



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA  
COORDENACAO DO CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO  
EM ENGENHARIA ELÉTRICA



EVANIELLE AURELIANO DE OLIVEIRA

**PLANO DE GESTÃO PÚBLICA ENERGÉTICA MUNICIPAL PROPOSTO:  
UM ESTUDO DE CASO EM MALTA-PB**

João Pessoa - PB  
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *campus* João Pessoa

O48p Oliveira, Evanielle Aureliano de.

Plano de gestão pública energética municipal proposto : um estudo de caso em Malta-PB / Evanielle Aureliano de Oliveira. - 2022.

108 f. : il.

TCC (Graduação - Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação da Paraíba / Unidade Acadêmica de Processos Industriais, 2022.

Orientação : Prof<sup>o</sup> D.r Franklin Martins Pereira Pamplona.

1. Eficiência energética. 2. Gestão de energia municipal.  
3. Política energética sustentável. 4. Diagnóstico energético. 5.  
Malta - PB. I. Título.

CDU 621.317.38:35(043)

Lucrecia Camilo de Lima  
Bibliotecária - CRB 15/132

ATA 23/2023 - CCSBEE/UA3/UA/DDE/DG/JP/REITORIA/IFPB

Coordenação do Curso Superior de Bacharelado

em Engenharia Elétrica  
CCSBEE-JP

**ATA DE APRESENTAÇÃO PÚBLICA E AVALIAÇÃO DE  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

<b>ATA Nº:</b> <small>(Nº / ANO)</small>	<b>278/2022</b>
---	-----------------

Às dez horas do dia vinte e sete do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e dois, de modo virtual foi realizada a Apresentação Pública e Avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "**PLANO DE GESTÃO PÚBLICA ENERGÉTICA MUNICIPAL: UM ESTUDO DE CASO EM MALTA-PB**", do(a) aluno(a) **EVANIELLE AURELIANO DE OLIVEIRA**, requisito obrigatório para conclusão do CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, com os membros da Banca Examinadora **WALMERAN JOSÉ TRINDADE JUNIOR, DR.** (Orientador, IFPB), **ALAN MELO NOBREGA, DR.** (Examinador, IFPB) e **FRANKLIN MARTINS PEREIRA PAMPLONA, DR.** (Examinador, IFPB). Após a apresentação e as considerações da Banca Examinadora, o trabalho foi considerado **APROVADO**, com nota **95** sendo esta composta pela média aritmética das seguintes avaliações parciais:

Texto:	Apresentação:	Defesa oral:
95	95	95

Eu, **WALMERAN JOSÉ TRINDADE JUNIOR, DR.** (Orientador, IFPB), lavrei a presente Ata, que segue assinada por mim e pelos demais membros da Banca Examinadora.

Observações:

---

Documento assinado eletronicamente por:

- **Gilvan Vieira de Andrade Junior, COORDENADOR DE CURSO - FUCI - CCTELT-JP**, em 13/02/2023 23:21:33.
- **Alan Melo Nobrega, PROFESSOR ENS BASICO TECH TECNOLOGICO**, em 14/02/2023 08:23:46.
- **Franklin Martins Pereira Pamplona, PROFESSOR ENS BASICO TECH TECNOLOGICO**, em 14/02/2023 14:24:49.
- **Walmeran Jose Trindade Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECH TECNOLOGICO**, em 15/02/2023 16:03:02.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 13/02/2023. 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: 388846  
Verificador: 6edfd3ec2a  
Código de Autenticação:



*Dedico este trabalho à Verônica Aureliano de Oliveira por me impulsionar a metas maiores que minha vã razão me permite ter.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela infinita misericórdia e graça manifestada em minha vida, pela bondade e fidelidade a cada passo de minha trajetória, por realizar renovo em mim por meio do seu Santo Espírito e me salvar pela sua morte e ressurreição. Para Ele é meu louvor e gratidão, toda honra e glória.

Aos meus pais, Edvaldo Bento de Oliveira e Verônica Aureliano de Oliveira por acreditarem, pela paciência, pela educação e pelo amor que sinto em nossas conversas e conselhos. A minha irmã Evelline Aureliano de Oliveira pela força e coragem que me transmite e não me deixa esmorecer, por seu apoio e cumplicidade. A minha prima Jaíne Aureliano Aguiar por não ter me permitido desistir em meio as dificuldades e por seu companheirismo, por me inspirar com Maria Clara a continuar cada dia em que estive desmotivada. Ao meu amigo, colega de turma e companheiro Renan Bernardo Ferreira que esteve ao meu lado em todo o tempo e nunca mediu esforços para me amparar em quaisquer situações sendo sinônimo de ternura e incentivo nessa trajetória. As minhas avós que presumo não ter decepcionado, são minha raiz e me fizeram crescer forte, meus exemplos de garra e elegância sempre serão vocês.

A todos os colegas e amigos que pude cultivar durante a graduação, sou grata pela parceria, união, momentos de descontração, pelas felicidades de provas vencidas e tristezas de notas não alcançadas juntos. Sou grata pelo tempo que passamos juntos, muitas vezes maior do que passávamos com nossas famílias, e pelo crescimento intelectual e pessoal que pude ter com todos, desejo todo sucesso em suas carreiras profissionais e amores para alimentar o dia a dia de fé e motivação. Ao grupo “Beberes” agradeço por momentos únicos que não viverei novamente, pela singularidade de cada um deles, apoio e amizade. Agradeço a Bruna Luíse Carvalho por ser amiga e tão comprometida e tão humilde, uma inspiração de engenheira.

A todos os professores do Instituto Federal que me formaram e educaram, cada um de vocês é um pedaço do resultado que sou eu; pelo tempo gasto e dúvidas tiradas sem insatisfação, por todos conselhos e orientações.

No mais, agradeço a tudo e a todos que contribuíram e participaram, direta ou indiretamente da minha formação.

## RESUMO

O setor energético nacional enfrenta diversas adversidades, dentre tantas, a gestão energética sustentável vem tomando destaque. A procura por fontes alternativas de energia mais robustas, modelos de gestão eficiente e reeducação energética revela a preocupação com a matriz energética atual e com o porvir do meio ambiente. As prefeituras municipais são as unidades de administração pública mais próximas dos cidadãos, sendo assim frequentemente questionada quanto a persistência de adversidades e soluções. Porém, na maioria das vezes, as prefeituras não possuem meios, recursos tecnológicos ou humanos para fornecer o suporte apropriado a projetos ou programas desenvolvidos em setores oficiais superiores, nem o anteparo para agir de modo a sanar com resultados estas demandas. Deste modo, este trabalho se dispõe a apresentar um diagnóstico energético por meio de estudo de caso da cidade Malta situada no sertão da Paraíba e que, mesmo sediando um parque solar composto por duas usinas (Angicos I e Malta), não se beneficia diretamente por tal. Visando fornecer subsídios para a elaboração de um plano de gestão energética municipal, foram realizadas análises considerando a demanda de consumo das unidades ligadas a prefeitura, como também a oferta disponível. Sendo assim, se fez uso da etiquetagem das edificações públicas mediante o RTQ-C com o intuito de examinar o atual cenário energético da cidade e sugerir soluções viáveis para as unidades. Foi cabível concluir que com a mudança de determinados critérios estruturais, adaptação do sistema de iluminação elétrica e condicionamento de ar, é possível obter melhores índices de eficiência energética nas edificações em análise. Explorando a oferta disponível, foi feita uma análise do potencial de geração elétrica fotovoltaica nas coberturas das edificações públicas estudadas. Concluindo assim que os prédios públicos municipais de Malta possuem potencial para gerar, na pior das hipóteses, considerando uma perda de 25% do sistema, até quatro vezes do que é consumido em energia através do uso da geração distribuída com fonte renovável de energia elétrica.

**Palavras-chave:** Eficiência energética, gestão de energia municipal, diagnóstico energético.

## ABSTRACT

The national energy sector faces several adversities, among many, sustainable energy management has been gaining prominence. The search for more robust alternative sources of energy, efficient management models and energy reeducation reveals the concern with the current energy matrix and with the future of the environment. The municipal governments are the public administration units closest to the citizens, being frequently questioned about the persistence of adversities and solutions. However, most of the time, the prefectures do not have the means, technological or human resources to provide appropriate support to projects or programs developed in higher official sectors, nor the apparatus to act in order to resolve these demands with results. In this way, this work aims to present an energy diagnosis through a case study of the city Malta, located in the hinterland of Paraíba and which, even hosting a solar park composed of two plants (Angicos I e Malta), does not directly benefit from it. Aiming to provide subsidies for the elaboration of a municipal energy management plan, analyzes were carried out considering the consumption demand of the units linked to the city hall, as well as the offer available. Therefore, the labeling of public buildings was used through the RTQ-C in order to examine the current energy scenario of the city and suggest viable solutions for the units. It was possible to conclude that with the change of certain structural criteria, adaptation of the electric lighting system and air conditioning, it is possible to obtain better energy efficiency indices in the buildings under analysis. Exploring the available supply, an analysis was made of the photovoltaic electric generation potential in the roofs of the public buildings studied. In conclusion, Malta's municipal public buildings have the potential to generate, in the worst case, considering a loss of 25% of the system, up to four times of what is consumed in energy through the use of distributed generation with a renewable source of electricity.

**Keywords:** Energy efficiency, municipal energy management, energetic diagnosis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Geração de energia no Brasil entre 2000 e 2021.....	14
Figura 2 – Matriz energética brasileira.....	15
Figura 3 – Estrutura de implementação da GEM .....	21
Figura 4 – Níveis da Etiqueta da ENCE.....	25
Figura 5 – Modelo de Etiqueta PBE Edifica para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.....	26
Figura 6 – Métodos avaliativos para obtenção da etiqueta ENCE.....	27
Figura 7 – Intervalos para pontuação de cada etiqueta.....	28
Figura 8 – Zoneamento climático brasileiro.....	31
Figura 9 – Zoneamento climático brasileiro.....	33
Figura 10 – Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área do edifício.....	36
Figura 11 - Etapas para etiquetagem das edificações municipais .....	43
Figura 12 – Planilhas utilizadas em campo como modelo .....	46
Figura 13 – Planilha de cálculo – Visão geral.....	48
Figura 14 – Exemplo de proteção solar vertical e horizontal.....	48
Figura 15 – Informações de saída da planilha utilizada.....	49
Figura 16 – Interface WebPrescritivo para pré-requisitos gerais e envoltória .....	50
Figura 17 – Interface WebPrescritivo com resultados dos pré-requisitos gerais e envoltória do CRAS.....	51
Figura 18 – Interface WebPrescritivo para iluminação, via método de avaliação por atividades do CRAS.....	52
Figura 19 – Interface WebPrescritivo com resultados para condicionadores de ar do CRAS .....	52
Figura 20 – Mensagem do software para o nível de envoltória dos prédios analisados.....	55
Figura 21 – Mensagem do software para o nível de envoltória dos prédios analisados.....	56
Figura 22 – Etapas das atividades para viabilidade de potencial de geração .....	59
Figura 23 – Utilização do software Google Earth Pro para dimensionamento de área e perímetro .....	61
Figura 24 – Inserção de imagem por referência no AutoCad.....	62
Figura 25 – Passo a passo para definição coerente da escala no AutoCad.....	63
Figura 26 – Imagem, com linha de referência, na escala .....	64
Figura 27 – Telhado com disposição dos módulos.....	65

Figura 28 – Telhado delimitado em escala real.....	65
Figura 29 – Irradiação média diária de Malta-PB .....	67
Figura 30 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da Antiga Secretaria de Educação .....	78
Figura 31 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado do CRAS.....	79
Figura 32 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado do CREAS .....	79
Figura 33 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da EMEIF Boileau Dantas Wanderley.....	80
Figura 34 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da EMEIF Conego Joaquim de Assis Ferreira.....	80
Figura 35 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado do Estádio Municipal Desmoulins Wanderley de Farias .....	81
Figura 36 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado do Ginásio de Esportes Edivaldo Motta.....	81
Figura 37 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da Junta Militar de Serviços .....	82
Figura 38 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado do Sanitário Público de Malta ...	82
Figura 39 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da Secretaria de Agricultura .....	83
Figura 40 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da Secretaria de Educação .....	83
Figura 41 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da Secretaria de Infraestrutura ...	84
Figura 42 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da Secretaria de Saúde.....	84
Figura 43 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da UBS Dr José Mauricio de Lima Cajuaz .....	85
Figura 44 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da UBS Joana Marques Neves...	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados do processo de etiquetagem das edificações municipais .....	54
Tabela 2: Problemas e soluções para pré-requisitos do RTQ-C.....	57
Tabela 3 : Dimensões das áreas das coberturas divididas por fachada. ....	68
Tabela 4 : Quantidade de módulos por fachada em cada edificação.....	69
Tabela 5 : Consumo das edificações, média mensal e anual. ....	71
Tabela 6 : Estimativa do potencial de geração das unidades com os módulos Nexen, eliminando a depreciação .....	71
Tabela 7 : Estimativa de potencial de geração das unidades com módulos Nexen considerando a depreciação .....	72
Tabela 8: Estimativa de potencial de geração das unidades levando em conta 25% de perdas no sistema .....	73
Tabela 9 : Potencial de geração fotovoltaica da Antiga Secretaria de Educação sem depreciação dos módulos.....	86
Tabela 10 : Potencial de geração fotovoltaica da Antiga Secretaria de Educação considerando depreciação dos módulos.....	86
Tabela 11: Potencial de geração fotovoltaica do CRAS sem depreciação dos módulos.....	87
Tabela 12 : Potencial de geração fotovoltaica do CRAS considerando a depreciação dos módulos .....	88
Tabela 13 : Potencial de geração fotovoltaica do CREAS sem depreciação dos módulos .....	88
Tabela 14 : Potencial de geração fotovoltaica do CREAS considerando a depreciação dos módulos .....	89
Tabela 15 : Potencial de geração fotovoltaica da EMEIF Boileau Dantas Wanderley sem depreciação dos módulos.....	90
Tabela 16 : Potencial de geração fotovoltaica da EMEIF Boileau Dantas Wanderley considerando a depreciação dos módulos.....	90
Tabela 17 : Potencial de geração fotovoltaica da EMEIF Conego Joaquim de Assis sem depreciação dos módulos.....	91
Tabela 18 : Potencial de geração fotovoltaica da EMEIF Conego Joaquim de Assis considerando a depreciação dos módulos.....	92
Tabela 19 : Potencial de geração fotovoltaica do Estádio Municipal Desmoulins Wanderley Farias sem depreciação dos módulos.....	92

Tabela 20 : Potencial de geração fotovoltaica do Estádio Municipal Desmoulins Wanderley Farias considerando a depreciação dos módulos.....	93
Tabela 21 : Potencial de geração fotovoltaica do Ginásio de Esportes Edivaldo Mota sem depreciação dos módulos.....	94
Tabela 22 : Potencial de geração fotovoltaica do Ginásio de Esportes Edivaldo Mota considerando depreciação dos módulos .....	94
Tabela 23 : Potencial de geração fotovoltaica da Junta Militar de Serviços sem depreciação dos módulos .....	95
Tabela 24 : Potencial de geração fotovoltaica da Junta Militar de Serviços considerando a depreciação dos módulos.....	96
Tabela 25 : Potencial de geração fotovoltaica do Sanitário Público sem depreciação dos módulos .....	96
Tabela 26 : Potencial de geração fotovoltaica do Sanitário Público considerando a depreciação dos módulos.....	97
Tabela 27 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Agricultura sem depreciação dos módulos .....	98
Tabela 28 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Agricultura considerando a depreciação dos módulos.....	98
Tabela 29 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Educação sem depreciação dos módulos .....	99
Tabela 30 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Educação considerando a depreciação dos módulos.....	100
Tabela 31 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Infraestrutura sem depreciação dos módulos.....	100
Tabela 32 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Infraestrutura considerando a depreciação dos módulos.....	101
Tabela 33 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Saúde sem depreciação dos módulos .....	102
Tabela 34 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Saúde considerando a depreciação dos módulos.....	102
Tabela 35 : Potencial de geração fotovoltaica da UBS Dr José Maurício De Lima Cajuaz sem depreciação dos módulos.....	103
Tabela 36 : Potencial de geração fotovoltaica da UBS Dr José Maurício De Lima Cajuaz considerando a depreciação dos módulos.....	104

Tabela 37 : Potencial de geração fotovoltaica da UBS Joana Marques Neves sem depreciação dos módulos.....	104
Tabela 38 : Potencial de geração fotovoltaica da UBS Dr José Maurício De Lima Cajuaz considerando a depreciação dos módulos.....	105

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CRAS	Centro de Referência de Assistência Social
CREAS	Centro de Referência Especializado de Assistência Social
CRECESB	Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito
DIPGEM	Departamento de Iluminação Pública e Gestão Energética Municipal
EMEIF	Escola Municipal de Ensino Infantil e Fundamental
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
GEM	Gestão Energética Municipal
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PEE	Programa de Eficiência Energética
PLAMGE	Planos Municipais de Gestão da Energia Elétrica
PNE	Plano Nacional de Energia
POC	Percentual de horas Ocupadas em Conforto
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios
REN	Resolução Normativa
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência
SIEM	Sistema de Informação Energética Municipal
UBS	Unidade Básica de Saúde
UGEM	Unidade de Gestão Energética Municipal

# SUMÁRIO

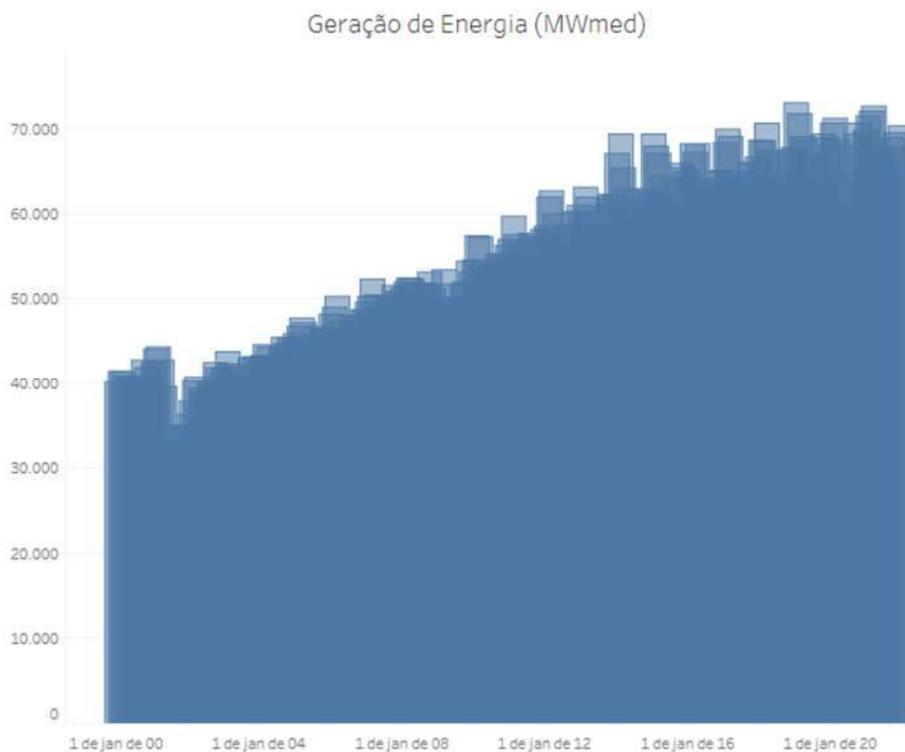
1	Introdução .....	14
1.1	Objetivos .....	18
1.1.1	Objetivo Geral .....	18
1.1.2	Objetivos Específicos .....	18
1.2	Metodologia e Estrutura do Texto .....	18
2	Embasamento Teórico .....	20
2.1	Política Energética Sustentável .....	20
2.2	Gestão Energética Municipal .....	21
2.2.1	Eficiência Energética .....	22
2.2.2	Caracterização do Local em Estudo .....	23
2.3	Etiquetagem de Prédios Públicos e Comerciais .....	23
2.3.1	Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE .....	24
2.3.2	Etiqueta PBE Edifica .....	24
2.3.3	RTQ-C .....	26
2.3.4	Procedimento para Obtenção da Etiqueta da ENCE .....	27
2.3.5	WebPrescritivo .....	38
2.4	Sistemas de geração Fotovoltaica .....	38
2.4.1	Compensação de Energia Elétrica .....	40
2.4.2	Inversor .....	40
2.4.3	Módulo Fotovoltaico .....	40
2.5	Posicionamento dos Módulos Fotovoltaicos .....	41
2.6	Instrumentos .....	41
2.6.1	AutoCad .....	41
2.6.2	Google Earth .....	42
2.6.3	Potencial Solar – SunData v3.0 .....	42

3	Etiquetagem das Edificações Públicas Municipais.....	43
3.1	Pesquisa de Campo e Apreciação de Pré-requisitos do Rtq-c .....	44
3.2	Análise dos pré-requisitos e Informações Estruturais da Envoltória .....	47
3.3	Obtenção das Etiquetas Parciais, Definitivas e Pontuações.....	50
3.4	Análise Geral e Soluções .....	55
4	Análise de Potencial Energético Fotovoltaico de Geração .....	59
4.1	Análise das áreas dos telhados .....	60
4.2	Comprovação de área disponível e Arranjo dos painéis.....	61
4.3	Taxa de ocupação das coberturas e Potencial de Geração Regional .....	65
4.4	Resultados do Potencial de Geração Fotovoltaica .....	68
5	Considerações Finais .....	74
	Referências .....	76
	APÊNDICE A – Arranjo dos módulos fotovoltaicos nos telhados das unidades .....	78
	APÊNDICE B – Potencial de geração específico de cada uma das edificações públicas.....	86
	ANEXO A – Datasheet do módulo fotovoltaico de referência Nexen.....	106

# 1 INTRODUÇÃO

Um fato inegável em nossa sociedade é a dependência da energia elétrica que temos em nosso dia-a-dia, comer, andar, se comunicar e até em necessidades básicas ela se faz presente. Como apresenta a Figura 1, o comportamento energético do consumidor do ano de 2000 muito se diferencia do consumidor de 2021 visto que com o desenvolvimento de produtos eletro/eletrônicos junto do aumento populacional mundial, o ser humano demanda novas conveniências e estas carecem cada vez mais da energia elétrica, cobrando assim, proporcionalmente, do meio ambiente. Com isso se fazem necessários sistemas elétricos de geração, transmissão e distribuição cada vez mais robusto e eficientes visando apaziguar a diferença gerada entre consumo e demanda vivenciada pelas concessionárias e usuários, sem esquecer do impacto gerado ao meio ambiente.

Figura 1 – Geração de energia no Brasil entre 2000 e 2021

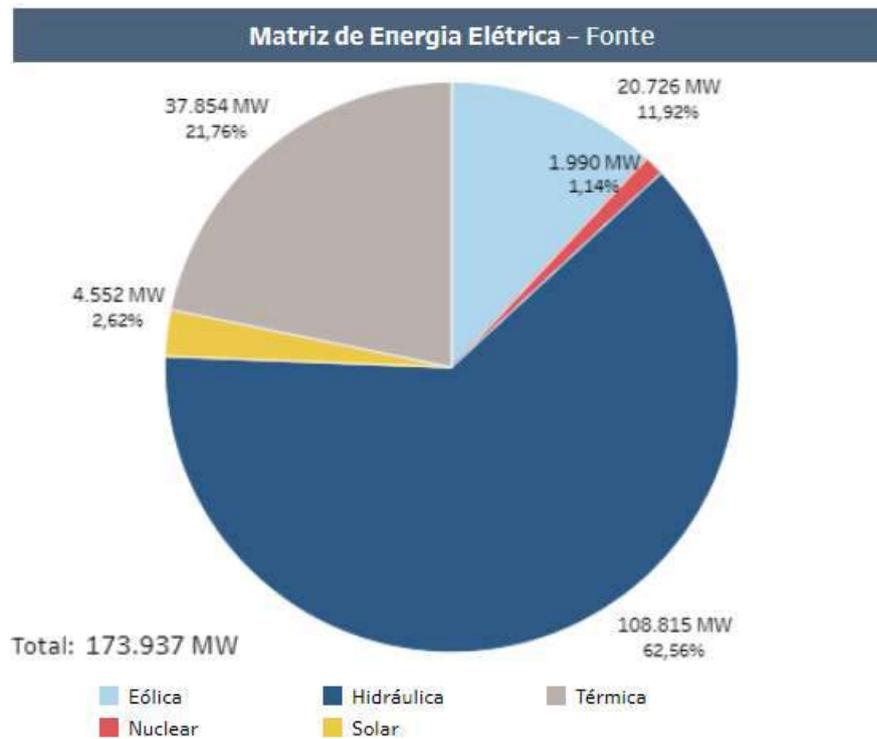


Fonte: (Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2022).

