



INSTITUTO FEDERAL

Paraíba

Campus João Pessoa

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

PAULO RICARDO DOS SANTOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE E GESTÃO DE FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA DE
PRÉDIOS MUNICIPAIS DA CIDADE DE BAYEUX - PB**

João Pessoa
2025

PAULO RICARDO DOS SANTOS

ANÁLISE E GESTÃO DE FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA DE PRÉDIOS MUNICIPAIS DA
CIDADE DE BAYEUX - 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 necessários para a obtenção do grau
de Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Prof. Dr. Franklin Martins Pereira Pamplona

João Pessoa
2025

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

S237a Santos, Paulo Ricardo dos.

Análise e gestão de faturas de energia elétrica de prédios municipais da Cidade de Bayeux – PB / Paulo Ricardo dos Santos. – 2025.

58 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, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Martins P. Pamplona.

1. Análise de fatura. 2. Eficiência energética. 3. Sistema fotovoltaico. 4. Gestão pública. 5. Energia elétrica – consumo
.I. Título.

CDU 621.317.38(043)

PAULO RICARDO DOS SANTOS

ANÁLISE E GESTÃO DE FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA DE PRÉDIOS MUNICIPAIS DA
CIDADE DE BAYEUX - 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 necessários para a obtenção do grau
de Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Trabalho Aprovado em 20 / 03 / 2025 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **FRANKLIN MARTINS PEREIRA PAMPLONA**
Data: 27/03/2025 13:35:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Franklin Martins Pereira Pamplona, Dr.
Orientador, IFPB

Documento assinado digitalmente
 **ALVARO DE MEDEIROS MACIEL**
Data: 28/03/2025 11:42:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Álvaro de Medeiros Maciel, Dr.
Examinador, IFPB

Documento assinado digitalmente
 **WALMERAN JOSE TRINDADE JUNIOR**
Data: 29/03/2025 09:39:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Walmeran José Trindade Júnior, Dr.
Examinador, IFPB

*Dedico este trabalho à Vera Lúcia
Paulino dos Santos por todo esforço para que
eu chegasse até aqui.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha eterna gratidão por me fortalecer, capacitar e conceder saúde e recursos para que esta graduação fosse possível. Que Seu nome seja sempre engrandecido através da minha vida e de tudo que faço.

À minha família, pelo suporte incondicional, pelo acompanhamento e pelo incentivo ao longo de toda essa jornada. À minha mãe, Vera, aos meus irmãos, aos meus padrinhos—Alexandre, Ana e Marly—e aos meus amigos, meus profundos agradecimentos.

Aos meus colegas de curso, com destaque para Igor Emanuel, Marcos Vinícius e Hugo Samuel, pelo companheirismo e apoio mútuo.

Aos meus professores, representados pelos estimados Prof^ª. Dra. Suzete Correia, Prof. Dr. Álvaro Maciel e Prof. Dr. Alan Nóbrega, minha sincera gratidão por todo o conhecimento transmitido e pela orientação ao longo do caminho.

E ao Prof. Dr. Franklin Pamplona, meus agradecimentos especiais por todo apoio e orientação em mais um trabalho.

RESUMO

Neste trabalho, foi realizado uma análise de faturas de energia elétrica de prédios municipais de Bayeux, no estado da Paraíba, com a finalidade de identificar possíveis oportunidades de economia e eficiência energética para o município. A metodologia do estudo englobou a coleta e o processamento dos dados das faturas de eletricidade disponibilizadas pela prefeitura. Posteriormente, foi realizada uma análise para detalhamento do padrão de consumo com auxílio da ferramenta Power BI com objetivo de compreender os padrões de consumo, observar o enquadramento mais adequado dos consumidores e tarifas aplicáveis, possibilitando a gestão de modalidades tarifárias e de demanda, quando aplicável. Além disso, a viabilidade de implementação de um sistema fotovoltaico para redução de custo de energia elétrica foi avaliada como alternativa para redução dos gastos municipais com energia elétrica. Para proposição de otimização tarifária realizou-se a revisão dos contratos de fornecimento. A fim de propor uma solução mais sustentável, foi projetado um sistema fotovoltaico para atender uma parte significativa da demanda energética dos edifícios públicos, com objetivo de diminuir as despesas e promover a sustentabilidade energética para a gestão pública do município.

Palavras-chave: Análise De Faturas, Eficiência Energética, Sistema Fotovoltaico, Gestão Pública.

ABSTRACT

In this study, an analysis of electricity bills from municipal buildings in Bayeux, in the state of Paraíba, was conducted to identify potential opportunities for cost savings and energy efficiency for the municipality. The study's methodology included the collection and processing of electricity bill data provided by the city hall. Subsequently, an analysis was carried out to detail consumption patterns using the Power BI tool, aiming to understand consumption trends, determine the most appropriate consumer classification and applicable tariffs, and enable the management of tariff modalities and demand, where applicable. Additionally, the feasibility of implementing a photovoltaic system to reduce electricity costs was evaluated as an alternative to lowering municipal energy expenses. To propose tariff optimization, a review of supply contracts was conducted. In pursuit of a more sustainable solution, a photovoltaic system was designed to meet a significant portion of the energy demand of public buildings, with the goal of reducing expenses and promoting energy sustainability in the municipality's public management.

Keywords: Invoice Analysis, Energy Efficiency, Photovoltaic System, Public Management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Média nacional dos postos tarifários.....	20
Figura 2 – Sistema on-grid	24
Figura 3 – Sistema Off-grid.....	24
Figura 4 – Módulos fotovoltaicos.....	25
Figura 5 – Inversores de sistema fotovoltaico	26
Figura 6 – Estruturas para instalação de sistema fotovoltaico.....	27
Figura 7 – CressESB	29
Figura 8 – Google Earth Pro.....	30
Figura 9 – AutoCAD	31
Figura 10 – Power BI	32
Figura 11 – Dados de ligação da UPA	34
Figura 12 – Consumo por categoria dos prédios municipais	35
Figura 13 – Estrutura de consumo da UPA	36
Figura 14 – Consumo Ponta e Fora Ponta da UPA	36
Figura 15 – Demanda Ponta e Fora Ponta	37
Figura 16 - Grandezas contratadas da UPA.....	37
Figura 17 – Itens da fatura da UPA	38
Figura 18 – Resultado comparação Azul x Verde.....	39
Figura 19 – Comparação custo total.....	39
Figura 20 – Dados hospital materno.....	40
Figura 21 – Dados de ligação hospital materno	40
Figura 22 – Consumo faturado do restaurante popular	41
Figura 23 – Dados do restaurante popular.....	41
Figura 24 – Dados válidos do Restaurante Popular.....	42
Figura 25 – Dados demais unidades.....	43
Figura 26 – Dados Moacir Dantas.....	43
Figura 27 – Dados Rui Carneiro.....	44
Figura 28 – Dados Sandra Maria.....	44
Figura 29 – Dados PSF Imaculada	45
Figura 30 – Dados PSF São Vicente	45
Figura 31 – Dados UBS Mário Andreazza.....	46
Figura 32 – Dados UBS Rio do Meio	46
Figura 33 – Dados Casa de Acolhida	47
Figura 34 – Medição do telhado da escola Sandra Maria	48
Figura 35 – Medição do telhado do Restaurante Popular.....	49
Figura 36 – Módulo HiKu7 Mono PERC.....	51
Figura 37 – Inversor M70A_260.....	52
Figura 38 – Disposição dos módulos fotovoltaicos.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores tarifários	38
Tabela 2 – Área medida telhados dos prédios municipais.....	49
Tabela 3 – Consumo a ser abatido pelo sistema.....	50
Tabela 4 – Características módulo HiKu7 Mono PERC	51
Tabela 5 – Características Inversor M70A_260	52
Tabela 6 – Dados de ocupação do telhado	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CressESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
MME	Ministério de Minas e Energia
MPPT	Máximo Ponto de Potência
PSF	Posto de Saúde da Família
SCEE	Sistema de Compensação de Energia Elétrica
SIN	Sistema Interligado Nacional
STR	Superintendência de Gestão Tarifária e Regulação Econômica
UBS	Unidade Básicas de Saúde
UPA	Unidade de Pronto Atendimento

SUMÁRIO

Agradecimentos	v
Resumo	vi
Abstract.....	vii
Lista de Ilustrações	viii
Lista de Tabelas	ix
Lista de Abreviaturas e Siglas	x
Sumário.....	xi
1 Introdução	13
1.1 Objetivos.....	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.2 Metodologia.....	15
1.3 Estrutura do Trabalho	16
2 Referencial Teórico.....	17
2.1 Sistema Tarifário	17
2.1.1 Consumo e Demanda.....	18
2.1.2 Classe de consumidores.....	18
2.1.3 Postos Tarifários	19
2.1.4 Modalidades Tarifárias	20
2.1.5 Bandeiras Tarifárias.....	21
2.2 Geração Fotovoltaica	22
2.2.1 Módulos Fotovoltaicos	24
2.2.2 Inversores	25
2.2.3 Estruturas de montagem e fixação dos painéis.....	27
3 Desenvolvimento	29
3.1 Potencial Solar – SunData v3.0	29
3.2 Google Earth Pro	30
3.3 AutoCAD.....	31
3.4 Power BI.....	32
4 Análise de Faturas.....	34
4.1 Aquisição de dados.....	34
4.2 Tratamento de Dados.....	34
4.3 Análise de Dados	35
4.3.1 UPA	36

4.3.2	Hospital Materno Infantil	40
4.3.3	Restaurante Popular	40
4.3.4	Demais unidades	42
5	Proposição de Sistema de Geração Fotovoltaica	48
5.1	Disponibilidade dos telhados	48
5.2	Potência do sistema	50
5.3	Equipamentos propostos	50
5.4	Dimensionamento do sistema	52
5.5	Arranjo do sistema	53
6	Conclusão	55
	Referências	57

1 INTRODUÇÃO

A sociedade atual é seriamente dependente da energia elétrica, tornando quase impossível de imaginar viver em um mundo contemporâneo sem tal recurso vital e de um considerável número de equipamentos eletrônicos dependentes. Por outro lado, tal dependência não deve ser considerado problema em hipótese nenhuma, desde que bem-evidenciada, confiabilidade e continuidade em termos de fornecimento são garantidos na quantidade de energia disponível para atender as demandas crescentes da população e da indústria.

