma;
- Calcular o potencial de geração fotovoltaica nas áreas disponíveis dos telhados de cada edificação das unidades de saúde do município.

1.2 METODOLOGIA E ESTRUTURA DO TEXTO

Para a execução das atividades deste trabalho, foi necessário realizar um levantamento de campo no município de Barra de Santa Rosa-PB, a fim de obter informações precisas para os cálculos de eficiência energética focada na geração solar em cada edificação municipal. Com esses dados em mãos, a pesquisa foi conduzida para analisar o potencial de geração fotovoltaica, utilizando métodos alternativos e ferramentas computacionais gratuitas, o que dispensou a presença física e o deslocamento ao local de estudo. Através do uso de tecnologias e da internet, foi possível realizar o levantamento das áreas de cada unidade e calcular a energia elétrica que poderá ser gerada, visando a redução do consumo energético.

A estrutura deste trabalho está organizada em quatro capítulos. O Capítulo 1 é dedicado à introdução, em que é apresentado a problemática abordada, a metodologia utilizada e os objetivos, tanto específicos quanto gerais. O embasamento teórico,

necessário para a execução deste estudo, é detalhado no Capítulo 2, que oferece suporte científico para a realização das atividades, incluindo os regulamentos a serem seguidos e as ferramentas operacionais, computadorizadas ou manuais, necessárias para a análise energética municipal. No Capítulo 3, é apresentada a metodologia utilizada para o levantamento do potencial de geração fotovoltaica nas coberturas das edificações das unidades de saúde, comparando-o com o consumo de energia elétrica de cada uma, promovendo a inserção da geração distribuída no município com o uso de fontes renováveis de energia limpa e sustentável, tendo em vista economia e eficiência. Por fim, o Capítulo 4 estarão presentes as considerações finais do estudo.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo, serão descritas as ferramentas utilizadas para a aplicação da metodologia, bem como os conceitos fundamentais necessários para a realização das atividades e seus objetivos.

2.1 POLÍTICA ENERGÉTICA DE SUSTENTABILIDADE

Em 1997, com a promulgação da Lei nº 9.478, foi estabelecida a Política Energética Nacional (PEN), marcando um avanço significativo no setor energético brasileiro. Essa legislação criou o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e a Agência Nacional do Petróleo (ANP), órgãos responsáveis por coordenar e regular o desenvolvimento energético no país. A lei definiu os princípios fundamentais da PEN, entre eles, o aproveitamento racional das fontes de energia, com ênfase na conservação energética e na preservação ambiental. Com isso, o Brasil buscou alinhar o crescimento do setor energético com práticas sustentáveis, promovendo o uso eficiente dos recursos naturais (Brasil, 1997).

Uma política energética sustentável envolve mais do que o simples incentivo ao uso de energias renováveis; ela precisa integrar ações que promovam a conservação de energia e aumentem a eficiência energética. No contexto da sustentabilidade, essa abordagem deve contemplar aspectos ambientais, tecnológicos e sociais, tanto na produção quanto no consumo de energia (Philippi, 2016). Para que esses objetivos sejam atingidos, a gestão pública municipal deve desenvolver políticas e planos energéticos que estejam alinhados com a sustentabilidade, integrando essas diferentes dimensões e incentivando uma maior adoção de práticas energéticas conscientes e eficientes.

Para alcançar a sustentabilidade energética, é fundamental promover o uso racional das fontes primárias, incorporando fontes renováveis na geração de energia, reduzindo as emissões de gases poluentes e garantindo a eficiência ao longo de toda a cadeia energética — desde a geração até o consumo consciente. No entanto, o avanço dessa transição para fontes renováveis e o aprimoramento da eficiência energética dependem fortemente de políticas financeiras e fiscais que priorizem essa questão. Essas políticas devem incentivar investimentos, oferecer subsídios e criar mecanismos que

tornem a geração renovável mais competitiva, além de promover práticas de conservação e uso eficiente de energia.

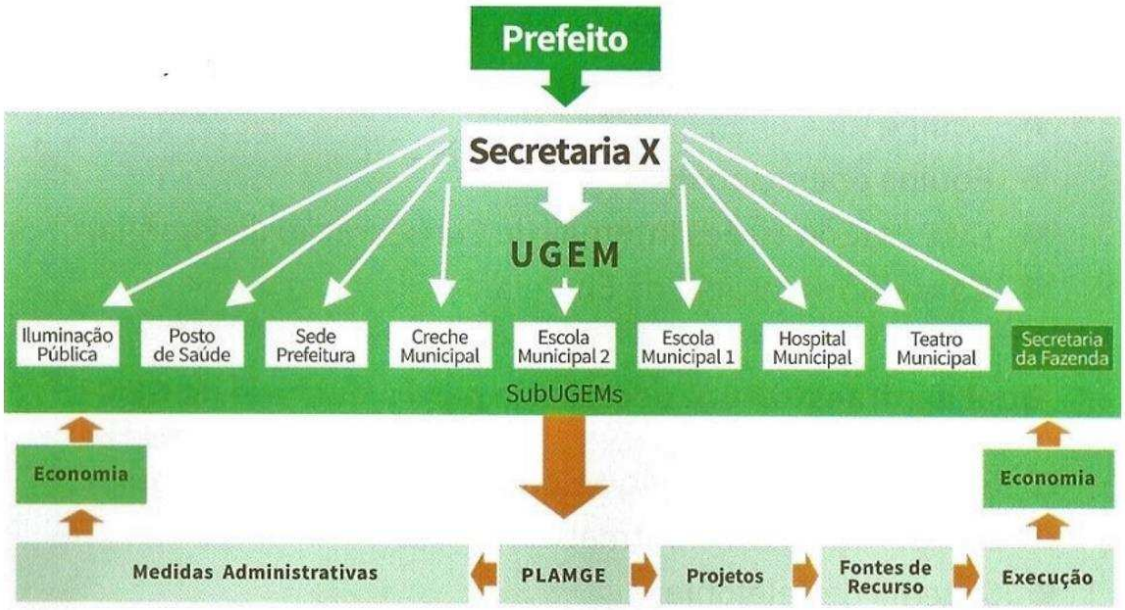
A implementação de políticas adequadas não apenas apoia a transição energética, mas também possibilita o desenvolvimento sustentável, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais e sociais relacionados ao uso de energia. Além disso, medidas voltadas para a eficiência energética, licenciamento ambiental, criação de tarifas de energia mais justas, estímulo do uso de tração elétrica e a valorização da matriz energética renovável são essenciais para uma política energética sustentável. Assim, tais providências podem integrar a agenda do governo nos próximos anos com o objetivo de reduzir o consumo de energia, diminuir o impacto ambiental e garantir uma energia acessível e sustentável para todos.

2.2 GESTÃO ENERGÉTICA MUNICIPAL

A Gestão Energética Municipal refere-se a um conjunto de ações integradas e coordenadas que visam otimizar o uso da energia elétrica nos órgãos e serviços sob responsabilidade da prefeitura. O objetivo principal dessas iniciativas é reduzir os custos de energia elétrica nas unidades consumidoras ligadas à administração pública municipal, o que resulta em uma maior eficiência nos gastos públicos. Além disso, tais ações buscam promover uma cultura de eficiência energética e incentivar o uso de fontes renováveis de energia em diferentes setores da sociedade (CERSA, 2018).

A Unidade de Gestão Energética Municipal (UGEM) desempenha um papel crucial na implementação da Gestão Energética Municipal (GEM) uma vez que opera por meio de programas ou grupos de projetos que visam reduzir o desperdício de energia elétrica. A UGEM organiza e executa essas ações, sendo responsável por coordenar o uso eficiente de energia nas instalações municipais. O processo é gerenciado e estruturado por meio de um Plano de Gestão Energética Municipal (PLAMGE), que define as estratégias e medidas a serem adotadas, como mostra a Figura 3, que também ilustra a configuração inicial da implantação da GEM.

Figura 3 – Estrutura de Implementação da GEM



Fonte: PROCEL GEM

Conforme apresentado na Figura 3, a implementação da GEM segue etapas fundamentais bem definidas. Iniciando pela criação, legitimação e capacitação da Unidade de Gestão Energética Municipal (UGEM), responsável pela coordenação das ações energéticas no município. Posteriormente, o Sistema de Informações Energéticas Municipais (SIEM), desenvolvido pela Eletrobras, é implementado para monitorar e apoiar as atividades de gestão energética. Assim, com essa estrutura estabelecida, elabora-se o Plano de Gestão Energética Municipal (PLAMGE), que define as diretrizes e estratégias a serem seguidas para a gestão eficiente de energia no município e, assim, as ações previstas são executadas, e as experiências e resultados obtidos são amplamente divulgados para fomentar a cultura de eficiência energética e inspirar novas práticas.

No tocante as vantagens propiciadas pela GEM, enfatiza-se a possibilidade de redução no consumo de energia elétrica, o que resulta em uma diminuição na conta de energia; o aproveitamento dos recursos energéticos do seu território; a preservação do meio ambiente; traz benefícios políticos e melhora a capacidade de negociação do município (CERSA, 2018).

2.2.1 Eficiência Energética

O investimento em eficiência energética é uma das poucas ações que geram benefícios acumulativos, fortalecendo a resiliência e segurança dos sistemas elétricos,

diminuindo as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e melhorando a produtividade e competitividade econômica. Por esses motivos, ela é considerada fundamental nos processos de transição para uma energia limpa e justa. Globalmente, a eficiência energética pode representar até 35% das reduções cumulativas de CO2 até 2050, conforme estimado pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2018). Devido a esses impactos positivos e acumulativos, a eficiência energética desempenha um papel fundamental na transição para uma energia limpa e justa, promovida por diversos governos em todo o mundo.

No tocante ao Brasil, a busca pelo fornecimento de energia elétrica por vias sustentáveis e com consumo consciente refletem o valor dessa iniciativa no país, uma vez que essa temática vem sendo abordada em razão de crises como a do petróleo em 1970, a de energia elétrica em 2001 e a crise hídrica de 2021. Com a crescente demanda por energia e as questões climáticas afetando a capacidade de geração, o Brasil busca soluções sustentáveis para evitar futuras crises. De acordo com o relatório final do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE), no cenário denominado "desafio da expansão", os ganhos em eficiência elétrica podem reduzir em 321 TWh o consumo de eletricidade até 2050, o que representa cerca de 17% do consumo total projetado. Isso seria equivalente a evitar mais do que o dobro do consumo de energia do setor industrial brasileiro em 2019, ou a necessidade de expandir a capacidade de geração em mais de 2,5 vezes a capacidade total da usina de Itaipu.

Assim, atender a mesma demanda energética de maneira mais econômica e otimizada das unidades geradoras, reduzindo o consumo de energia corrobora a definição de eficiência energética. Esse conceito se fundamenta no combate ao desperdício energético, apoiando-se em três pilares principais: pessoas, por meio da conscientização e educação sobre o uso responsável da eletricidade; informação, que visa alertar continuamente a população sobre a importância do uso eficiente de energia; e tecnologias, que permitem realizar as mesmas funções com menor consumo de energia (CERSA, 2018).