Mesmo com linhas ambientalistas divergentes, o Brasil possui uma matriz energética "limpa" comparada com a de outros países onde predomina a geração de usinas hidroelétricas, seguida pelas usinas termoelétricas, eólicas, solares e nucleares, como mostra a Figura 2. Os artificios viáveis para comeder a demanda de consumo seria a ampliação dessas fontes de

geração, finalização de usinas em andamento ou até mesmo a importação de energia elétrica estrangeira (ALVAREZ; SAIDEL,1998). Essas saídas, ou acabam gerando impactos ambientais desmedidos, causando poluição dos ares, alagamentos de grandes áreas e com isso perda da vegetação nativa, alterando o ecossistema existente; ou são inviáveis financeiramente dependendo não só do poder público e das concessionárias de energia, como também de investidores externos.

Figura 2 – Matriz energética brasileira.



Fonte: (Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2022)

Uma alternativa ainda não citada e com baixa aplicação de tempo e despesas, trazendo resultados imediatos, seria o uso racional e eficiente da energia elétrica já existente (ALVAREZ; SAIDEL,1998), promovendo assim uma reeducação energética no perfil de consumo ativo, demandando mudanças significativas ao mesmo.

Por conseguinte, a utilização inteligente de energia elétrica está correlacionada a preservação dessa mesma energia, como também a fins de interesse social coletivo sendo esses: diminuição de gastos para o consumidor; diminuição de impactos ambientais gerados; diminuição de investimentos em geração, transmissão e distribuição de energia, e probabilidade de falta de energia; elevação da confiabilidade do sistema elétrico; suporte para que as indústrias e os produtos nacionais possam competir no mercado mundial (JANNUZZI, 2002) (GELLER, 1994).

Em 2021 as contas de energia elétrica acumularam uma alta de 114% enquanto a inflação, nos últimos 7 anos, apresentou 48% de aumento, ou seja, a energia elétrica aumentou mais do que o dobro da inflação (CNN). Por sete anos essa realidade se repete e logo, a procura por meios mais econômicos e eficientes para a utilização eficiente de energia no Brasil nunca foi tão urgente como é nos dias atuais. O Programa de Eficiência Energética (PEE), criado em 1988 e instaurado em 2000 com a Lei n° 9.991, promoveu a utilização eficiente da energia nos setores da economia (ABESCO). Um ano depois, a Lei n° 10.295 que se refere a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia foi regulamentada pelo Decreto n° 4.059 e assim surgiram programas de pesquisa e desenvolvimento em eficiência energética, estabelecendo também compromissos como "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). Em 2005 foi anunciada a obrigatoriedade desses compromissos em habitações de interesse social e, entre 2009 e 2010, o projeto de eficiência energética se expandiu a residências, edifícios comerciais, serviços públicos e até em veículos automotores.

As questões energéticas envolvem aspectos econômicos, técnicos, políticos, sociais e ambientais (COLLAÇO; BERMANN, 2017) e esse tema alcança não só os municípios ou nações, mas é uma prioridade global por tratar de preocupações, acordos e interações energéticas entre nações; e, uma vez que a população se concentra em grandes centros urbanos, concentrando o consumo, é consequente afirmar que é neles que os projetos de eficiência energética devem ser efetivamente executados.

O plano de desenvolvimento energético do Brasil foi realizado de modo centralizado, logo unidirecional, trazendo consigo limitações e essas resultando nas dificuldades anteriormente citadas. Assim sendo, a execução de um plano energético de desenvolvimento descentralizado pode se revelar uma forma de alcançar o avanço local a partir do uso de diferentes fontes de energia, como também é instrumento para alcançar a sustentabilidade de modo a integrar iniciativas de produção de energias renováveis de forma descentralizada, e buscar um uso mais eficiente da energia de maneira limpa (COLLAÇO; BERMANN, 2017).

Por se tratar de um problema público que afeta a coletividade, sendo necessária assim políticas públicas para sua resolução, as instituições municipais têm representatividade maior no decorrer do desenvolvimento da descentralização energética, podendo repercutir resultados em maior grau comparada a outras camadas do poder público. Essa gestão energética descentralizada torna possível a contribuição coletiva da população, tornando a relação entre

município e público mais coesa, gerando senso de unidade e propósito conjunto, possibilitando o consumo de energia elétrica de modo eficiente. O programa Procel Gestão Energética Municipal (GEM) tem como objetivo principal a colaboração com administradores municipais na gestão e uso eficiente de energia elétrica dentro dos centros consumidores pertencentes à prefeitura, como também o levantamento e detecção de oportunidades de economia e geração de energia de modo eficiente, visando também a redução de desperdícios. Desse modo, o conceito de geração distribuída vem crescendo no país e no mundo, recebendo mais investimento e novos adeptos, o que resulta numa mudança evidente das principais fontes de energia. Esse crescimento atinge também umas das principais formas de aplicação da GEM nas cidades brasileiras.

Entre outras fontes, a geração elétrica fotovoltaica é a mais disseminada e popularmente conhecida, não só no Brasil como também em todo o mundo. Com uma variedade de módulos, inversores e micro inversores, a energia fotovoltaica vem se adaptando a necessidade de cada usuário, ganhando espaço como protagonista das formas de geração distribuída disponíveis. Por se apresentar como uma fonte de energia limpa e renovável no decorrer do processo de descentralização energética por meio da geração distribuída, essa fonte pode ser considerada uma solução eficiente para alcançar um nível eficaz de sustentabilidade e economia nas cidades.

## 1.1 OBJETIVOS

São explicitados a seguir os objetivos gerais e específicos que atendem a proposta desta obra.

### 1.1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um diagnóstico energético da cidade de Malta-PB e com isso exprimir uma aplicação prática do conceito de Gestão Energética Municipal, a partir de ferramentas como etiquetagem de edificações de acordo com o RTQ-C e avaliação de potencial de geração fotovoltaica de edificações públicas ligadas a prefeitura.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com o intuito de alcançar o objetivo principal proposto foram dimensionados alguns objetivos específicos requeridos. Sendo eles:

- Verificar e levantar aspectos físicos das edificações como áreas, estado de utilização dos condicionadores de ar, e potencial instalado de iluminação, de acordo com os pré-requisitos necessários para etiquetagem;
- Avaliar nível de eficiência da envoltória dos edifícios através do cálculo de suas particularidades estruturais;
- Dimensionar etiquetas parciais de eficiência da iluminação, envoltória e condicionadores de ar, e posteriormente obter a etiqueta geral da edificação avaliada com pontuação global do grau de eficiência da mesma;
- Listar áreas disponíveis dos telhados de cada unidade pública e sugerir possível disposição de módulos solares em cada uma delas;
- Determinar potencial de geração fotovoltaica das áreas disponíveis em telhados de cada edificação pública.

## 1.2 METODOLOGIA E ESTRUTURA DO TEXTO

Para a realização das atividades executadas neste trabalho foi necessária a realização de levantamento de campo no município de Malta-PB para se obter informações legítimas para realização de cálculos de nível de eficiência energética de cada edificação municipal. Com o

auxílio desses dados em mãos, conduziu-se a pesquisa para etiquetagem das edificações disponíveis, mediante orientações vistas no RTQ-C.

Para se obter resultados referentes a análise de potencial de geração fotovoltaica foi utilizado método alternativo com a utilização de dispositivos gratuitos e computacionais, sendo desnecessária a presença física e deslocamento para local em estudo. Com a utilização de ferramentas tecnológicas e rede de internet se pode executar o levantamento da área de cada unidade e calcular a energia elétrica que pode vir a ser gerada na mesma, visando o abatimento do consumo.

A apresentação deste trabalho está dividida em cinco capítulos, cujo o primeiro é destinado a introdução, contando com a exposição da problemática empregada, metodologia e, objetivos específicos e gerais da obra. O embasamento teórico adquirido para a execução do mesmo está presente no Capítulo 2, onde se obteve suporte científico para efetivar as tarefas atribuídas a este estudo como regulamentos a serem obedecidos, utensílios e ferramentas operacionais, computadorizadas ou não, para realização do diagnóstico energético municipal. Seguido deste, o Capítulo 3 expõe os detalhes acerca da metodologia utilizada para avaliar o nível de eficiência energética das edificações vinculadas a prefeitura, cada uma em sua particularidade, por meio de procedimentos determinados pelo RTQ-C, alcançando uma etiqueta final e concluindo com ações que podem ser tomadas viabilizando melhores níveis de eficiência energética para cada unidade. O Capítulo 4 apresenta a estrutura lógica e regulamento seguido para a análise de potencial de geração fotovoltaica nas coberturas de cada unidade, comparando-o com o consumo de energia elétrica de cada uma, proporcionando a inserção da geração distribuída no município com o uso de fontes renováveis de energia limpa e sustentável, visando economia e eficiência. Por último, no Capítulo 5, se encontram as considerações finais da obra.

## 2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Neste presente capítulo serão retratados os recursos para execução da metodologia, assim como conceitos significativos para concretização das atividades e objetivos.

### 2.1 POLÍTICA ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL

Baseada na Lei 9478/1997, a política energética nacional visa o desenvolvimento sustentável do setor energético, com a redução de impactos ambientais e uso eficiente da energia disponível. A lei prioriza a eficiência energética, a diminuição de impactos ambientais por meio da utilização de fontes renováveis de energia e de produção regional, e a diversificação da matriz por consequência. No entanto, o detalhamento sistematizado para alcançar tais objetivos não foram previstos desde a instituição da lei, então se fizeram necessárias definições precisas e consequentes das prioridades do país para assim garantir que as predileções e planos do setor energético fossem complementares e coesos.

A política energética é constituída por um composto de atividades que se manifestam em esfera pública, atendendo a partir de adoções de instrumentos legais até a aplicação de programas e projetos, com o intuito de atingir um novo cenário energético estimado. Dessa forma, a mesma precisou considerar em sua formulação tópicos como política social, econômica, ambiental, e de segurança nacional. Como também recursos naturais, econômicos, tecnológicos e humanos disponíveis. Foram levadas em consideração as possíveis repercussões da política energética de um país com as dimensões brasileiras, quer na demanda global de energia, quer sobre o meio ambiente global, no contexto de suas relações, compromissos e responsabilidades internacionais (ERBER). Dessa forma é possível a elaboração de objetivos compreensíveis e fundamentados com a situação nacional, proporcionando uma aplicação acessível, com o propósito de garantir a execução da política prevista.

Para a concretização de sustentabilidade energética se faz necessária a utilização racional das fontes primárias, incluindo fontes renováveis na geração de energia, a atenuação de emissões de gases poluentes, e a eficiência de todo o processo energético em cadeia, desde a geração ao consumo consciente. No entanto, a geração por meio de fontes renováveis e a realização de atividades que contribuem para a eficiência energética dependem de políticas financeiras, fiscais e de custos que atentem a prioridade e urgência dessa temática.

Providências no âmbito da eficiência energética, licenciamento ambiental, modicidade tarifária, ampliação do emprego de tração elétrica e valorização da matriz energética podem

fazer parte dos tópicos principais de implementação do governo para os anos vindouros, no que diz respeito a política energética sustentável.

## 2.2 GESTÃO ENERGÉTICA MUNICIPAL

A Gestão Energética Municipal é definida como a junção de atividades estruturadas e guiadas que culminam na redução de custos com energia elétrica nas unidades consumidoras ligadas ao poder municipal. Sendo assim, essas ações contribuem para uma maior eficiência nos gastos públicos municipais, bem como visam induzir uma cultura de eficiência energética e uso das fontes renováveis de energia nos diversos segmentos da sociedade (CERSA, 2018).

Por meio de uma Unidade de Gestão Energética Municipal (UGEM) a GEM é inserida no município através de programas ou grupo de projetos, com a intenção atenuar os desperdícios de energia elétrica. Essa ação é media, organizada e posta em prática através de um PLAMGE (Planos Municipais de Gestão da Energia Elétrica) como ilustra a Figura 3, que também apresenta a estruturação inicial da implementação da GEM.

Figura 3 – Estrutura de implementação da GEM



Fonte: PROCEL GEM

São determinadas algumas etapas para a implementação da GEM, como é apresentado na Figura 3. Dessa forma, é preciso desde o princípio a constituição da UGEM com sua legitimidade e capacitação de membros. Posteriormente é indispensável a aplicação do Sistema de Informação Energética Municipal (SIEM) que nada mais é que um aplicativo elaborado pela Eletrobrás com o objetivo de auxiliar, dando suporte a GEM. Através da construção desse

suporte é realizada a elaboração do PLAMGE e conseqüentemente se dá seguimento as atividades e disseminação de experiências.

No que diz respeito as vantagens propiciadas pela GEM, destaca-se a possibilidade de redução no consumo de energia elétrica, o que reflete diretamente 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

Como aponta o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental acerca das Mudanças do Clima (IPCC,2007), a eficiência energética é uma das atividades que colaboram com a redução de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). A busca por meios de geração elétrica sustentável e consumo consciente refletem o valor dessa iniciativa no Brasil, onde esse tema foi levantado relacionado a disponibilidade hídrica, custos de produção e de energia em razão da crise da energia elétrica de 2001 e da crise do petróleo nos anos 1970.

Segundo o relatório final do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE), estima-se que os ganhos vindos através da eficiência energética contribuam para reduzir a necessidade de 321TWH de consumo em 2050, o que seria equivalente a evitar mais de duas vezes o consumo de energia do setor industrial brasileiro em 2019 ou, dispensar a necessidade de expansão de capacidade instalada de geração equivalente a mais de 2,5 usinas de Itaipu em sua capacidade total. Entregar a mesma demanda energética solicitada com menor custo e otimização das unidades geradoras, com a diminuição do uso de energia é o que chamamos de eficiência energética. Esse conceito baseia-se no combate ao desperdício de energia, a partir de três pilares: as pessoas, no tocante a conscientização quanto à educação no uso da energia elétrica; informação, buscando alertar sempre a população quanto ao uso eficiente da energia; e tecnologias que requerem menor consumo para realização da mesma função (CERSA, 2018).

A aplicabilidade efetiva da eficiência energética no país depende de inúmeras iniciativas para sua efetivação, que vão desde de linhas de financiamento para os segmentos de tecnologia existentes como eólica, fotovoltaica e biomassa, até ações para a sua promoção por parte da Eletrobrás, no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, do Governo Federal e da iniciativa privada.

Dessa forma, a GEM pode corroborar com a situação das mudanças climáticas, resultando também numa promoção a redução de custos e aperfeiçoamento da qualidade da política pública municipal. A eficiência energética é promovida pela GEM, atuando na demanda

das cidades, nas áreas de saneamento básico e iluminação pública, como também atinge prédios públicos com programa de etiquetagem específica. A contraparte, na oferta solicitada, a implementação de novas tecnologias renováveis pode ser o caminho mais próximo a sustentabilidade tida como propósito pelo programa.

### 2.2.2 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL EM ESTUDO

O município de Malta se encontra no interior do estado da Paraíba, integrante do que foi a antiga mesorregião do sertão paraibano. Com seu clima semiárido, Malta possui cerca de 5752 (cinco mil setecentos e cinquenta e dois) habitantes, ocupando uma área total de 172 (cento e setenta e dois) quilômetros quadrados, como também faz parte da região metropolitana de Patos. Estando localizada a uma distância de 332 (trezentos e trinta e dois) quilômetros da capital paraibana João Pessoa, a cidade tem seus limites com Catingueira, Condado, Patos, São Jose de Espinharas, Santa Terezinha e Vista Serrana.

No âmbito da organização administrativa, Malta se divide 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 hídrico; saúde.

As 15 (quinze) unidades consumidoras vinculadas a prefeitura, analisadas nesta obra, colaboram com cerca de aproximadamente R\$ 13.770,13 de faturas de energia para os gastos com o perfil energético da cidade, de acordo com o Gabinete da Prefeitura Municipal de Malta.

Em face da situação energética descrita anteriormente, o trabalho aqui presente procura propiciar um diagnóstico energético da cidade que poderá ser utilizado como subsídio na construção de um plano de ações no âmbito da eficiência energética do DIPGEM (Departamento de Iluminação Pública e Gestão Energética Municipal).

## 2.3 ETIQUETAGEM DE PRÉDIOS PÚBLICOS E COMERCIAIS

A partir de 2001, o Brasil conta com um significativo recurso para a indução da eficiência energética, a Lei nº 10.295, popularmente conhecida como a Lei da Eficiência Energética. Com o objetivo de estimular a preservação ambiental, o desenvolvimento tecnológico e a inserção de produtos com maior eficiência, a Lei determina a existência de níveis mínimos de eficiência energética de máquinas e equipamentos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, assim como de propriedades construídas, nos termos de indicadores técnicos apropriados.

Dessa forma, a Lei de Eficiência Energética é um marco legal singular da política de eficiência energética do país, sendo assim um instrumento efetivo e eficaz da política pública.

Para a implementação do disposto em Lei foi criado o CGIEE através do Decreto nº4.059/2001, sendo composto pelo Ministério de Minas e Energia - MME, Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio – MDIC, Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI, Aneel, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, por um representante da universidade e um cidadão brasileiro. Junto com o CGIEE em 2003, foi também concebido o GT-Edificações, com intenção de regulamentar e desenvolver procedimentos para análise da eficiência energética no território nacional. Para isso, o GT-Edificações escolheu como primeira ação formal a etiquetagem das edificações.

### 2.3.1 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM - PBE

No ano de 1984, o Inmetro introduziu um debate com a sociedade a respeito da elaboração de programas de conservação energética, com o intuito de racionalizar o consumo dos vários tipos de energia no país, inteirando os consumidores sobre a eficiência energética de cada produto e estimulando-os a realizarem compras mais conscientes. Os debates inicialmente foram considerados exclusivamente para a esfera automotiva, com o crescimento desse projeto deu-se o status de Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica, 2022).

Inicialmente aderido voluntariamente pelos fabricantes, o programa obteve o apoio subsequente da Eletrobrás, por meio do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel, e da Petrobrás, por intermédio do Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – Conpet (PBE Edifica, 2022).

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) é composto por programas que fazem uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia como método de Avaliação de Conformidade. Nos dias atuais, o PBE implementou 24 programas de etiquetagem, projetando o desenvolvimento de mais 20 desses programas nos anos vindouros, abrangendo veículos, linha branca e até edificações.

### 2.3.2 ETIQUETA PBE EDIFICA

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) faz parte do PBE e tem como função informar o desempenho energético dos equipamentos, veículos e edificações. As informações fornecidas por ela auxiliam o consumidor que procura por equipamentos mais eficientes no consumo de energia. De modo geral, a Etiqueta funciona como um selo que

determina o nível de conformidade com os aspectos preestabelecidos por normas e regulamentos (ENCE). Além disso, é uma garantia do Inmetro comprovando a segurança, a eficiência energética e de operação do objeto em estudo.

A classificação apresentada pela ENCE é dada em níveis alfabéticos e coloridos de etiquetas que variam a partir do nível “A”, apresentando a categoria mais eficiente, até o nível “E”, onde temos a categoria menos eficiente, como ilustra a Figura 4. A ENCE fornece também informações relevantes, como, por exemplo, o nível de eficiência individual dos requisitos de etiquetagem de uma edificação pública e comercial (envoltória, iluminação e condicionamento de ar) (PBE Edifica, 2022).

Figura 4 – Níveis da Etiqueta da ENCE.



Fonte: PBE Edifica.

Por consequente, em parceria com o Inmetro e com a Eletrobrás/PROCEL, foi desenvolvida a Etiqueta PBE Edifica que faz parte do PBE. Essa etiqueta pode ser disponibilizada para edificações comerciais, de serviços, residenciais e públicas, onde cada uma delas exige parâmetros de Regulamentos Técnicos de Qualidade personalizados.

Como este trabalho se predispões a realizar uma pré-etiquetagem de modo a apresentar um diagnóstico de um PLAMGE para a implementação da GEM no município de Malta-PB, foi utilizado o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) como direcionamento teórico para

alcançar os resultados pretendidos. Na Figura 5 se pode observar os detalhes de um modelo de etiqueta PBE Edifica para edificações submetidas e sujeitas pelo RTQ-C.

Figura 5 – Modelo de Etiqueta PBE Edifica para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.



Fonte: PBE Edifica.

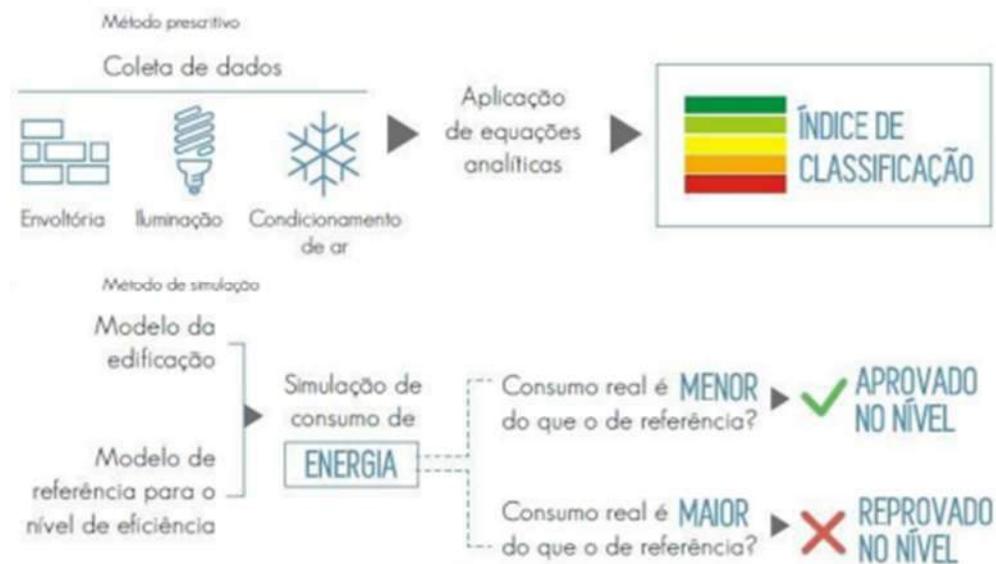
### 2.3.3 RTQ-C

O Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) disserta sobre todas as etapas necessárias para se poder obter a etiqueta da ENCE. Este documento é apresentado como a base para avaliar projetos de novas edificações, mas também serve como diagnóstico para o planejamento de um *retrofit*, classificando, em qualquer das hipóteses, as edificações por meio de níveis de eficiência de “A” a “E”. Por isso, é de suma importância que arquitetos e engenheiros levem em consideração os pré-requisitos dispostos por esse regulamento na hora do planejamento de obras (BRASIL, 2015).

### 2.3.4 PROCEDIMENTO PARA OBTENÇÃO DA ETIQUETA DA ENCE

O interessado em obter a etiqueta de conformidade tem como procedimento recorrer inicialmente a um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA), que é geralmente representado por uma empresa pública ou privada com autorização e reconhecimento do Inmetro. Ao se direcionar, o sujeito é levado a escolher o método de avaliação que será adotado para sua edificação, tendo o mesmo apenas duas opções: o método prescritivo ou o método de simulação, ambos presentes na Figura 6.

Figura 6 – Métodos avaliativos para obtenção da etiqueta ENCE.



Fonte: LabEEE, e Guia Prático para Etiquetagem de Edifícios (BRASIL, 2015).

Levando em consideração que as edificações podem ser avaliadas através da análise de equações e tabelas de referência, o método prescritivo se torna o mais elementar. Portanto são examinados os parâmetros de consumo de energia e conforto térmico, mediante os quesitos de envoltória, iluminação e condicionamento de ar. De modo distinto, o método de simulação realiza a comparação de parâmetros de uma edificação tida como ideal, modelo em eficiência energética, com a referência proposta pela construção a ser avaliada, independente da evolução dessa edificação, seja ela em construção ou já finalizada.

A fim de se obter a classificação da edificação proposta é preciso que seja realizado um cálculo, com a pontuação geral da mesma, a partir de seus aspectos qualificativos. A partir desta pontuação, será definida a etiqueta equivalente, concedendo pesos característicos aos sistemas de envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Além desses quesitos, também existem itens de bonificação que acabam por agregar até 1 ponto à pontuação geral da edificação, abrangendo iniciativas que comprovadamente aumentam a eficiência energética da mesma. Sendo estas:

elevadores que atingirem classe “A” pela avaliação da norma VDI 4707, sistemas para uso racional da água, sistemas ou fontes de energia renovável, sistema de cogeração e inovações técnicas ou sistemas, tais como iluminação natural.

Os parâmetros são avaliados individualmente e cada um recebe uma pontuação própria. Cada pontuação obtida contribui para a indicação de uma etiqueta referente, como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Intervalos para pontuação de cada etiqueta.

## Pontuação Total (PT)

A	≥ 4,5 a 5
B	≥ 3,5 a < 4,5
C	≥ 2,5 a < 3,5
D	≥ 1,5 a < 2,5
E	< 1,5

Fonte: Guia Prático para Etiquetagem de Edifícios (BRASIL, 2021)

A Equação 1 apresenta o meio pelo qual se obtém a pontuação total, com a utilização de valores resultantes das avaliações individuais de cada requisito, assim como dados estruturais que formam a edificação.