Neste sentido, as fontes renováveis de energia elétrica se apresentam como uma alternativa estratégica para assegurar a continuidade, dado o constante crescimento global do consumo de energia elétrica. Energias limpas são menos poluentes, menos dependente dos combustíveis fósseis e com menor impacto ao meio ambiente.

Além da diversificação das fontes, a busca por uma sociedade mais energeticamente eficiente é outro elemento determinante para um crescimento do consumo elétrico mais equilibrado e previsível. A eficiência não é apenas focada em diminuir o consumo, mas uma geração mais racional da rede de transmissão e distribuição bem construída e otimizada também pertencem a este grupo. Quando é levado em consideração esses fatores, o desperdício tende a cair, e mais dos recursos de que dispõem serão aproveitados.

Outro fator que está diretamente relacionado com a eficiência energética se refere ao preço da eletricidade. O Consumo inadequado de eletricidade eleva consideravelmente os custos, sendo prejudicial às empresas e ao consumidor final. A busca constante por um nível maior de eficiência energética no setor industrial está indiretamente associada à queda nos custos de produção, um claro aumento a competitividade e lucratividade das empresas. Já no setor governamental, estratégias eficazes de eficiência energética consistem em usar o dinheiro de maneira mais inteligente, economizando assim para que o dinheiro possa ser empregado em outras áreas de foco, como saúde ou educação.

Uma forma de otimização do custo com energia elétrica está dentro da possibilidade de análise do consumo para identificar padrões, observar o enquadramento mais adequado de tarifas e viabilizar a revisão dos contratos de fornecimento. Diversas vezes, até modificações contratuais já refletem uma redução na porcentagem do custo.

Impactos orçamentários como a tarifa diferenciada, os sistemas de compensação de energia e a negociação de contratos mais vantajosos são medidas que diretamente impactam o orçamento de empresas, órgãos públicos e até residências.

No entanto, uma das maiores fontes de ineficiência energética do setor público, em geral, das prefeituras municipais, se dá pela falta do interesse ou conhecimento técnico do problema. Muitos municípios não possuem especialistas responsáveis por conduzir estudos de soluções que possam reduzir os gastos do uso de eletricidade. O que acaba gerando verdadeiros gastos financeiros, com contratos mal administrados, falta de investimento em tecnologias sustentáveis, como sistemas fotovoltaicos para abastecimento de prédios públicos.

Desta forma, os gestores públicos devem se fazer preocupados em investir na formação de equipes especializadas e a implementação de políticas energéticas valorizadas. Práticas inteligentes e sustentáveis não são apenas um modo a reduzir custos, mas também construir um sistema energético seguro, fiel e bem alinhado com as demandas do futuro.

1.1 OBJETIVOS

Considerando o escopo delimitado, foi traçado o objetivo de realizar um estudo com dados reais de um município do estado da Paraíba, com a finalidade de identificar possíveis oportunidades de economia e eficiência energética para o município. Para tanto, foram delineados o objetivo geral e específicos a seguir detalhados.

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O trabalho propõe a realizar de um diagnóstico energético na cidade de Bayeux, município do estado da Paraíba, concentrando-se na análise das faturas de energia elétrica relacionadas aos prédios públicos de maior consumo do referido município. Além disso, analisar os possíveis ganhos com a instalação de sistemas de geração solar fotovoltaica para redução de gastos com energia elétrica dos prédios da prefeitura.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- Recolher dados de consumo de energia de edifícios identificados como de elevado consumo de energia.
- Realizar uma análise energética completa e abrangente dos edifícios elencados.
- Recomendar alterações nos contratos de fornecimento de energia elétrica, quando necessário, para corrigir quaisquer erros ou deficiências que possam ter ocorrido e fornecer planos de economia de energia ou financeiros ao Conselho Municipal.
- Analisar a capacidade fotovoltaica nas coberturas de edifícios públicos, tendo em conta as características técnicas dos sistemas fotovoltaicos.

1.2 METODOLOGIA

A realização deste trabalho requereu um processo organizado de coleta e análise de informações. A primeira etapa foi uma análise preliminar das contas de energia elétrica dos prédios municipais da localidade do Bayeux-PB, fornecidas pela prefeitura. Os dados coletados foram processados com auxílio do software Microsoft Power BI, que permitiu uma análise mais precisa e detalhada dos dados. Este passo foi crucial para determinar padrões do consumo, tendências possíveis e potencialidades de otimização.

Além disso, como parte integrante da metodologia empregada, foi utilizado software computacional gratuito para avaliação do potencial de geracional fotovoltaico. Ao contrário de técnicas tradicionais, que exigem deslocamento até os edifícios municipais, esta metodologia permitiu uma avaliação precisa e efetiva, conforme o escopo deste trabalho, sem intervenções sobre as edificações. Conhecendo técnicas computacionais especializadas, foi possível calcular não só o potencial de geração da energia fotovoltaica, mas estimar retorno em relatório e possibilidade do abatimento no consumo elétrico dos edifícios municipais. Esta abordagem, baseada em análise computacional, proporciona uma técnica de avaliação efetiva e economicamente viável do potencial energético renovável nas instalações municipais para ajudar as decisões sustentáveis com custos razoavelmente realistas.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A composição do presente trabalho abrange cinco capítulos. O capítulo 1 situa a temática, argumenta a motivação de estudo, o objetivo geral e específicos, e detalha também a metodologia adotada.

No Capítulo 2 apresentam-se os fundamentos teóricos da tarifação de energia elétrica, geração fotovoltaica. O Capítulo 3 apresenta os softwares empregados para análise, de modo a garantir conhecimento necessário para a compreensão do tema. Além disso, no Capítulo 4 detalha-se o processo de coleta, tratamento e avaliação dos dados de consumo de energia dos prédios municipais de Bayeux, encontrando padrões para possíveis economias no processo.

No Capítulo 5, apresenta-se a proposta de instalação de um sistema fotovoltaico, abordando a disponibilidade dos telhados a serem utilizados, o dimensionamento do sistema e dos equipamentos especificados. Por último, no Capítulo 6, resumem-se os resultados apontados, considerando a oportunidade de otimização tarifária e energia solar para uma gestão pública mais adequada e sustentável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O uso de eletricidade desempenha um papel fundamental na sociedade atual, tocando todas as partes da vida diária. Garantir que ela esteja sempre disponível é muito importante para que diferentes áreas funcionem bem juntas. Para que o objetivo seja atendido, precisamos definir os preços da maneira certa para que o serviço possa continuar funcionando.

O setor de energia é composto por geração, transmissão e distribuição de eletricidade. É importante que cada parte seja paga, pagar a quantia certa não apenas mantém o serviço, mas também incentiva a eficiência em toda a estrutura, isso leva a um sistema mais sustentável e duradouro.

2.1 SISTEMA TARIFÁRIO

A Agência Nacional de Energia Elétrica assume um papel importante ao abranger as despesas por trás da “cadeia”, quer dizer, desde a geração da energia elétrica até a entrega para o consumidor final. Assim, cabe a ela, de maneira equitativa, garantir que o valor da tarifa seja viável para as concessionárias de Energia Elétrica e para o consumidor. Tal garantia é determinante para a manutenção efetiva da prestação de serviço às necessidades dos consumidores.

O Ministério de Minas e Energia (MME, 2020) relata que os Governos Federal, Estadual e Municipal são autorizados a incidir sobre a conta de energia elétrica uma série de tributos que variam entre PIS/COFINS, ICMS e a Contribuição para Iluminação Pública. Não são encargos estabelecidos pela ANEEL, mas sim regulamentados por várias leis diferenciadas. Alguns deles incidem de forma direta sobre os custos de distribuição, outros são adaptados nos custos de geração e transmissão.

Assim, quando a conta de eletricidade alcança o consumidor, essa arca não apenas dos custos que se referem à energia adquirida da geradora, mas dos custos da transmissão e distribuição, adicionada dos setoriais e tributos impostos pelos governos federal, estado e municipal, diretamente encargos sobre o posto de transmissão. A compreensão dos componentes dessa conta é instrumental nesse caso para um mergulho em uma análise ampliada dos custos e impactos sobre consumidores e concessionárias.

2.1.1 CONSUMO E DEMANDA

Consumo e demanda são termos trabalhados na área da energia elétrica que requerem uma definição clara, por se tratar de conceitos fundamentais. Consumo de energia elétrica nada mais é do que a quantidade de eletricidade total consumida pelos consumidores em um determinado período total de utilização, normalmente em quilowatts-hora-kWh. Da mesma forma, a demanda se refere à taxa que a eletricidade atualmente impulsionada em um momento dado, geralmente medida em watts-W.

De acordo com a Resolução Normativa ANEEL N° 1000 (ANEEL, 2021), Seção II, “a demanda é definida como a média das potências elétricas ativas ou reativas injetadas ou requeridas do sistema de distribuição de energia elétrica ao longo de um determinado intervalo de tempo”. Já a contratada é a potência ativa a ser obrigatoriamente e continuamente fornecida pela distribuidora no ponto de conexão, conforme valor e tempo de vigência estabelecido em contrato, em kW. Por fim, a demanda medida é a máxima da potência ativa injetada ou requerida do sistema de distribuição de energia elétrica pela carga ou geração observada desde medição e impressa integralmente em intervalos de 15 minutos em período de faturamento.