A implementação efetiva da eficiência energética no país requer diversas iniciativas para sua concretização. Isso inclui desde a criação de linhas de financiamento para tecnologias como eólica, fotovoltaica e biomassa, até ações promovidas pela Eletrobras no contexto do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, em colaboração com o Governo Federal e a iniciativa privada. Portanto, com os custos do consumo de energia elétrica aumentando continuamente e a sociedade

demandando maior eficiência na utilização dos recursos públicos, além de uma prestação de serviços mais efetiva, a GEM se apresenta como uma solução viável para promover uma maior eficiência energética nas cidades (Kurahassi, 2008).

2.2.2 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL ESTUDADO

O município de Barra de Santa Rosa encontra-se no interior do estado da Paraíba, na região geográfica imediata de Cuité-Nova Floresta. Com seu clima semiárido, a cidade localizada a, aproximadamente, 200 (duzentos) quilômetros da capital paraibana conta com cerca de 12900 (doze mil e novecentos) habitantes, ocupando uma área territorial total de 781 (setecentos e oitenta e um) quilômetros quadrados.

Dentro da organização administrativa do município, Barra de Santa Rosa se divide e em secretarias e órgãos, sendo eles: ação social e desenvolvimento econômico; administração; agricultura, abastecimento e meio ambiente; cultura, esporte e turismo; educação; finanças, planejamento e gestão fiscal; gabinete; infraestrutura e recursos hídricos; saúde.

As 12 (doze) unidades consumidoras classificadas no SubAgrupamento da Saúde do município somatizam cerca de R$ 4.621,20 de fatura de energia para os gastos referentes a energia elétrica, de acordo com o Gabinete da Prefeitura de Barra de Santa Rosa. Dentre esse valor, os 06 (seis) estabelecimentos analisados neste estudo refere-se a R$ 3.268,55 de desembolso referente aos gastos energéticos da cidade.

Diante do exposto, o presente trabalho busca oferecer um diagnóstico energético da cidade que poderá servir como base para a elaboração de um plano de ações no contexto da eficiência energética do Departamento de Iluminação Pública e Gestão Energética Municipal (DIPGEM).

2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Globalmente, o uso de energias renováveis teve um aumento significativo nas últimas décadas. Isso se deve à crescente conscientização sobre a escassez de recursos naturais, às evidentes mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global e à busca por tecnologias do futuro. As energias renováveis passaram a ser uma prioridade, representando 30% da eletricidade mundial em 2023, sendo eólica e solar as mais relevantes para esse aumento, de acordo com a consultoria Ember. Somado a isso, estima que, no ritmo atual de crescimento, o mundo instalará 593 GW de painéis fotovoltaicos

este ano, sendo 29% a mais do que foi instalado no ano de 2023. Em 2024, estima-se que 292 GW de capacidade solar foram instalados até o final de julho.

Sobre os sistemas fotovoltaicos, podem ser instalados de duas maneiras: de forma isolada (*off-grid*), em que é necessário o uso de baterias para armazenar a energia gerada, ou conectados à rede elétrica (*on-grid*), em que a energia produzida é injetada diretamente na rede através de inversores que se ajustam à frequência da concessionária local. Esses sistemas ganharam maior notoriedade a partir de 2012, quando a Geração Distribuída (GD) passou a ser regulamentada pela Resolução Normativa REN 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

No âmbito municipal, o incentivo do uso da energia solar fotovoltaica contribui tanto para a meta nacional de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) quanto para a economia em suas contas de energia. Prefeituras que investem nessa fonte renovável observam a diminuição de custos, atraem novos investimentos privados e impulsionam o desenvolvimento de um novo setor produtivo, gerando empregos locais de qualidade. Além disso, conquistam benefícios intangíveis, uma vez que o município também é reconhecido por sua consciência socioambiental, comprometido com a redução das despesas públicas e com o desenvolvimento econômico, ao fomentar novas oportunidades de mercado para pequenos negócios locais (SEBRAE, 2018).

Dessa forma, a modalidade de geração através de sistemas fotovoltaicos *on-grid* tornou-se uma escolha praticável para os municípios por serem modulares e de fácil implementação nos edifícios existentes como em unidades de saúde. Segundo Rüther (2004), os sistemas *on-grid* funcionam como geradores independentes de energia. Dessa forma, a energia gerada durante seu período de operação deve ser consumida diretamente pelo consumidor. Se a produção exceder o consumo, o excedente pode ser enviado para a rede elétrica. Por outro lado, se a geração for insuficiente para atender à demanda, a concessionária de energia será responsável por fornecer a energia complementar necessária.

2.3.1 Sistema de Compensação de Energia Elétrica

A Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022, estabelece o novo marco regulatório para a geração distribuída no Brasil, incluindo o Sistema de Compensação de Energia Elétrica SCEE). A lei introduz diversas mudanças e diretrizes, visando modernizar e expandir a geração de energia por fontes renováveis. O SCEE é um mecanismo pelo qual

a energia ativa é injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída na rede da distribuidora local, cedida a título de empréstimo gratuito e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa ou contabilizada como crédito de energia de unidades consumidoras participantes do sistema (BRASIL, 2022).

2.3.2 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Os módulos são formados por células fotovoltaicas conectadas em série ou paralelo para gerar tensão e corrente suficientes para a utilização eficiente da energia solar. Cada célula é constituída de materiais semicondutores, como o Silício (Si) e o Germânio (Ge), ou de combinações como o Arsenieto de Gálio (GaAs) e o Nitreto de Gálio (GaN). Isoladamente, as fotocélulas têm uma baixa tensão, variando entre 0,5 e 0,8V no caso das células de Silício. Assim, é necessário combinar as células em série para alcançar níveis de tensão adequados, resultando na soma das tensões individuais de cada fotocélula. Os módulos fotovoltaicos podem ser organizados em série ou em paralelo, dependendo da tensão e da corrente elétrica necessárias. É recomendável utilizar fotocélulas do mesmo fabricante, com potência e características elétricas semelhantes, para evitar problemas de incompatibilidade e o efeito *mismatch* (descasamento), que ocorre quando as células com menor fotocorrente limitam o desempenho do conjunto, resultando em uma eficiência reduzida dos módulos. Como componente gerador, o desempenho ideal dos módulos está diretamente relacionado à irradiação solar e à temperatura das células.

2.3.3 INVERSOR

Os inversores solares *on-grid* desempenham a função de converter a potência em corrente contínua (CC) gerada pelo sistema fotovoltaico em potência em corrente alternada (CA), que, em condições normais de qualidade aceitável, será injetada na rede elétrica de distribuição. O avanço da tecnologia em eletrônica de potência resultou em um aumento significativo na eficiência da conversão de CC para CA, ao mesmo tempo em que melhorou a confiabilidade e reduziu os custos. O principal objetivo no desenvolvimento dos inversores é gerar sinais de saída com baixo conteúdo harmônico e alto fator de potência. Isso é alcançado ao aumentar a frequência de comutação dos

semicondutores e ao aplicar um adequado processo de filtragem no sinal de saída (Cruz, 2009).

Os inversores, também chamados de conversores, são compostos por tiristores, em que cada par de tiristores recebe impulsos alternados, sincronizados com a frequência da rede elétrica. Quando a tensão da rede é aplicada, os tiristores entram em estado de bloqueio. Dessa forma, os inversores dependem da rede para realizar a comutação, pois os tiristores só podem alternar para o estado de condução quando a rede está ativa.

2.4 POSICIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

O posicionamento dos módulos no telhado de uma edificação possui impacto direto na eficiência de um sistema fotovoltaico. Para maximizar a eficiência, é essencial que os painéis sejam instalados de modo a permitir que os raios solares incidam de forma perpendicular sobre eles.

De acordo com (LUQUE e HEGEDUS, 2011), a orientação ideal dos painéis fotovoltaicos é em direção ao Sul ou Norte verdadeiros, dependendo da localização em relação à Linha do Equador, e não aos polos magnéticos. Os módulos devem ser inclinados em um ângulo entre 10º e 15º superior à latitude do local, devido às variações na disponibilidade de radiação solar ao longo das estações do ano.

Para garantir uma instalação eficiente dos módulos e alcançar a máxima potência disponível, é essencial, além da correta orientação, calcular a distribuição dos módulos ao longo do telhado da edificação. Isso envolve a consideração de fatores que possam interferir e comprometer o desempenho do sistema, como sombreamentos causados por árvores ou caixas d'água. Além disso, é importante avaliar a taxa de ocupação do telhado, prevendo espaço suficiente para permitir a circulação necessária durante a manutenção dos equipamentos instalados.

2.5 FERRAMENTAS

2.5.1 POTENCIAL SOLAR SUNDATA V3.0

O programa SunData é direciona-se para o cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do Brasil, servindo como uma ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, desenvolvido pelo CRESESB. A primeira versão do programa foi lançada em 1995, com o objetivo de auxiliar no dimensionamento

dos sistemas durante as diversas fases do PRODEEM, e no ano seguinte, foi adaptada para consulta online. As duas primeiras versões do SunData utilizaram dados do "Valores Médios de Irradiação Solar Sobre Solo Horizontal" do Centro de Estudos da Energia Solar (CENSOLAR, 1993), que continham informações sobre a irradiação solar diária média mensal em um plano horizontal para cerca de 350 pontos no Brasil e em países vizinhos.

Após a publicação da 2ª Edição do Atlas Brasileiro de Energia Solar em 2017, o CRESESB recebeu autorização para atualizar a base de dados do SunData. Este atlas foi produzido com base em 17 anos de imagens de satélite e informações de mais de 72.000 pontos em todo o território brasileiro, representando a fonte mais moderna de dados sobre irradiação solar no país. É importante destacar que as informações fornecidas são indicativas e possuem limitações devido aos modelos utilizados; por isso, recomenda-se realizar medições de irradiação no local de interesse para avaliações mais precisas.

2.5.2 AUTOCAD

O AutoCAD é um software de design assistido por computador (CAD) desenvolvido pela Autodesk, amplamente utilizado por arquitetos, engenheiros, designers e profissionais de diversas áreas para criar desenhos técnicos em 2D e 3D. Desde seu lançamento em 1982, o AutoCAD tem sido uma ferramenta essencial na indústria de design e engenharia, permitindo a criação precisa de projetos e a visualização de conceitos de maneira detalhada.

No âmbito deste trabalho, o software foi empregado para criar desenhos que representam a disposição da irradiação solar nos módulos fotovoltaicos instalados nos telhados das edificações analisadas. Essa abordagem auxilia na avaliação do potencial solar dessas estruturas.

2.5.3 EXCEL

O Microsoft Excel, comumente conhecido apenas como Excel, é um software de planilhas desenvolvido pela Microsoft, disponível para computadores com sistema operacional Windows, computadores Mac da Apple Inc., e dispositivos móveis como Windows Phone, Android e iOS. O programa oferece uma interface de fácil acesso e ferramentas avançadas para cálculos e criação de tabelas. Com esses recursos aliados a uma forte estratégia de marketing, o Excel tornou-se um dos aplicativos mais populares

até a atualidade. Desde a versão 5, lançada em 1993, e sua inclusão no pacote Microsoft Office, ele tem sido o líder indiscutível entre os programas de planilhas eletrônicas.