Equação 1- Cálculo da Pontuação Total

$$\begin{aligned}
 P_T = & 0,30 \times \left\{ \left( EqNumEnv \times \frac{AC}{AU} \right) + \left( \frac{APT}{AU} \times 5 + \frac{ANC}{AU} \times EqNumV \right) \right\} \\
 & + 0,30 \times (EqNumDPI) \\
 & + 0,40 \times \left\{ \left( EqNumCA \times \frac{AC}{AU} \right) + \left( \frac{APT}{AU} \times 5 + \frac{ANC}{AU} \times EqNumV \right) \right\} + b_0^1
 \end{aligned}$$

Na qual,

*EqNumEnv*: equivalente numérico da envoltória;

*EqNumDPI*: equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de iluminação;

*EqNumCA*: equivalente numérico de ambientes condicionados artificialmente;  
*EqNumV*: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;

*APT*: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

*ANC*: área útil dos ambientes não condicionados de permanência transitória, com comprovação do percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural;

*AC*: área útil dos ambientes condicionados;

*AU*: área útil;

*b*: pontuação obtida pelas bonificações.

#### 2.3.4.1 EXIGÊNCIAS GERAIS

Uma das primeiras exigências gerais para a classificação em alto nível de eficiência energética de uma edificação é a divisão de circuitos elétricos por finalidade, sendo assim os circuitos da edificação podem ser divididos, por exemplo, em circuito de tomadas de uso geral, iluminação, tomadas de uso específico, condicionador de ar de um cômodo específico, entre outros. Portanto, a referida edificação tem a possibilidade de apresentar seus padrões de consumo com mais precisão, ou seja, o horário e local exato de maior consumo de energia elétrica.

Outra exigência geral trata dos sistemas de aquecimento de água, uma vez que a utilização desses sistemas pode representar grande alerta aos usuários no que diz respeito ao consumo de energia. As despesas com esses aparelhos, por possuírem alta potência, logo um alto consumo de energia, se tornam grandes, colocando-os assim numa posição de grandes inimigos de um alto índice de eficiência energética. Este sistema consegue representar mais de um quinto do consumo total de energia de uma edificação, o que torna inviável a obtenção de uma etiqueta com nível elevado de eficiência energética. O RTQ-C determina que é recomendável a utilização de sistemas de aquecimento a gás, solar ou com bombas de calor no que diz respeito ao aquecimento de água quando o mesmo representa mais de 10% do consumo total da edificação, e esse sistema tem de suprir ao menos 70% da demanda de aquecimento de água total. Se não, o nível mais alto de eficiência energética para esta edificação será próximo ao C, podendo haver a possibilidade de bonificação se houver aquecimento solar e este corresponder a 70% do consumo energético total.

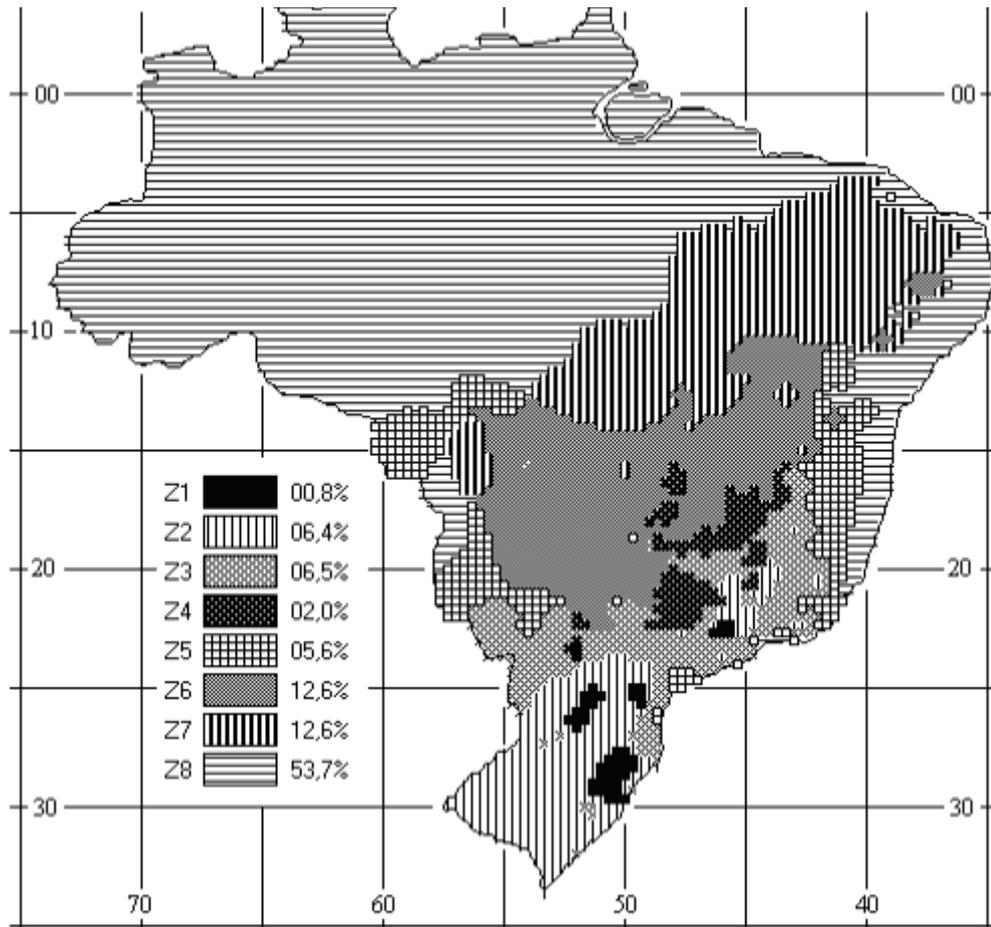
#### 2.3.4.2 ENVOLTÓRIA

O conjunto de elementos construídos que estão acima do nível do solo em contato com o ambiente externo ou com outro edifício é chamado de envoltória. Trata-se dos fechamentos dos ambientes internos com os externos, como paredes, cobertura fachadas e aberturas (BRASIL, 2015).

A realização da avaliação da eficiência da envoltória de uma edificação depende de alguns pré-requisitos singulares. São eles: a Transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores, que pode ser definida como o inverso da resistência térmica total, Coeficiente de absorção de superfícies, definida pela NBR 15220-1 como o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre essa mesma superfície (ABNT, 2003), e a Iluminação zenital que nada mais é que a possibilidade de entrada de luz natural na edificação por aberturas estruturadas como janelas, claraboias e outros. Requisitos estes que serão melhores explanados no decorrer do trabalho.

Os pré-requisitos anteriormente citados fazem menção as possíveis trocas de energia térmica de uma construção. Por esse motivo, é indispensável considerar as diferenças climáticas do território brasileiro como etapa inicial, partindo da divisão de zonas bioclimáticas do país, como mostra a Figura 8. Conforme a NBR 15220-3, o Brasil é seccionado em 8 zonas bioclimáticas relativamente homogêneas quanto ao clima. A norma também define uma lista com 330 cidades e suas respectivas zonas bioclimáticas classificadas. Como a cidade de Malta-PB se encontra na zona bioclimática 7 e, como está mais próxima geograficamente da cidade de São Gonçalo, foi levado em consideração neste trabalho o clima da mesma, cujo o qual muito difere da capital paraibana João Pessoa.

Figura 8 – Zoneamento climático brasileiro



Fonte: NBR 15220-3

Conseqüentemente, é compreensível afirmar que existem diversas trocas de energia entre ambiente internos e externos relacionadas a diversos fatores, sejam eles naturais ou artificiais, dependendo ou não das horas do dia. Essa capacidade natural é o inverso da resistência térmica total, sendo nomeada como transmitância térmica, anteriormente já citada, e influencia diretamente nos níveis de eficiência energética da envoltória uma vez que, é a variação do calor que transita por determinado intervalo de tempo por área específica, mediante a diferença de temperatura ambiental. Dessa maneira, a variedade de elementos utilizados para compor a edificação se comporta de modo dissemelhante, por conta disso esses elementos de composição devem ser projetados viabilizando a menor troca de calor possível, tornando o ambiente mais coeso. Os ambientes com condicionamento de ar artificial apresentam limites de transmitância térmica diferentes, por conta disso devem ser analisados creditando esta especificação em seus pormenores.

Posteriormente, e não menos importante, deve-se considerar a influência da radiação solar absorvida pela edificação, também chamada de absorptância. Diretamente proporcional, é

possível concluir que quanto maior a absorvância do ambiente maior o calor interno do mesmo. Entre outros, este t3pico est3 intimamente conectado com as cores estabelecidas para os telhados, uma vez que as cores neutras aumentam a luz disseminada pelos telhados zenitais, e as fachadas j3 que cores mais claras refletem a luz com maior efici3ncia para o interior da edifica3o. As zonas bioclim3ticas de 2 a 8 tem previs3o na norma do RTQ-C de absorvância m3xima de 0,5 para revestimento externo de paredes, eliminando esse quesito para a zona 1 onde se encontram as cidades mais frias cujo as quais precisam obter uma absorvância maior durante o inverno. O valor previsto, 0,5, 3 o mesmo exigido para as coberturas exceto em casos de cobertura de teto-jardim ou telha cer3mica n3o esmaltada pois estas estruturas j3 apresentam desempenho t3rmico satisfat3rio dissociado da absorvância. Estes valores podem ser indicados pela NBR 15220-2, mas tamb3m est3o dispon3veis para consulta por fabricantes de tinta e revestimento. Uma outra op3o, caso a cor n3o seja encontrada nas anteriores, seria a utiliza3o da tese desenvolvida por Dornelles (2008), cujo a qual apresenta vasta gama de dados de absorvância para diversos tipos de tintas e materiais.

O outro pr3-requisito previsto pelo RTQ-C para a envolt3ria de uma edifica3o 3 a ilumina3o zenital. J3 definida anteriormente, a ilumina3o zenital disp3e acerca da capacidade de luz natural dentro da edifica3o atrav3s de aberturas zenitais que possibilitam a passagem de luz solar atrav3s das coberturas. Com isso, n3o se faz necess3rio o uso de ilumina3o artificial, reduzindo assim o uso de energia el3trica, aumentando a efici3ncia da edifica3o. Apesar disso, as normas do RTQ-C determinam a apresenta3o de um projeto obrigatoriamente para esse tipo de sistema de ilumina3o, uma vez que a exposi3o de radia3o solar excessiva pode acabar gerando calor, e resultando assim no aumento da transmit3ncia t3rmica.

De modo geral, uma edifica3o que se submeta ao RTQ-C deve satisfazer os tr3s pr3-requisitos espec3ficos estimados para obten3o de n3vel de efici3ncia "A" ou "B". Essa quantidade diminui para obten3o da etiqueta "C" ou "D" onde 3 necess3rio apenas o par3metro de transmit3ncia t3rmica, como mostra a Figura 9. Se a edifica3o n3o suprir nenhum dos pr3-requisitos estabelecidos, a etiqueta de refer3ncia adotada ser3 a "E".

Figura 9 – Zoneamento climático brasileiro

Nível de eficiência	Transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores	Cores e absorvância de superfícies	Iluminação zenital
A	X	X	X
B	X	X	X
C e D	X		

Fonte: ELETROBRAS/PROCEL, 2016

Com o intuito de adquirir a pontuação satisfatória para a envoltória de uma edificação são realizados cálculos que consideram variáveis diferentes da transmitância e absorvância apenas. Os parâmetros para essa etapa contam para além de pré-requisitos estruturais, características de aberturas e dados dimensionais da edificação. Todavia, mediante as divergências entre zonas bioclimáticas nacionais, se faz necessária a existência de várias diferentes equações para determinar o grau de eficiência de acordo com sua respectiva zona, respeitando suas características distintas. Dessa forma, são apresentados abaixo todos os parâmetros utilizados para este dimensionamento, sendo eles:

- Absorvância das paredes ( $\alpha_{par}$ );
- Ângulo horizontal de sombreamento ( $AHS$ );
- Ângulo vertical de sombreamento ( $AVS$ );
- Área da envoltória ( $A_{env}$ );
- Área de projeção da cobertura ( $A_{Pcob}$ );
- Área de projeção do edifício ( $A_{PE}$ );
- Área total construída ( $A_{TOT}$ );
- Capacidade térmica das paredes ( $CT_{par}$ );
- Fator Solar ( $FS$ );
- Percentual de abertura zenital ( $PAZ$ );
- Percentual de área de abertura na fachada oeste ( $PAF_o$ );
- Percentual de área de abertura na fachada total ( $PAF_T$ );
- Transmitância térmica da cobertura dos ambientes condicionados ( $U_{cob-AC}$ );
- Transmitância térmica da cobertura dos ambientes não condicionados ( $U_{cob-ANC}$ );
- Transmitância térmica das paredes ( $U_{par}$ );
- Volume total da edificação ( $V_{TOT}$ );

A norma NBR 15220-3 apresenta um manual indicando os parâmetros acima listados, dispondo acerca do desempenho térmico das edificações além de denotar os métodos de cálculo de cada um deles.

#### 2.3.4.3 ILUMINAÇÃO

Outro aspecto analisado para a obtenção da ENCE, a partir do método prescritivo, é a iluminação da edificação avaliada. A iluminação natural do ambiente é um fator a ser considerado no combate ao desperdício de energia elétrica, permitindo que as áreas sejam iluminadas durante o dia de maneira natural, diminuindo os gastos e prolongando a vida útil dos equipamentos envolvidos. Sendo assim, é uma prioridade a consideração de níveis adequados de luminosidade para que o objeto em estudo alcance grande níveis de eficiência energética. Desta maneira, a utilização eficiente da luz solar, que perdura por grande parte do dia, junto com o uso correto da iluminação artificial pode resultar em amplos benefícios.

Tal como para a envoltória, o RTQ-C também estima determinados pré-requisitos para obtenção dos níveis de eficiência luminosa, sendo eles:

- Divisão de circuitos de iluminação;
- Contribuição da luz natural;
- Desligamento Automático;

Como determina o RTQ-C, cada espaço deve possuir, no mínimo, um instrumento de controle manual para acionamento de iluminação artificial interior autônomo. O regulamento também define que ambientes menores que 250m<sup>2</sup> devem dispor de, pelo menos, um dispositivo de controle manual para acionamento. Para ambientes com área maior que 250m<sup>2</sup> e menor que 1000m<sup>2</sup>, o controle do sistema de iluminação deve ser segmentado em parcelas menores, cujo cada qual deverá comandar uma área de até 250m<sup>2</sup>. E em espaços com área superior a 1000m<sup>2</sup>, o sistema de iluminação terá que ser subdividido em sistemas de até 1000m<sup>2</sup> de área e assim ir se ajustando.

No regulamento também são considerados os sistemas que contam com a contribuição natural nos espaços da edificação. Sendo este um quesito de relevada importância para a economia de energia, o mesmo atenua desperdícios de energia elétrica e tem papel significativo na obtenção de altos níveis de eficiência.

No mais, o RTQ-C estipula valores máximos no uso de iluminação artificial em espaços que não estão em uso frequente. É fácil notar que, por falha humana, lâmpadas ficam acesas amiúde em espaços desocupados, por isso, sistemas automatizados de desligamento como

sensores de presença, ou de movimento, são aliados na eficiência e pré-requisitos para sistema de iluminação.

Mediante este aspecto, o RTQ-C estabelece que, para se adquirir o nível de eficiência “A”, a edificação precisa atender os três pré-requisitos característicos discorridos anteriormente. Em casos onde a edificação atender apenas a divisão de circuitos de iluminação e contribuição da luz natural, o nível máximo a ser obtido é “B”. Em último caso, atendendo apenas ao primeiro aspecto, o nível máximo de eficiência será “C”.

A edificação a ser avaliada possui duas opções de apreciação: pelas atividades desenvolvidas no edifício, onde cada espaço é avaliado individualmente; ou pela área de ocupação do edifício, para edificações que possuem até 3 atividades fundamentais em execução, ou atividades que envolvam mais de 30% da área total das mesmas.

Este último método faz a análise da potência instalada total da edificação e avalia se é inferior aos limites de potência instalada estabelecidos para cada ambiente, modificando de acordo com as etiquetas. O cálculo deste método é feito mediante a densidade de potência de iluminação essencial para seu respectivo ambiente de trabalho, ou seja, de acordo com a atividade dominante desenvolvida naquele ambiente. Os níveis de densidade de potência de iluminação (DPI) para algumas atividades estão descritos no RTQ-C, como mostra a Figura 10, de acordo com a etiqueta almejada. Sendo este então o método adotado para realização deste trabalho.

A avaliação do primeiro método dito anteriormente se baseia na análise das atividades desenvolvidas em cada espaço de modo independente, onde este deve ter no máximo 3 atividades fundamentais. As equações levam em consideração as DPI's singulares de cada espaço, atentando a atividade realizada por este. Dessa forma, espaços separados com o mesmo exercício de atividade são contabilizados em uma única contagem referente a atividade dos mesmos. Vale notar que os valores de DPI's considerados neste método são diferentes dos gerais presentes na Figura 10.

Figura 10 – Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área do edifício

<b>Função do Edifício</b>	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível D)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Armazém	7,1	8,2	9,2	10,3
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Bombeiros	7,6	8,7	9,9	11,0
Centro de Convenções	11,6	13,3	15,1	16,8
Cinema	8,9	10,2	11,6	12,9
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Venda e Locação de Veículos	8,8	10,1	11,4	12,8
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Estádio de esportes	8,4	9,7	10,9	12,2
Garagem – Ed. Garagem	2,7	3,1	3,5	3,9
Ginásio	10,8	12,4	14,0	15,7
Hospedagem, Dormitório	6,6	7,6	8,6	9,6
Hospital	13,0	15,0	16,9	18,9
Hotel	10,8	12,4	14,0	15,7
Igreja/Templo	11,3	13,0	14,7	16,4
Restaurante	9,6	11,0	12,5	13,9
Restaurante: Bar/Lazer	10,7	12,3	13,9	15,5
Restaurante: Fast-food	9,7	11,2	12,6	14,1
Museu	11,4	13,1	14,8	16,5
Oficina	12,9	14,8	16,8	18,7
Penitenciária	10,4	12,0	13,5	15,1
Posto de Saúde/Clinica	9,4	10,8	12,2	13,6
Posto Policial	10,3	11,8	13,4	14,9
Prefeitura – Inst. Gov.	9,9	11,4	12,9	14,4
Teatro	15,0	17,3	19,5	21,8
Transportes	8,3	9,5	10,8	12,0
Tribunal	11,3	13,0	14,7	16,4

Fonte: RTQ-C.

#### 2.3.4.4 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Por possuir um vasto território, o Brasil possui uma variedade de climas locais e com isso, os condicionares de ar são aliados fundamentais para o conforto térmico e produtividade de empresas e escritórios. Contudo, os equipamentos que compõem estes sistemas consomem grande quantidade de energia elétrica, aumentando a curva de carga da edificação, e sendo assim, precisam ser bem projetados para atender a demanda e não desperdiçar energia. Com esse objetivo, a eficiência energética para os sistemas de condicionamento de ar depende da eficiência dos equipamentos utilizados no próprio sistema.

Bem como o sistema de iluminação e envoltória, a análise do sistema de condicionamento de ar, afim de atender níveis de eficiência energética maiores para a edificação, também é levada em consideração para obtenção da ENCE. Sendo assim, é necessário o cumprimento de dois pré-requisitos obrigatórios determinados pelo RTQ-C. A obtenção do nível de eficiência “A” depende de um sistema que atenda os seguintes quesitos:

- Isolamento térmico para os dutos de ar;
- Condicionamento por aquecimento artificial;

Os sistemas de condicionamento de ar podem ser tanto de resfriamento quanto de aquecimento, em ambos os casos é necessário observar as espessuras mínimas das tubulações vinculadas ao sistema pelo RTQ-C, sendo aplicado para todas as regiões. O segundo requisito é aplicado apenas em regiões que precisam de sistemas de aquecimento e se referem a indicadores de eficiência energética que podem medir a proporção entre o calor gerado ao ambiente e a energia elétrica utilizada.

Conforme o regulamento, se a carga térmica da edificação ultrapassar 350kW de potência, se faz necessário dispor de um sistema de condicionamento central, exceto se for comprovado menor consumo pelos sistemas individuais, através do memorial descritivo técnico.

A análise é feita mediante a apresentação ou não do selo PBE/Inmetro. Por conta disso, os sistemas mais bem avaliados são os que possuem altos níveis de eficiência individual atribuídos ao modelo de condicionador de ar. Desta maneira, os equipamentos já avaliados pelo Inmetro se classificam conforme sua certificação já atribuída e os que não são regulamentados pelo Inmetro recebem uma classificação de acordo com requisitos apresentados no próprio RTQ-C.

#### 2.3.4.5 BONIFICAÇÕES

Na consideração da pontuação final, além dos 3 quesitos avaliados, também podem ser levadas em consideração algumas bonificações de até 1 ponto para a edificação. Isso se dá caso a edificação em avaliação possua sistema de economia de energia, contribuindo assim com o uso mais eficiente da energia elétrica, alcançando iniciativas que comprovem este aumento de eficiência. Retirados do Guia Prático para Etiquetagem de Edifícios, os requisitos listados abaixo são exemplos de sistemas que contabilização para bonificações para a ENCE:

- Elevadores eficientes: estes equipamentos devem possuir nível “A” pela norma VDI 4707.

- Sistemas para uso racional da água: torneiras com arejadores e/ou temporizadores, sanitários com sensores, reuso de água pluvial e etc. Estes sistemas devem apresentar economia mínima de 40% do consumo anual da edificação;
- Sistemas ou fontes de energia renovável: como micro/mini geradores de energia eólica ou fotovoltaica. Esta geração deve garantir um mínimo de 10% de economia no consumo anual;
- Sistema de cogeração e inovações técnicas: como iluminação natural com eficiência comprovada, e que reduzam pelo menos 30% do consumo de energia elétrica;

Sendo possível o arranjo de mais de um dos requisitos explanados anteriormente, afim de que a soma dessas contribuições possa resultar no ponto máximo da bonificação.

#### 2.3.5 WEBPRESCRITIVO

O WebPrescritivo é uma ferramenta disponível na web de avaliação da ENCE através do método prescritivo, regido pelo RTQ-C, para análise de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviço, e públicos. O programa proporciona acessibilidade na utilização, sendo intuitivo, onde o usuário pode inserir as informações dos pré-requisitos e possíveis bonificações atribuídas ao edifício, mostrados anteriormente, e seguidamente a plataforma retorna o nível da etiqueta parcial, como também apresenta a etiqueta de pontuação geral e sua pontuação.

Este programa foi desenvolvido pela equipe do Projeto S3E, do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e não possibilita que o usuário salve a análise ao fim de sua utilização, sendo necessária a tomada de outros meios para tal. Apesar disso, este serviço apresenta uma versão disponível preliminar satisfatória onde se pode ter acesso a esta ferramenta de grande serventia para alcançar a ENCE do edifício em avaliação.

## 2.4 SISTEMAS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Em todo o mundo, a utilização de energias renováveis cresceu consideravelmente nas últimas décadas. Seja pela conscientização da escassez de recursos naturais, pelas gritantes alterações climáticas por conta do aquecimento global, ou em prol da tecnologia do futuro, as energias renováveis se tornaram prioridade, sendo responsáveis por 38% da eletricidade do mundo em 2021, aponta a consultoria Ember. A energia solar é a energia renovável mais

popular entre as disponíveis e, registrou um crescimento considerável atingindo 942GW de capacidade instalada no mundo em 2021, segundo o *Renewables 2022 Global Status Report (GSR)* empreendido pela REN21, apresentando assim uma alta de 25% em comparação com o ano de 2020.

Podendo ser implementados tanto isoladamente (*off-grid*), onde se faz necessária a utilização de baterias para o acúmulo da energia gerada, quanto conectados à rede elétrica (*on-grid*), no qual a energia gerada é injetada diretamente na mesma mediante o uso de inversores de frequência equivalentes com a rede da concessionária local, os sistemas fotovoltaicos alcançaram maior visibilidade a partir de 2012 quando a geração distribuída (GD) pode ser regulada a partir da Resolução Normativa REN 482 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Para os municípios, a implementação de sistemas de energia solar traz numerosos benefícios a cidade. Benefícios estes que, quando combinados, podem atingir uma gama de interesses, trazendo melhorias e visibilidade para a cidade. Alguns deles são:

- Diminuição de gastos com eletricidade, uma vez que as verbas destinadas a esta modalidade podem ser realocadas para outras prioridades do município;
- Geração de eletricidade com baixo impacto ambiental, com redução de emissões de GEE, reduzindo a dependência de energia gerada por termelétricas;
- Interesse de investimentos do setor privado e contribuição para a obrigação nacional dos objetivos da *Intended Nationally Determined Contributions* (iNDC);
- Criação de novos empregos locais de alta qualidade, agregando formação e qualificação técnica aos profissionais da cidade;
- Diversificação da matriz energética brasileira, aumentando a confiabilidade da rede local;

A modalidade de geração com sistemas fotovoltaicos *on-grid* se tornou uma opção viável para os municípios por serem modulares e de fácil adaptação aos edifícios já existentes como em escolas e secretarias. Para Rüter (2004), os sistemas *on-grid* atuam como geradores independentes de energia. Portanto, a energia proveniente do sistema fotovoltaico nos horários de atuação do mesmo deverá ser utilizada pelo consumidor, possuindo também a possibilidade de criar um excedente a ser repassado para a rede se sua geração for maior do que o seu consumo. Caso a sua produção de energia não seja suficiente para contemplar sua demanda, a empresa responsável pelo atendimento deste usuário deve complementar esta geração.