2.1.2 CLASSE DE CONSUMIDORES

A composição das tarifas incluídas na fatura de energia elétrica se dá de acordo com o perfil do consumidor, que se enquadra em grupos diversos, sob critérios estabelecidos pela Resolução Normativa ANEEL N° 1000, do dia sete de dezembro de 2021 (ANEEL, 2021). Estes grupos se apresentam de acordo com o exposto ao tratar de cada um deles com detalhes no que segue:

O grupo A consiste nas unidades consumidoras conectadas à rede elétrica com tensão de 2,3 kV ou acima, ou abastecidas por um sistema subterrâneo de distribuição com tensão inferior a 2,3 kV. O mesmo recebe subdivisões conforme a faixa de tensão de conexão:

- Subgrupo A1: equipas para unidades cuja tensão de conexão seja igual ou superior a 230 kV;
- Subgrupo A2: direcionado a unidades cuja tensão de conexão seja de 88 a 138 kV;
- Subgrupo A3: para unidades conectadas à rede com tensão de conexão de 69 kV;

- Subgrupo A3a; destinado a unidades com conexão de tensão de 30 a 44 kV;
- Subgrupo A4 para unidades com tensão conexão de 2,3 a 25 kV;
- Subgrupo AS; designado para unidades com tensão de conexão inferior à 2,3 kV, obtida de um sistema subterrâneo de distribuição.

O Grupo B consiste nas unidades consumidoras tal e qual quanto à conexão a rede elétrica com tensão inferior a 2,3 kV. Como resultado, ele é subdividido nos subgrupos por estes ligados a perfis possíveis de consumidor:

- Subgrupo B1: destinado a consumidores residenciais;
- Subgrupo B2: voltado para consumidores rurais;
- Subgrupo B3: englobando todas as outras classes de consumidores;
- Subgrupo B4: reservado para a iluminação pública.

2.1.3 POSTOS TARIFÁRIOS

A Resolução Normativa ANEEL N 1.000, 07 de dezembro de 2021 (ANEEL, 2021), por exemplo, a Seção II do Capítulo I, estabelece os postos tarifários, sendo períodos horários determinados para tarifas, tarifas diferenciadas ao longo do dia, dividida da seguinte forma:

a) Posto tarifário ponta: composto por três horas, nos dias da semana do mês, definidas pela distribuidora de energia elétrica conforme a curva de carga do seu sistema elétrico. Estas horas são antecipadamente aprovadas pela ANEEL para todas as áreas de concessão ou mesmo permissão; porém é de suma importância destacar que o posto tarifário ponta não abrange os dias de sábado, domingo, terça-feira do carnaval, Quarta-Feira de Cinzas, quarta-feira de cinza, feriado nacional nos dias 01 de janeiro, 21 de abril, 15 de maio, 7 setembro, 12 de outubro, 2 de novembro, 13 de novembro e 25 de dezembro.

b) Posto tarifário intermediário: composto de apenas duas horas imediatamente antecedente e subsequente ao posto tarifário mais caro; entretanto, sua aplicação é restrita ao grupo B.

c) Posto fora de ponta: é o conjunto das horas diárias consecutivas que não fazem parte do intervalo do posto de ponta. Para o grupo B, é o conjunto das horas diárias consecutivas que não fazem parte do intervalo do postos de ponta e intermediário.

A média nacional dos postos tarifários selecionados pelas distribuidoras de energia elétrica, de acordo com a reportagem da Superintendência de Gestão Tarifária e Regulação Econômica (STR) da ANEEL, é ilustrada conforme Figura 1.

Figura 1 – Média nacional dos postos tarifários



Fonte: (STR, 2025)

2.1.4 MODALIDADES TARIFÁRIAS

Quanto aos tipos tarifários horários previstos na referida Resolução Normativa ANEEL N° 1.000, de 7 de dezembro de 2021 (ANEEL, 2021), Capítulo VII, Seção II, há as categorias principais, diferenciadas entre si conforme descrito a seguir.

A primeira delas, a modalidade tarifária horária branca, também conta com tarifas diferenciadas segundo os diferentes horários de consumo diário, divididos em três postos tarifários:

- Um para o período de ponta;
- Um para o período intermediário; e
- Um para o período fora de ponta.

Já a modalidade tarifária horária verde, por sua vez, é caracterizada por:

- Uma tarifa para a demanda, sem distinção horária;
- Uma tarifa para o consumo de energia elétrica durante o período de ponta; e
- Uma tarifa para o consumo de energia elétrica fora do período de ponta.

Por fim, a modalidade tarifária horária azul apresenta as seguintes características:

- Uma tarifa para a demanda no período de ponta;

- Uma tarifa para a demanda fora do período de ponta;
- Uma tarifa para o consumo de energia elétrica durante o período de ponta; e
- Uma tarifa para o consumo de energia elétrica fora do período de ponta.

Essas diretrizes, delineadas na Resolução Normativa ANEEL (ANEEL, 2021), visam estabelecer critérios claros e específicos para a aplicação das modalidades tarifárias, considerando tanto as características técnicas das unidades consumidoras quanto as preferências dos consumidores.

As modalidades tarifárias são regulamentadas pelo enquadramento das unidades consumidoras fornecidas nos grupos A e B estão cercadas pela Resolução Normativa ANEEL N° 1000 (ANEEL, 2021) como prevê a Seção IV situa-se em relação à seguintes modalidades aplicáveis às unidades consumidoras:

Para as unidades consumidoras do Grupo B, são previstas as seguintes modalidades tarifárias:

- Convencional: aplicada compulsoriamente e automaticamente a todas as unidades consumidoras do grupo;
- Horária branca: disponível mediante opção do consumidor, com exceção das subclasses baixa renda da classe residencial, da classe iluminação pública e das unidades faturadas pela modalidade de pré-pagamento.

Já para as unidades consumidoras do Grupo A, o enquadramento deve seguir as seguintes modalidades tarifárias:

- No caso de tensão de conexão igual ou superior a 69 kV: horária azul;
- No caso de tensão de conexão inferior a 69 kV: horária azul ou verde, conforme escolha do consumidor.

2.1.5 BANDEIRAS TARIFÁRIAS

De acordo com Resolução Normativa ANEEL N° 1000 (ANEEL, 2021), em específico nas Seção IV do Capítulo III chamado Bandeiras Tarifárias, elas são consideradas “um sistema destinado a sinalizar aos consumidores, através da tarifa de geração, os custos atuais da geração, de eletricidade”.

Conforme o Art. 307, as distribuidoras somente poderão efetivar a cobrança das bandeiras sobre o consumo faturado da unidade consumidora, utilizando uma tarifa proporcional aos dias de vigência de cada bandeira; O §1º, especificando que para unidade consumidora com medições apropriadas, a aplicação da tarifa é feita no

consumo faturado dos dias de aplicação da bandeira tarifária; Entretanto, para unidades consumidoras participantes do Sistema de Compensação de Energia Elétrica – SCEE, não ocorre cobrança pela bandeira sobre a energia compensada, conforme o §2. Portanto, não incidem bandeira tarifárias em unidades consumidoras conectadas em sistemas isolados porque prescreve o mesmo artigo.

Quanto ao mês de aplicação da bandeira tarifária, é o mês que vem depois da sua publicação, de acordo com Art. 308. Entretanto, se não houver tempo de faturamento com a bandeira tarifária mais recente divulgada, ou se a aplicação ocorrer no mês de sua vigência, a distribuidora deverá faturar por consumo de energia elétrica dos dias do mês exato da bandeira aplicada no mês subsequente com a referência na bandeira do mês anterior devida, §1 aplicam-se tratado.

Deverão ser compensadas, no mês seguinte, as respectivas diferenças a cobrar ou a devolver devida conforme regra do art. 326

No período em que a bandeira tarifária for diferente da bandeira verde, a distribuidora somará à tarifa aplicável uma determinação verificada pela ANEEL no valor do adicional referente ao artigo 309.

Cabe destacar que os benefícios tarifários não incidem no valor acrescido adicional da bandeira tarifária exceto da tarifa social de energia elétrica da modalidade subclasses residências baixa renda e para redução nas tarifas de oferta das atividades de irrigação e aquicultura, concedido no texto acrescido do parágrafo único deste mesmo artigo.

Por fim, são consideradas as bandeiras tarifárias vigentes conforme o cálculo da revisão de faturamento ou recuperação de receita no período da distribuidora, conforme artigo 310.

2.2 GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Cimentado o avanço tecnológico e a necessidade de sustentabilidade no presente, um futuro limpo e viável também é construído. Para engenharia elétrica, a união é vital e evidente nas amplas maravilhas que a geração fotovoltaica, um campo relativamente recente na energia solar, representa como resposta à preocupação crescente da sociedade na implantação dos meios de eletricidade definitivos que são mais sustentáveis e responsáveis no aspecto ambiental.

A energia solar e a energia eólica emergem como as principais protagonistas no escopo mencionado, aqui no Brasil e mundo afora. No Brasil, segundo dados do Ministério de Minas e Energia (MME, 2023), o país atingiu 83.79% de percentual de matriz provenientes de fontes renováveis, deixando a nação como exemplo a ser acompanhado, sendo referência em relação a esse assunto.

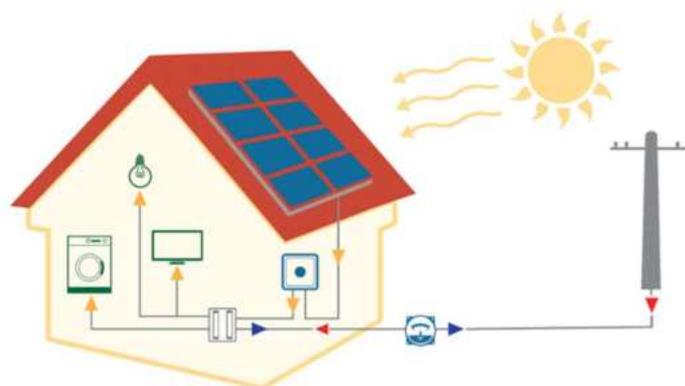
O MME (MME, 2023) ainda afirma, um dado relevante e histórico, desde janeiro até setembro de 2023, o Brasil viveu o maior aumento registrado de capacidade de geração da fotovoltaica centralizada. Portanto, a fonte solar acrescentou 3 gigawatts à matriz energética do Brasil, enquanto os ventos acrescentaram 3,2 gigawatts ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Sob a geração solar centralizada, que corresponde às grandes usinas, já são 18 mil usinas solares instaladas em território nacional. Simultaneamente, o SIN registra 954 usinas eólicas, totalizando uma capacidade nominal de 10,3 gigawatts. Ou seja, todos esses resultados exemplificam bem o avanço notável das renováveis, especialmente a solar.