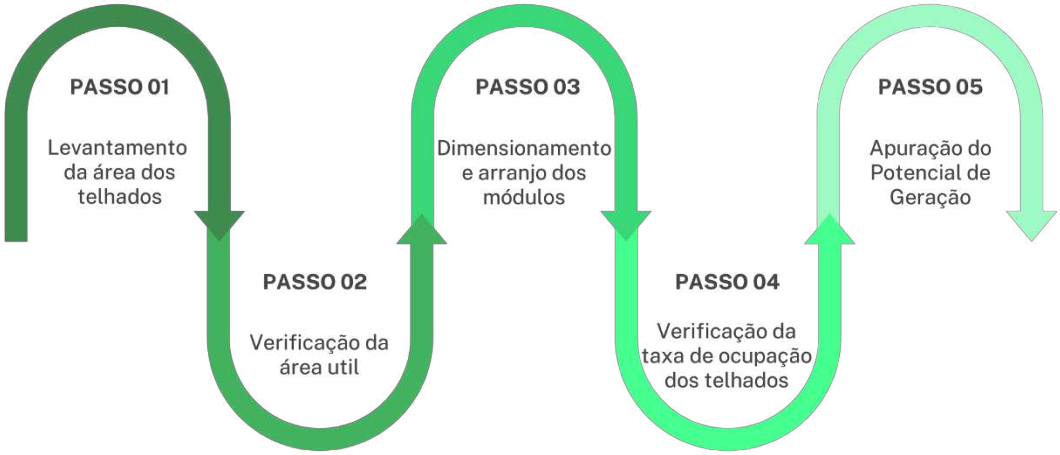
A principal funcionalidade dessa ferramenta empregada neste trabalho foi a elaboração das planilhas com os dados de dimensões das edificações, a partir dos levantamentos realizados em campo, inserção de dados de consumo, a partir das contas de energia, e realizar a elaboração dos cálculos de geração. Assim, foi possível corroborar os valores médios da apuração do potencial energético de geração fotovoltaica.

3 LEVANTAMENTO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Para a análise energética desta atividade, fez-se o levantamento do potencial energético de geração solar das edificações das unidades de saúde vinculadas a prefeitura de Barra de Santa Rosa-PB, com o intuito de disponibilizar uma solução que promova o uso de uma energia renovável e alternativa. Utilizando de metodologias acessíveis e gratuitas, esta pesquisa é consequência da participação da autora no Projeto Núcleo de Extensão Observatório Energético Municipal.

Diante disso, o procedimento deste estudo seguiu uma sequência de etapas para se obter o resultado definitivo, apresentado na Figura 4. Assim, cada etapa mencionada será descrita em detalhes, explicando sua metodologia de execução e as dificuldades enfrentadas durante o processo.

Figura 4 – Passo a passo das atividades para apuração do potencial de geração



Fonte: Autoria própria

A administração da cidade de Barra de Santa Rosa conta com 06 (seis) secretarias vinculadas, o gabinete do prefeito e a procuradoria geral, bem como prédios de propriedade do município como escolas, creches e o posto de saúde. No entanto, foi possível analisar apenas 06 (seis) prédios públicos dentre as Unidades de Saúde da Família (USF), uma vez que a falta de dados levantados em campo inviabilizou a determinação da capacidade de geração dos demais.

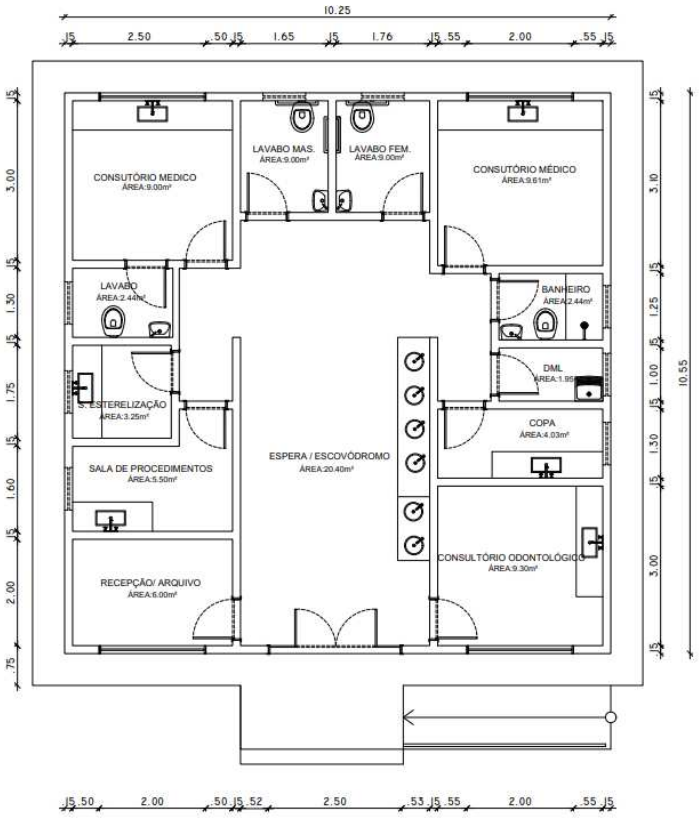
Dessa forma, foi elaborado o levantamento do potencial energético de geração solar nas seguintes edificações:

- USF Anadita de Oliveira Lins;
- USF José Ribeiro Diniz;
- USF Nossa Senhora da Conceição;
- USF Riacho da Cruz;
- USF Santa Rosa;
- USF Tancredo Neves.

3.1 LEVANTAMENTO DAS ÁREAS DOS TELHADOS

Diante da dificuldade encontrada em relação as imagens de todas as edificações desse estudo pelo Google Earth, foi realizado apenas o levantamento *in loco* para ter a dimensão das unidades e, assim, realizar o levantamento da área dos telhados a partir das fachadas. Juntamente com a captação dos dados dos perímetros das edificações, foi solicitado a Prefeitura o desenho da planta baixa de cada unidade com suas respectivas dimensões, como visto na Figura 5, para melhor compreensão das áreas estudadas.

Figura 5 – Planta baixa da USF Anadita Lins



Fonte: Prefeitura Municipal de Barra de Santa Rosa

Com os perímetros das edificações em mãos, foi coletado as dimensões das fachadas norte, sul, leste e oeste para obtenção de maior precisão do valor da área dos telhados, como exemplificado na Figura 6.

Figura 6 – Planilha de dados das fachadas da USF Anadita Lins

Fachada Norte

Medidas externas		Aberturas			Protecão Solar			Absortância/Transmitância	
Comprimento (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Tipo de Vidro	Tipo	D1	D2	Cor	Caracteristica Construtiva da Parede	Caracteristica Construtiva da Cobertura
8,6	3,1	0,45	0,45	Incolor 2mm				23 Cinza BR	3 - Parede de Tijolos Ceramicos de 6 furos rebocados em ambas as faces	7 - Telhado com telha de barro sem forro

Fachada Leste

Medidas externas		Aberturas			Protecão Solar			Absortância/Transmitância	
Comprimento (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Tipo de Vidro	Tipo	D1	D2	Cor	Caracteristica Construtiva da Parede	Caracteristica Construtiva da Cobertura
19,1	3,1	0,45	0,45	Incolor 2mm				23 Cinza BR	3 - Parede de Tijolos Ceramicos de 6 furos rebocados em ambas as faces	7 - Telhado com telha de barro sem forro
		1,2	0,75	Incolor 2mm						
		1,2	2,1	Incolor 2mm						

Fachada Sul

Medidas externas		Janelas			Protecão Solar			Absortância/Transmitância	
Comprimento (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Tipo de Vidro	Tipo	D1	D2	Cor	Caracteristica Construtiva da Parede	Caracteristica Construtiva da Cobertura
8,6	3,1	0,45	0,45	Incolor 2mm				23 Cinza BR	3 - Parede de Tijolos Ceramicos de 6 furos rebocados em ambas as faces	7 - Telhado com telha de barro sem forro

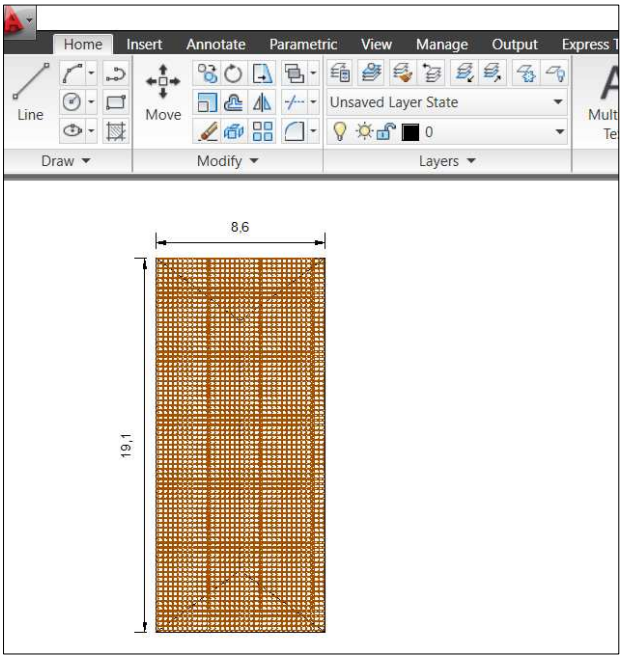
Fachada Oeste

Medidas externas		Janelas			Protecão Solar			Absortância/Transmitância	
Comprimento (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Tipo de Vidro	Tipo	D1	D2	Cor	Caracteristica Construtiva da Parede	Caracteristica Construtiva da Cobertura
19,1	3,1	1,2	0,75	Incolor 2mm				23 Cinza BR	3 - Parede de Tijolos Ceramicos de 6 furos rebocados em ambas as faces	7 - Telhado com telha de barro sem forro
		1,2	0,75	Incolor 2mm						
		1,2	0,75	Incolor 2mm						
		1,2	0,75	Incolor 2mm						
		1,2	0,75	Incolor 2mm						
		0,45	0,45	Incolor 2mm						

Fonte: Autoria Própria

Com isso, através do software AutoCad e com os valores obtidos no levantamento das coberturas, foi possível elaborar um desenho simples da vista superior, como visto na Figura 7, possibilitando uma melhor visualização do telhado, buscando facilitar a etapa de disposição dos painéis fotovoltaicos nas áreas úteis disponíveis.

Figura 7 – Layout do telhado da USF Anadita Lins



Fonte: AutoCad

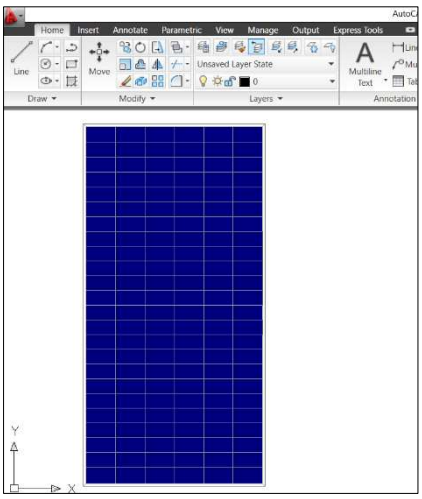
3.2 INSPEÇÃO DA ÁREA DISPONÍVEL E ARRANJO DOS PAINÉIS

O próximo passo, após o levantamento das áreas das edificações, foi determinar as áreas disponíveis adequadas para a instalação dos painéis, e assim, definir a quantidade final de módulos que poderiam ser inseridos no telhado analisado. Considera-se como área útil toda a superfície disponível para a instalação das placas fotovoltaicos, levando em conta as zonas de circulação e excluindo áreas com sombreamento ou outros fatores que possam prejudicar a eficiência do sistema de geração.