#### 2.4.1 COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Em abril de 2012 a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 482 (REN 482) regulando a geração distribuída no Brasil. Determinando condições para inserção dos sistemas de mini e microgeração distribuída, a REN 482 estipula um sistema de compensação de créditos onde o excedente gerado é inserido diretamente na rede elétrica da concessionária, fornecendo créditos de energia. Caso o consumo seja maior que a geração, a energia utilizada será a da própria rede. Assim, os créditos podem ser utilizados para abater o consumo, refletindo assim na diminuição da conta de energia (ANEEL, 2012).

#### 2.4.2 INVERSOR

Os inversores solares *on-grid* são equipamentos presentes no arranjo do sistema fotovoltaico, e são responsáveis por estabelecer a conexão entre o gerador fotovoltaico DC e a rede AC, tendo por função principal a conversão do sinal DC do gerador já citado, num sinal elétrico AC e seu ajuste para a frequência e nível de tensão da rede cujo a qual está conectado.

Também conhecido como conversor, os inversores são compostos por tiristores onde cada par de tiristor recebe um impulso alternadamente sincronizado com a frequência da rede e com a intervenção da tensão da rede, passam para estado de bloqueio; logo os inversores são comutados pela rede já que precisam dela para a comutação e os tiristores só podem comutar para o estado de condução.

#### 2.4.3 MÓDULO FOTOVOLTAICO

Os módulos são compostos por células fotovoltaicas conectadas em arranjos para produzir tensão e corrente com o intuito da utilização eficaz da energia. Cada célula é composta por um componente químico semicondutor como Silício (Si) e Germânio (Ge), ou pela combinação deles como o Arsenieto de Gálio (GaAs) e Nitreto de Gálio (GaN); individualmente as fotocélulas apresentam tensão baixa, sendo de 0,5 a 0,8V, para células de Silício. Dessa forma, se faz necessária a combinação de células em série para obter níveis de tensão adequados, sendo equivalente a soma das tensões individuais de cada fotocélula. O arranjo dos módulos fotovoltaicos pode ser feito em série ou paralelo mediante a tensão de utilização e corrente elétrica estimada, sendo indicada a utilização de fotocélulas de mesmo fabricante, potência e características elétricas de modo a evitar incompatibilidade e o efeito *mismatch* (descasamento), onde as células com menor fotocorrente limitam o desempenho do

arranjo, resultando numa eficiência reduzida dos módulos. Como componente gerador, seu melhor desempenho depende da irradiação solar e da temperatura das células.

## 2.5 POSICIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

A maneira como os painéis se encontram despostos sobre os telhados de uma edificação interferem na eventual eficiência destes módulos e na eficiência energética desta construção. A fim de se alcançar a máxima potência individual dos painéis, conseqüentemente uma maior eficiência, é necessário que os mesmos estejam posicionados de modo que a irradiação solar seja refletida perpendicularmente.

Conforme (LUQUE E HEGEDUS, 2011), a inclinação ideal é o Norte ou o Sul verdadeiros, uma vez que os magnéticos não apresentam a máxima eficiência, de acordo com a localização em relação com a Linha do Equador, já que os painéis devem ser direcionados para uma inclinação orientação entre 10° e 15° maior que a latitude regional. Tal ação acontece devido as alterações de posicionamento da irradiação solar mediante as estações anuais.

Para uma boa instalação dos módulos a fim de alcançar o máximo de potência disponível é necessário, além do posicionamento orientado, calcular a disposição destes módulos pela extensão do telhado da edificação em análise, considerando assim fatores que podem vir a interferir e comprometer a eficiência prevista do sistema, exemplo disto são sombreamentos causados por árvores ou caixas de água. Por fim, é recomendado também examinar a taxa de ocupação da área do telhado, uma vez que será necessária a manutenção dos equipamentos ali instalados, sendo preciso então transitar por este espaço.

## 2.6 INSTRUMENTOS

### 2.6.1 AUTOCAD

O AutoCAD é um software que disponibiliza inúmeras ferramentas para desenhos técnicos de diferentes ramos das engenharias, indústrias e arquitetura, entre outros. Produzido pela Autodesk em 1982, o software permite a criação de projetos em modelagens 2D e 3D, possibilitando o dimensionamento e desenvolvimento de planeamentos já que tudo que foi construído ou fabricado foi precedido de um projeto.

Para este trabalho, o software foi utilizado em desenhos de disposição da irradiação solar em módulos fotovoltaicos nos telhados das edificações em análise, auxiliando assim na avaliação de potencial solar das mesmas.

### 2.6.2 GOOGLE EARTH

O Google Earth é um software gratuito disponibilizado pelo Google que apresenta modelos tridimensionais do globo terrestre por meio de imagens de satélite geradas por aviões e GIS 3D. Possibilita a obtenção de mapas bidimensionais, navegação do usuário dentro destes mapas, simulação de imagens de situação e paisagens do planeta, entre outras utilidades. O Google Earth permite a rotação de imagens, cálculo de distâncias entre dois pontos e vistas 3D de localidades situadas em qualquer lugar do planeta, gerando assim uma cartografia do mundo, possibilitando a identificação de localidades.

A utilidade deste software mais utilizada neste trabalho foi a competência de medir áreas poligonais, perímetros e comprimentos de telhados de edificações em análise em escala real.

### 2.6.3 POTENCIAL SOLAR – SUNDATA V3.0

O projeto SunData tem como objetivo calcular a irradiação solar diária média mensal de qualquer local situado no Brasil e é uma iniciativa do CRESESB de ofertar um aparato tecnológico de suporte ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Com sua primeira versão elaborada em 1995, o projeto nasceu do intuito de auxiliar no dimensionamento dos sistemas nas várias fases do PRODEEM e com o tempo, para consulta via internet. As primeiras versões do SunData usavam dados do Valores Medios de Irradiacion Solar Sobre Suelo Horizontal do Centro de Estudios de la Energia Solar (CENSOLAR, 1993) possuindo índices de irradiação solar diária média mensal no plano horizontal para apenas 350 localizações brasileiras e em países próximos. Depois da 2ª Edição publicada do Atlas Brasileiro de Energia Solar no ano de 2017, o CRESESB conseguiu obter autorizações de utilização podendo assim atualizar sua base de dados da SunData.

Gerado mediante imagens de satélite armazenadas em 17 anos e com informações que totalizam mais de 72.000 locais no Brasil, o Atlas Brasileiro de Energia Solar - 2ª Edição é a ferramenta mais atual e moderna em conhecimentos de irradiação solar brasileira. As informações apresentadas por esta ferramenta são indicativas e tem suas limitações dos modelos utilizados. É recomendada a medição da irradiação solar no local de interesse em casos mais específicos.

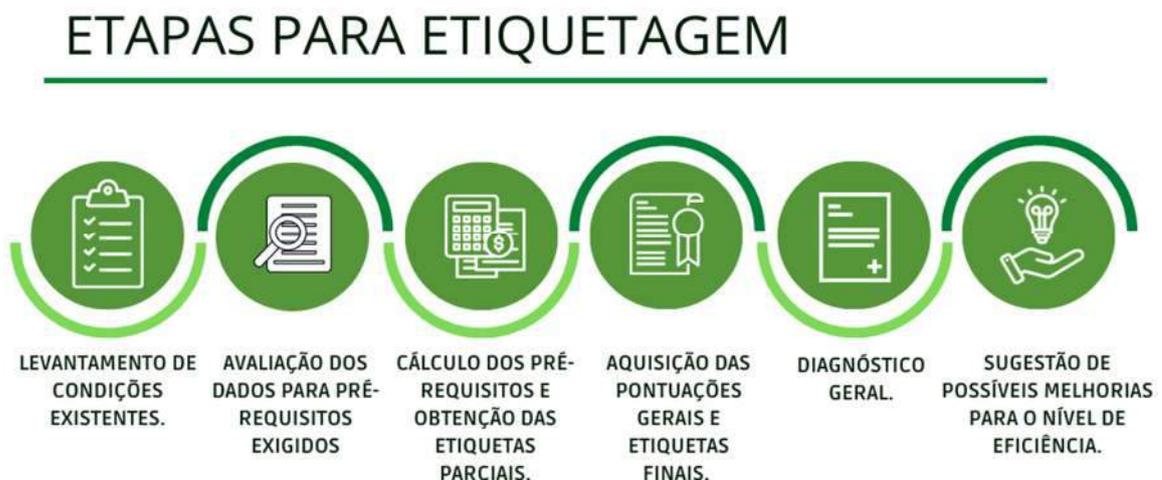
### 3 ETIQUETAGEM DAS EDIFICAÇÕES PÚBLICAS MUNICIPAIS

Este trabalho tem como finalidade a realização de um diagnóstico energético da cidade de Malta na Paraíba, como proposto anteriormente, e identificar subsídios para a implementação da GEM. Com este intuito, se fez necessária uma análise energética inicial para identificar a demanda solicitada, possíveis desperdícios de energia, e nível de eficiência energética dos prédios administrados pela prefeitura, só após estas informações foi possível apresentar soluções eficientes.

À vista disso, o modo mais adequado de avaliar o nível de eficiência das edificações municipais é a execução do processo de etiquetagem dos mesmos, partindo dos requisitos propostos pelo RTQ-C já explanados anteriormente. O RTQ-C disponibiliza duas formas de avaliação: por simulação e prescritiva. Para a execução deste trabalho foi definido o método prescritivo, sendo substancial o recolhimento de dados relativos a envoltória, condicionamento de ar de cada edifício e iluminação, e a partir disso obter um índice de etiquetagem resultante.

Com a finalidade de reunir dados para esta análise, foram seguidas etapas de execução até que se obtivesse a pontuação final de cada prédio, e dessa forma se pode apresentar um diagnóstico dos níveis de eficiência, visando alcançar soluções viáveis para os mesmos. As etapas seguidas neste trabalho são apresentadas no fluxograma presente na Figura 11, sendo explicitadas ao longo deste capítulo.

Figura 11 - Etapas para etiquetagem das edificações municipais



Fonte: Autoral.

A cidade de Malta possui em sua prefeitura 8 (oito) secretarias vinculadas, bem como 1 (um) gabinete destinado ao prefeito, possui também edifícios propriedade do município como

postos de saúde, CRAS, CREAS, escolas e postos de saúde família. Apesar disso, foi possível apenas a análise de 15 prédios públicos, cujo as quais foi solicitada a conta de energia para análise de potencial de geração fotovoltaica que será apresentada no Capítulo 4, reduzindo o alcance desta pesquisa no município. Com o propósito de preservar a eficácia dos diagnósticos de eficiência energética, foi realizada a etiquetagem para essas mesmas construções públicas.

Dessa forma, foi elaborada a etiquetagem de um total de 15 unidades consumidoras que abrangem escolas, unidades de saúde, secretarias do município, ginásio esportivo, estádio de futebol, CRAS e CREAS do município. No entanto, se deve notar que as unidades componentes desta pesquisa são as mesmas que exigem mais custos financeiros da prefeitura. Logo após são listadas estas edificações com seus respectivos nomes:

- Antiga Secretaria de Educação;
- CRAS;
- CREAS;
- EMEIF Boileau Dantas Wanderley;
- EMEIF Cônego Joaquim de Assis Ferreira;
- Estádio Municipal Desmoulins Wanderley Farias;
- Ginásio de Esportes Edivaldo Motta;
- Junta de Serviço Militar;
- Sanitário Público;
- Secretaria da Agricultura;
- Secretaria de Educação;
- Secretaria de Infraestrutura;
- Secretaria de Saúde;
- UBS Dr José Maurício de Lima Cajuaz;
- UBS Joana Marques Neves.

### 3.1 PESQUISA DE CAMPO E APRECIACÃO DE PRÉ-REQUISITOS DO RTQ-C

A etapa inicial deste procedimento foi a pesquisa de campo, realizando o levantamento dos elementos pre-requisitados pelo RTQ-C como condições das instalações elétricas, condicionamento de ar e informações estruturais dos edifícios. Com essa finalidade e visando melhor relação custo benefício, se contou com o auxílio de um eletricista capacitado da prefeitura, alunos do IFPB campus Patos, como também do Engenheiro Eletricista associado a

Secretaria de Infraestrutura, para a realização desta sondagem e catalogação no local. Dessa forma se pode ter acesso as contas de energia dessas instalações, bem como acesso permitido aos locais das mesmas.

Foram enviados os arquivos via *e-mail* contendo as informações levantadas em campo. Os cálculos dos pré-requisitos estruturais da envoltória foram realizados com o auxílio de uma planilha de cálculo desenvolvida no Laboratório de Fontes Alternativas de Energia do IFPB pelo aluno Ian Lins, onde foram realizadas melhorias para concretização deste trabalho, e por conta disso o material impresso de campo segue o modelo das informações solicitadas para o cálculo presente na planilha.

No que diz respeito a envoltória, os dados solicitados foram separados por fachada. Sendo contabilizados então dados das dimensões externas como comprimento e altura das fachadas, aspetos das aberturas como altura, comprimento e tipologia das vidraças presentes, informações de possíveis proteções solares e dados estruturais para determinação da transmitância térmica e absorvância tais como materiais usados na instituição do prédio (paredes e coberturas) e cores das fachadas.

Já para o sistema de iluminação, uma vez que o método para análise utilizado foi o diagnóstico das atividades individualmente executadas por ambiente, foram colhidos dados referentes a atividade do ambiente, dimensões internas, potência do sistema de iluminação, e outros pré-requisitos específicos exigidos deste sistema como divisão de circuitos, contribuição de iluminação natural e desligamento automático, todos explanados anteriormente.

Para os sistemas de condicionamento de ar, dado que não é feito uso de sistemas de aquecimento artificial por conta da zona climática em que se situa a cidade, foram recolhidos dados específicos como nível de eficiência individual dos condicionadores de ar, dado pela ENCE, e se existe isolamento nas tubulações dos condicionares de ar da edificação.

Deste modo, são apresentados exemplos de como estas informações estão dispostas nas planilhas utilizadas neste levantamento nas Figuras 12 (a) e (b).

Figura 12 – Planilhas utilizadas em campo como modelo

Fachada Norte										
Medidas externas		Aberturas			Proteção Solar			Absortância/Transmitância		
Comprimento [m]	Altera [m]	Comprimento [m]	Altera [m]	Tipo de Vidro	Tipo	D1	D2	Cor	Característica Construtiva da Parede	Característica Construtiva da
31,78	5,43	1	1	Incolor 2mm				21 Branco Gelo	3 - Parede de Tijolos Cerâmicos de 6 furos rebocados em ambas as faces	7 - Telhado com telha de barro sem forro
		0,3	0,3	Incolor 2mm						
		0,3	0,3	Incolor 2mm						
		0,3	0,3	Incolor 2mm						
		0,3	0,3	Incolor 2mm						
		0,3	0,3	Incolor 2mm						
		1,8	1,8	Incolor 2mm						

(a) Planilha utilizada para dados da envoltória

Ambiente	Tipo	Área (Comp*Larg)	Iluminação					Condicionamento de Ar			
			Número de Lâmpadas	Potência(W)	Divisão de Circuitos	Contribuição da Luz Natural	Desligamento Automático	Ar Condicionado	Potência [BTU]	Selo do INMETRO	Possui Isolamento nas Tubulações
ESCRITÓRIO	Escola/Universidade	37,539	2	30	Não Atende	Atende	Não Atende	Sim	36000	C	Sim
			0	0							
			0	0							

(b) Planilha utilizada para dados de iluminação

Fonte: Autoral

Ademais, foram colhidas informações com os colaboradores de ambientes específicos acerca do período de tempo em que se pode trabalhar confortavelmente nos ambientes não condicionados ou ventilados naturalmente. Sendo estas informações necessárias para a determinação do índice percentual de tempo ocupado em conforto nos respectivos ambientes, e dessa forma se pode apontar o equivalente numérico dos ambientes não condicionados ou ventilados naturalmente, e condicionados naturalmente.

Na etapa seguinte do levantamento, as informações colhidas foram examinadas para apontamento dos parâmetros exigidos para obtenção das etiquetas mediante o RTQ-C. Com esse objetivo, respeitando a ordem dos dados solicitados pelo WebPrescritivo, foram transpostos os dados levantados para a ferramenta a fim de se obter as etiquetas parciais e gerais pelo método empregado nesta pesquisa.

Para obtenção das etiquetas, os primeiros elementos solicitados pelo WebPrescritivo dizem respeito aos pré-requisitos gerais da propriedade pública. Com essa finalidade, é fundamental reconhecer, através da pesquisa de campo, se a propriedade satisfaz os pré-requisitos de aquecimento de água ou se esse fator não se aplica e, se a mesma dispõe de circuito elétrico com viabilidade de medição centralizada por utilização ou não.

### 3.2 ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS E INFORMAÇÕES ESTRUTURAIS DA ENVOLTÓRIA

Logo após a pesquisa de campo e análise de pré-requisitos obrigatórios, a etapa seguinte foi realizar o cálculo dos pré-requisitos característicos da envoltória, assim como as informações estruturais de cada propriedade municipal envolvida nesta pesquisa. Esta metodologia foi aplicada para adquirir a etiqueta parcial da envoltória.

A ferramenta WebPrescritivo solicita a inserção de dados como: transmitância térmica da cobertura, de ambientes condicionados e não condicionados ( $U_{cob-AC}$  e  $U_{cob-ANC}$ ), e das paredes ( $U_{par}$ ); percentual de abertura zenital ( $PAZ$ ); absorvância solar da cobertura e das paredes ( $\alpha_{cob}$  e  $\alpha_{par}$ ); capacidade térmica das paredes ( $CT_{par}$ ); fator solar ( $FS$ ); ângulo vertical de sombreamento ( $AVS$ ); ângulo horizontal de sombreamento ( $AHS$ ); percentual de abertura na fachada total ( $PAF_T$ ); e o percentual de abertura na fachada oeste ( $PAF_O$ );

As equações para os cálculos destes parâmetros são regidas e estão presentes na NBR 15220 e, uma vez que fazem uso de várias variáveis, exigiria muito tempo de pesquisa para serem coletadas e realizadas manualmente. Por conta dessa limitação, foi primordial a utilização da planilha de cálculo produzida no programa Excel pelo aluno Ian Lins, aperfeiçoada para este trabalho, no Laboratório de Fontes Alternativas de Energia do IFPB.

Esse recurso realiza o cálculo dos parâmetros exigidos como pré-requisitos do RTQ-C, necessitando apenas a inserção dos dados das medidas construtivas externas, de proteções solares, de possíveis aberturas e referências indispensáveis para o cálculo da transmitância e absorvância térmica como cores presentes em fachadas e aspectos construtivos das coberturas, no caso telhados, e paredes. Este recurso foi utilizado como modelo para levantamento de dados na pesquisa de campo, assim como expõe a Figura 12 (a) anteriormente, apresentando uma das fachadas requeridas. Temos, na Figura 13 a seguir, a área de interação geral deste recurso, composta por todas as fachadas exigidas de uma edificação.

Figura 13 – Planilha de cálculo – Visão geral

Fachada Norte									
Medidas externas		Aberturas			Proteção Solar			Absortância/Transmitância	
Comprimento [m]	Altura [m]	Comprimento [m]	Altura [m]	Tipo de Vidro	Tipo	U1	U2	Cor	Características Construtivas da Fachada
23,00	0	15	0,80	Incolor Zlar					2 - Paredes de Tijolo Cerâmico de 6 furos com aberturas embasadas
		15	0,50	Incolor Zlar					3 - Toldos com telha de barro cerâmico
		15	0,80	Incolor Zlar					
		0,85	0,4	Incolor Zlar					
		0,25	0,35	Incolor Zlar					
		0,25	0,50	Incolor Zlar					
		0,25	0,35	Incolor Zlar					

Fachada Leste									
Medidas externas		Aberturas			Proteção Solar			Absortância/Transmitância	
Comprimento [m]	Altura [m]	Comprimento [m]	Altura [m]	Tipo de Vidro	Tipo	U1	U2	Cor	Características Construtivas da Fachada
17,0	2,71	0,25	0,35	Incolor Zlar					2 - Paredes de Tijolo Cerâmico de 6 furos embasadas em ambas as faces
									3 - Toldos com telha de barro cerâmico

Fachada Sul									
Medidas externas		Janelas			Proteção Solar			Absortância/Transmitância	
Comprimento [m]	Altura [m]	Comprimento [m]	Altura [m]	Tipo de Vidro	Tipo	U1	U2	Cor	Características Construtivas da Fachada
23,00	0								2 - Paredes de Tijolo Cerâmico de 6 furos com aberturas embasadas
									3 - Toldos com telha de barro cerâmico

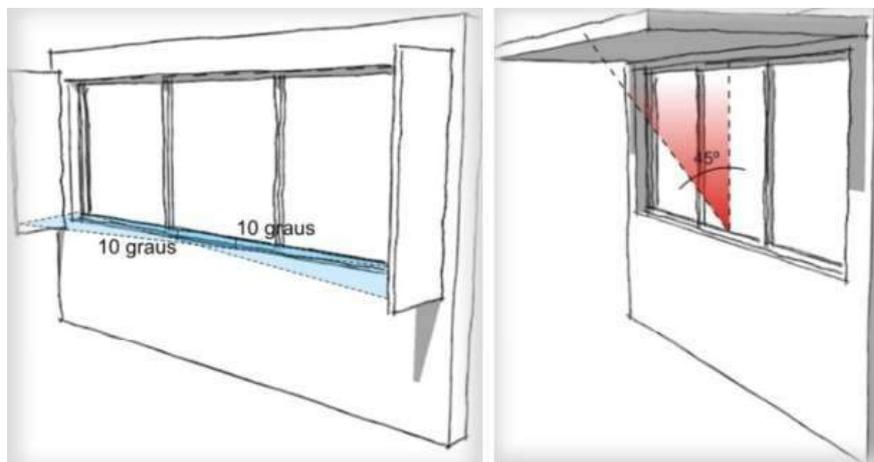
  

Fachada Oeste									
Medidas externas		Janelas			Proteção Solar			Absortância/Transmitância	
Comprimento [m]	Altura [m]	Comprimento [m]	Altura [m]	Tipo de Vidro	Tipo	U1	U2	Cor	Características Construtivas da Fachada
22,7	2,91	1,15	2,5	Verdesol					2 - Paredes de Tijolo Cerâmico de 6 furos embasadas em ambas as faces
									3 - Toldos com telha de barro cerâmico

Fonte: Autoral

No segmento *Medidas Externas* são inseridas informações acerca da altura e comprimento da fachada do edifício municipal. Na seção relacionada as aberturas, o usuário é orientado a inserir comprimento e altura das mesmas, mas é preciso cuidado uma vez que o RTQ-C delimita o que pode ser considerado uma abertura ou não. Dessa forma, se pode considerar aberturas: janelas de vidro, vãos fechados com placas de policarbonato, paredes de tijolo de vidro, paredes envidraçadas, e janelas com vidro e com venezianas. O regulamento não considera aberturas como: varandas, sacadas, vãos descobertos, pórticos e cobogós. Em ambientes sobre proteção solar, como apresenta a Figura 14, se deve inserir na planilha o tipo de proteção (horizontal ou vertical) e as variáveis de medida individual. Por fim, são pedidos dados estruturais do edifício, como características construtivas das coberturas e paredes e cor das fachadas.

Figura 14 – Exemplo de proteção solar vertical e horizontal.



Fonte: Manual para aplicação do RTQ-C alterada pela autora.

Após o preenchimento dos campos referentes as fachadas, o recurso disponibiliza as informações dos parâmetros calculados na aba “Resultados\_Env”. A planilha, nesta aba, apresenta uma interface de saída com os resultados similar a própria interface do WebPrescritivo, como apresenta a Figura 15, acabando por facilitar a compreensão e manipulação dos dados pelo usuário. A utilização dos dados de resultado fica a caráter do interesse e objetivo do usuário, uma vez que são disponibilizados todos os dados referentes a interface do WebPrescritivo e, dependendo da zona climática do edifício, não são considerados todos os pré-requisitos disponíveis.