A energia solar não apenas contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a mitigação das mudanças climáticas, mas também representa uma excelente oportunidade para impulsionar a economia brasileira, gerando empregos e fomentando a inovação tecnológica. O desenvolvimento desta tecnologia permite também mitigação de desigualdades sociais, levando energia elétrica à população mais vulnerável social e economicamente (BALAGUER, 2023).

Resolução Normativa ANEEL Nº 1.059, de 7 de fevereiro de 2023 (ANEEL, 2023), padroniza regras de conexão e faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistema de distribuição de energia elétrica, assim como regras do Sistema de Compensação de energia elétrica (SCEE).

Implementando um sistema fotovoltaico, é essencial associar, no mínimo, as duas categorias principais: on-grid e off-grid. O sistema fotovoltaico on-grid, do qual representa o exemplo da Figura 2 e conectado à rede, está projetado para funcionar em forma de simbiose com infraestrutura elétrica comum. Em tal arquitetura o painel solar converte a radiação solar em corrente elétrica, que é primeiro consumido pelo consumidor ou, em alternativa, diretamente enviado à rede elétrica. Quando a produção de energia solar excede a demanda do consumidor utilizado do excedente, o excedente é incorporado à rede, gerando créditos de energia que podem ser utilizados, por exemplo, para compensar o uso de energia nas horas da noite.

Figura 2 – Sistema on-grid



Fonte: (Veja São Paulo, 2023)

No entanto, o sistema fotovoltaico off-grid, ou autossuficiente, neste exemplo ilustrado pela Figura 3, é projetado para operar fora da infraestrutura base para utilização convencional da eletricidade. Neste regime, os painéis fotovoltaicos capturam a energia solar e armazenam em baterias. Portanto, a fonte de energia solar fica disponível para o consumidor quando requerida. Este é um modelo adequado para locais isolados ou distantes, onde o acesso à rede elétrica é limitada ou inexistente.

Figura 3 – Sistema Off-grid



Fonte: NeoSolar

2.2.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Cada módulo fotovoltaico, ilustrado na Figura 4, compõem-se de várias células solares, geralmente em uma disposição em forma de retângulo. Essas células solares convertem a radiação luminosa em energia elétrica, por meio do efeito fotovoltaico. Os fótons do sol incidindo sobre as células solares são absorvidos pelo material

semicondutor, gerando liberação de elétrons. Esses elétrons são, então, são capturados por um campo elétrico interno sem material semicondutor, criando uma diferença de potencial resultante em uma corrente elétrica.

Figura 4 – Módulos fotovoltaicos



Fonte: (Critéria Energia Solar, 2023)

Os módulos são compostos de células solares interconectadas, compostas por materiais semicondutores como: Silício (Si), germânio (Ge) ou armazenados como combinação deles como o Arsenieto de Gálio (GaAs) e Nitreto de Gálio (GaN).

Os módulos fotovoltaicos têm a métrica de sua eficiência de conversão que é a capacidade de converter energia luminosa incidente em eletricidade, a eficiência reflete a produção de módulos fotovoltaicos. Ao longo dos anos a eficiência tem aumentado gradualmente graças aos avanços na tecnologia dos materiais semicondutores e no design das células solares.

O silício monocristalino é o que costuma apresentar os maiores índices de eficiência. As fotocélulas comerciais obtidas a partir desse processo atingem uma eficiência de até 15% (VITTI, 2026).

2.2.2 INVERSORES

Os inversores, representados na Figura 5, são elementos com um papel fundamental na geração fotovoltaica, visto como sendo o “cérebro” por trás do processo de conversão da energia solar em eletricidade utilizável. Eles são os dispositivos que o converter corrente contínua (CC), proveniente dos painéis solares, para corrente alternada (CA) semelhante a rede elétrica e dispositivos elétricos.

Figura 5 – Inversores de sistema fotovoltaico



Fonte: (Solar Chio, 2021)

No mercado de geração fotovoltaica, existem diversos tipos de inversores conforme suas especificidades. Os inversores de string, por exemplo, geralmente são empregados em sistemas de pequeno e médio porte. Em outras palavras, eles conectam vários painéis solares em série —strings— para converter a energia coletiva deles em CA. por outro lado, os inversores centrais servem para uso em grandes instalações onde a geração de eletricidade é realmente distribuída no sistema.

Ademais, os micros inversores, instalados em uma base individual para cada painel solar. Eles permitem benefícios como um incremento de performance do sistema, monitoramento individual de cada painel solar e tolerância aos sombreamentos parciais.

A evolução tecnológica na área de inversores fotovoltaicos tem sido significativa, com o desenvolvimento de recursos como rastreamento máximo de ponto de potência (MPPT), comunicação sem fio e integração com sistemas de armazenamento de energia. Essas inovações inovadoras para maximizar o desempenho dos sistemas fotovoltaicos e aumentar sua visão econômica.

A tecnologia dos inversores fotovoltaicos está evoluindo rapidamente, com o advento de recursos como ajuste automáticos do máximo de ponto de potência (MPPT), comunicação sem fio e plano de energia. Essas inovações surgem para melhorar a performance dos sistemas fotovoltaicos e expandir a sua visão econômica.

Desta forma, os investidores são excepcionalmente importantes na produção de energia fotovoltaica, devido ao fato de converter a energia solar em um fornecimento de eletricidade útil, cedo ou tarde, eles garantem o desempenho e a dependência dos sistemas de energia fotovoltaica. A seleção do tipo ideal de conversão, baseada em

critérios como eficiência, fiabilidade, e funções, é indispensável para o sucesso dos sistemas de conversão escolhidos.

2.2.3 ESTRUTURAS DE MONTAGEM E FIXAÇÃO DOS PAINÉIS

As estruturas de montagem e fixação dos painéis solares, demonstradas na Figura 6, desempenham um papel fundamental na instalação e no desempenho dos sistemas fotovoltaicos. Essas estruturas garantem a correta orientação e orientação dos painéis solares, permitindo que eles capturem a quantidade máxima de energia solar disponível.

Figura 6 – Estruturas para instalação de sistema fotovoltaico



Fonte: Minha Casa Solar

As estruturas de montagem apresentam vários tipos projetados para adequação a diversas aplicações e condições climáticas. A solução mais convencional de montagem é a terra, onde os painéis são instalados em um ou múltiplos suportes alinhados entre si fixados à terra. Especificamente, essa é uma solução muitas vezes usada em grandes instalações, tais como parques solares, onde eficiência e flexibilidade de montagem são de grande importância.

Outra escolha comum é em telhado, aplicação em que o painel solar é fixado diretamente na estrutura do telhado de residências, comércios ou indústrias. Isso ocorre porque o telhado possui um espaço disponível e, por isso, é popular para grandes e pequenos sistemas fotovoltaicos.

Quanto ao tipo instalado de instalação, é claro que a instalação do painel solar nos lugares precisa sempre ser feita de maneira segura e estável. Sendo assim, o

material deve ser de alto padrão, sendo de alumínio ou aço galvanizado, ou seja, que oferecem sustentação, durabilidade e resistência a longo prazo

Adicionalmente, a direção e a orientação dos painéis solares são significativas em termos de desempenho. A orientação direita permite que os painéis coletem a quantidade máxima de calor do sol ao longo de todo o dia, no entanto, apenas a direção ideal proporciona uma exposição ideal dos raios solares devido à variabilidade sazonal, pois, em algumas regiões, os raios solares dependem da posição do sol.

Para concluir, estruturas de montagem e fixação dos painéis solares desempenham um cargo fundamental tanto na instalação quanto no desempenho de sistemas fotovoltaicos. A escolha da estrutura ideal, junto de uma montagem certificada e segura, é um ímpeto crucial sobre a produtividade e a durabilidade dos sistemas fotovoltaicos nas mais variadas aplicações e ambientes.

3 DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram empregadas algumas ferramentas digitais e plataformas específicas, cada uma desempenhando um papel crucial na análise, visualização, interpretação dos dados e desenvolvimento das soluções.

3.1 POTENCIAL SOLAR – SUNDATA v3.0

A Figura 7 ilustra a plataforma CressESB Potencial Solar – SunData v3.0 que é uma ferramenta desenvolvida pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CressESB). A plataforma foi criada para disponibilizar dados de análise sobre potencial solar em várias regiões. Tal plataforma permite uma quantidade significativa de avaliações do potencial solar, contendo os seguintes dados: dados da irradiância solar, climatológicos e mapas de radiação solar.