As áreas destinadas à circulação são essenciais não apenas para facilitar a instalação e a manutenção do sistema fotovoltaico, mas também para garantir um acesso eficiente aos equipamentos. Considerando todos esses fatores e adotando um valor de margem de segurança, utilizou-se apenas 40% da área útil total medida no local, com o auxílio do software AutoCad, para a disposição dos módulos.

Diante disso, com o auxílio do esboço do telhado pesquisado, é possível realizar uma representação de como estariam dispostos os arranjos dos módulos e de quantos deles poderiam compor o sistema de cada edificação em análise, levando em consideração a área apta disponível já vista anteriormente. Com esse intuito, foi adotado como modelo de referência o painel da marca CanadianSolar, de modelo CS6W-545MS, 545Wp de potência, uma vez que é acessível comercialmente e possui potência maior do que módulos mais antigos, aumentando assim a eficiência do sistema. Este módulo possui dimensões de 2,261 metros de comprimento por 1,134 metros de largura, compondo uma área total de ocupação de 2,564 m², esboçado também no AutoCad, conforme Figura 8.

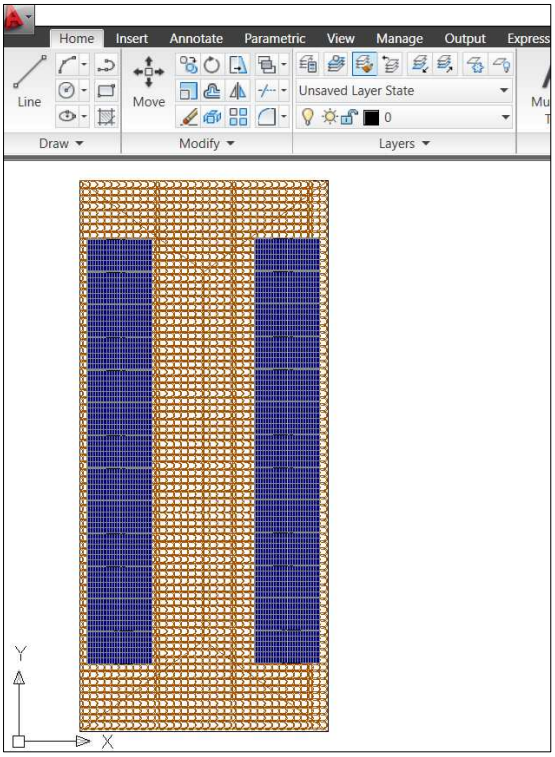
Figura 8 – Esboço de módulo fotovoltaico Canadian CS6W-545MS



Fonte: AutoCad

Em seguida, foi realizado o esboço dos arranjos dos módulos no layout elaborado para possibilitar uma visão mais concreta e tangível de como estariam dispostos os módulos no telhado avaliado. O resultado deste processo é apresentado na Figura 9. O datasheet dos módulos com mais detalhes e suas especificidades encontra-se no Anexo A.

Figura 9 – Telhado com arranjo dos módulos



Fonte: AutoCad

Essa metodologia retratada foi aplicada em cada umas das 06 (seis) edificações públicas citadas anteriormente, resultando assim numa área precisa das coberturas das USFs. As demais edificações com as disposições dos módulos fotovoltaicos encontram-se no Apêndice A.

3.3 TAXA DE OCUPAÇÃO DOS TELHADOS E CÁLCULO DE POTENCIAL DE GERAÇÃO

Após a identificação das áreas de coberturas adequadas para a instalação dos sistemas fotovoltaicos, tornou-se necessário calcular a área efetiva de geração, levando em consideração a taxa de ocupação de cada telhado. Esse cálculo foi realizado por meio da Equação 1, em que a taxa de ocupação foi estabelecida em 40%, contemplando tanto

o espaço destinado ao trânsito e à manutenção dos equipamentos quanto a presença de possíveis sombreamentos indesejáveis. Dessa forma, foi possível determinar a área disponível para geração em metros quadrados. O cálculo segue a Equação 1:

Equação 1 – Cálculo da taxa de ocupação

$$t(\%) = \frac{A_g}{A_T} \times 100, \quad (1)$$

em que *t* é a taxa de ocupação em porcentagem; A_g é a área de geração [m^2] e A_T é a área total do telhado [m^2].

Após a definição da área total do telhado, apresentado anteriormente, faz-se necessário. A área de geração refere-se à área total ocupada pelos módulos fotovoltaicos. Para calcular a Ag, basta multiplicar o comprimento, a largura e a quantidade total de módulos. Esse cálculo foi realizado para cada edificação e os resultados serão apresentados na próxima seção.

Por fim, o último passo consistiu no cálculo do potencial energético de geração. Esse cálculo foi realizado de forma geral, iniciando com a determinação da energia que poderia ser gerada anualmente. Em seguida, dividiu-se esse valor pela soma dos consumos anuais. Assim, foi possível determinar o quanto do consumo poderia ser compensado nas contas de energia, além apresentar possíveis potenciais excedentes de geração.

Para realizar o cálculo da energia gerada, inicialmente, deve-se calcular a quantidade de energia gerada por dia. Em seguida, passa-se para a estimativa da energia gerada por mês e, finalmente, da energia gerada anualmente. O cálculo da energia gerada por dia segue a Equação 2 apresentada a seguir.

Equação 2 – Cálculo da energia diária gerada

$$E_{gd} = A_g \times \eta_m \times \eta_i \times I_m, \quad (2)$$

em que E_{gd} é a energia gerada por dia [kWh/dia]; A_g é a área de geração [m^2]; η_m é a eficiência dos módulos; η_i é eficiência do inversor e I_m é a irradiação média diária [$kWh/m^2.dia$].

Os painéis adotados como modelo, da marca Canadian, possuem uma eficiência de 21,3%, conforme indicado no seu datasheet (ver Anexo A). Levando em conta o avanço tecnológico dos equipamentos, mas de forma conservadora, a eficiência dos inversores escolhidos foi considerada em 98,1%.

Uma maneira de obter a irradiação média diária de uma localidade é utilizando o software Potencial Solar SunData v 3.0, disponível online no site do CRESESB. Para acessar as informações desejadas, o usuário deve inserir as coordenadas geográficas da região em graus decimais. No caso da edificação analisada nesta seção, as coordenadas são 6.7247437º Sul e 36.0561695,15º Oeste. O software também permite a inserção das coordenadas em graus, minutos e segundos. Após esse procedimento, o programa fornece os dados solicitados, como demonstrado na Figura 10.

Figura 10 – Irradiação média diária de Barra de Santa Rosa/PB

Latitude: 6,721667° S
Longitude: 36,062778° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m².dia]																	
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
☑	Barra de Santa Rosa	Barra de Santa Rosa	PB	BRASIL	6,701° S	36,049° O	2,8	5,72	5,77	5,83	5,35	4,79	4,34	4,46	5,18	5,72	5,99	6,17	5,92	5,44	1,83
☐	Barra de Santa Rosa	Barra de Santa Rosa	PB	BRASIL	6,801° S	36,049° O	9,0	5,70	5,72	5,77	5,36	4,80	4,33	4,43	5,18	5,71	5,98	6,17	5,89	5,42	1,84
☐	Sossego	Sossego	PB	BRASIL	6,701° S	36,149° O	9,8	5,77	5,75	5,81	5,34	4,83	4,38	4,52	5,23	5,75	6,06	6,22	5,92	5,47	1,84

Fonte: CRESESB, Potencial Solar SunData v 3.0.

Após o cálculo da energia gerada diariamente, multiplica-se o resultado pelo número de dias de cada mês. Em seguida, somam-se as energias geradas em todos os meses, obtendo-se assim a geração anual para a região analisada. Com isso, foi possível elaborar o comparativo entre consumo e geração, determinando, assim, o quantitativo que o consumo total poderia ser reduzido e se haveria excedentes para possível compensação com a concessionária. Os valores resultantes dessas análises serão apresentados na próxima seção.

Adotando uma abordagem ainda mais conservadora, foi realizado o cálculo da energia gerada levando em consideração a depreciação dos painéis ao longo do tempo. De acordo com o *datasheet* do modelo Canadian, após 25 anos de uso, o módulo fotovoltaico ainda retém, aproximadamente 84,8% de sua eficiência inicial, o que foi considerado nas projeções de geração.

3.4 RESULTADOS

Primeiramente, para obter a área total das coberturas disponíveis, foi realizado um levantamento detalhado da área do telhado de cada unidade pública incluída na pesquisa, seguindo a metodologia previamente descrita. Para facilitar a visualização e organização dos dados, as edificações tiveram suas áreas divididas por fachadas, levando em conta a orientação geográfica de cada uma, incluindo também os telhados planos. Os valores resultantes desse levantamento são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dimensões das áreas das coberturas divididas por fachada

UNIDADE PÚBLICA	ORIENTAÇÃO				ÁREA TOTAL (m²)
	NORTE	SUL	LESTE	OESTE	
USF ANADITA LINS	8,6	8,6	19,1	19,1	164,26
USF JOSE RIBEIRO DINIZ	27,7	27,7	28,6	28,6	407,02
USF NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO	8,2	7,3	27,1	29,6	438,30
USF RIACHO DA CRUZ	10,3	10,3	10,2	10,2	105,06
USF SANTA ROSA	12,85	12,85	9,9	9,9	127,22
USF TANCREDO NEVES	18,4	18,4	15,5	15,5	285,20
TOTAL					1527,05

Fonte: Autoria Própria

Após o levantamento das áreas, o passo seguinte foi determinar a quantidade de painéis que cada telhado poderia comportar. Com isso, foi possível calcular a área total de geração. Todos os procedimentos detalhados na seção 3.2 foram aplicados a cada telhado, com os resultados apresentados no Apêndice A. A quantidade de painéis instalados nos telhados de cada edificação, também dividida por fachadas, está exposta na Tabela 2.

Tabela 2 – Quantidade de módulos por fachada em cada edificação

UNIDADE PÚBLICA	**QUANTIDADE DE PAINEIS POR FACHADA**				
	ORIENTAÇÃO				**TOTAL**
	NORTE	**SUL**	**LESTE**	**OESTE**	
USF ANADITA LINS	0	0	13	13	26
USF JOSE RIBEIRO DINIZ	40	23	0	0	63
USF NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO	34	34	0	0	68

USF RIACHO DA CRUZ	1	1	7	7	16
USF SANTA ROSA	0	0	10	10	20
USF TANCREDO NEVES	22	22	0	0	44
TOTAL					**237**

Fonte: Autoria própria

Com os dados de área total e útil dos telhados das edificações públicas, bem como a quantidade de módulos que podem ser instalados, foi possível calcular a taxa de ocupação global e a quantidade de energia que cada telhado poderia gerar anualmente. Para avaliar quanto do consumo poderia ser abatido, esses resultados foram comparados com o consumo individual anual das unidades.