Figura 15 – Informações de saída da planilha utilizada.

Pré-requisitos			
Ucob - AC	2	W/(m²k)	
Ucob - ANC	2	W/(m²k)	
Upar	2,457	W/(m²k)	
PAZ	0	%	
acob	50%	%	
Ctpar	152	kJ/(m²k)	
Apar	50%	%	
FS	0		

Dados Dimensionais da Edificação	
Atot	540,8 m²
Apcob	540,8 m²
Ape	540,8 m²
Vtot	2128,048 m³
Aenv	447,4183 m²

Dados Dimensionais da Edificação	
FS	0,71
PAFT	44,99% %
PAFO	0,59% %
AVS	0 %
AHS	0 %

Fonte: Autoral

Além dos parâmetros já descritos, a determinação da eficiência energética da envoltória depende também de informações dimensionais exigidas pelo WebPrescritivo, como apresenta a Figura 15. Estas informações foram colhidas na pesquisa de campo e dizem respeito as áreas de projeção do edifício e da cobertura ( $A_{pe}$  e  $A_{pcob}$ ), área total construída ( $A_{TOT}$ ), área total da envoltória ( $A_{env}$ ), e volume total da construção ( $V_{TOT}$ ).

A área de projeção do edifício ( $A_{pe}$ ) é a média das áreas de projeção dos pavimentos, ignorando áreas subterrâneas. Já a área de projeção da cobertura ( $A_{pcob}$ ) se refere a área de projeção horizontal da cobertura excluindo marquises, beirais e coberturas sobre varandas (desde que fora do alinhamento do edifício), considerando também terraços cobertos ou descobertos. Temos a área total construída ( $A_{TOT}$ ) que fornece a soma das áreas dos pisos dos ambientes fechados medidas em seu exterior, e a área da envoltória ( $A_{env}$ ) que é obtida atrás da soma das áreas das fachadas, incluindo as aberturas. Por último, o volume total ( $V_{TOT}$ ) que, nada mais é que o volume máximo que os fechamentos internos da edificação comportam. Dessa forma, se finalizam os dados solicitadas para alcance da eficiência para envoltórias.

### 3.3 OBTENÇÃO DAS ETIQUETAS PARCIAIS, DEFINITIVAS E PONTUAÇÕES

Após a pesquisa de campo, contendo assim todos os aspectos construtivos e pré-requisitos exigidos de envoltória e afins, se pode adquirir as etiquetas parciais atendendo os critérios de cada parâmetro em avaliação por meio do método prescritivo, como também a etiqueta geral atribuindo uma pontuação geral a edificação avaliada.

Dessa forma, se faz necessário transcrever os dados obtidos através da planilha na interface do WebPrescritivo online, encaminhando os dados aos seus campos referentes, de acordo também com a pesquisa de campo. A primeira ação dentro da interface é informar os pré-requisitos gerais da construção sobre os circuitos elétricos e aquecimento de água, depois se dá início ao preenchimento dos dados referentes a envoltória apontando a localização, pré-requisitos, dados dimensionais da edificação e características das aberturas, como apresenta a Figura 16.

Figura 16 – Interface WebPrescritivo para pré-requisitos gerais e envoltória

The screenshot shows the 'Pré-requisitos gerais' (General Prerequisites) and 'Envoltória' (Envelope) sections of the WebPrescritivo interface.

**Pré-requisitos gerais**

**Circuitos elétricos**

- A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final
- A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

**Aquecimento de água**

- Atende pré-requisito para A
- Atende pré-requisito para B
- Atende pré-requisito para C
- A edificação possui isolamento de tubulações
- Este pré-requisito não se aplica à edificação
- Não atende

**Envoltória**

**Localização**

- Zona Bioclimática ZB 7
- Cidade São Gonçalo PB

**Pré-requisitos**

- Pré-requisitos
- $U_{COB-AC}$  [ ] W/(m<sup>2</sup>K) [?]  $\alpha_{COB}$  [ ] % [?]
- $U_{COB-ANC}$  [ ] W/(m<sup>2</sup>K) [?]  $CT_{PAR}$  [ ] kJ/(m<sup>2</sup>K) [?]
- $U_{PAR}$  [ ] W/(m<sup>2</sup>K) [?]  $\alpha_{PAR}$  [ ] % [?]
- PAZ [ ] % [?] FS [ ] [?]

**Dados Dimensionais da Edificação**

- $A_{TOT}$  [ ] m<sup>2</sup> [?]
- $A_{PCOB}$  [ ] m<sup>2</sup> [?]
- $A_{PE}$  [ ] m<sup>2</sup> [?]
- $V_{TOT}$  [ ] m<sup>3</sup> [?]
- $A_{ENV}$  [ ] m<sup>2</sup> [?]

**Características das Aberturas**

- FS [ ] [?]
- PAF<sub>T</sub> [ ] % [?]
- PAF<sub>O</sub> [ ] % [?]
- AVS [ ] ° [?]
- AHS [ ] ° [?]

Buttons: Calcular Eficiência, Limpar

Color scale: Green, Yellow, Orange, Red

Fonte: WebPrescritivo

A Figura 17 apresenta a interface do WebPrescritivo de localização e envoltória em resposta aos dados do Centro de Referência de Assistência Social (CRAS) da cidade de Malta, obtendo assim a etiqueta parcial deste quesito.

Figura 17 – Interface WebPrescritivo com resultados dos pré-requisitos gerais e envoltória do CRAS

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática ZB 7  Cidade São Gonçalo PB

Pré-requisitos

$U_{COB-AC}$	4.59	W/(m <sup>2</sup> K)	$\alpha_{COB}$	27	%
$U_{COB-ANC}$	4.59	W/(m <sup>2</sup> K)	$CT_{PAR}$	152	kJ/(m <sup>2</sup> K)
$U_{PAR}$	2.457	W/(m <sup>2</sup> K)	$\alpha_{PAR}$	27	%
PAZ	0	%	FS	0	

Dados Dimensionais da Edificação		Características das Aberturas	
$A_{TOT}$	306.090	m <sup>2</sup>	FA: 1.00
$A_{PCOB}$	306.090	m <sup>2</sup>	FS
$A_{PE}$	306.090	m <sup>2</sup>	PAF <sub>T</sub>
$V_{TOT}$	1080.31968	m <sup>3</sup>	PAF <sub>O</sub>
$A_{ENV}$	259.9872	m <sup>2</sup>	AVS
			AHS

\* O nível de eficiência alcançado foi limitado pela transmitância térmica da cobertura dos ambientes condicionados.

Calcular Eficiência Limpar

E

Fonte: WebPrescritivo

Em seguida foi realizada a inserção dos dados levantados na pesquisa de campo relacionados ao sistema de iluminação da unidade. Sendo assim, o método escolhido para esta análise foi o de avaliação individual de cada ambiente, em concordância com a atividade de trabalho de cada um deles. Com esse objetivo, se fez necessário a inserção de dados relacionados aos pré-requisitos de divisão de circuitos, contribuição de luz natural e desligamento automático, bem como a atividade exercida naquele local, a área e a potência instalada de iluminação disponível. O resultado obtido desta etapa no CRAS é ilustrado na Figura 18 a seguir.

Figura 18 – Interface WebPrescritivo para iluminação, via método de avaliação por atividades do CRAS.

Pré-requisitos por ambientes				Atividade	Uso	Área [m <sup>2</sup> ]	Potência [W]	Limite do Ambiente	
<input type="checkbox"/> Divisão de circuitos <input type="checkbox"/>	Contribuição da luz natural	Desligamento automático	L					m	
1	Atende	Atende	Não atende	Circulação	Circulação	61.074	120	L	m
2	Não atende	Não atende	Não atende	Circulação	Circulação	20.163	80	L	m
3	Não atende	Não atende	Não atende	Escritório	Escritório	3.1659	30	<input type="checkbox"/> K	<input type="checkbox"/> RCR
4	Não atende	Não atende	Não atende	Escritório	Escritório	12.879	46	<input type="checkbox"/> K	<input type="checkbox"/> RCR
5	Não atende	Não atende	Não atende	Escritório	Escritório	3.564	30	<input type="checkbox"/> K	<input type="checkbox"/> RCR
6	Não atende	Não atende	Não atende	Auditórios e Anfiteatros	Audatório	74.722	276	<input type="checkbox"/> K	<input type="checkbox"/> RCR
7	Não atende	Não atende	Não atende	Escritório	Escritório	14.52	20	<input type="checkbox"/> K	<input type="checkbox"/> RCR
8	Não atende	Não atende	Não atende	Escritório	Escritório	15.91	46	<input type="checkbox"/> K	<input type="checkbox"/> RCR
9	Não atende	Não atende	Não atende	Biblioteca	Área de arquivamento	13.41	40	<input type="checkbox"/> K	<input type="checkbox"/> RCR
10	Não atende	Não atende	Não atende	Escritório	Escritório	14.95	40	<input type="checkbox"/> K	<input type="checkbox"/> RCR
11	Não atende	Não atende	Não atende	Banheiros	Banheiros	4.6475	24	<input type="checkbox"/> K	<input type="checkbox"/> RCR
12	Não atende	Não atende	Não atende	Banheiros	Banheiros	4.4825	30	<input type="checkbox"/> K	<input type="checkbox"/> RCR
13	Não atende	Não atende	Não atende	Cozinhas	Cozinhas	15.4	46	<input type="checkbox"/> K	<input type="checkbox"/> RCR
14	Não atende	Não atende	Não atende	Depósitos	Depósitos	16.137	46	<input type="checkbox"/> K	<input type="checkbox"/> RCR
15	Não atende	Não atende	Não atende	Escritório	Escritório	17.08	40	<input type="checkbox"/> K	<input type="checkbox"/> RCR

Calcular Eficiência Limpar

■ ■ ■ ■ **D**

\* Desde que observados os pré-requisitos de iluminação.

Fonte: WebPrescritivo

Em ato contínuo, a etapa seguinte foi a obtenção da etiqueta do sistema de condicionamento de ar. O Web Prescritivo habilita este campo mediante os pré-requisitos de isolamento das tubulações ou não, possibilitando a adição das informações dos condicionadores de ar etiquetados e não etiquetados. Para os condicionadores de ar etiquetados são solicitadas informações quando ao ambiente, número de unidade, tipo de condicionador, capacidade em BTU/h e eficiência em W/W. Já para os condicionadores de ar não etiquetados são exigidos dados quanto à capacidade em BTU/h, local onde este equipamento está instalado e o nível de eficiência já etiquetado disponível no mesmo. Além disso, dados referentes a área condicionada e a área útil da edificação também são solicitados. A Figura 19 apresenta os resultados alcançados também do CRAS da cidade de Malta.

Figura 19 – Interface WebPrescritivo com resultados para condicionadores de ar do CRAS

Condicionadores de ar não etiquetados							
<input type="checkbox"/> Condicionador de ar <input type="checkbox"/>	Capacidade [BTU/h]	Nível de eficiência	Pré-requisitos	Classe de eficiência			
1	ESCRITORIO 1	12000	C	<input type="checkbox"/> Visualizar	C		
2	CENTRO DE CONVENCÕES 1	18000	B	<input type="checkbox"/> Visualizar	B		
3	CENTRO DE CONVENCÕES 1	18000	B	<input type="checkbox"/> Visualizar	B		
4	CENTRO DE CONVENCÕES 1	18000	A	<input type="checkbox"/> Visualizar	A		
5	SALA CRIANÇA FELIZ	9000	A	<input type="checkbox"/> Visualizar	A		
6	SALA DE AUDIÊNCIAS	9000	A	<input type="checkbox"/> Visualizar	A		
7	SALA PROG BOLSA FAMILIA	3500	A	<input type="checkbox"/> Visualizar	A		
8	ESCRITORIO 2	3500	A	<input type="checkbox"/> Visualizar	A		

AU  m<sup>2</sup>

AC  m<sup>2</sup>

Calcular Eficiência Limpar

■ **B** ■ ■ ■

Fonte: WebPrescritivo

Por fim, os últimos dados a serem incluídos na ferramenta dizem respeito as possíveis bonificações e informações pontuais para cálculo da etiqueta geral do edifício. Levando em consideração a pesquisa de campo, não foi encontrado nenhum sistema que pudesse ser considerado como bonificação. Então, se faz essencial apenas as informações quanto a área de permanência transitória (APT) e equivalente numérico dos ambientes ventilados e/ou não ventilados naturalmente (EqNumV). É aconselhado que a variável EqNumV, em seu valor numérico, seja mensurado por meio de simulação computacional, avaliando assim o nível de conforto de cada espaço sem condicionamento de ar, levando em conta o percentual de horas ocupadas em conforto (POC). Na pesquisa de campo foram colhidas informações dos funcionários de todos os edifícios envolvidos quanto a quantidade de tempo que seria suportado trabalhar nos ambientes não condicionados de modo confortável, uma vez que não havia condições físicas para a realização da simulação. Assim, foi possível mensurar o valor do POC das edificações. O período constatado pelos funcionários, em sua grande supremacia, foi a parte da manhã até as 10 horas, onde se pode trabalhar confortavelmente sem grandes transtornos. Este resultado já era aguardado visto a localização e zona climática da cidade, por conta disso pode-se concluir que menos de 50% das horas ocupadas nesses ambientes seriam confortáveis para o colaborador na medida em que o horário da jornada de trabalho do mesmo se segue até as 17 horas. Sendo assim, mediante regra do RTQ-C, quando se tem valores de POC inferiores a 50%, se atribui valor 1 ao EqNumV da edificação.

Após obtenção das etiquetas parciais, a plataforma apresentou um erro em suas configurações quando solicitada a etiqueta geral, mesmo inseridos todos os dados solicitados incluindo as bonificações e medidas de área. Foi encaminhado e-mail para os organizadores do software que, até a data da apresentação deste trabalho, não forneceram feedback quanto a falha de sua plataforma.

Dessa forma, para cálculo da pontuação final e etiqueta geral, foi aplicada a Equação 1 em todas as 15 unidades públicas analisadas apresentadas neste mesmo capítulo. Considerando a individualidade e dados de cada edificação a ser avaliada, a Tabela 1 exprime os resultados alcançados em cada unidade, apresentando tanto as etiquetas gerais, obtidas por método numérico, quanto as parciais, conquistadas através do WebPrescritivo, e as pontuações pertencentes a cada uma delas.

Depois de alcançadas as etiquetas e nível de eficiência energética de cada prédio público, um diagnóstico pode ser feito, identificando as possíveis ocorrências que culminaram no comprometimento do alcance de um nível maior de eficiência e, conseqüentemente, de uma etiqueta nível “A”. Na seção a seguir serão retratados os principais aspectos que impossibilitam

ouso coerente e apropriado da energia, assim como também serão exibidas alternativas de viáveis soluções mediante parâmetro demonstrativo.

Tabela 1: Resultados do processo de etiquetagem das edificações municipais

Edificação Avaliada	Etiquetas Obtidas				
	Envoltória	Iluminação	Condicionamento de Ar	Etiqueta Geral	Pontuação Geral
ANTIGA SECRETARIA DA EDUCAÇÃO	E	C	C	D	2,26
CRAS	E	D	B	C	2,72
CREAS	E	C		C	2,60
EMEIF BOILEAU DANTAS WANDERLEY	E	C	C	C	2,59
EMEIF CONEGO JOAQUIM DE ASSIS FERREIRA	E	C	B	C	2,75
ESTÁDIO MUNICIPAL DESMOULINS WANDERLEY FARIAS	E	D		D	2,38
GINÁSIO DE ESPORTES EDIVALDO MOTTA	E	B	A	C	2,71
JUNTA SERVIÇO MILITAR	E	D		E	1,45
SANITÁRIO PÚBLICO	E	D		D	2,30
SECRETARIA AGRICULTURA	E	C	A	C	3,42
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO	E	D	C	C	2,57
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA	C	C	A	D	2,14
SECRETARIA DE SAUDE	C	D	B	C	2,95
UBS DR JOSE MAURICIO DE LIMA CAJUAZ	E	C	A	C	3,36
UBS JOANA MARQUES NEVES	E	C	A	C	3,26

Fonte: Autoral

### 3.4 ANÁLISE GERAL E SOLUÇÕES

A princípio, vale pontuar que 4 das unidades avaliadas não possuem sistema de condicionamento de ar. Assim, foram feitas as análises levando em consideração apenas os pré-requisitos disponíveis para esta pesquisa. A pontuação final para obtenção das etiquetas gerais também foi feita de modo a considerar esta variação.

Perante os resultados apurados dos diagnósticos estabelecidos pela etiquetagem de cada edifício se pode inferir algumas explicações. Através das respostas exibidas na Tabela 1, se pode notar que o edifício que alcançou maior pontuação foi a Secretaria da Infraestrutura, apresentando melhores índices de envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Em função disto, os problemas predominantes constatados em cada pré-requisito serão explanados a seguir, seguidos de um exemplo de economia demonstrado pelo Guia Para Etiquetagem de Edifícios. Desse modo, se poderá confrontar as medidas tidas no exemplo com as resultantes da pesquisa e assim ajusta-las e aplica-las para melhorar a eficiência do prédio público em questão.

Inicialmente, seguindo a ordem de análise do WebPrescritivo, foi examinada a envoltória dos edifícios. Como mostra a Tabela 1, neste quesito todas as edificações tiveram nível mínimo de eficiência energética, menos as secretarias de infraestrutura e saúde que atingiram nível “C” ambas. É possível justificar tal ocorrido com a despreparação para as temperaturas elevadas da zona bioclimática a qual as edificações pertencem e estão expostas. As especificações construtivas e parâmetros estruturais mostraram altos índices de transmitância térmica e absorvância, o que resulta num aumento de fluxo de calor dentro das unidades, cobrando progressivamente mais dos equipamentos de condicionamento de ar, e assim consumindo muito mais energia elétrica. O WebPrescritivo, neste contexto, exibe a mensagem apresentada na Figura 20, indicando uma das causas da etiqueta obtida, justificando assim as conclusões para a melhoria deste quesito.

Figura 20 – Mensagem do software para o nível de envoltória dos prédios analisados



Fonte: WebPrescritivo

Nas edificações vinculadas a prefeitura em análise não se identificou a existência de qualquer sistema de iluminação zenital, prejudicando assim as mesmas visto que culmina na

falta de atendimento de um dos três requisitos característicos da envoltória, limitando a etiqueta parcial ao nível “E”.

Em sequência, o aspecto a ser avaliado diz respeito a iluminação das áreas individuais de cada edifício. O nível mais alto apresentado foi da etiqueta “B” pelo ginásio de esportes Edivaldo Motta, tendo os outros edifícios alcançado níveis baixos de eficiência luminosa, em sua grande parte o nível “C”. Em razão disso, se pode atribuir algumas possíveis causas como a necessidade de divisão de circuitos, a não utilização de iluminação natural disponível pelo dia, e o desligamento automático em ambientes em que esse pré-requisito se aplica como em áreas de circulação. Em algumas das unidades se pode notar também que determinadas áreas não possuem luminância necessária para execução das atividades propostas. Foi identificado também a não existência de aberturas para entrada de luz solar, ou não em quantidade adequada para que esse parâmetro pudesse contribuir para um nível melhor, sendo imprescindível assim o acionamento da iluminação artificial por todo período diurno. Sendo assim, os sistemas de iluminação das edificações não corresponderam aos pré-requisitos característicos para esse quesito e, em sua maioria, por conta disso, não obtiveram altos níveis de eficiência. É apresentado na Figura 21 uma mensagem do WebPrescritivo justificando o que está limitando a etiqueta ao nível exibido.

Figura 21 – Mensagem do software para o nível de envoltória dos prédios analisados



Fonte: WebPrescritivo

O passo seguinte foi a avaliação dos sistemas de condicionamento de ar das unidades. Em sua maioria, obtiveram altos níveis de eficiência as unidades que possuíam nível “A” em seus equipamentos utilizados no sistema, exemplo disso são as UBS’s Dr. José Maurício de Lima Cajuaz e Joana Marques Neves, a secretaria de agricultura e, por fim, o ginásio Edivaldo Motta. Essas edificações também contavam com o isolamento das tubulações do sistema de condicionamento de ar. Outras unidades tinham em sua composição equipamentos de condicionamento de ar nível “C” e ou “B” e somados a falta de isolamento nas tubulações resultam em níveis mais baixos de eficiência, é o caso da antiga secretaria de educação apresentando nível “C”. A EMEIF Boileau Dantas Wanderley e secretaria de educação também apresentaram nível de eficiência “C” por possuírem um sistema com maior quantidade de elementos com esta etiqueta individual, limitando a capacidade de todo o sistema.

Dessa maneira, com a indicação das causas dos problemas revelados, é admissível a elaboração de algumas possíveis soluções afim de aperfeiçoar e potencializar a eficiência das unidades e seus respectivos níveis etiquetados, não sendo necessária a participação do sistema de bonificação. É apresentada na Tabela 2, de modo abrangente, os problemas mais pontuais identificados e suas respectivas viáveis soluções.

Tabela 2: Problemas e soluções para pré-requisitos do RTQ-C.

<b>Pré-requisitos</b>	<b>Envoltória</b>	<b>Iluminação</b>	<b>Condicionamento de ar</b>
<b>Problemas Identificados</b>	Tintas utilizadas nos prédios em tons escuros.	Ausência de aberturas solares nas edificações.	Equipamentos que compõe o sistema com baixos níveis de eficiência.
		Ausência de pré-requisitos como divisão de circuitos e desligamento automático.	
	Ausência de forro nas coberturas das edificações.	Mal dimensionamento do sistema de iluminação.	Ausência de isolamento de tubulações pertencentes ao sistema.
	Aberturas solares existentes sem proteção solar, e vidros sem película protetora para controle.	Utilização dispensável de iluminação artificial em áreas com iluminação natural disponível.	
<b>Soluções Sugeridas</b>	Utilização de tintas de fachadas com tons claros .	Instalação de projetos de iluminação zenital, visando o maior aproveitamento da luz.	Retirada dos atuais equipamentos e instalação de equipamentos com alto nível de eficiência energética.
		Projeto para divisão de circuitos das unidades.	
	Instalação de forros nas edificações, com espessura mínima de 25 cm.	Instalação de sensores de presença para desligamento automático em áreas transitórias.	
		Projeto de Iluminação/luminotécnico visando maior conforto visual dos colaboradores e eficiência.	Instalação de isolamento térmico para os dutos de ar para os equipamentos já instalados.

	Utilização de vidraçaria com controle e proteção solar.	Reeducação energética dos colaboradores quanto ao uso das lâmpadas e acionamentos.	
--	---	--	--

Fonte: Autoral

Para a etiqueta geral, além dos níveis das etiquetas parciais, também são consideradas áreas condicionadas e não condicionadas, área útil e área de permanência transitória. Os melhores resultados apresentados para as unidades são a consequência da colaboração de todos esses pré-requisitos. Essas áreas influenciam efetivamente no resultado uma vez que não adianta possuir um alto nível de eficiência no condicionamento de ar quando este se limita a uma área muito menor comparada a área útil de toda a edificação, existindo assim uma área considerável não condicionada e de permanência contínua, influenciando assim não só no sistema de condicionamento de ar como também nos demais envolvidos. Exemplo disto é o ginásio Edivaldo Motta, que não apresenta aberturas de iluminação solar, recebeu nível “E” no quesito envoltória por conta da transmitância térmica do ambiente e, seu sistema de condicionamento de ar se limita a menos de 20% da área útil da mesma.

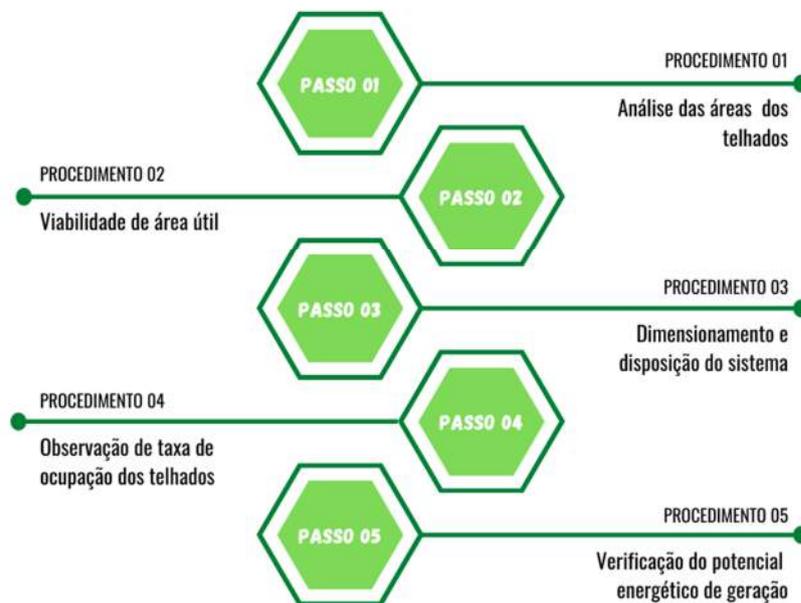
## 4 ANÁLISE DE POTENCIAL ENERGÉTICO FOTOVOLTAICO DE GERAÇÃO

Além do diagnóstico energético feito através das etiquetas parciais e gerais, um outro diagnóstico energético realizado nesta atividade. A avaliação do potencial energético de geração fotovoltaica das unidades vinculadas a prefeitura de Malta-PB foi realizada visando disponibilizar uma solução que faça uso de energia renovável alternativa. A partir da utilização de métodos acessíveis e gratuitos, esta pesquisa é consequência da participação da autora na empresa júnior Cerf- Soluções Tecnológicas do IFPB.