Figura 7 – CressESB



Fonte: (CressESB, 2025)

Adicionalmente, o SunData v3.0 permite simulações e análises do potencial da geração de energia solar em uma área determinada, o que facilita a análise e o planejamento de grandes projetos de energia solar fotovoltaica. Dado que sua interface simples e ferramentas avançadas permitem a visualização e interpretação de dados, o

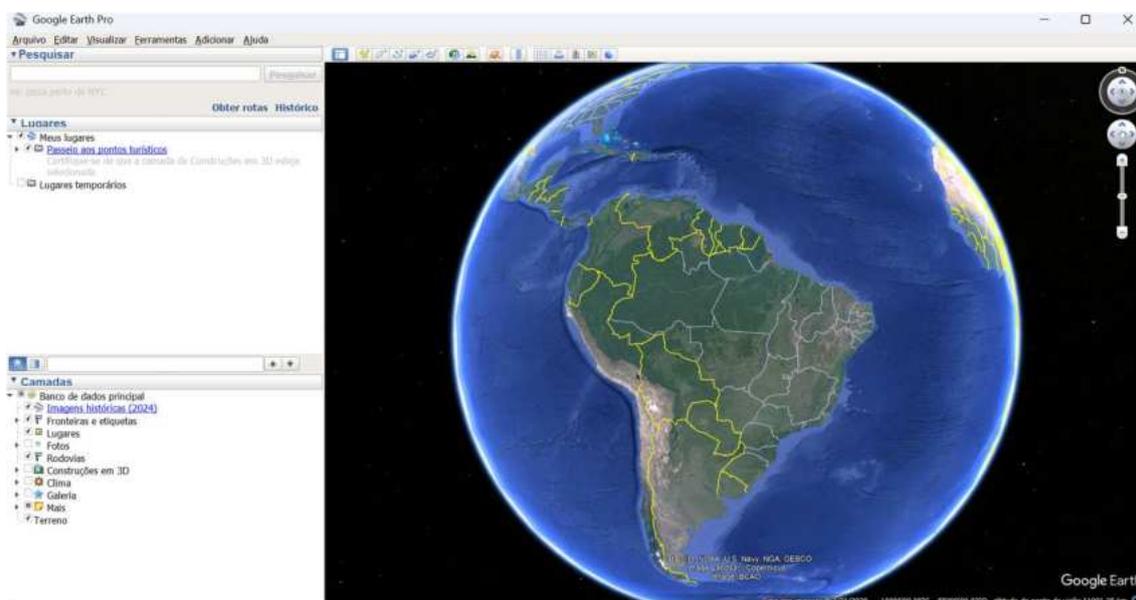
SunData é uma ferramenta valiosa para cientistas, profissionais e tomadores de decisão de energia renovável.

O apoio da plataforma CressESB Potencial Solar – SunData v3.0 foi essencial para realização deste estudo, uma vez que ela se encarregou de fornecer uma visão inclusiva do potencial solar em áreas de relevante interesse. A plataforma foi indispensável por contribuir com informações precisas e relevantes para as possíveis análises no âmbito deste trabalho.

3.2 GOOGLE EARTH PRO

A Figura 8 ilustra o Google Earth Pro que é um software de visualização geoespacial poderoso, com imagens de satélite em alta resolução, modelos 3D de terrenos e várias outras funcionalidades analíticas. Esta aplicação dá aos usuários uma oportunidade de navegar o mundo virtualmente, olhando para detalhes geográficos e executando medições geoespaciais.

Figura 8 – Google Earth Pro



Fonte: (Google Earth Pro, 2024)

Neste sentido, o Google Earth Pro ocupou um lugar significativo no decorrer deste trabalho durante o estudo dos telhados dos edifícios. Com as imagens de satélite atualizadas e as possibilidades de medições precisas, foi possível conseguir

confiabilidade das informações sobre a localização e dimensão dos telhados. Portanto, a análise em cima dos telhados dos edifícios foi indispensável para selecionarmos as áreas que eram convenientes para a instalação de um conjunto do sistema fotovoltaico, de forma a certificar que o projeto poderia ter uma base fundamentada e exata.

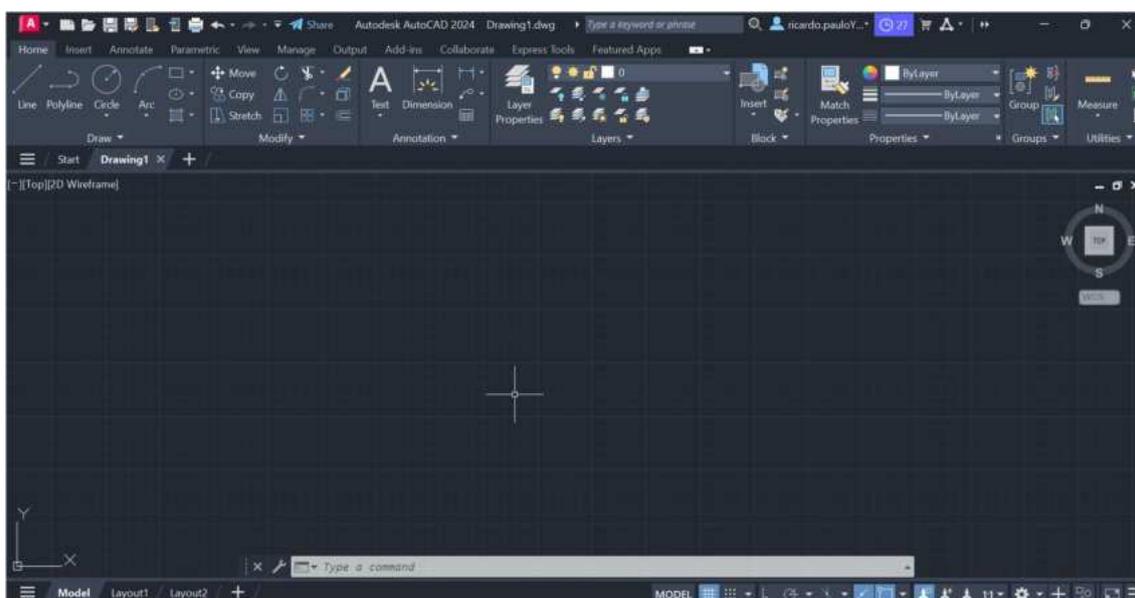
Adicionalmente, o Google Earth Pro também possibilitou a criação de imagens em escala e permitiu uma imagem verdadeira do local do estudo. Toda as técnicas utilizadas foram essenciais para a implementação de análises a fundo e tomada de decisões a tempo no planejamento e implementação do projeto.

Em resumo, o Google Earth Pro proporcionou uma plataforma riquíssima e fácil para realizar a análise dos telhados de edifícios na análise geoespacial e levou a uma abordagem precisa e confiável para selecionar áreas onde os sistemas fotovoltaicos poderiam ser instalados.

3.3 AUTOCAD

O AutoCAD, conforme mostrado na Figura 9, é uma ferramenta usual de desenho técnico e modelagem 2D e 3D que dispõe de várias formas avançadas para melhor elaboração e edição dos projetos de engenharia, arquitetura e design. Com sua interface de fácil aprendizado e recursos poderosos, os usuários desses softwares têm a possibilidade de representar exatamente e detalhadamente objetos e ambientes em escala real.

Figura 9 – AutoCAD



Fonte: (AutoCAD, 2024)

No que diz respeito ao assunto deste trabalho, um papel relevante foi cumprido pelo AutoCAD na representação dos telhados dos prédios após a geração das imagens em escala real provida pelo Google Earth Pro. Com base nas informações certas obtidas na Google Earth Pro foi possível desenhar os telhados no AutoCAD.

Além disso, utilizou-se o AutoCAD para fazer uma análise aprofundada do posicionamento dos módulos fotovoltaicos no telhado. Analisando-se por meio delas, simulações e estudos de viabilidade acabam-se por saber o melhor para módulos fotovoltaicos a serem posicionados de forma a otimizar a produção de energia solar considerando a orientação, inclinação, sombreamento e fator do aproveitamento do telhado.

3.4 POWER BI

Demonstrado na Figura 10, o Power BI é uma ferramenta de análise de dados e relatório, pronta para uso, da Microsoft. O software possibilita que os usuários se conectem a múltiplas fontes de dados e realizem análises complexas, visualizações interativas de maneira rápida.

Figura 10 – Power BI



Fonte: (Power BI, 2024)

Neste sentido, o rol de atividades do Power BI tornou-se fundamental para a análise das faturas de energia elétrica dos prédios do município. No Power BI desenvolveu-se dashboards dentro do âmbito das informações das faturas fornecidas para fins de análise de consumo de eletricidade e padrões de consumo.

As visões dinâmicas e interativas geradas pelo Power BI facilitou o estudo a fundo dos dados, possibilitando a detecção de padrões, tendências e anomalias de consumo de energia dos prédios municipais. Ditas informações tornam-se fundamentais para ações normativas para a melhoria da eficiência energética, compulsórias para a atuação do consumo adotada no sentido de reduzir gastos e promover maior sustentabilidade no uso entre ambas as partes.

Ademais, o Power BI proporcionou uma ótima análise dos dados das faturas de energia elétrica, permitindo uma tomada de decisão mais assertiva e informada no contexto do trabalho.

4 ANÁLISE DE FATURAS

Este tópico aborda toda a análise e gestão de faturas realizada para os prédios municipais elencados no estudo, abrangendo os procedimentos de aquisição, processamento e avaliação das faturas de energia do município de Bayeux.

4.1 AQUISIÇÃO DE DADOS

Os dados empregados neste trabalho foram cedidos pela prefeitura da cidade de Bayeux, após solicitação do estudante. A prefeitura, de forma atenciosa, disponibilizou as faturas de energia elétrica dos prédios com os maiores volumes de consumo.

Foram analisados 11 edifícios com base nas faturas da energia cedidas, com vigência: três escolas, dois postos de saúde da família (PSF), duas unidades básicas de saúde (UBS), uma casa de acolhimento para idosos, um restaurante popular, um hospital materno e uma unidade de pronto atendimento (UPA).