As equações apresentadas na Seção 3.3 foram empregadas para calcular tanto a taxa de ocupação global quanto a energia gerada anualmente pelos módulos. Para isso, foram considerados alguns parâmetros. O módulo fotovoltaico utilizado possui uma área aproximada de 2,564 metros quadrados, permitindo o cálculo da área total de geração das coberturas. Assim, com um total de 237 painéis resultando em uma área total de 607,66 metros quadrados, foi possível utilizar a Equação 1 para determinar a taxa de ocupação global:

$$t(\%) = \frac{A_g}{A_T} \times 100 = \frac{607{,}66}{1527{,}05} \cong 39{,}79\%$$

Logo, conclui-se que foram utilizados aproximadamente 40% das áreas dos telhados para os arranjos dos módulos fotovoltaicos.

Para o último passo, a energia gerada anualmente pode ser determinada, levando em consideração o potencial total de geração. Para isso, utilizou-se a Equação 2, previamente apresentada, para calcular a energia gerada diariamente. Em seguida, multiplicou-se esse resultado pela quantidade de dias de cada mês e, posteriormente, somaram-se as energias geradas ao longo dos meses para obter a energia total gerada anualmente. Para fins demonstrativos, o resultado alcançado com módulos Canadian previamente definidos foram:

$$E_{gm} = E_{gd} \times 31$$

$$E_{gm} = A_g \times \eta_m \times \eta_i \times I_m \times 31$$

$$E_{gm} = 587{,}15 \times 0{,}2132 \times 0{,}981 \times 5{,}44 \times 31$$

$$E_{gm} = 21.432{,}727 kWh$$

A Tabela 3 apresenta os consumos médios de cada edificação obtidos pelo acesso à conta de energia de cada uma.

Tabela 3 – Consumo das edificações, média mensal e anual

UNIDADE PÚBLICA	CONSUMO MÉDIO (kWh)	
	MENSAL	ANUAL
USF ANADITA LINS	287,38	3448,56
USF JOSE RIBEIRO DINIZ	844,23	10130,76
USF NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO	2278,3	27339,6
USF RIACHO DA CRUZ	397	4764
USF SANTA ROSA	271,08	3252,96
USF TANCREDO NEVES	877,38	10528,56
TOTAL	**4955,37**	**59464,44**

Fonte: Autoria própria

Dando continuidade, para determinar a energia gerada anualmente foi realizado o cálculo descrito anteriormente na Equação 2, aplicado a cada mês, e a energia produzida em todos os meses foi somada. Ao final, esses valores foram comparados com o consumo total anual, resultando nos dados apresentados na Tabela 4. Os resultados a seguir consideram os painéis Canadian mencionados anteriormente, desconsiderando sua depreciação.

Tabela 4 – Estimativa do potencial de geração das unidades com os módulos Canadian, desconsiderando a depreciação

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	726,97	22535,95
FEVEREIRO	29	5,77	733,32	21266,30
MARÇO	31	5,83	740,95	22969,33
ABRIL	30	5,35	679,94	20398,26
MAIO	31	4,79	608,77	18871,89
JUNHO	30	4,34	551,58	16547,38
JULHO	31	4,46	566,83	17571,74
AGOSTO	31	5,18	658,34	20408,43
SETEMBRO	30	5,72	726,97	21808,99
OUTUBRO	31	5,99	761,28	23599,71
NOVEMBRO	30	6,17	784,16	23524,73
DEZEMBRO	31	5,92	752,38	23323,92
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**252826,63**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**59464,44**

POTÊNCIAL DE GERAÇÃO	425,17%

Fonte: Autoria própria

Assim, conclui-se que, para as edificações públicas analisadas, a cidade de Barra de Santa Rosa possui a capacidade de gerar mais de 4 vezes o seu consumo anual, em um cenário que desconsidera a depreciação dos módulos fotovoltaicos.

Utilizando as informações do datasheet dos módulos Canadian, os resultados foram recalculados levando em conta a depreciação dos painéis. De acordo com o datasheet, após 25 anos de uso, os módulos mantêm uma eficiência de 84,8%, equivalente a 18,06% de eficiência. Os resultados ajustados podem ser encontrados na Tabela 5.

Tabela 5 – Estimativa de potencial de geração das unidades com os módulos Canadian considerando a depreciação

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	615,81	19090,02
FEVEREIRO	29	5,77	621,19	18014,51
MARÇO	31	5,83	627,65	19457,14
ABRIL	30	5,35	575,97	17279,20
MAIO	31	4,79	515,68	15986,23
JUNHO	30	4,34	467,24	14017,15
JULHO	31	4,46	480,16	14884,88
AGOSTO	31	5,18	557,67	17287,82
SETEMBRO	30	5,72	615,81	18474,22
OUTUBRO	31	5,99	644,87	19991,12
NOVEMBRO	30	6,17	664,25	19927,61
DEZEMBRO	31	5,92	637,34	19757,51
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**214167,40**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**59464,44**
POTÊNCIAL DE GERAÇÃO				**360,16%**

Fonte: Autoria própria

A Tabela 6 a seguir apresenta o potencial de geração das unidades levando em consideração uma degradação total do sistema de 25%, o que inclui todos os componentes que compõem um sistema fotovoltaico.

Tabela 6 – Estimativa de potencial de geração das unidades levando em consideração 25% de perdas no sistema

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)

JANEIRO	31	5,72	406,02	12586,76
FEVEREIRO	29	5,77	409,57	11877,63
MARÇO	31	5,83	413,83	12828,81
ABRIL	30	5,35	379,76	11392,82
MAIO	31	4,79	340,01	10540,31
JUNHO	30	4,34	308,07	9242,02
JULHO	31	4,46	316,59	9814,15
AGOSTO	31	5,18	367,69	11398,50
SETEMBRO	30	5,72	406,02	12180,73
OUTUBRO	31	5,99	425,19	13180,89
NOVEMBRO	30	6,17	437,97	13139,01
DEZEMBRO	31	5,92	420,22	13026,85
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**141208,48**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**59464,44**
POTÊNCIAL DE GERAÇÃO				**237,47%**

Fonte: Autoria própria

Com base nos resultados apresentados nas Tabelas 4 e 5, é possível concluir que a depreciação dos módulos ao longo dos anos reduz o potencial de geração do sistema. No entanto, isso não desqualifica a instalação do sistema, uma vez que, mesmo considerando essas perdas, ainda é viável produzir mais que 2 vezes o consumo anual das unidades públicas analisadas, como evidenciado na Tabela 6.

Vale salientar que já existem módulos mais eficientes no mercado e a utilização destes resultaria em um sistema ainda mais robusto e eficaz para o município de Barra de Santa Rosa.

No mais, a metodologia descrita neste capítulo foi aplicada a cada uma das unidades de forma individual e os resultados obtidos por meio desses procedimentos estão disponíveis no Apêndice B. As operações realizadas nesta análise consideram tanto a depreciação dos módulos quanto a eficiência de referência dos módulos Canadian.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentado fornece um diagnóstico energético para a cidade de Barra de Santa Rosa, utilizando as edificações vinculadas à prefeitura municipal como base. O objetivo é fornecer fundamentos científicos e elementos para a criação de um plano de gestão de energia elétrica eficiente. Os resultados indicam que as perspectivas para a gestão energética municipal podem oferecer resultados efetivos para atender à demanda de energia, como o aproveitamento do potencial de geração solar disponível no município.

Pode-se concluir que os objetivos do trabalho foram atingidos uma vez que a implementação de sistemas fotovoltaicos representa um investimento significativo em geração distribuída, surgindo como uma alternativa robusta, especialmente considerando o potencial de geração da cidade. Essa abordagem não só promove a eficiência energética, mas também garante uma economia financeira substancial ao longo do tempo.

Apesar dos resultados positivos, no processo de levantamento da área das edificações foi identificado uma deficiência na obtenção das áreas de coberturas, uma vez que as imagens fornecidas pelo Google Earth se encontram antigas e com baixa resolução. Com isso, com o auxílio das coordenadas e utilização de drones, seria possível realizar um estudo mais exato sobre a disposição dos módulos nas coberturas, uma vez que seria possível captar imagens reais com suas dimensões e, assim, dispor com mais exatidão a composição dos arranjos dos painéis fotovoltaicos.

O levantamento do potencial de geração solar das unidades de saúde revela que, ao empregar essa fonte de energia renovável e de baixo impacto ambiental, é possível alcançar níveis de geração que podem ser até 2 vezes superiores ao consumo de energia elétrica das edificações analisadas. Com base nessas informações, é possível concluir que investir nessa fonte de energia é eficaz para proporcionar maior economia ao município, além de gerar um retorno financeiro significativo, agregando valor e promovendo inovação para a prefeitura.

Portanto, com base nos resultados obtidos neste estudo, é possível concluir que a implementação de um plano eficaz de Gestão Energética Municipal na cidade de Barra de Santa Rosa pode trazer inúmeros benefícios, incluindo uma economia financeira significativa. Os dados apresentados aqui oferecem uma base sólida para a realização desse plano estratégico. Assim, fica evidente que, por meio de uma melhor estruturação e alocação de capital em investimentos acessíveis, é viável promover o bem-estar da

população e fortalecer políticas públicas, por meio de edifícios públicos mais eficientes e do uso de fontes renováveis para a geração de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, André Luiz Montero. **Uso racional e eficiente de energia elétrica: metodologia para determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares**. 1998. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BRASIL. Decreto nº4.059 de 19 de dezembro de 2001. Brasília - DF, 2001b. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a **Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências**. Acesso em 30 de 04 de 2024, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm.

BRASIL. Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997. Dispõe sobre a **Política Energética Nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências.** Acesso em 13 de 05 de 2024, disponível em https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=9478&ano=1997&ato=a0bUzaU90MJpWTb7b.

BRASIL. Lei nº10.295 de 17 de outubro de 2001. Brasília - DF, 2001a. Dispõe sobre a **Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências**. Acesso em 30 de 04 de 2024, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10295.htm.

BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro 2022**. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências.** Acesso em 17 de 09 de 2024, disponível em: https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821.

CARREGOSA, Lais. **Conta de luz cresce acima da inflação e pesa no bolso do consumidor; entenda de onde vem o aumento**. G1, Brasília, 06 mar. 2024. Acesso em 18 de 09 de 2024, disponível em: https://oglobo.globo.com/opiniao/artigo-nao-ha-solucao-final-23969074.

CENSOLAR, 1993. **Valores Medios de Irradiacion Solar Sobre Suelo Horizontal** - Centro de Estudos de la Energia Solar. Sevilla.

CERSA, 2018. **Gestão Energética Municipal**. João Pessoa, PB, 2018.

CRESESB. (2024). Potencial Solar SunData v 3.0. Acesso em 16 de 09 de 2024, disponível em: https://cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata.

CRUZ, I. C., 2009. **Fundamentos, Dimensionado y Aplicaciones de la Energia Solar Fotovoltaica. Inversores Conectadosa red y autónomos**. v. 1, cap. 11, pp. 1611-1622.

COLLAÇO, Flávia Mendes de Almeida; BERMANN, Célio. Perspectivas da Gestão de Energia em âmbito municipal no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 213-235, 2017.

GELLER, H. **O uso eficiente da eletricidade: Uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil**. Rio de Janeiro: INEE: ACEEE, 1994.

GRAHAM, Euan; FULGHUM, Nicolas. **Solar power continues to surge in 2024**. Ember, 19 de set. 2024. Acesso em 23 de 09 de 2024, disponível em: https://ember-climate.org/insights/in-brief/solar-power-continues-to-surge-in-2024/.