Com esse fim, foi seguida uma sequência de etapas até se obter o resultado definitivo, sendo apresentadas na Figura 22. As etapas presentes na figura serão explanadas com detalhes, apresentando as especificidades de cada uma, assim como as adversidades presentes ao longo da pesquisa.

Figura 22 – Etapas das atividades para viabilidade de potencial de geração

### ETAPAS VIABILIDADE PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO



Fonte: Autoral

As unidades públicas vinculadas a prefeitura de Malta-PB neste trabalho analisadas incluem postos de saúde familiar, ginásio esportivo, escolas, secretarias, estádio, junta de serviço militar, sanitário público, além de órgãos de atividades sociais como o CRAS e CREAS, totalizando assim 15 edificações para análise. Contudo, mesmo com solicitação prévia por e-mail e por outros meios de comunicação oficiais, não foi possível ter acesso a todas as contas

de energia das unidades públicas avaliadas. Foram obtidas as contas de energia de 13 das unidades avaliadas, faltando apenas dados referentes ao CRAS e Junta Militar do município. Mas, durante a pesquisa exercida em campo, foram colhidos dados referentes aos equipamentos elétricos das unidades consumidoras da prefeitura e com isso, se pode realizar um dimensionamento parcial de carga de cada uma destas unidades.

#### 4.1 ANÁLISE DAS ÁREAS DOS TELHADOS

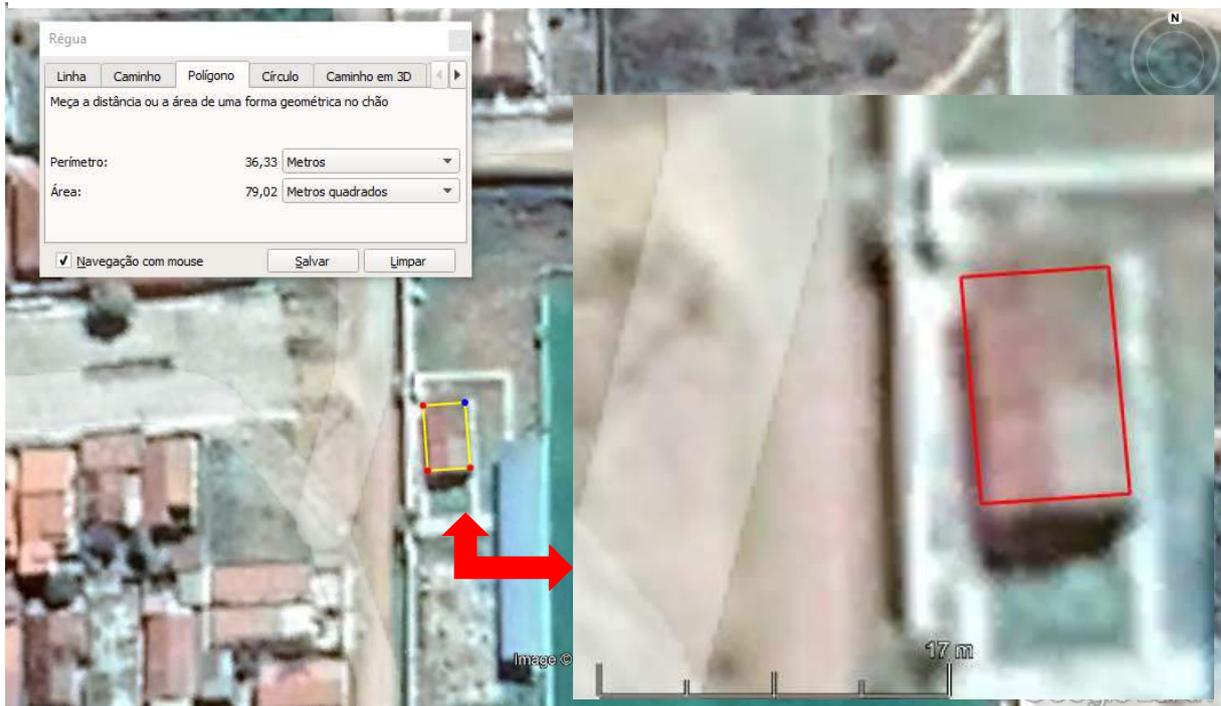
A sondagem das áreas disponíveis dos telhados das unidades públicas pode ser realizada através do software Google Earth Pro. Com o auxílio da própria ferramenta de busca do software foi possível localizar as edificações e, as que não foram encontradas por este método, com a ajuda de correspondente local, também puderam ser situadas. Assim, se pode ter acesso as imagens de satélite de cada unidade, sua vista superior e, dessa forma, dar início a verificação das áreas cobertas.

O software apresenta, junto com as imagens de satélite, uma escala variável com a ação de zoom. Desta maneira, permite-se que o usuário tenha uma percepção em escala real das áreas ilustradas apresentadas. Um modo de se obter a área das unidades de maneira prática e simples é utilizando uma das ferramentas que o programa já disponibiliza. Essa ferramenta possibilita que seja traçado um polígono em cima da imagem via satélite apresentada e, assim, disponibiliza as medidas obtidas como área e perímetro desta figura pelo usuário criada. Na Figura 23 são exibidos os detalhes desse método de medição, bem como os resultados obtidos.

Estes resultados são calculados pelo próprio software através da ferramenta presente no menu principal do Google Earth Pro “Mostrar régua”. Depois desta ação, o usuário deve escolher a aba “Polígono” e assim o software habilita o mouse para que possa ser desenhado o polígono que se deseja saber a área e seu respectivo perímetro. Este polígono pode ser salvo no software, permitindo o acesso a área aproximada, bem como o perímetro do mesmo e localização, quando solicitado.

Uma outra maneira de realizar esta sondagem de áreas disponíveis em telhados pode ser feita através do software AutoCad. Este método será descrito na seção seguinte acompanhado da exposição de como foi empreendida a disposição dos painéis fotovoltaicos nas áreas uteis disponíveis.

Figura 23 – Utilização do software Google Earth Pro para dimensionamento de área e perímetro



Fonte: Autorial

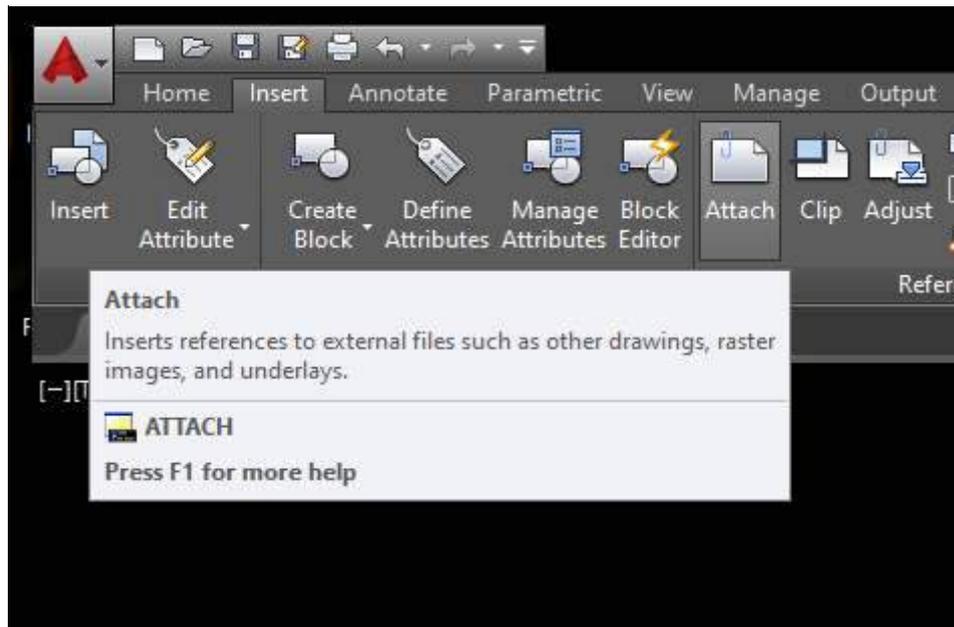
## 4.2 COMPROVAÇÃO DE ÁREA DISPONÍVEL E ARRANJO DOS PAINÉIS

A etapa seguinte considerada, depois da pesquisa das áreas, foi a definição das áreas úteis hábeis para disposição dos painéis e assim, definição da quantidade final deles que poderia ser disposta no telhado pesquisado. Se tem por área útil todo o território onde podem ser instalados os módulos fotovoltaicos, considerando as zonas de circulação e retirada de zonas com sombreamento ou outro déficit que possa comprometer a geração do sistema.

As áreas que envolvem a circulação se tornam importantes tanto para facilitar a instalação e manutenção do sistema instalado, como também possibilitam fácil acesso aos equipamentos. Levando em conta todos os aspectos ditos, foram considerados apenas 60% da área útil total mensurada pelo Google Earth Pro e verificada com o auxílio do software AutoCad.

Com esse intuito, as imagens de satélite obtidas por meio do Google Earth Pro foram manipuladas com a colaboração do AutoCad. A comprovação de área disponível tem início ao se importar as imagens de satélite, atentando sempre a escala disponibilizada pelo software. Para esse propósito, é necessário clicar na guia “Insert” e, posteriormente na “Attach”, com isso é aberto um menu para que o usuário escolha a imagem de sua preferência. A figura 24 ilustra esse procedimento.

Figura 24 – Inserção de imagem por referência no AutoCad.

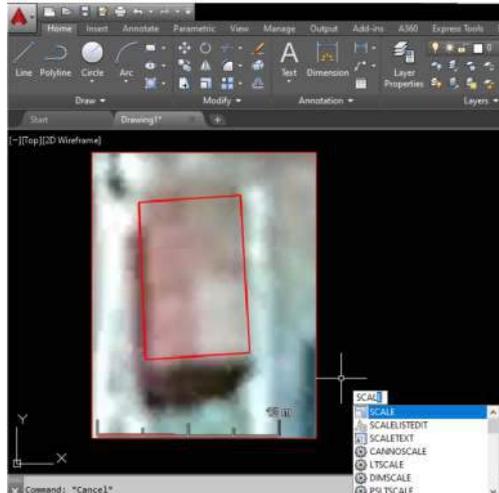


Fonte: Autoral

Depois de selecionar a imagem, se indica que o “Insertion point” será especificado na tela, assim como o “Scale” e inserir ângulo 0° no campo “Rotation”. Depois basta clicar em “Ok” e no local onde se deseja inserir a imagem. Foi identificado que quando a imagem é inserida, a mesma vem com o tamanho que corresponde com sua quantidade de pixels. Mas, é preciso que a imagem analisada esteja em uma escala compatível com a que a mesma apresenta. Para tal finalidade, foi feita uma linha de referência com o comprimento do próprio valor que a imagem disponibiliza, e para isso utilizou-se a função “Line”, traçando uma linha de referência por cima do comprimento indicado pela imagem.

O passo seguinte conta com a seleção da imagem e da linha referência, simultaneamente, e a inclusão do comando “Scale”. O ponto inicial pedido pela função que será a base da proporção da escala deve ser indicado no começo da linha já traçada existente. Feito isso, se deve digitar a letra “R” para indicar uma referência e seguida do “Ok”. Assim, o programa solicita ao usuário o ponto inicial e final do comprimento de referência traçado e depois, o novo comprimento que este deve assumir. A nova dimensão será indicada na imagem, de acordo com a escala indicada na foto, neste caso em específico, 12. O passo a passo explanado acima é apresentado na Figura 25 (a), (b), (c), (d), (e) e (f). Na Figura 26 é apresentado o resultado final obtido pelo procedimento.

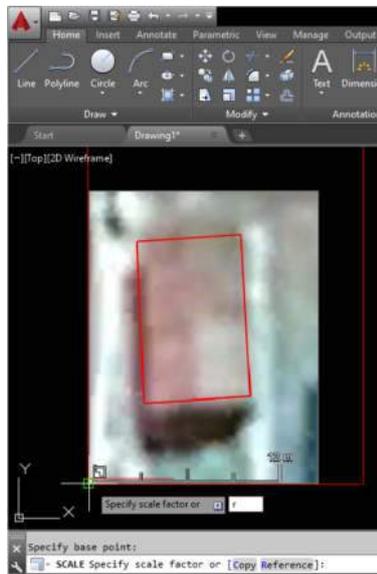
Figura 25 – Passo a passo para definição coerente da escala no AutoCad



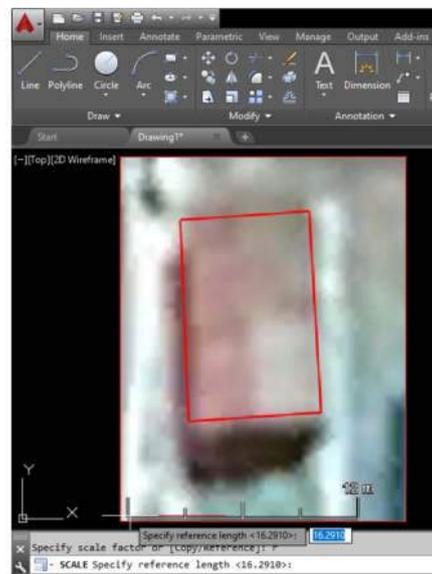
(a) Digitar a função “Scale” e selecionar imagem



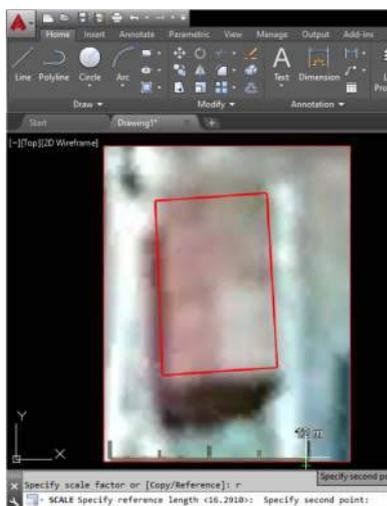
(b) Selecionar ponto inicial base



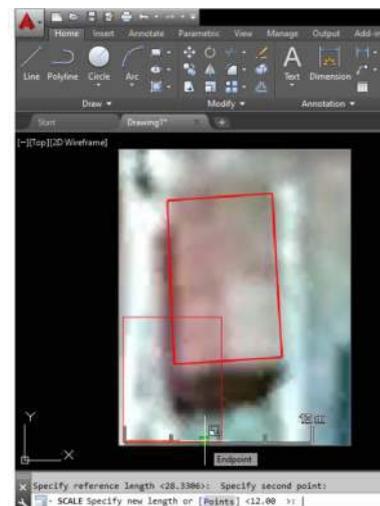
(c) Digitar “r” e “enter”



(d) Selecionar ponto de início da referência



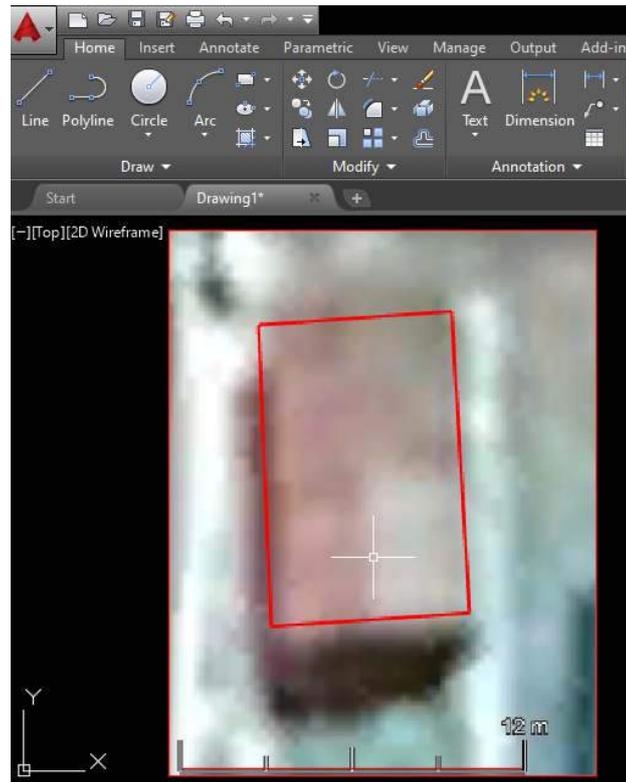
(e) Selecionar ponto final da escala existente



(f) Selecionar ponto final da escala desejada

Fonte: AutoCad

Figura 26 – Imagem, com linha de referência, na escala



Fonte: AutoCad

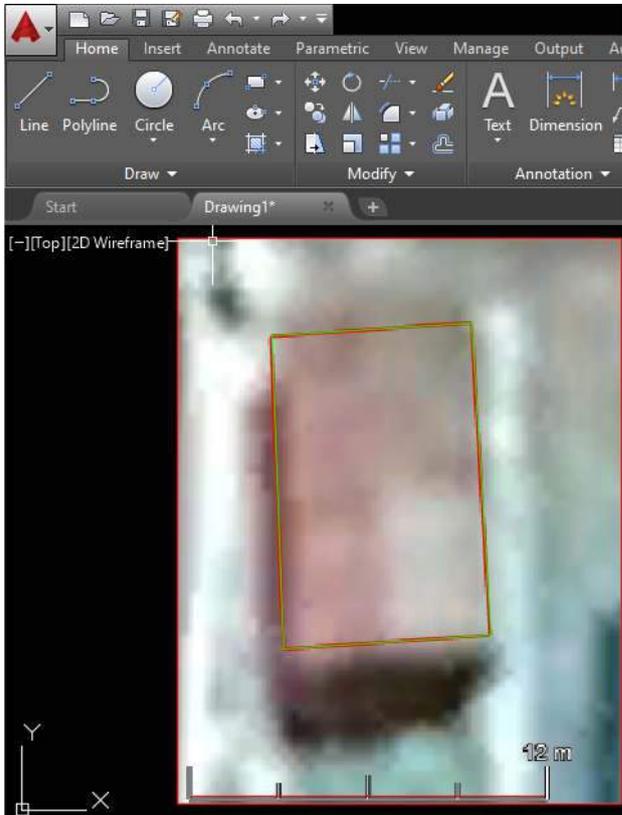
Dando continuidade, depois da definição de escala, foram traçadas linhas contornando o telhado e assim pode-se ter uma concepção do tamanho real do mesmo. No telhado da Figura 26 já foi feita essa definição de contorno, mas no software Google Earth Pro com o intuito de salvar essa área nas referências do mesmo, sendo necessário ainda o contorno com o auxílio do AutoCad. Deste modo, pode-se calcular as dimensões dos telhados com mais precisão. É apresentado na Figura 27 os resultados deste procedimento.

Com o suporte de todos esses quesitos e esboço em escala real do telhado pesquisado, é possível realizar uma representação de como estariam dispostos os módulos e de quantos deles poderiam compor o sistema de cada edificação em análise, levando em consideração a área útil hábil já vista anteriormente. Com esse objetivo, foi adotado como modelo de referência o painel da marca Nexen, de modelo NXN-545-144M, 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 2,256 metros de comprimento por 1,133 metros de largura, compondo uma área total de ocupação de 2,556 m<sup>2</sup>.

Em seguida, foi realizado o tratamento da imagem com o intuito de possibilitar uma visão mais concreta e tangível de como estariam dispostos os módulos no telhado avaliado, o

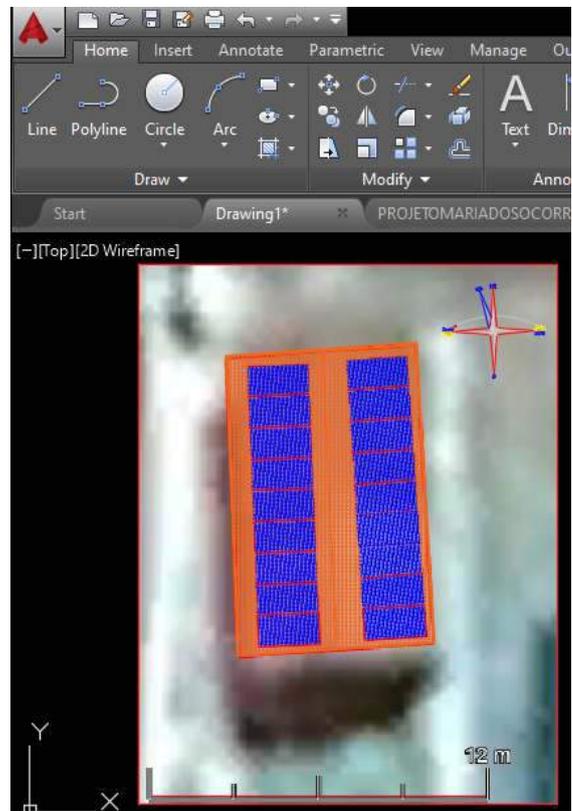
resultado deste processo é apresentado na Figura 28. O *datasheet* dos módulos com mais detalhes e suas especificidades se encontra no Anexo A.

Figura 277– Telhado delimitado em escala real.



Fonte: AutoCad

Figura 28– Telhado com disposição dos módulos.



Fonte: AutoCad

Essa metodologia retratada foi aplicada em cada uma das 15 edificações públicas citadas anteriormente, resultando assim numa quantidade concreta de módulos fotovoltaicos comportados pelos telhados. As imagens com este dimensionamento de módulos realizado em todas as unidades envolvidas nesta pesquisa estão presentes no Apêndice A.

### 4.3 TAXA DE OCUPAÇÃO DAS COBERTURAS E POTENCIAL DE GERAÇÃO REGIONAL

Logo após o levantamento das áreas de coberturas disponíveis para instalação de sistemas fotovoltaicos, se fez necessário calcular a área de geração hábil através da taxa de ocupação da área de cada telhado. Esse cálculo foi realizado com o auxílio da Equação 2 uma vez que foi fixada a taxa de ocupação dos telhados em 60% considerando a área disponível para

trânsito e manutenção dos equipamentos e possíveis sombreamentos indesejáveis. Assim se pode obter a área de geração disponível em metros quadrados.

Equação 2 - Cálculo de taxa de ocupação

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

Na qual,

$A_g$  – Área de geração em m<sup>2</sup>;

$A_T$  – Área total da cobertura em m<sup>2</sup>;

$t$  – Taxa de ocupação em porcentagem;

Como visto anteriormente, as áreas totais dos telhados puderam ser obtidas através de dois métodos, cada um com o auxílio de ferramentas distintas, além de também ser calculada por meio da área total da envoltória em alguns casos. Com a taxa de ocupação das coberturas fixada em 60%, a área de geração disponível calculada pela equação deve se conciliar com a área resultante da multiplicação de comprimento e largura módulos, e quantidade total de módulos do sistema gerador fotovoltaico. Essa metodologia foi aplicada para cada unidade analisada neste trabalho e os resultados serão expressos no capítulo vindouro.

Por fim, a última etapa desse quesito foi a realização do cálculo de potencial de geração. Com este intuito, a utilização de um método mais geral para justificar seus fins foi feita. Inicialmente se realiza o cálculo da energia que poderá ser gerada anualmente. O próximo passo foi dividir esse valor resultante pela soma do que foi consumido anualmente. Assim, se pode obter a quantidade do consumo que poderia ser abatido das contas de energia e, em casos específicos, até valores excedentes gerados.

Para realizar o cálculo da energia gerada inicialmente é calculada a energia gerada por dia, logo depois a gerada por mês e finalmente a energia gerada anualmente. O cálculo para obter-se a energia gerada por dia obedece a Equação 3 apresentada abaixo.

Equação 3 - Cálculo de energia gerada diariamente.

$$E_{gd} = A_g \times \eta_m \times \eta_i \times I_m$$

Na qual:

$A_g$  – Área de geração em m<sup>2</sup>;

$E_{gd}$  – Energia gerada por dia kWh/dia;

$I_m$  – Irradiação média diária em kWh/m<sup>2</sup>;

$\eta_m$  – Eficiência dos módulos;

$\eta_i$  – Eficiência do inversor do sistema;

Os painéis utilizados como modelo da marca Nexen apresentam uma eficiência de 21,32%, conforme expõe o datasheet do mesmo (Anexo A). Considerando a evolução dos equipamentos, mas ainda de modo moderado, a eficiência dos inversores utilizados foi considerada em 98,3%.