A maioria dos prédios possui tensão nominal de entrada de 380 Volts, caracterizando-se como de baixa tensão. Todos os edifícios são classificados na categoria B3 – poder público, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – Dados de ligação da UPA

DOMICÍLIO DE ENTREGA			
PREFEITURA MUNICIPAL DE BAYEUX - SECRETARIA DE SAÚDE			
AVENIDA LIBERDADE 1973 - CEP:58300000 - SÃO BENTO			
BAYEUX PB (AG: 1)			
ROTEIRO: 015 - 0008 - 460 - 4800			
MATRÍCULA: 1179766-2023-9-0			
DOM. BANC.:		DOM. ENT.: 9999008003	
Classificação: MTC-CONVENCIONAL BAIXA TENSÃO / B3 PODER PÚBLICO / POD. PÚB. MUNICIPAL			
		LIGAÇÃO: TRIFASICO	
TENSÃO NOMINAL EM VOLTS	DISP:	Lim. Min.: 350	Lim. Max.: 399

Fonte: Prefeitura de Bayeux

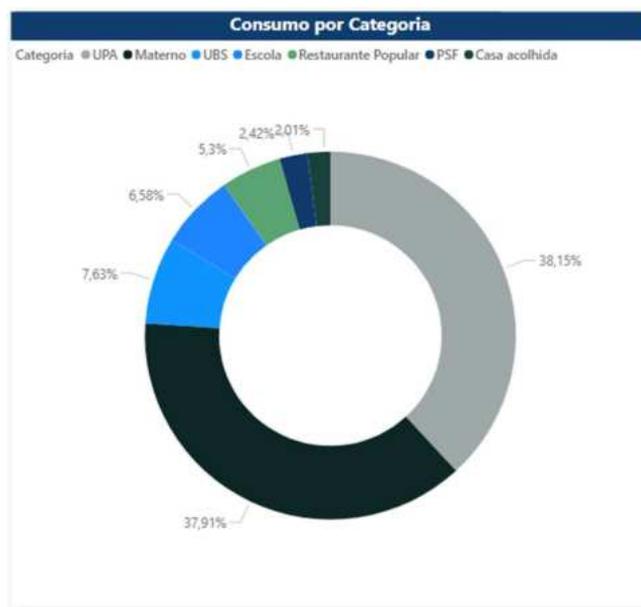
4.2 TRATAMENTO DE DADOS

Após a coleta, todos os dados foram tratados e analisados utilizando a plataforma Power BI. A análise das escolas, PSFs, UBSs e da casa de acolhida abrangeu o período de setembro de 2022 a setembro de 2023, totalizando 13 meses. Para o restaurante popular e o hospital materno, a análise foi realizada de fevereiro de 2023 a

fevereiro de 2024, também somando 13 meses. Já o período de análise da UPA se estendeu de setembro de 2022 a fevereiro de 2024, completando 18 meses.

Pode-se observar um gráfico na Figura 12 que ilustra a porcentagem de conformidade por cada categoria de edifício em um período total de análise de 13 meses.

Figura 12 – Consumo por categoria dos prédios municipais



Fonte: Autoral

Os dados no gráfico permitem concluir que, dentre os prédios administrados pelo poder municipal, a energia consumida pela UPA e pelo hospital materno, juntos, apresenta a maior parcela de consumo de energia elétrica, corresponde a 76% de todos os prédios da análise.

4.3 ANÁLISE DE DADOS

Depois que os dados foram adicionados e tratados no Power BI, foi feita a exploração geral de todas as informações. Decidiu-se examinar individualmente os prédios com consumo excepcional – UPA, o hospital materno e o restaurante popular. Os demais, porém, pois foram analisados em conjunto.

4.3.1 UPA

A Unidade de Pronto Atendimento UPA é o único prédio municipal de alta tensão com atendimento de 13,8 kV. O transformador próprio dessa UPA converte o sistema de 13,8 kV para 380 V necessárias para a rede elétrica do edifício. Enquadrada na modalidade tarifária azul (A4 – poder público), a UPA é faturada com base no consumo e na demanda nos horários de ponta e fora de ponta, como ilustrado na Figura 13. Além disso, é possível observar a constante de multiplicação, K, da unidade.

Figura 13 – Estrutura de consumo da UPA

ESTRUTURA DO CONSUMO									
DADOS DA LEITURA		Leitura Anterior: 31/08/2023		Leitura Atual: 30/09/2023		Dias: 30		DADOS DO CONSUMO	
UN.	POSTO	ATUAL	ANTERIOR	K	PERDAS (%)	FAT. POT.	AJ. FAT. POT.	MEDIDO	FATURADO
KWH	Ponta	206,53	173,91	80,00	2,50	0,00	0,00	2.675,21	2.675,21
KWH	FPonta	1.996,39	1.673,45	80,00	2,50	0,00	0,00	26.480,42	26.480,42
KW	Ponta	0,62	0,00	80,00	2,50	0,00	0,00	51,17	130,00
KW	FPonta	0,63	0,00	80,00	2,50	0,00	0,00	51,50	130,00
ERE	FPonta	0,00	0,00	80,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00
DRE	Ponta	0,57	0,00	80,00	2,5	0,00	0,00	46,62	0,00
DRE	FPonta	0,58	0,00	80,00	2,50	0,00	0,00	47,72	0,00

Fonte: Prefeitura de Bayeux

Os gráficos com os valores mensais de consumo e demanda, tanto em horário de ponta e fora de ponta, estão expostos nas Figuras 14 e 15.

Figura 14 – Consumo Ponta e Fora Ponta da UPA



Fonte: Autoral

Figura 15 – Demanda Ponta e Fora Ponta



Fonte: Autoral

O valor da demanda contratada nos períodos de Ponta e Fora Ponta é de 130 kW, conforme ilustrado na Figura 16. Esse valor está consideravelmente acima da demanda efetiva medida em ambos os postos tarifários.

Figura 16 - Grandezas contratadas da UPA

Grandezas Contratadas	Valor (kW)
Demanda ponta - kW	130
Demanda fora ponta - kW	130

Fonte: Prefeitura de Bayeux

Devido ao fato de a demanda contratada estar significativamente acima da demanda consumida, a fatura de energia elétrica inclui os custos referentes à demanda contratada não consumida, tanto nos horários de Ponta quanto Fora de Ponta. Sobre essa energia não consumida, apenas o ICMS é dispensado. Conforme ilustrado na Figura 17. Assim, a prefeitura em questão apresenta um custo com a demanda contratada não utilizada que supera o custo da demanda consumida, nos períodos de Ponta e Fora de Ponta.

Figura 17 – Itens da fatura da UPA

Itens da Fatura	Unid.	Preço unit (R\$)		Valor (R\$)	PIS/ COFINS (R\$)	Base Calc. ICMS (R\$)	% Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	Tarifa Unit (R\$)
		Quant.	com tributos						
Consumo em kWh - Ponta	KWH	2.675,21	0,547560	1.464,84	44,92	1.464,84	18	263,67	0,432210
Consumo em kWh - Fora Ponta	KWH	26.480,42	0,371960	9.849,99	302,08	9.849,99	18	1.773,00	0,293610
Demanda de Potência Medida - Ponta	KW	51,17	55,882690	2.859,40	87,69	2.859,40	18	514,69	44,110000
Demanda Potência Não Consumida - Ponta	KW	78,83	45,823810	3.612,38	135,10	0,00	0	0,00	44,110000
Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	KW	51,50	28,834500	1.484,86	45,53	1.484,86	18	267,27	22,760000
Demanda Potência Não Consumida - F Ponta	KW	78,50	23,644290	1.856,17	69,42	0,00	0	0,00	22,760000
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS									
JUROS DE MORA 07/2023				119,25	0,00	0,00	0	0,00	
MULTA 07/2023				420,89	0,00	0,00	0	0,00	
COMPENSAÇÃO POR INDICAD 07/2023				-2.940,15	0,00	0,00	0	0,00	
ATUALIZAÇÃO MONETÁRIA 07/2023				14,17	0,00	0,00	0	0,00	
TOTAL:				18.741,80	684,74	15.659,09		2.818,63	

Fonte: Prefeitura de Bayeux

No estudo tarifário da UPA, foram analisadas a necessidade de alteração do valor da demanda contratada pela unidade consumidora e a possível mudança da modalidade tarifária atual, Azul, para a modalidade Verde. Para esta avaliação, foram utilizados os valores tarifários utilizados pela Energisa Paraíba nos anos de 2023 e 2024, apresentados na Tabela 1, fornecidos pela concessionária de energia elétrica responsável pelo município.

Tabela 1 – Valores tarifários

Posto Tarifário	Modalidade	
	Azul	Verde
Consumo Ponta (R\$/kWh)	0,43221	1,50179
Consumo Fora Ponta (R\$/kWh)	0,29361	0,29361
Demanda Ponta (R\$/kW)	44,11	-
Demanda Fora Ponta (R\$/kW)	22,76	22,76

Fonte: Autoral

A análise realizada evidenciou a necessidade de ajustar os valores de demanda contratada nos dois postos tarifários. A Figura 18 apresenta os resultados dessa análise, considerando um novo valor de demanda contratada de 60 kW. Na mesma figura, é

exibido o custo atual da fatura em reais, além da comparação entre as tarifas Azul e Verde, ambas aplicadas ao novo valor de 60 kW.

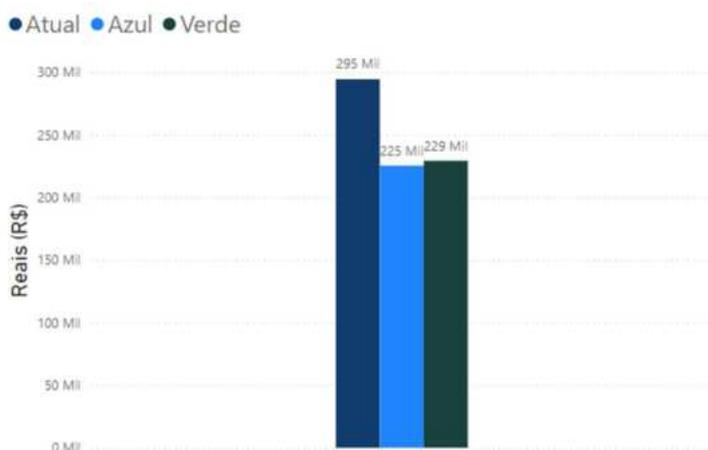
Figura 18 – Resultado comparação Azul x Verde



Fonte: Autoral

Em resumo, a Figura 19 apresenta o custo total em reais da comparação realizada. Os resultados indicam que, ao manter a modalidade tarifária Azul e reduzir o valor da demanda contratada para 60 kW, é possível alcançar uma economia de aproximadamente R\$ 69 mil, ou 23,4%, nos custos de energia elétrica da UPA durante o período aplicado.