IEA. Energy Efficiency 2018 – **Analysis and Outlook to 2040**. Paris: OECD/IEA, 2018. Acesso em 16 de 09 de 2024, disponível em:. https://iea.blob.core.windows.net/assets/d0f81f5f-8f87-487e-a56b-8e0167d18c56/Market_Report_Series_Energy_Efficiency_2018.pdf.

JANNUZZI, G. de M. Aumentando a eficiência nos usos finais de energia no Brasil. **Sustentabilidade na Geração e o Uso da Energia no Brasil: os próximos 20 anos**, v. 35, 2002.

KURAHASSI, Luiz Fernando et al. **Gestão da energia elétrica: bases para uma política pública municipal**. Revista Brasileira de Energia, v. 14, n. 2, p. 47-65, 2008.

LUQUE, A.; HEGEDUS, S. **Handbook of Photovoltaic Science and Engineer-ing**. 2o. ed. [S.l.]: John Wiley and Sons, Ltd., 2011. p. 985-990.

PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; REIS, Lineu Belico dos. A questão energética e sua relação com a sustentabilidade: à guisa de introdução. **Energia e sustentabilidade**, 2016.

PROCELInfo (2019). **O programa**. Acesso em 19 de 09 de 2024, disponível em: http://www.procelinfo.com.br/main.asp?Team=%7B505FF883-A273-4C47-A14E-0055586F97FC%7D.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Editora UFSC, 2004.

SEBRAE, Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Energia Solar Fotovoltaica para os municípios**. Bahia, 2018. Acesso em 16 de 09 de 2024, disponível em: https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/f8ed658ccf8b66c56be84932baa5b490/$File/19628.pdf

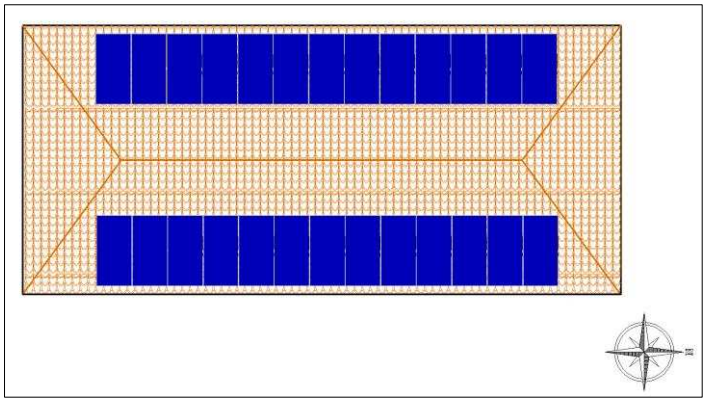
ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Sistema Integrado Nacional. **Histórico da operação (2024a).** Disponível em: https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/capacidade_instalada.aspx. Acesso em: 30 de 04 de 2024.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Sistema Integrado Nacional. **O sistema em números (2024b).** Disponível em: https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros. Acesso em: 30 de 04 de 2024.

APÊNDICE A – ARRANJO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS NOS TELHADOS DE CADA EDIFICAÇÃO

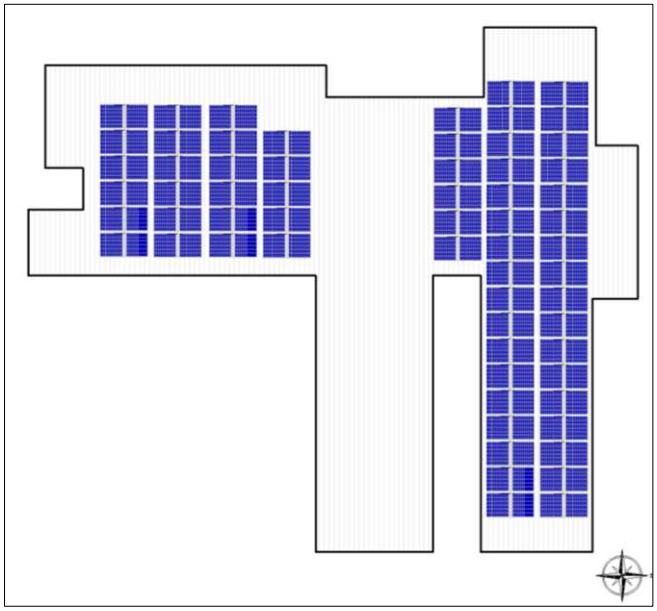
Neste suplemento será apresentada a disposição dos módulos fotovoltaicos nos telhados de cada uma das edificações, considerando a área útil disponível de cada uma. A área útil foi definida como 40% da área total de geração, levando em conta a necessidade de circulação de pessoas e manutenções futuras. Esse dimensionamento também considera a ausência de condições que possam gerar sombreamento nos módulos, garantindo a máxima eficiência do sistema.

Figura 11 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da USF Anadita Lins



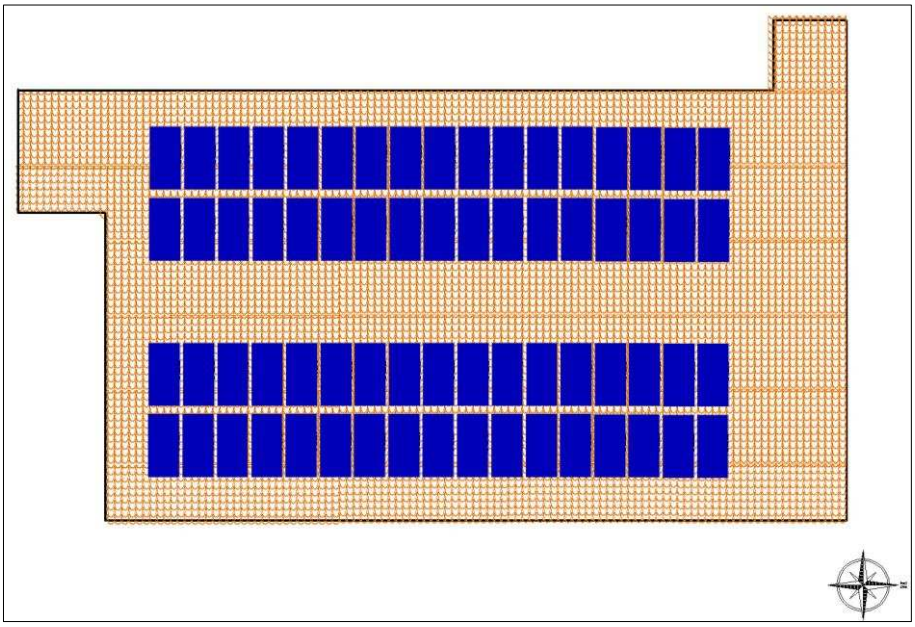
Fonte: Autoria própria

Figura 12 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da USF José Ribeiro Diniz



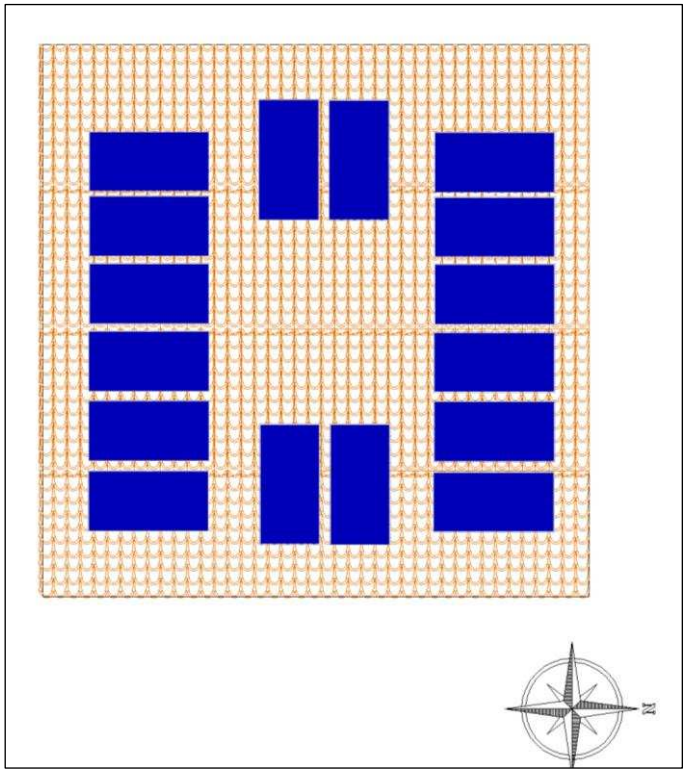
Fonte: Autoria própria

Figura 13 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da USF Nossa Senhora da Conceição



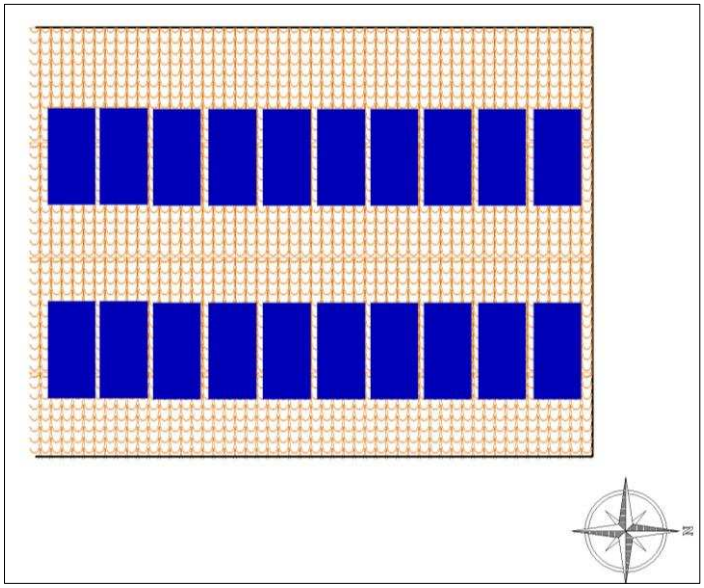
Fonte: Autoria própria

Figura 14 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da USF Riacho da Cruz



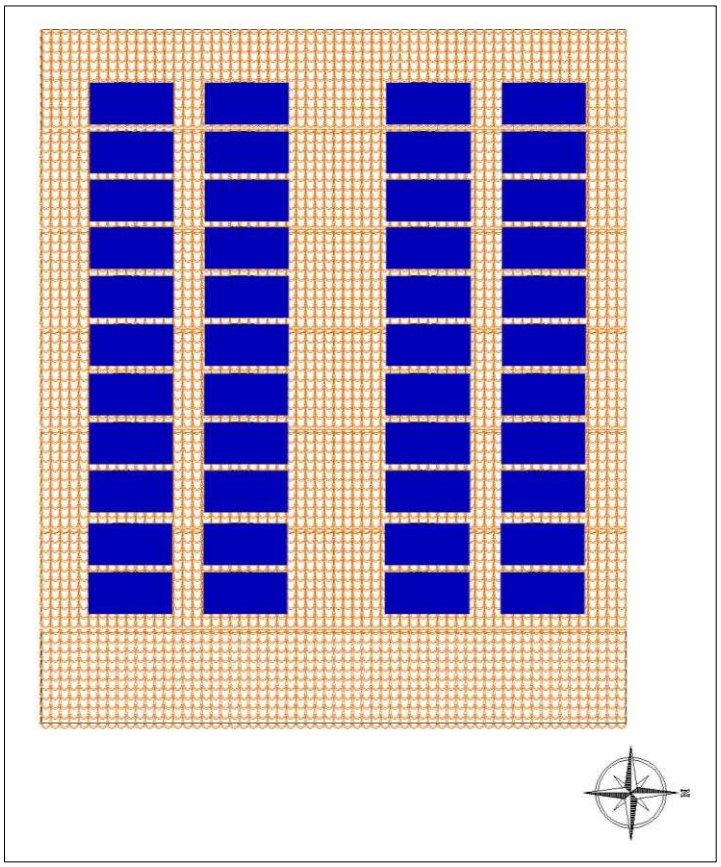
Fonte: Autoria própria

Figura 15 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da USF Santa Rosa



Fonte: Autoria própria

Figura 16 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da USF Tancredo Neves



Fonte: Autoria própria

APÊNDICE B – POTENCIAL ENERGÉTICO DE GERAÇÃO DE CADA EDIFICAÇÃO

Nesta seção serão apresentados os índices de potencial de geração de energia para cada uma das unidades públicas analisadas, levando em consideração o consumo individual de cada uma. Serão expostos dois cenários: o primeiro desconsidera as perdas por degradação dos módulos fotovoltaicos utilizados como referência, enquanto o segundo cenário considera-os.