Uma forma de se obter a irradiação média diária da localidade é através do software Potencial Solar SunData v 3.0 que é disponibilizado online no site do CRESESB. Para o usuário obter as informações solicitadas deve-se inserir as coordenadas geográficas da região desejada em graus decimas, para a edificação analisada nesta seção, 6.90608° Sul e 37.5191756° Oeste. O software também possibilita a inserção das coordenadas em graus, minutos e segundos. Com isso, o programa fornece os dados resultantes solicitados como expõe a Figura 29.

Figura 28 – Irradiação média diária de Malta-PB

Localidades próximas

Latitude: 6.90608° S  
Longitude: 37.519176° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													Média	Delta			
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out			Nov	Dez	
<input checked="" type="checkbox"/>	Malta	Malta	PB	BRASIL	6,901° S	37,549° O		3,3	6,23	6,27	6,34	5,92	5,27	4,85	5,09	5,91	6,51	6,65	6,67	6,45	6,01	1,82
<input checked="" type="checkbox"/>	Sao Jose de Espinharas	Sao Jose de Espinharas	PB	BRASIL	6,901° S	37,449° O		7,8	6,22	6,27	6,31	5,95	5,25	4,81	5,11	5,90	6,48	6,61	6,65	6,41	6,00	1,84
<input checked="" type="checkbox"/>	Catingueira	Catingueira	PB	BRASIL	7,001° S	37,549° O		11,1	6,19	6,21	6,34	5,89	5,24	4,82	5,07	5,84	6,50	6,67	6,75	6,44	6,00	1,93

Fonte: CRESESB, Potencial Solar SunData v 3.0.

Assim calculada a energia gerada diariamente, multiplica-se pela quantidade de dias de cada mês e posteriormente é somada a energia gerada em todos os meses, obtendo então a geração anual daquela região. Desta maneira foi possível contrapor o consumo anual com a geração que poderia ser alcançada, e assim saber quanto poderia ser abatido ou até se excederia para uma possível compensação com a concessionária. Os valores resultantes desses cálculos são expostos na próxima seção.

De maneira moderada, também se realizou o cálculo da energia gerada levando em consideração a depreciação dos módulos. O *datasheet* do modelo Nexen considera que, após 25 anos de utilização, o módulo fotovoltaico ainda possui 80,7% de sua eficiência mantida.

#### 4.4 RESULTADOS DO POTENCIAL DE GERAÇÃO FOTVOLTAICA

Inicialmente, para se alcançar a área total de coberturas disponíveis, foi realizado um levantamento da área do telhado de cada unidade publica inserida na pesquisa através da metodologia já explanada anteriormente. As edificações, por uma questão de melhor visualização e organização, tiveram suas áreas divididas em fachadas, respeitando a orientação geográfica de cada uma, considerando também os telhados planos. Os valores de área resultante desse levantamento são expostos na Tabela 3.

Tabela 3 : Dimensões das áreas das coberturas divididas por fachada.

UNIDADE PÚBLICA	ORIENTAÇÃO (m <sup>2</sup> )					TOTAL (m <sup>2</sup> )
	NORTE	SUL	LESTE	OESTE	PLANO	
ANTIGA SECRETARIA DE EDUCAÇÃO	106,96	57,59				164,55
CRAS	32,7	76,3				109,02
CREAS	53,5	53,53				107,06
EMEIF BOILEAU DANTAS WANDERLEY			249,15	249,15	80,4	578,71
EMEIF CONEGO JOAQUIM DE ASSIS FERREIRA			173,47	173,47		346,95
ESTADIO MUNICIPAL DESMOULINS W DE FARIAS			23,70	23,70		47,41
GINÁSIO DE ESPORTES EDIVALDO MOTTA	47,58	47,58				95,16
JUNTA MILITAR DE SERVIÇOS				12,33		12,33
SANITÁRIO PÚBLICO			34,16	14,64		48,80
SECRETARIA DE AGRICULTURA			74,81	74,81		149,62
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO	78,3	96,27				174,57
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA			67,47	26,24		93,72
SECRETARIA DE SAÚDE	127,55	191,32				318,87
UBS DR JOSE MAURICIO DE LIMA CAJUAZ	25,75	91,30				117,05
UBS JOANA MARQUES NEVES			55,74	55,74		111,49
<b>TOTAL</b>						<b>2475,37</b>

Fonte: Autoral

Ao término do levantamento de áreas disponíveis foi realizado o levantamento da quantidade de módulos acomodados em cada cobertura analisada. Dessa forma pode-se calcular a área total prevista para a geração fotovoltaica. O passo a passo apresentado na seção 4.2 foi feito para cada cobertura envolvida neste trabalho e seus resultados são apresentados no Apêndice A. A quantidade de módulos para as coberturas de todas as edificações, distinguido por fachada individual, é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 : Quantidade de módulos por fachada em cada edificação.

UNIDADE PÚBLICA	QUANTIDADE DE MÓDULOS					TOTAL
	NORTE	SUL	LESTE	OESTE	PLANO	
ANTIGA SECRETARIA DE EDUCACAO	42	23	0	0	0	65
CRAS	13	30	0	0	0	43
CREAS	21	21	0	0	0	42
EMEIF BOILEAU DANTAS WANDERLEY	0	0	98	98	32	228
EMEIF CONEGO JOAQUIM DE ASSIS FERREIRA	0	0	68	68	0	137
ESTADIO MUNICIPAL DESMOULINS W DE FARIAS	0	0	9	9	0	19
GINÁSIO DE ESPORTES EDIVALDO MOTA	19	19	0	0	0	37
JUNTA MILITAR DE SERVIÇOS	0	0	0	5	0	5
SANITÁRIO PÚBLICO	0	0	13	6	0	19
SECRETARIA DE AGRICULTURA	0	0	29	29	0	59
SECRETARIA DE EDUCACAO	30	39	0	0	0	69
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA	0	0	26	10	0	36
SECRETARIA DE SAUDE	50	75	0	0	0	126
UBS DR JOSE MAURICIO DE LIMA CAJUAZ	10	36	0	0	0	46
UBS JOANA MARQUES NEVES	0	0	22	22	0	44
<b>TOTAL</b>						<b>974</b>

Fonte: Autoral

Tendo em mãos os dados de área total e útil dos telhados das edificações públicas e a quantidade de módulos que as mesmas comportam, foi feito o cálculo da taxa de ocupação global, e também da quantia de energia que poderia ser gerada anualmente por cada um dos telhados. Para se obter uma apuração do quanto do consumo pode vir a ser abatido foi realizada uma comparação destes resultados com o consumo individual por ano das unidades.

As equações expostas na Seção 4.3 foram utilizadas para calcular a taxa de ocupação global e a energia gerada anualmente pelos módulos. Com esse propósito, foram ponderados alguns parâmetros. O módulo fotovoltaico adotado possui área aproximada de metros quadrados, assim foi possível calcular a área de geração total das coberturas. Desse modo, com um total de painéis resultando em um total de metros quadrados e auxílio da Equação 2 pode-se calcular a taxa de ocupação global:

$$t(\%) = \frac{A_g}{A_T} \times 100 = \frac{2475,372}{4125,62} \times 100 \cong 60\%$$

Desta forma, se pode inferir que foram utilizadas 60% das áreas de coberturas totais para disposição dos módulos fotovoltaicos.

Por fim, a energia gerada anualmente pode ser calculada, e posteriormente, o potencial de geração global. Com este propósito, se fez uso da Equação 2, antes já apresentada, para realizar o cálculo da energia gerada por dia. O próximo passo foi multiplicar o resultado pela quantidade de dias do mês e, logo após somar as energias geradas em cada um dos meses para alcançar a energia gerada anualmente. Com intuito demonstrativo, para o mês de dezembro, se pode alcançar o seguinte resultado com os módulos Nexen antes definidos:

$$\begin{aligned} E_{gm} &= E_{gd} \times 31 \\ E_{gm} &= A_g \times \eta_m \times \eta_i \times I_m \times 31 \\ E_{gm} &= 2475,372 \times 0,2132 \times 0,983 \times 6,45 \times 31 \\ E_{gm} &= 103729,5755kWh \end{aligned}$$

O consumo médio mensal das edificações públicas, assim como a previsão de consumo anual, é apresentado na Tabela 5. Foram obtidos mediante acesso fornecido pela prefeitura de Malta os dados de 13 das 15 unidades analisadas. As informações de consumo das unidades restantes foram calculadas por meio de dimensionamento da carga dos equipamentos presentes nas mesmas, disponibilizadas através da pesquisa de campo.

Tabela 5 : Consumo das edificações, média mensal e anual.

UNIDADE PÚBLICA	CONSUMO MÉDIO(kWh)	
	MENSAL	ANUAL
ANTIGA SECRETARIA DE EDUCAÇÃO	238,33	2859,99
CRAS	988,56	11862,72
CREAS	100	1200
EMEIF BOILEAU DANTAS WANDERLEY	1158,59	13903,08
EMEIF CONEGO JOAQUIM DE ASSIS FERREIRA	5475,33	65703,99
ESTADIO MUNICIPAL DESMOULINS W DE FARIAS	960,33	11523,99
GINÁSIO DE ESPORTES EDIVALDO MOTA	707,66	8492,00
JUNTA MILITAR DE SERVIÇOS	46	552
SANITÁRIO PÚBLICO	46	552
SECRETARIA DE AGRICULTURA	68,66	824,00
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO	1296,33	15555,99
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA	30	360
SECRETARIA DE SAÚDE	2112,33	25347,96
UBS DR JOSE MAURICIO DE LIMA CAJUAZ	2165	25980
UBS JOANA MARQUES NEVES	1045,66	12548,00
<b>TOTAL</b>	<b>16438,81</b>	<b>197265,75</b>

Fonte: Autoral

Por conseguinte, para se obter a energia gerada por ano, foi realizado o cálculo anteriormente apresentado da Equação 3 aplicado para cada mês e somada a energia produzida de todos os meses, comparando ao final com o consumo total anual, obtendo assim os resultados apresentados na Tabela 6. Estes resultados exibidos abaixo consideram os painéis Nexen já citados anteriormente, desconsiderando a depreciação dos mesmos.

Tabela 6 : Estimativa do potencial de geração das unidades com os módulos Nexen, eliminando a depreciação

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	3231,98	100191,51
Fevereiro	28	6,27	3252,73	91076,59
Março	31	6,34	3289,04	101960,54
Abril	30	5,92	3071,16	92134,89
Mai	31	5,27	2733,95	84752,69
Junho	30	4,85	2516,07	75482,13
Julho	31	5,09	2640,57	81857,91

Agosto	31	5,91	3065,97	95045,23
Setembro	30	6,51	3377,24	101317,25
Outubro	31	6,65	3449,87	106945,99
Novembro	30	6,67	3460,24	103807,39
Dezembro	31	6,45	3346,11	103729,57
Energia gerada por ano (kWh)				1138301,74
Consumo médio anual (kWh)				197265,75
Potencial de geração				577,040%

Fonte: Autoral

Dessa forma infere-se que, para as edificações públicas ponderadas, a cidade de Malta tem a aptidão de produzir mais que 5 vezes o seu próprio consumo anual, numa conjuntura sem a depreciação dos módulos fotovoltaicos.

Com a utilização do datasheet dos módulos Nexen, foram recalculados os resultados levando em consideração a depreciação dos mesmos. O datasheet dos painéis Nexen afirma que, após 25 anos de utilização, os painéis ainda possuem 80,7% de eficiência, o que corresponde a uma eficiência de 17,205%. Estes resultados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 : Estimativa de potencial de geração das unidades com módulos Nexen considerando a depreciação

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	2608,21	80854,55
Fevereiro	28	6,27	2624,95	73498,80
Março	31	6,34	2654,26	82282,15
Abril	30	5,92	2478,42	74352,86
Mai	31	5,27	2206,30	68395,42
Junho	30	4,85	2030,46	60914,08
Julho	31	5,09	2130,94	66059,33
Agosto	31	5,91	2474,24	76701,50
Setembro	30	6,51	2725,43	81763,02
Outubro	31	6,65	2784,04	86305,41
Novembro	30	6,67	2792,41	83772,56
Dezembro	31	6,45	2700,31	83709,76
Energia gerada por ano (kWh)				918609,51
Consumo médio anual (kWh)				197265,75
Potencial de geração				465,67%

Fonte: Autoral

A Tabela 8 a seguir apresenta o potencial de geração das unidades, de modo mais ponderado, considerando uma degradação de todo o sistema de 25%, tendo em conta todos os equipamentos que compõe um sistema fotovoltaico.

Tabela 8: Estimativa de potencial de geração das unidades levando em conta 25% de perdas no sistema

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	2423,98	75143,63
Fevereiro	28	6,27	2439,55	68307,44
Março	31	6,34	2466,78	76470,40
Abril	30	5,92	2303,37	69101,17
Maio	31	5,27	2050,46	63564,51
Junho	30	4,85	1887,05	56611,60
Julho	31	5,09	1980,43	61393,43
Agosto	31	5,91	2299,48	71283,92
Setembro	30	6,51	2532,93	75987,94
Outubro	31	6,65	2587,40	80209,49
Novembro	30	6,67	2595,18	77855,54
Dezembro	31	6,45	2509,58	77797,18
Energia gerada por ano (kWh)				853726,31
Consumo médio anual (kWh)				197265,75
Potencial de geração				432,78%

Fonte: Autoral

Através dos resultados das Tabelas 6 e 7, conclui-se que a depreciação dos módulos, no decorrer dos anos, acaba por diminuir o potencial de geração do sistema; o que não invalida a instalação do mesmo uma vez que, mesmo com perdas consideradas, ainda se mostra possível produzir cerca de 4 vezes o consumo anual das unidades públicas envolvidas, como pode ser inferido com a Tabela 8.

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 Malta.

A metodologia explanada neste capítulo foi executada para todas as unidades em sua individualidade e os resultados destes procedimentos são apontados no Apêndice B. As operações realizadas nesta apreciação são apresentadas considerando e não considerando a depreciação dos módulos, contando com a eficiência de referência dos módulos Nexen.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo aqui apresentado expõe um diagnóstico energético referente a cidade de Malta-PB por meio da utilização das edificações vinculadas a prefeitura municipal, com o intuito de conceder base científica e elementos para constituição de um plano de gestão de energia elétrica eficiente. Este trabalho apontou que as perspectivas da gestão energética municipal, quando executadas em qualquer das etapas do sistema que compõe o anteparo energético, seja ele na geração ou consumo, podem ser executadas a partir de ações acessíveis e de gastos reduzidos como introduzir um plano de melhoria de eficiência das unidades consumidoras municipais através da etiquetagem e reeducação energética dos usuários. Mas também, sem deixar de considerar soluções mais robustas que demandam mais investimento e possuem resultados efetivos na demanda dessa energia como o potencial de geração fotovoltaica disponível no município.

Pode-se concluir que os objetivos do trabalho foram atingidos uma vez que, com a exposição de dados efetivos e correntes do atual estado energético da prefeitura de Malta, foram apresentadas reais soluções de desenvolvimento e melhoria energética. Uma diligência simples que pode ser eficaz e melhorar a eficiência energética das unidades consumidoras é a etiquetagem via RTQ-C das mesmas uma vez que traz economia considerável além de agregar valor ao município. Já a inserção de sistemas fotovoltaicos é um real investimento na geração distribuída, se apresentando como alternativa formidável visto o potencial de geração da cidade, a eficiência energética propiciada e a economia financeira que esta medida pode assegurar a longo prazo.

As determinações conclusivas do método de etiquetagem nas unidades apontam alguns déficits no caráter construtivo e estrutural que acabam por afetar os níveis de eficiência energética das mesmas como altos níveis de transmitância e absorvância por conta do material utilizado nas edificações. Somando estes aspectos com a falta de divisão de circuitos, incluindo falta de padronização, inexistência de sistemas de iluminação inteligente e projeto luminotécnico, temos um outro perca considerável na eficiência energética. Além disso, a falta de manutenção nos sistemas de condicionamento de ar, a utilização de equipamentos com etiquetas de baixo índice de eficiência e, em alguns casos, a não isolamento das tubulações pertencentes a este sistema contribuem negativamente na gestão de energia. Assim, se pode estabelecer que, para uma melhor eficiência energética no município de Malta, práticas e ações básicas, no que diz respeito a etiquetagem, podem ser tomadas gerando assim as modificações necessárias para alcançar este objetivo.

O parecer obtido através da análise do potencial de geração fotovoltaica indica que, com a utilização dessa fonte de impacto ambiental mínimo e de energia renovável, se pode alcançar níveis de geração, com ponderação, de até 4 vezes do que é consumido em energia elétrica nas edificações consideradas. Se pode inferir com essas informações a efetividade de investimentos com essa fonte de energia visando render maior economia para o município, resultando em retorno financeiro, valor e inovação para a prefeitura.

Logo, em decorrência dos resultados obtidos neste trabalho, se pode concluir que com a inserção de um plano eficiente de Gestão Energética Municipal na cidade de Malta é possível alcançar inúmeros benefícios e economia financeira efetiva uma vez que os dados neste fornecidos podem embasar a concretização desse plano estratégico. Constatando assim que, com uma melhor estruturação e emprego do capital em investimento acessível se pode gerar bem-estar e maior viabilidade de políticas públicas voltadas a população, a partir de edifícios públicos mais eficientes e fontes renováveis de geração de energia elétrica.

## REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

ALVAREZ, A. L. M.; SAIDEL, M. A. Uso racional e eficiente de energia elétrica: metodologia para determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 1998.

ANEEL. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Acesso em 05 de 07 de 2022, disponível em ANEEL: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> ABNT. (2003). NBR 6028 - Informação e documentação - Resumo - Apresentação. (p. 2). Associação Brasileira de Normas Técnicas.

BERMANN, C. Entrevista cedida ao Instituto Humanitas Unisinos em 7 de dezembro de 2012. Acesso em 13 de 07 de 2022, disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/516209-mp-579--um-debatepolitico-e-corporativista-entrevista-especial-com-celio-bermann>.

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 26 de 08 de 2022, disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2001/D4059.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm).

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 26 de 08 de 2022, disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/LEIS\\_2001/L10295.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10295.htm).

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

CRESESB. (2022). Potencial Solar SunData v 3.0. Acesso em 02 de 09 de 2022, disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>.

ELETOBRAS/PROCEL. Manual para aplicação do RTQ-C. 2016. Disponível em: [www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual\\_rtqc2016.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual_rtqc2016.pdf).

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

Google. (2022). Google Earth. Acesso em 30 de 08 de 2022, disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>.

IEA. International Energy Agency - Photovoltaic Power Systems Programme. Snapshot of Global PV Markets. Disponível em: [https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2021/04/IEA\\_PVPS\\_Snapshot\\_2021-V3.pdf](https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2021/04/IEA_PVPS_Snapshot_2021-V3.pdf). Acesso em: 25 de 06 de 2022

JANNUZZI, G. D. 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, p. 35-36, 2002.

LUQUE, A.; HEGEDUS, S. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. 2ª. ed. [S.l.]: John Wiley and Sons, Ltd., 2011. p. 984-990

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Sistema Integrado Nacional. Balanço de Energia (2022a). Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/balanco-de-energia>. Acesso em: 04 de 06 de 2022.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Sistema Integrado Nacional. O sistema em números (2022b). Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acesso em: 04 de 06 de 2022.

PBE EDIFICA. Programa Brasileiro de Etiquetagem. Etiquetagem de edificações públicas. Disponível em: [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual\\_Etiquetagem\\_Edificacoes\\_Publicas.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_Etiquetagem_Edificacoes_Publicas.pdf). Acesso em: 09 de 06 de 2022.

PROCEL. PROCELInfo (2022). PROCEL GEM - Gestão energética Municipal. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDA732D505C4BE4243A5EE418B85372C4FPTBRIE.htm>. Acesso em: 26 de 05 de 2022.

UNEP. UN environment programme. 2022: meio ambiente em modo de emergência. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/2022-meio-ambiente-em-modo-de-emergencia>. Acesso em: 12 de 06 de 2022.

WEB PRESCRITIVO. Ferramenta de Avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais pelo Método Prescritivo do RTQ-C. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>. Acesso em: 25 de 08 de 2022

## APÊNDICE A – ARRANJO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS NOS TELHADOS DAS UNIDADES

Neste suplemento será apresentada a disposição dos módulos solares nos telhados de cada uma das edificações, levando em consideração a área útil individual. Considerando a área útil 60% da área geral de geração, tendo em conta a movimentação de pessoas e manutenções futuras, esse dimensionamento também atenta para a falta de condições que proporcionem sombreamento nos módulos.

Figura 29 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da Antiga Secretaria de Educação



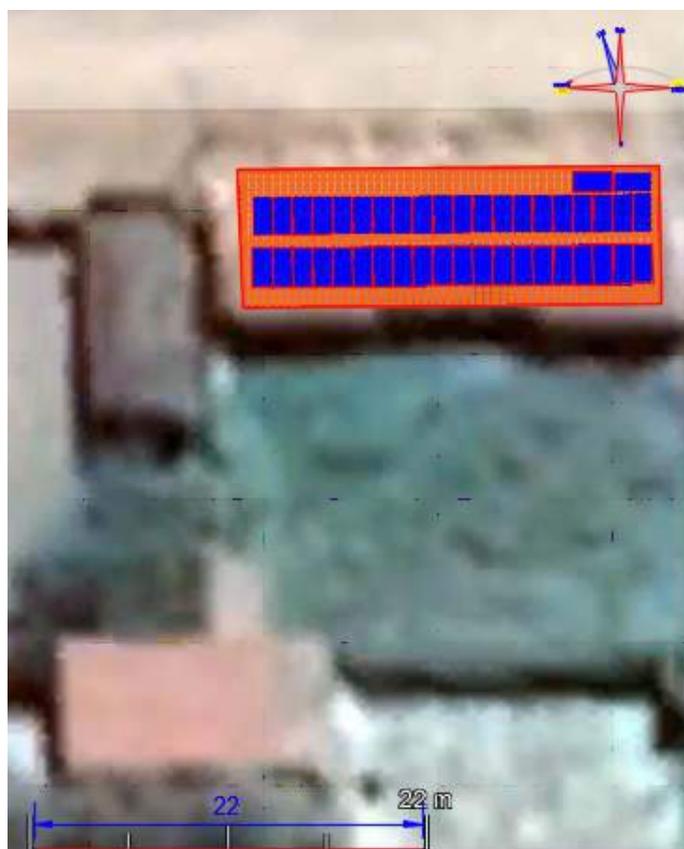
Fonte: Autoral

Figura 30 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado do CRAS



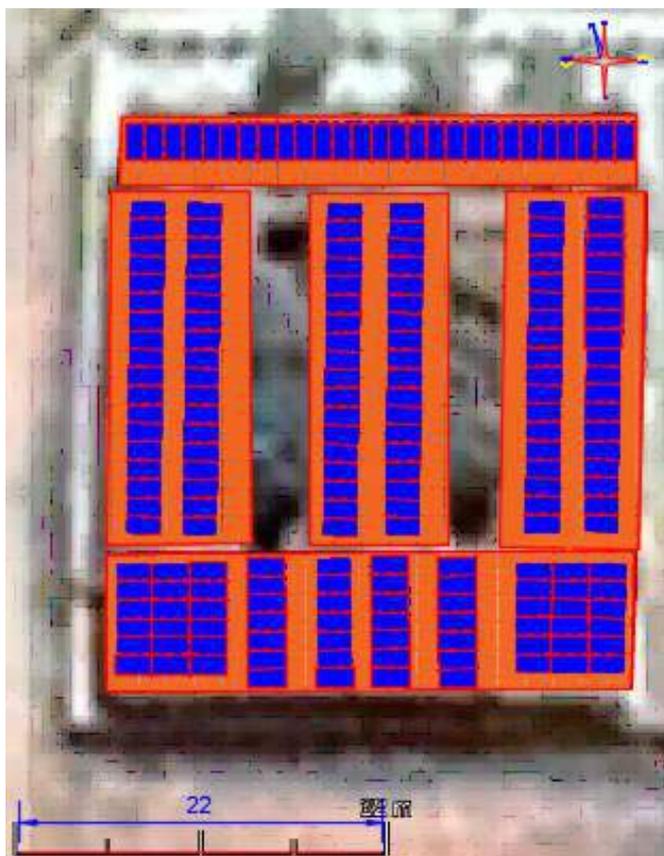
Fonte: Autoral

Figura 31 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado do CREAS



Fonte: Autoral

Figura 32 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da EMEIF Boileau Dantas Wanderley