Figura 19 – Comparação custo total



Fonte: Autoral

4.3.2 HOSPITAL MATERNO INFANTIL

O hospital materno infantil é o segundo com maior consumo de energia elétrica entre os prédios da prefeitura, como demonstrado na Figura 20.

Figura 20 – Dados hospital materno



Fonte: Autoral

Apesar disso, ele está enquadrado como uma unidade de baixa tensão B3. Como demonstrado na Figura 21.

Figura 21 – Dados de ligação hospital materno

Classificação: MTC-CONVENCIONAL BAIXA TENSÃO / B3 PODER PÚBLICO / POD. PÚB. MUNICIPAL		LIGAÇÃO: TRIFASICO	
TENSÃO NOMINAL EM VOLTS	DISP:	Lim. Min.: 350	Lim. Max.: 399
PM BAYEUX HOSPITAL MATERNO INFANTIL			

Fonte: Prefeitura de Bayeux

4.3.3 RESTAURANTE POPULAR

O restaurante popular, é a unidade consumidora com maior déficit de dados no período de análise. Em março, foi registrado um consumo atípico de apenas 100 kWh. Nos meses de abril e maio de 2023, não houve registro de leitura de consumo, e em

junho ocorreu um novo ponto fora da curva, com o maior volume de consumo de energia já registrado, conforme demonstrado nas Figuras 22 e 23.

Figura 22 – Consumo faturado do restaurante popular

MÊS	CONSUMO FATURADO
FEV/24	3.584,00
JAN/24	3.056,00
DEZ/23	2.851,00
NOV/23	3.592,00
OUT/23	4.332,00
SET/23	4.634,00
AGO/23	4.451,00
JUL/23	4.343,00
JUN/23	13.284,00
MAI/23	
ABR/23	*
MAR/23	100,00
FEV/23	4.415,00 *

Fonte: Prefeitura de Bayeux

Figura 23 – Dados do restaurante popular



Fonte: Autoral

Portanto, é fundamental desconsiderar os meses com valores atípicos de consumo de energia elétrica para que a análise energética deste prédio seja mais precisa.

A Figura 24 ilustra o consumo do restaurante popular, excluindo os meses de março, abril, maio e junho, proporcionando uma representação mais realista dos dados.

Figura 24 – Dados válidos do Restaurante Popular



Fonte: Autoral

Dessa forma, podemos assumir esses valores como representativos do consumo real do restaurante popular. Assim, é possível considerar que o consumo de energia da unidade é regular, não justificando a necessidade de um estudo de viabilidade para alteração da modalidade tarifária.

4.3.4 DEMAIS UNIDADES

Entre as unidades consumidoras analisadas neste trabalho, agrupamos aquelas com menor consumo em comparação com demais. Esse grupo estão incluídas as três escolas, os dois PSFs, as duas UBSs e a casa de acolhida. A seguir, a Figura 25, apresenta uma visão geral do consumo dessas unidades.

Figura 25 – Dados demais unidades



Fonte: Autoral

As figuras a seguir apresentam o consumo de energia referentes as escolas de maneira individual, as Figuras 26, 27 e 28, correspondem as escolas Moacir Dantas, Rui Carneiro e Sandra Maria, respectivamente.

Figura 26 – Dados Moacir Dantas



Fonte: Autoral

Figura 27 – Dados Rui Carneiro



Fonte: Autoral

Figura 28 – Dados Sandra Maria



Fonte: Autoral

Ademais, são apresentadas as figuras referentes aos postos de saúde da família, as Figuras 29 e 30, correspondem aos PSFs da Imaculada e São Vicente, respectivamente.

Figura 29 – Dados PSF Imaculada



Fonte: Autoral

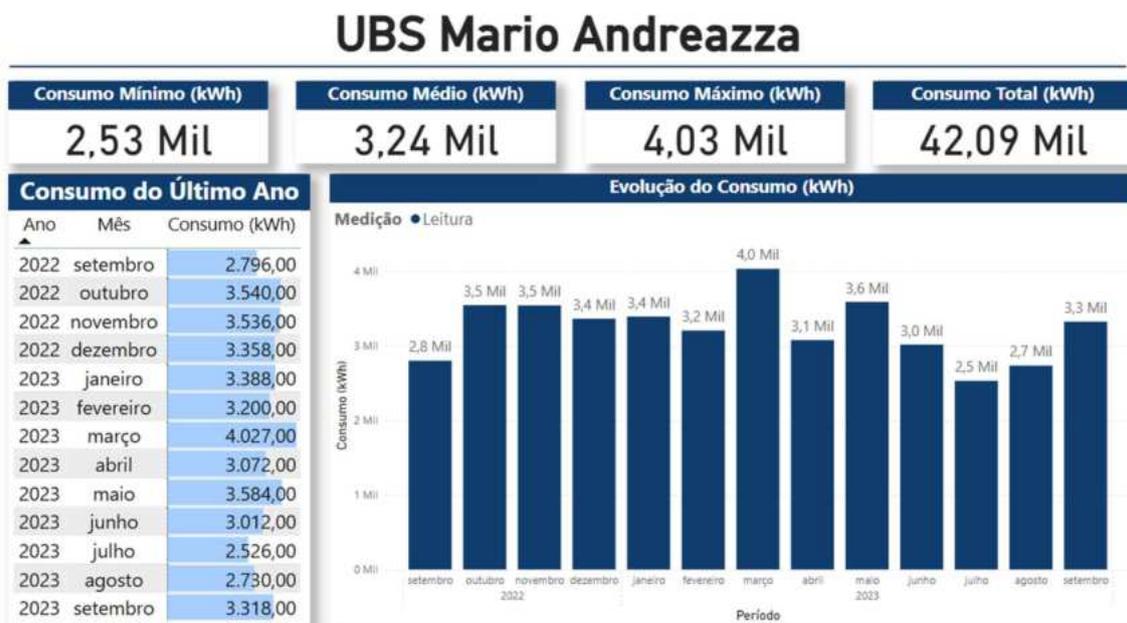
Figura 30 – Dados PSF São Vicente



Fonte: Autoral

Quanto as unidades básicas de saúde, as Figuras 31 e 32, correspondem as UBSs do Mário Andreazza e Rio do Meio, respectivamente.

Figura 31 – Dados UBS Mário Andreazza



Fonte: Autoral

Figura 32 – Dados UBS Rio do Meio



Fonte: Autoral

A Figura 33 apresenta o consumo de energia elétrica da casa de acolhida de idosos.

Figura 33 – Dados Casa de Acolhida



Fonte: Autoral

Assim, podemos concluir que o consumo total dessas unidades é menor do que o consumo individual da UPA e do hospital materno. Portanto, a redução de custos com energia elétrica nesses dois edifícios pode gerar uma economia significativa em comparação com demais unidades consumidoras.

5 PROPOSIÇÃO DE SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Como visto no tópico anterior, foi possível perceber que a Unidade de Pronto Atendimento, bem como o Hospital Materno, são os dois dos imóveis sob gestão da prefeitura com maiores custos de energia elétrica. As duas edificações aqui citadas representam 76% do consumo total do município dos prédios estudados nesta pesquisa.

Isto é, obter mais economia na redução ou compensação do consumo de energia elétrica desses imóveis pode ser uma grande oportunidade para o município. Diante disso, a instalação de sistemas de geração fotovoltaica se apresenta como uma alternativa adequada e benéfica para a prefeitura visando reduzir os custos energéticos.

5.1 DISPONIBILIDADE DOS TELHADOS

Dessa forma, uma análise da localização do espaço livre nos telhados dos prédios municipais monitorados neste estudo foi obtida por meio de software Google Earth Pro, avaliando a análise da disponibilidade de espaço para instalação de energia solar fotovoltaica. Assim, a área do telhado com maior espaço disponível e área disponível foi identificada e contabilizada.

A medição das áreas foi realizada por meio da ferramenta “medir distância e área” do Google Earth Pro, conforme ilustrado na Figura 34.

Figura 34 – Medição do telhado da escola Sandra Maria



Fonte: Autoral

Com base nos dados coletados, foi elaborada a Tabela 2 com identificação dos valores aproximados da área total medida.

Tabela 2 – Área medida telhados dos prédios municipais

Prédio Municipal	Área Total Medida
UPA	1087 m ²
Hospital Materno	1020 m ²
Restaurante Popular	828 m ²
Escola Ruy Carneiro	533 m ²
USB Mário Andreazza II	459 m ²
Escola Moacir Dantas	425 m ²
Escola Sandra Maria	285 m ²

Fonte: Autoral

Entre os telhados analisados na Tabela 2, o do Restaurante Popular Municipal apresenta as melhores condições para a instalação do sistema fotovoltaico. Diferentemente da UPA e do Hospital Materno, o Restaurante possui um telhado único, sem divisões, o que facilita a instalação. Além disso, não há edificações próximas que possam causar sombreamento.

A área do telhado do Restaurante Popular, conforme disponibilizada no Google Earth Pro, está ilustrada na Figura 35.

Figura 35 – Medição do telhado do Restaurante Popular



Fonte: Autoral

5.2 POTÊNCIA DO SISTEMA

A UPA e Hospital Materno são responsáveis por 76% do consumo energético dos edifícios avaliados neste trabalho, então, o sistema fotovoltaico gerador foi projetado para atender a essa quantidade de energia utilizada nos 2 prédios.

Contudo, conforme mencionado no subtópico anterior, o imóvel escolhido para a instalação do sistema de energia solar será o Restaurante Popular. Logo, o consumo energético decorrente do Restaurante também deverá ser acrescentado ao total de energia a ser gerada pelo sistema.

A Tabela 3 mostra o consumo médio mensal de energia elétrica dos prédios municipais contemplados pelo sistema de energia solar proposto.