A Tabela 7 a seguir apresenta uma estimativa da energia que pode ser gerada na Unidade de Saúde da Família Anadita Lins, sem considerar as perdas de eficiência dos módulos. Em contrapartida, a Tabela 8 contempla essa degradação ao longo do tempo, proporcionando uma visão mais realista do potencial de geração.

Tabela 7 – Potencial energético de geração da USF Anadita Lins

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	79,75	2472,32
FEVEREIRO	29	5,77	80,45	2333,04
MARÇO	31	5,83	81,29	2519,87
ABRIL	30	5,35	74,59	2237,81
MAIO	31	4,79	66,79	2070,35
JUNHO	30	4,34	60,51	1815,34
JULHO	31	4,46	62,18	1927,72
AGOSTO	31	5,18	72,22	2238,92
SETEMBRO	30	5,72	79,75	2392,57
OUTUBRO	31	5,99	83,52	2589,02
NOVEMBRO	30	6,17	86,03	2580,80
DEZEMBRO	31	5,92	82,54	2558,77
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**27736,54**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**3448,56**
POTÊNCIAL DE GERAÇÃO				**804,29%**

Fonte: Autoria própria

Tabela 8 – Potencial energético de geração da USF Anadita Lins considerando a depreciação dos módulos

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	67,56	2094,29
FEVEREIRO	29	5,77	68,15	1976,30
MARÇO	31	5,83	68,86	2134,56

ABRIL	30	5,35	63,19	1895,63
MAIO	31	4,79	56,57	1753,78
JUNHO	30	4,34	51,26	1537,76
JULHO	31	4,46	52,68	1632,96
AGOSTO	31	5,18	61,18	1896,57
SETEMBRO	30	5,72	67,56	2026,73
OUTUBRO	31	5,99	70,75	2193,14
NOVEMBRO	30	6,17	72,87	2186,17
DEZEMBRO	31	5,92	69,92	2167,51
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**23495,40**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**3448,56**
POTÊNCIAL DE GERAÇÃO				**681,31%**

Fonte: Autoria própria

Diante do exposto nas tabelas, a USF Anadita Lins possui capacidade de gerar cerca de 7 vezes do que consome em energia elétrica.

A Tabela 9 a seguir exibe a estimativa do potencial energético de geração da Unidade de Saúde da Família José Ribeiro Diniz sem considerar as perdas dos módulos, sendo esta apresentada na Tabela 10.

Tabela 9 - Potencial energético de geração da USF José Ribeiro Diniz

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	193,25	5990,63
FEVEREIRO	29	5,77	194,94	5653,13
MARÇO	31	5,83	196,96	6105,83
ABRIL	30	5,35	180,75	5422,38
MAIO	31	4,79	161,83	5016,63
JUNHO	30	4,34	146,62	4398,71
JULHO	31	4,46	150,68	4671,02
AGOSTO	31	5,18	175,00	5425,08
SETEMBRO	30	5,72	193,25	5797,38
OUTUBRO	31	5,99	202,37	6273,40
NOVEMBRO	30	6,17	208,45	6253,47
DEZEMBRO	31	5,92	200,00	6200,09
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**67207,76**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**10130,76**
POTÊNCIAL DE GERAÇÃO				**663,40%**

Fonte: Autoria própria

Tabela 10 - Potencial energético de geração da USF José Ribeiro Diniz considerando a depreciação dos módulos

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	163,70	5074,61
FEVEREIRO	29	5,77	165,13	4788,72
MARÇO	31	5,83	166,85	5172,20
ABRIL	30	5,35	153,11	4593,25
MAIO	31	4,79	137,08	4249,55
JUNHO	30	4,34	124,20	3726,12
JULHO	31	4,46	127,64	3956,78
AGOSTO	31	5,18	148,24	4595,54
SETEMBRO	30	5,72	163,70	4910,92
OUTUBRO	31	5,99	171,42	5314,15
NOVEMBRO	30	6,17	176,58	5297,27
DEZEMBRO	31	5,92	169,42	5252,05
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**56931,15**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**10130,76**
POTÊNCIAL DE GERAÇÃO				**561,96%**

Fonte: Autoria própria

Conforme exposto nas tabelas, a USF José Ribeiro Diniz possui capacidade de gerar cerca de 6 vezes do que consome em energia elétrica.

A Tabela 11 a seguir exibe a estimativa do potencial energético de geração para a Unidade de Saúde da Família Nossa Senhora da Conceição sem considerar as perdas dos módulos, sendo esta apresentada na Tabela 12.

Tabela 11 - Potencial energético de geração da USF Nossa Senhora da Conceição

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	208,58	6466,08
FEVEREIRO	29	5,77	210,41	6101,79
MARÇO	31	5,83	212,59	6590,42
ABRIL	30	5,35	195,09	5852,73
MAIO	31	4,79	174,67	5414,77
JUNHO	30	4,34	158,26	4747,82
JULHO	31	4,46	162,64	5041,73
AGOSTO	31	5,18	188,89	5855,64
SETEMBRO	30	5,72	208,58	6257,49
OUTUBRO	31	5,99	218,43	6771,29
NOVEMBRO	30	6,17	224,99	6749,78

DEZEMBRO	31	5,92	215,88	6692,16
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**72541,71**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**27339,6**
POTÊNCIAL DE GERAÇÃO				**265,34%**

Fonte: Autoria própria

Tabela 12 - Potencial energético de geração da USF Nossa Senhora da Conceição considerando a depreciação dos módulos

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	176,69	5477,36
FEVEREIRO	29	5,77	178,23	5168,77
MARÇO	31	5,83	180,09	5582,70
ABRIL	30	5,35	165,26	4957,80
MAIO	31	4,79	147,96	4586,81
JUNHO	30	4,34	134,06	4021,84
JULHO	31	4,46	137,77	4270,81
AGOSTO	31	5,18	160,01	4960,27
SETEMBRO	30	5,72	176,69	5300,67
OUTUBRO	31	5,99	185,03	5735,91
NOVEMBRO	30	6,17	190,59	5717,68
DEZEMBRO	31	5,92	182,87	5668,88
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**61449,50**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**27339,60**
POTÊNCIAL DE GERAÇÃO				**224,76%**

Fonte: Autoria própria

Conforme visto nas tabelas, a USF Nossa Senhora da Conceição possui capacidade de gerar cerca de 2 vezes do que consome em energia elétrica.

A Tabela 13 a seguir exibe a estimativa do potencial energético de geração para a Unidade de Saúde da Família Riacho da Cruz sem considerar as perdas dos módulos, sendo esta apresentada na Tabela 14.

Tabela 13 - Potencial energético de geração da USF Riacho da Cruz

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	49,08	1521,43
FEVEREIRO	29	5,77	49,51	1435,71
MARÇO	31	5,83	50,02	1550,69
ABRIL	30	5,35	45,90	1377,11
MAIO	31	4,79	41,10	1274,06

JUNHO	30	4,34	37,24	1117,13
JULHO	31	4,46	38,27	1186,29
AGOSTO	31	5,18	44,45	1377,80
SETEMBRO	30	5,72	49,08	1472,35
OUTUBRO	31	5,99	51,40	1593,25
NOVEMBRO	30	6,17	52,94	1588,18
DEZEMBRO	31	5,92	50,79	1574,63
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**17068,64**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**4764**
POTÊNCIAL DE GERAÇÃO				**358,28%**

Fonte: Autoria própria

Tabela 14 - Potencial energético de geração da USF Riacho da Cruz considerando a depreciação dos módulos

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	41,57	1288,79
FEVEREIRO	29	5,77	41,94	1216,18
MARÇO	31	5,83	42,37	1313,58
ABRIL	30	5,35	38,88	1166,54
MAIO	31	4,79	34,81	1079,25
JUNHO	30	4,34	31,54	946,32
JULHO	31	4,46	32,42	1004,90
AGOSTO	31	5,18	37,65	1167,12
SETEMBRO	30	5,72	41,57	1247,22
OUTUBRO	31	5,99	43,54	1349,63
NOVEMBRO	30	6,17	44,84	1345,34
DEZEMBRO	31	5,92	43,03	1333,85
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**14458,71**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**4764,00**
POTÊNCIAL DE GERAÇÃO				**303,50%**

Fonte: Autoria própria

Diante do apresentado tabelas, a Riacho da Cruz possui capacidade de gerar cerca de 3 vezes do que consome em energia elétrica.

A Tabela 15 a seguir exibe a estimativa do potencial energético de geração para a Unidade de Saúde da Família Santa Rosa sem considerar as perdas dos módulos, sendo esta apresentada na Tabela 16.

Tabela 15 - Potencial energético de geração da USF Santa Rosa

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	61,35	1901,79
FEVEREIRO	29	5,77	61,88	1794,64
MARÇO	31	5,83	62,53	1938,36
ABRIL	30	5,35	57,38	1721,39
MAIO	31	4,79	51,37	1592,58
JUNHO	30	4,34	46,55	1396,42
JULHO	31	4,46	47,83	1482,86
AGOSTO	31	5,18	55,56	1722,25
SETEMBRO	30	5,72	61,35	1840,44
OUTUBRO	31	5,99	64,24	1991,56
NOVEMBRO	30	6,17	66,17	1985,23
DEZEMBRO	31	5,92	63,49	1968,28
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**21335,80**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**3252,96**
POTÊNCIAL DE GERAÇÃO				**655,89%**

Fonte: Autoria própria

Tabela 16 - Potencial energético de geração da USF Santa Rosa considerando a depreciação dos módulos

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	51,97	1610,99
FEVEREIRO	29	5,77	52,42	1520,23
MARÇO	31	5,83	52,97	1641,97
ABRIL	30	5,35	48,61	1458,18
MAIO	31	4,79	43,52	1349,06
JUNHO	30	4,34	39,43	1182,89
JULHO	31	4,46	40,52	1256,12
AGOSTO	31	5,18	47,06	1458,90
SETEMBRO	30	5,72	51,97	1559,02
OUTUBRO	31	5,99	54,42	1687,03
NOVEMBRO	30	6,17	56,06	1681,67
DEZEMBRO	31	5,92	53,78	1667,32
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**18073,38**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**3252,96**
POTÊNCIAL DE GERAÇÃO				**555,60%**

Fonte: Autoria própria

Diante do exposto nas tabelas, a USF Santa Rosa possui capacidade de gerar cerca de 6 vezes do que consome em energia elétrica.

A Tabela 17 a seguir exibe a estimativa do potencial energético de geração para a Unidade de Saúde da Família Tancredo Neves sem considerar as perdas dos módulos, sendo esta apresentada na Tabela 18.

Tabela 17 - Potencial energético de geração da USF Tancredo Neves

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	134,97	4183,93
FEVEREIRO	29	5,77	136,15	3948,21
MARÇO	31	5,83	137,56	4264,39
ABRIL	30	5,35	126,24	3787,06
MAIO	31	4,79	113,02	3503,68
JUNHO	30	4,34	102,40	3072,12
JULHO	31	4,46	105,24	3262,30
AGOSTO	31	5,18	122,22	3788,95
SETEMBRO	30	5,72	134,97	4048,97
OUTUBRO	31	5,99	141,34	4381,43
NOVEMBRO	30	6,17	145,58	4367,50
DEZEMBRO	31	5,92	139,68	4330,22
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**46938,75**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**10528,56**
POTÊNCIAL DE GERAÇÃO				**445,82%**

Fonte: Autoria própria

Tabela 18 - Potencial energético de geração da USF Tancredo Neves considerando a depreciação dos módulos

MÊS	QTDE DE DIAS	RADIAÇÃO (kWh/m².dia)	Eg(kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
JANEIRO	31	5,72	114,33	3544,18
FEVEREIRO	29	5,77	115,33	3344,50
MARÇO	31	5,83	116,53	3612,33
ABRIL	30	5,35	106,93	3207,99
MAIO	31	4,79	95,74	2967,94
JUNHO	30	4,34	86,75	2602,37
JULHO	31	4,46	89,14	2763,47
AGOSTO	31	5,18	103,54	3209,59
SETEMBRO	30	5,72	114,33	3429,85
OUTUBRO	31	5,99	119,72	3711,47
NOVEMBRO	30	6,17	123,32	3699,68
DEZEMBRO	31	5,92	118,33	3668,10
ENERGIA GERADA POR ANO (kWh)				**39761,44**
CONSUMO MÉDIO ANUAL (kWh)				**10528,56**

Fonte: Autoria própria

Assim, diante do exposto nas tabelas 17 e 18, a USF Tancredo Neves possui capacidade de gerar cerca de 4 vezes do que consome em energia elétrica.

ANEXO A – DATASHEET DO MÓDULO FOTOVOLTAICO DE REFERÊNCIA

NOVO

CanadianSolar

HiKu6 Mono PERC

525 W ~ 550 W

CS6W-525|530|535|540|545|550MS

MAIS POTÊNCIA

- 550 W — Potência do Módulo até 550 W; Eficiência do Módulo até 21,5 %
- Um LCOE até 4,5% menor; Um custo de sistema até 5,6 % menor
- Tecnologia abrangente de mitigação LID / LeTID, degradação até 50% menor
- Compatível com rastreadores convencionais, produto de baixo custo para usinas de energia
- Melhor tolerância a sombra

MAIS CONFIÁVEL

- Minimiza o impacto das microtrincas
- Carga pesada de neve de até 5400 Pa, capacidade de carga de vento melhorada de até 2400 Pa*

* Para informações detalhadas, consulte o Manual de Instalação.

- 12 Anos — **Garantia de produto estendida relativa a materiais e mão-de-obra***
- 25 Anos — **Garantia de Desempenho de Potência Linear***

Degradação de energia no primeiro ano, não mais do que 2%
Degradação de energia anual subsequente não mais do que 0,55%

*Conforme a declaração de garantia limitada aplicável da Canadian Solar.

CERTIFICADOS DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO*

ISO 9001: 2015 / Sistema de gestão da qualidade
ISO 14001: 2015 / Normas para sistema de gestão ambiental
ISO 45001: 2018 / Normas internacionais de saúde e segurança ocupacional

CERTIFICADOS DO PRODUTO*

IEC 61215 / IEC 61730 / INMETRO
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716
Reação ao fogo UNI 9177: Classe 1 / Take-e-way

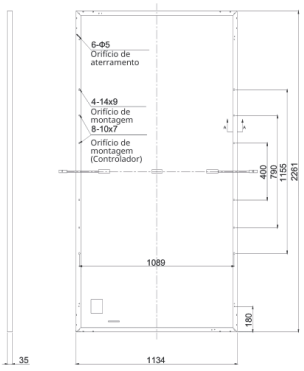
* Os certificados específicos aplicáveis a diferentes tipos de módulos e mercados variam e, portanto, nem todas as certificações listadas aqui se aplicam simultaneamente aos produtos que você solicita ou usa. Entre em contato com o representante de vendas local da Canadian Solar para confirmar os certificados específicos disponíveis para o seu produto e aplicáveis nas regiões em que os produtos serão usados.

CSI Solar Co., Ltd. tem o compromisso de fornecer produtos, serviços e soluções em sistemas solares de alta qualidade, para clientes em todo o mundo. A Canadian Solar foi reconhecida como a fornecedora número 1 de módulos em qualidade e relação desempenho/preço na Pesquisa IHS Module Customer Insight, e é uma desenvolvedora e fabricante líder de projetos fotovoltaicos de módulos solares, com mais de 50 GW implantados em todo o mundo desde 2001.

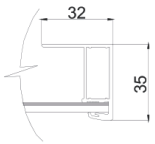
CSI Solar Co., Ltd.
199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, service.latam@csisolar.com

DESENHO DE ENGENHARIA (mm)

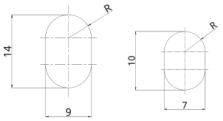
Vista traseira



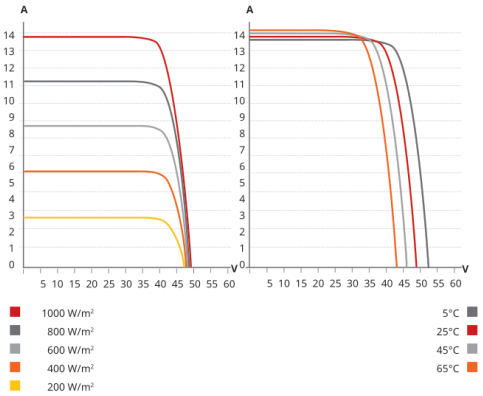
Seção transversal do quadro A-A



Orifício de montagem



CS6W-530MS / CURVAS I-V



DADOS ELÉTRICOS | STC*

CS6W	525MS	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS
Máx. Potência Nominal (Pmax)	525 W	530 W	535 W	540 W	545 W	550 W
Opt. Tensão de Operação (Vmp)	40,7 V	40,9 V	41,1 V	41,3 V	41,5 V	41,7 V
Opt. Corrente de Operação (Imp)	12,90 A	12,96 A	13,02 A	13,08 A	13,14 A	13,20 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	48,6 V	48,8 V	49,0 V	49,2 V	49,4 V	49,6 V
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	13,75 A	13,80 A	13,85 A	13,90 A	13,95 A	14,00 A
Eficiência de Módulo	20,5%	20,7%	20,9%	21,1%	21,3%	21,5%
Temperatura de Operação	-40°C ~ +85°C					
Máx. Tensão de Sistema	1500V (IEC/UL) ou 1000V (IEC/UL)					
Desempenho antichamas do módulo	TIPO 1 (UL 61730 1500V) ou TIPO 2 (UL 61730 1000V) ou CLASSE C (IEC 61730)					
Máx. valor nominal do fusível de série	25 A					
Classe da aplicação	Classe A					
Tolerância de potência	0 ~ + 10 W					

* Sob condições de teste padrão (STC), irradiância de 1000 W/m2, espectro AM 1,5 e temperatura de célula de 25°C.

DADOS MECÂNICOS

Especificação	Dados
Tipo de célula	Monocristalina
Arranjo de células	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensões	2261 X 1134 X 35 mm (89,0 X 44,6 X 1,38 in)
Peso	27,8 kg (61,3 lbs)
Capa dianteira	Vidro temperado de 3,2 mm
Quadro	Liga de Alumínio Anodizado
Caixa J	IP68, 3 díodos de bypass
Cabo	4 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Comprimento do cabo (Incluindo conector)	410 mm (16,1 pol.) (+) / 290 mm (11,4 pol.) (-) ou comprimento personalizado*
Conector	Série T4 ou H4 UTX ou MC4-EVO2
Por palete	30 peças
Por contêiner (40' HQ)	600 peças

* Para informações detalhadas, contate seu Representante de Vendas ou Representante Técnico local.

DADOS ELÉTRICOS | NMOT*

CS6W	525MS	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS
Máx. Potência Nominal (Pmax)	392 W	396 W	400 W	403 W	407 W	411 W
Opt. Tensão de Operação (Vmp)	38,0 V	38,2 V	38,4 V	38,6 V	38,8 V	39,0 V
Opt. Corrente de Operação (Imp)	10,33 A	10,37 A	10,42 A	10,45 A	10,49 A	10,54 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	45,8 V	46,0 V	46,2 V	46,4 V	46,6 V	46,8 V
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	11,09 A	11,13 A	11,17 A	11,21 A	11,25 A	11,30 A

* Sob temperatura nominal de operação do módulo (NMOT), irradiância de 800 W/m², espectro AM 1,5, temperatura ambiente de 20°C e velocidade do vento de 1 m/s.

CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA

Especificação	Dados
Coeficiente de Temperatura (Pmax)	-0,34 % / °C
Coeficiente de Temperatura (Voc)	-0,26 % / °C
Coeficiente de Temperatura (Isc)	0,05 % / °C
Temperatura Nominal de Operação do Módulo	42 ± 3°C

SEÇÃO DE PARCEIROS

* As especificações e características principais contidas nesta ficha de dados poderão diferir ligeiramente das dos produtos reais, devido à inovação e melhorias efetuadas continuamente nestes produtos. A CSI Solar Co., Ltd. se reserva o direito de fazer quaisquer ajustes necessários nas informações descritas aqui, a qualquer tempo, sem aviso.
Alertamos que os módulos PV devem ser manuseados e instalados por pessoas profissionalmente qualificadas e que as instruções de segurança e de instalação devem ser lidas, cuidadosamente, antes do uso de nossos módulos PV.

CSI Solar Co., Ltd.
199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, service.latam@csisolar.com

Janeiro de 2021. Todos os direitos reservados, Folha de Dados do Produto Módulo PV V1.4_PT

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Restrito

TCC - Iasmin Palma Barbosa

Assunto:	TCC - Iasmin Palma Barbosa
Assinado por:	Iasmin Palma
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Restrito
Hipótese Legal:	Direito Autoral (Art. 24, III, da Lei no 9.610/1998)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Iasmin Palma Barbosa**, **ALUNO (20172610001) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA**, em 14/04/2025 12:28:31.

Este documento foi armazenado no SUAP em 14/04/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1460249
Código de Autenticação: 5d2f84e231