Tabela 3 – Consumo a ser abatido pelo sistema

Prédio	Consumo Médio Mensal
UPA	28.100,00 kWh
Hospital Materno	26.744,00 kWh
Restaurante Popular	3.920,00 kWh
Total	58.760,00 kWh

Fonte: Autoral

Para oferecer uma margem de segurança para o dimensionamento, é recomendável calcular um aumento de 10% sobre o valor total do sistema. Assim sendo, a capacidade final do sistema foi definida em 65 kW.

5.3 EQUIPAMENTOS PROPOSTOS

O módulo do sistema fotovoltaico escolhido foi o HiKu7 Mono PERC do fabricante canadian solar com potência de 670 W, a ilustração do módulo pode ser vista na Figura 36.

Figura 36 – Módulo HiKu7 Mono PERC



Fonte: Canadian Solar

Na Tabela 4 apresenta-se as principais especificações do módulo fotovoltaico, essenciais para o dimensionamento do sistema.

Tabela 4 – Características módulo HiKu7 Mono PERC

Características	Valor
Potência de cada módulo	670 W
Tensão de operação	38,7 V
Corrente de operação	17,32 A
Tensão de curto	45,8 V
Corrente de curto	18,55 A

Fonte: Autoral

O inversor escolhido para atender às especificações do projeto foi o modelo M70A_260, com capacidade de 70 kW. A Figura 37 ilustra o modelo de inversor adotado no estudo.

Figura 37 – Inversor M70A_260



Fonte: (Delta, 2021)

A Tabela 5 reúne as especificações principais do inversor fotovoltaico, fundamentais para o dimensionamento do sistema.

Tabela 5 – Características Inversor M70A_260

Características	Valor
Potência do Inversor	70 kW
MPPT	6
Tensão Nominal de Entrada	600 V
Tensão Máxima de Entrada	1000 V
Corrente de Entrada Máxima (MPPT/ Geral)	26 A / 156 A
Corrente de Curto-Circuito	50 A (MPPT)

Fonte: Autoral

5.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Com as características técnicas dos equipamentos definidos, inicia-se o dimensionamento do sistema. O primeiro passo é calcular o número de módulos fotovoltaicos necessários. Esse cálculo é realizado dividindo a potência total projetada para o sistema pela potência individual de cada módulo fotovoltaico.

$$N_{\text{módulos}} = \frac{68,3 \text{ kWp}}{670 \text{ Wp}} = 102 \text{ Módulos}$$

Com o número total de módulos do sistema definido, é possível calcular a quantidade de módulos por MPPT (*Maximum Power Point Tracker*).

$$N_{MPPT} = \frac{102 \text{ Módulos}}{6} = 17 \text{ Módulos}$$

Assim, o sistema será configurado com 17 módulos fotovoltaicos em cada uma das 6 strings (entradas MPPT). A tensão de cada string foi calculada conforme apresentado abaixo.

$$Tensão_{string} = 38,7 \text{ V} \times 17 = 657,9 \text{ V}$$

Além disso, a corrente em cada string será equivalente à corrente de saída de cada módulo, que é de 17,32 A.

Por fim, ao determinar o valor da tensão e da corrente elétrica em cada string, podemos calcular a potência final do sistema de geração fotovoltaica da seguinte forma:

$$Potência_{gerada} = (657,9 \text{ V} \times 17,32 \text{ A}) \times 6 = 68,36 \text{ kW}$$

5.5 ARRANJO DO SISTEMA

Após definir a quantidade de módulos fotovoltaicos por string, podemos planejar a disposição dos módulos no telhado do Restaurante Popular. Com as dimensões de cada módulo e do telhado conhecidas, podemos realizar um planejamento em escala real, proporcionando maior fidelidade à realidade.

A Tabela 6 apresenta as dimensões do módulo fotovoltaico e do telhado, além da taxa de ocupação dos módulos sobre o telhado.

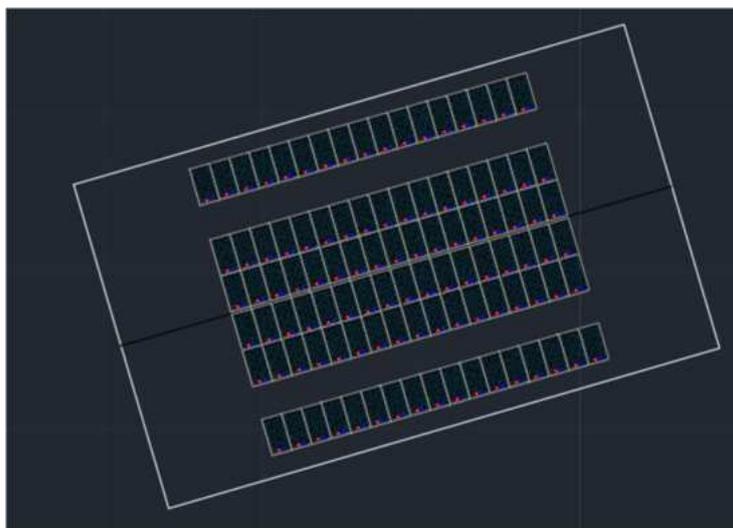
Tabela 6 – Dados de ocupação do telhado

Característica	Valor
Área do módulo	3,106352 m ² (2,384m x 1,303m)
Área do telhado	828 m ²
Número de módulos	102
Taxa de ocupação	38%

Fonte: Autoral

Na Figura ilustra-se a representação, em escala, de uma possível disposição dos módulos fotovoltaicos sobre o telhado, já divididos por string, com metade alocada em cada uma das quedas d'água.

Figura 38 – Disposição dos módulos fotovoltaicos



Fonte: Autoral

6 CONCLUSÃO

A análise de faturas da energia elétrica utilizada pelos prédios municipais de Bayeux-PB apontou a relevância de tal gestão para os recursos energéticos, especialmente, visto que, no âmbito do governo, a economia em gastos pode gerar economia significativa permitindo uma alocação da verba pública para outras áreas importantes, como saúde, educação e infraestrutura. O levantamento mostrou que, grande quantidade da energia consumida, compreendem alguns prédios à parte, como UPA e hospital Materno, tornando-os os principais alvos para medidas de eficiência energética.

A análise dos contratos tarifários indicou oportunidades muito significativas de economia associadas à adequação da demanda contratada da UPA. Após a revisão desses contratos e o ajuste apropriado deles, é possível obter uma grande economia dos custos de eletricidade sem alterações no serviço recebido. Especificamente, reduzir a demanda contratada de 130 kW para 60 kW poderia ter gerado uma economia de R\$ 69.000,00 aproximadamente, significando 23,4% dos valores de energia consumida pela UPA no período analisado. Neste sentido, essa abordagem realça a necessidade de um monitoramento técnico contínuo de modo que os contratos para o fornecimento de energia estejam sempre sob a supervisão das melhores prática setorial, e de acordo com a real procura de consumo da unidade envolvida.

Além da otimização tarifária, a pesquisa também pontuou que, a geração de energia fotovoltaica é uma alternativa viável e sustentável que possibilita reduzir os gastos com eletricidade no município. A partir da análise de disponibilidade de telhados de prédios públicos ficou explícito que haveria telhados suficientes para o montante dos painéis solares que podem compensar parte do consumo através da geração de energia solar. A aplicação deste sistema além de evitar as despesas adicional com eletricidade, também reduziria a intensidade do dano ambiental na administração pública por meio do uso de fontes de energias renováveis, promovendo políticas de sustentabilidade.

Tais resultados reforçam a importância das políticas públicas em eficiência energética e adoção de tecnologias limpas na administração dos municípios. O investimento em energia fotovoltaica, combinado com a revisão periódica de contratos de energia e análise de dados utilizando ferramentas específicas, pode significar uma transformação do uso dos recursos energéticos. Assim, municípios que fazem uso destas

práticas conseguem economizar e ainda servem de exemplo para outras cidades, de que é possível inovar, ser mais econômico e sustentável.

Assim, o presente trabalho contribui para o entendimento da análise faturas e da geração fotovoltaica como considerar a forma de otimização de custos e gestão de energia elétrica em prédios públicos. De modo que, espera-se que as conclusões propostas incubem a implementação de ações de concretização da redução dos gastos energéticos e de sustentabilidade para o município de Bayeux e aos outros que vivenciam situações semelhantes.

REFERÊNCIAS

ANEEL. Resolução Normativa nº 1000 de 7 de dezembro de 2021(*). Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html>. Acesso em: 12 out. 2023.

ANEEL. Resolução Normativa nº 1059 de 7 de fevereiro de 2023. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.html>. Acesso em: 12 out. 2023.

BALAGUER, Diogo; PINA, Armando; TORRES, Julio. O PANORAMA DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL E O PAPEL DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA EM SEU DESENVOLVIMENTO. SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA, v. 4, n. 00, 2023.

Ministério de Minas e Energia. Tributos cobrados na conta de energia. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/tributos-cobrados-na-counta-de-energia>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

Ministério de Minas e Energia. Brasil bate recorde de expansão da energia solar em 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-bate-recorde-de-expansao-da-energia-solar-em-2023>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

STR. Superintendência de Gestão Tarifária e Regulação Econômica: Postos Tarifários das Distribuidoras. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaZTQyNGM4ZWItYzI2ZC00YmU0LTg0OWUtNzMwODRmMmFhNTcwIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em:

VITTI, Diego Christofolletti; ALVARES, Leandro Miranda. Avaliação da eficiência de sistemas fotovoltaicos. 2006.

	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

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC (Atualizado)

Assunto:	Trabalho de Conclusão de Curso - TCC (Atualizado)
Assinado por:	Paulo Santos
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Restrito
Hipótese Legal:	Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
Tipo da Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Paulo Ricardo dos Santos, **ALUNO (20192610053) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA**, em 18/04/2025 08:25:36.

Este documento foi armazenado no SUAP em 18/04/2025. 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: 1465204

Código de Autenticação: 1099a8ea75