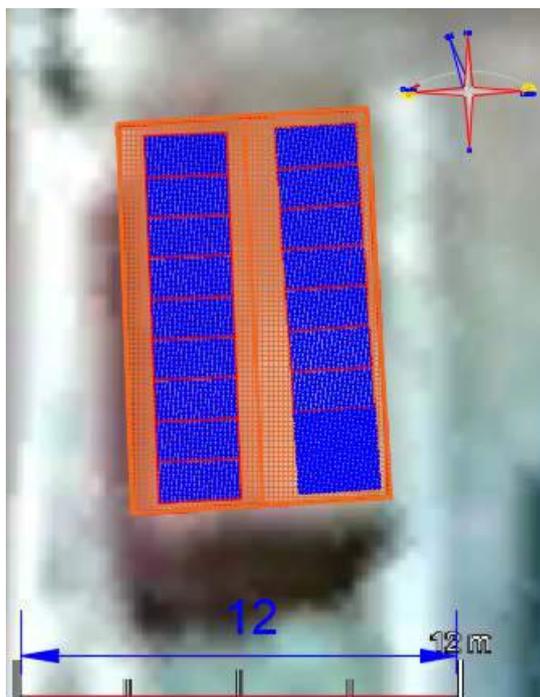
Fonte: Autoral

Figura 33 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da EMEIF Conego Joaquim de Assis Ferreira



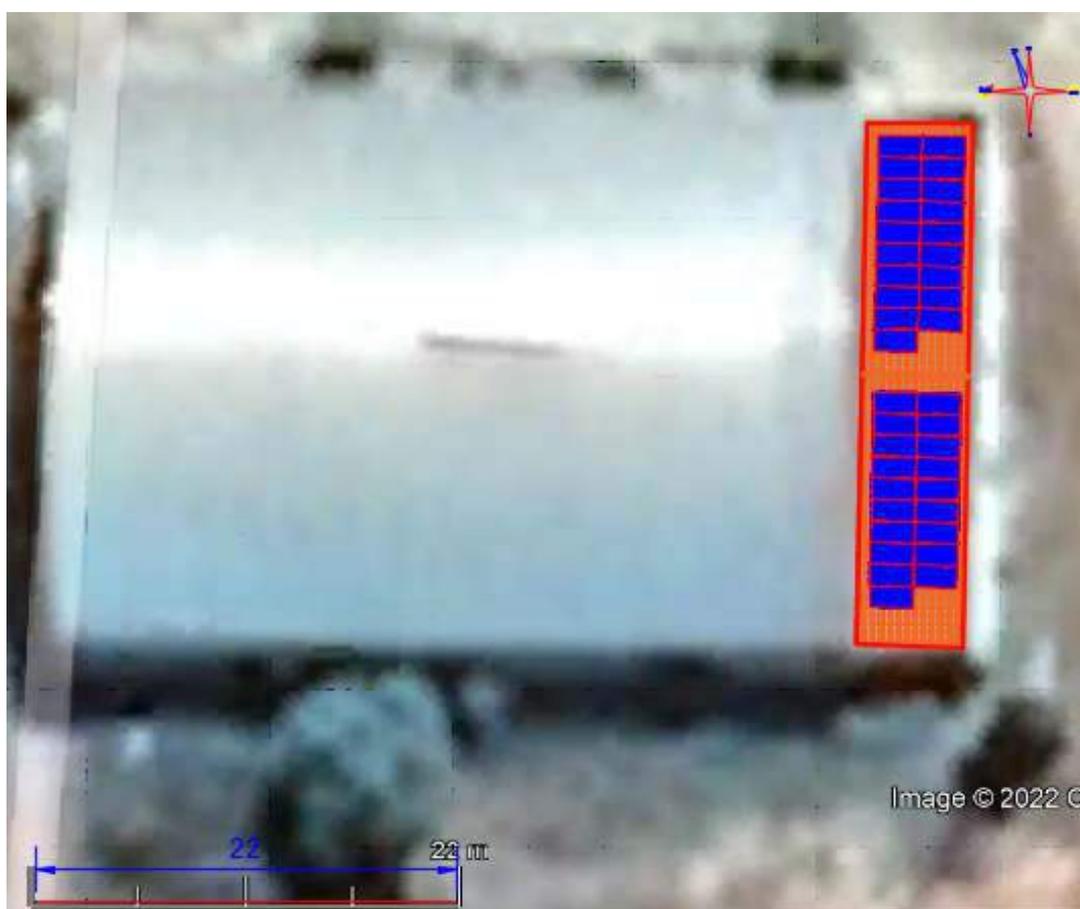
Fonte: Autoral

Figura 34 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado do Estádio Municipal Desmoulins Wanderley de Farias



Fonte: Autoral

Figura 35 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado do Ginásio de Esportes Edivaldo Motta



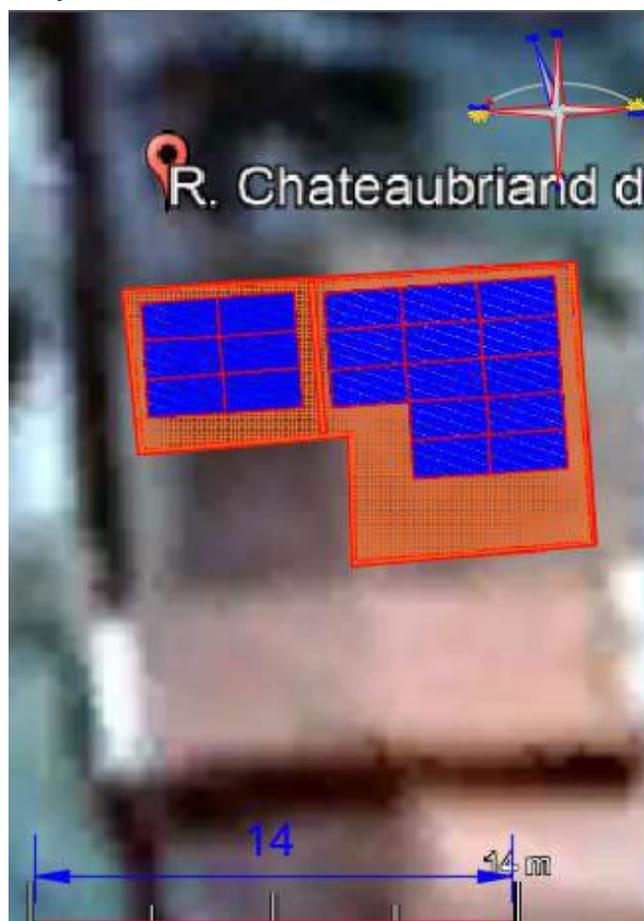
Fonte: Autoral

Figura 36 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da Junta Militar de Serviços



Fonte: Autoral

Figura 37 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado do Sanitário Público de Malta



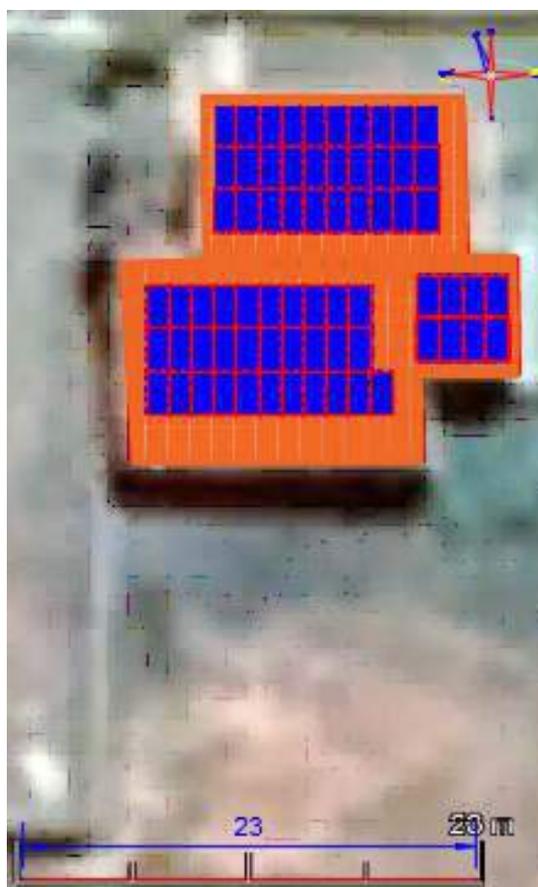
Fonte: Autoral

Figura 38 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da Secretaria de Agricultura



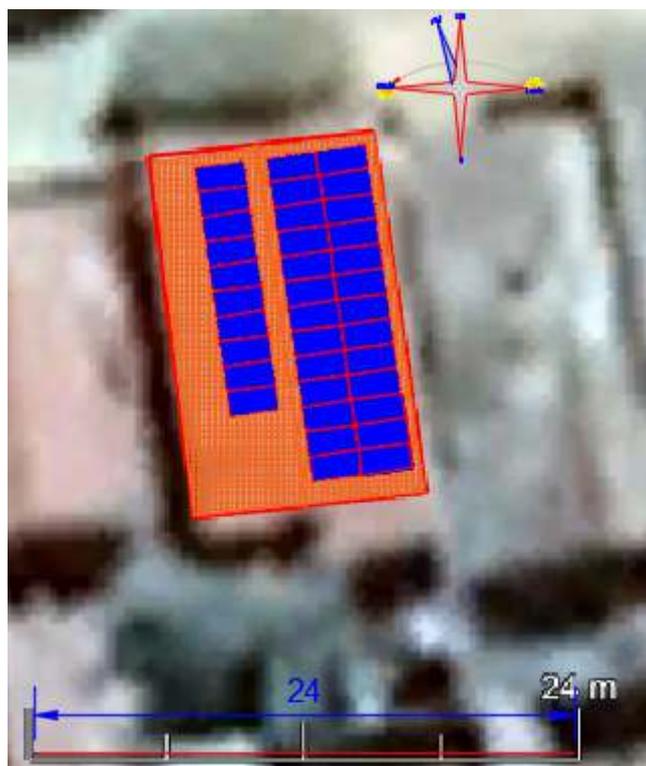
Fonte: Autoral

Figura 39 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da Secretaria de Educação



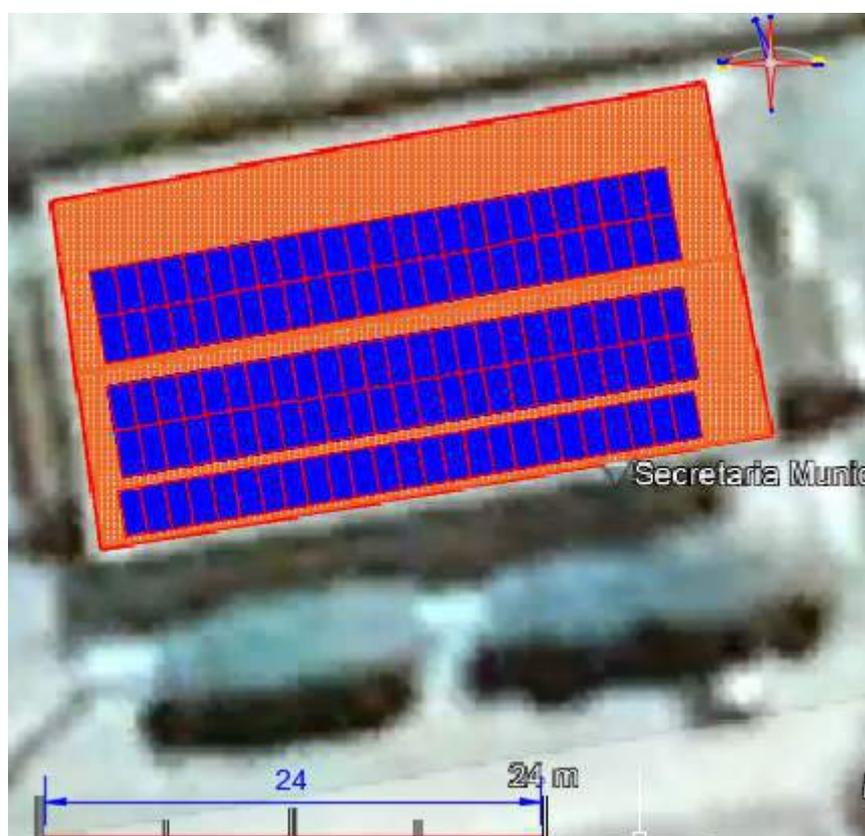
Fonte: Autoral

Figura 40 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da Secretaria de Infraestrutura



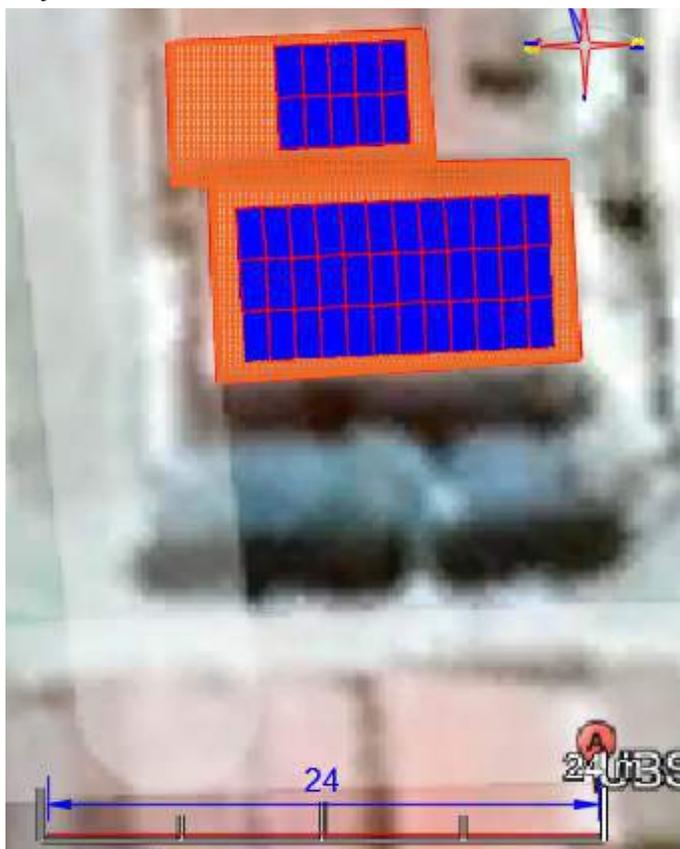
Fonte: Autoral

Figura 41 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da Secretaria de Saúde



Fonte: Autoral

Figura 42 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da UBS Dr José Mauricio de Lima



Fonte: Autoral

Figura 43 – Arranjo dos módulos fotovoltaicos no telhado da UBS Joana Marques Neves



Fonte: Autoral

## APÊNDICE B – POTENCIAL DE GERAÇÃO ESPECÍFICO DE CADA UMA DAS EDIFICAÇÕES PÚBLICAS

Nesta seção serão apontados os índices de potencial de geração particular de cada uma das unidades públicas em análise, mediante o consumo individual, não considerando as perdas por degradação dos módulos fotovoltaicos utilizados como referência e também considerando este fator.

A Tabela 9 a seguir apresentam uma estimativa de energia que pode ser gerada na Antiga Secretaria de Educação sem considerar as perdas dos módulos, uma vez que essa consideração é apresentada na Tabela 10.

Tabela 9 : Potencial de geração fotovoltaica da Antiga Secretaria de Educação sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	214,8535268	6660,45933
Fevereiro	28	6,27	216,2330037	6054,524102
Março	31	6,34	218,6470882	6778,059735
Abril	30	5,92	204,1625808	6124,877424
Mai	31	5,27	181,7460812	5634,128518
Junho	30	4,85	167,2615738	5017,847214
Julho	31	5,09	175,5384352	5441,691491
Agosto	31	5,91	203,8177116	6318,349059
Setembro	30	6,51	224,509865	6735,295951
Outubro	31	6,65	229,3380342	7109,47906
Novembro	30	6,67	230,0277726	6900,833179
Dezembro	31	6,45	222,4406497	6895,660141
Energia gerada por ano (kWh)				75671,2052
Consumo médio anual da unidade (kWh)				2859,996
Potencial de geração				2645,850%

Fonte: Autoral

Tabela 10 : Potencial de geração fotovoltaica da Antiga Secretaria de Educação considerando depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	173,3867961	5374,990679
Fevereiro	28	6,27	174,500034	4886,000951

Março	31	6,34	176,4482002	5469,894206
Abril	30	5,92	164,7592027	4942,776081
Maio	31	5,27	146,6690875	4546,741714
Junho	30	4,85	134,9800901	4049,402702
Julho	31	5,09	141,6595172	4391,445033
Agosto	31	5,91	164,4808932	5098,907691
Setembro	30	6,51	181,1794611	5435,383833
Outubro	31	6,65	185,0757936	5737,349601
Novembro	30	6,67	185,6324125	5568,972375
Dezembro	31	6,45	179,5096043	5564,797733
Energia gerada por ano (kWh)				61066,6626
Consumo médio anual (kWh)				2859,996
Potencial de geração				2135,201%

Fonte: Autoral

Mediante o que é apresentado nas tabelas, a antiga secretaria de educação possui a capacidade de gerar cerca de 23 vezes do que consome em energia elétrica.

A Tabela 11 a seguir exibe a estimativa de geração de energia gerada, logo potencial de geração, do Centro de Referência de Assistência Social (CRAS) sem considerar as perdas dos módulos, sendo esta apresentada na Tabela 12.

Tabela 11: Potencial de geração fotovoltaica do CRAS sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	142,3426158	4412,62109
Fevereiro	28	6,27	143,2565331	4011,182926
Março	31	6,34	144,8558883	4490,532538
Abril	30	5,92	135,2597569	4057,792708
Maio	31	5,27	120,4086012	3732,666636
Junho	30	4,85	110,8124698	3324,374093
Julho	31	5,09	116,2959734	3605,175176
Agosto	31	5,91	135,0312776	4185,969606
Setembro	30	6,51	148,7400367	4462,201102
Outubro	31	6,65	151,9387472	4710,101164
Novembro	30	6,67	152,3957059	4571,871176
Dezembro	31	6,45	147,3691608	4568,443986

Energia gerada por ano (kWh)	50132,9322
Consumo médio anual (kWh)	11862,72
Potencial de geração	422,609%

Fonte: Autoral

Tabela 12 : Potencial de geração fotovoltaica do CRAS considerando a depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m2 .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	114,8705	3560,98522
Fevereiro	28	6,27	115,6080222	3237,024622
Março	31	6,34	116,8987019	3623,859758
Abril	30	5,92	109,1546238	3274,638715
Maio	31	5,27	97,16974115	3012,261976
Junho	30	4,85	89,42566311	2682,769893
Julho	31	5,09	93,85085056	2909,376367
Agosto	31	5,91	108,970241	3378,077472
Setembro	30	6,51	120,0332097	3600,99629
Outubro	31	6,65	122,614569	3801,051639
Novembro	30	6,67	122,9833346	3689,500039
Dezembro	31	6,45	118,9269128	3686,734297
Energia gerada por ano (kWh)				40457,27629
Consumo médio anual (kWh)				11862,72
Potencial de geração				341,046%

Fonte: Autoral

Conforme o que é exposto nas tabelas, podemos concluir que o CRAS tem capacidade de gerar, em média, cerca de 3 vezes do que consome.

A Tabela 13 e 14 apresentam, em seguimento, o potencial de geração do Centro de Referência Especializado de Assistência Social (CREAS) sem considerar a depreciação dos painéis, e considerando esse fator.

Tabela 13 : Potencial de geração fotovoltaica do CREAS sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m2 .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	139,7887527	4333,451334

Fevereiro	28	6,27	140,6862728	3939,215638
Março	31	6,34	142,2569329	4409,964921
Abril	30	5,92	132,8329721	3984,989162
Maio	31	5,27	118,2482707	3665,696393
Junho	30	4,85	108,8243099	3264,729297
Julho	31	5,09	114,2094304	3540,492342
Agosto	31	5,91	132,608592	4110,866353
Setembro	30	6,51	146,0713933	4382,141798
Outubro	31	6,65	149,2127136	4625,59412
Novembro	30	6,67	149,6614736	4489,844208
Dezembro	31	6,45	144,7251131	4486,478508
Energia gerada por ano (kWh)				49233,46407
Consumo médio anual (kWh)				1200
Potencial de geração				4102,789%

Fonte: Autoral

Tabela 14 : Potencial de geração fotovoltaica do CREAS considerando a depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	112,8095234	3497,095226
Fevereiro	28	6,27	113,5338221	3178,94702
Março	31	6,34	114,8013449	3558,841691
Abril	30	5,92	107,1962085	3215,886254
Maio	31	5,27	95,42635449	2958,216989
Junho	30	4,85	87,82121808	2634,636542
Julho	31	5,09	92,16701031	2857,17732
Agosto	31	5,91	107,0151338	3317,469147
Setembro	30	6,51	117,8796144	3536,388431
Outubro	31	6,65	120,4146598	3732,854455
Novembro	30	6,67	120,7768092	3623,304276
Dezembro	31	6,45	116,7931663	3620,588156
Energia gerada por ano (kWh)				39731,40551
Consumo médio anual (kWh)				1200
Potencial de geração				3310,950%

Fonte: Autoral

Através dos resultados das tabelas, se pode inferir que o CREAS possui a capacidade de gerar, em média, 37 vezes do que consome de energia.

A Tabela 15 a seguir exibe a estimativa de geração de energia gerada, logo potencial de geração, da EMEIF Boileau Dantas Wanderley sem considerar as perdas dos módulos, sendo estas apresentadas na Tabela 16.

Tabela 15 : Potencial de geração fotovoltaica da EMEIF Boileau Dantas Wanderley sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	755,6066221	23423,80528
Fevereiro	28	6,27	760,4580289	21292,82481
Março	31	6,34	768,947991	23837,38772
Abril	30	5,92	718,0082187	21540,24656
Maio	31	5,27	639,1728569	19814,35856
Junho	30	4,85	588,2330846	17646,99254
Julho	31	5,09	617,3415259	19137,5873
Agosto	31	5,91	716,795367	22220,65638
Setembro	30	6,51	789,5664702	23686,99411
Outubro	31	6,65	806,5463943	25002,93822
Novembro	30	6,67	808,9720978	24269,16293
Dezembro	31	6,45	782,2893599	24250,97016
Energia gerada por ano (kWh)				266123,9246
Consumo médio anual (kWh)				13903,08
Potencial de geração				1914,136%

Fonte: Autoral

Tabela 16 : Potencial de geração fotovoltaica da EMEIF Boileau Dantas Wanderley considerando a depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	609,774544	18903,01086
Fevereiro	28	6,27	613,6896294	17183,30962
Março	31	6,34	620,5410287	19236,77189
Abril	30	5,92	579,4326325	17382,97898
Maio	31	5,27	515,8124955	15990,18736
Junho	30	4,85	474,7040993	14241,12298
Julho	31	5,09	498,1946114	15444,03295

Agosto	31	5,91	578,4538612	17932,0697
Setembro	30	6,51	637,1801415	19115,40424
Outubro	31	6,65	650,8829402	20177,37115
Novembro	30	6,67	652,8404829	19585,21449
Dezembro	31	6,45	631,3075135	19570,53292
Energia gerada por ano (kWh)				214762,0071
Consumo médio anual (kWh)				13903,08
Potencial de geração				1544,708%

Fonte: Autoral

Mediante o que é apresentado nas tabelas, a EMEIF Boileau Dantas Wanderley possui a capacidade de gerar cerca de 17 vezes do que consome em energia elétrica.

A Tabela 17 a seguir apresentam uma estimativa de energia que pode ser gerada na EMEIF Conego Joaquim de Assis sem considerar as perdas dos módulos, uma vez que essa consideração é apresentada na Tabela 18.

Tabela 17 : Potencial de geração fotovoltaica da EMEIF Conego Joaquim de Assis sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	453,005179	14043,16055
Fevereiro	28	6,27	455,9137194	12765,58414
Março	31	6,34	461,0036653	14291,11362
Abril	30	5,92	430,4639903	12913,91971
Mai	31	5,27	383,2002076	11879,20643
Junho	30	4,85	352,6605326	10579,81598
Julho	31	5,09	370,1117754	11473,46504
Agosto	31	5,91	429,7368552	13321,84251
Setembro	30	6,51	473,3649623	14200,94887
Outubro	31	6,65	483,544854	14989,89047
Novembro	30	6,67	484,9991242	14549,97373
Dezembro	31	6,45	469,0021516	14539,0667
Energia gerada por ano (kWh)				159547,9878

Consumo médio anual (kWh)	65703,996
Potencial de geração	242,828%

Fonte: Autoral

Tabela 18 : Potencial de geração fotovoltaica da EMEIF Conego Joaquim de Assis considerando a depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	365,5751794	11332,83056
Fevereiro	28	6,27	367,9223716	10301,8264
Março	31	6,34	372,0299579	11532,92869
Abril	30	5,92	347,3844402	10421,5332
Mai	31	5,27	309,2425675	9586,519593
Junho	30	4,85	284,5970498	8537,911494
Julho	31	5,09	298,6802028	9259,086286
Agosto	31	5,91	346,7976421	10750,72691
Setembro	30	6,51	382,0055246	11460,16574
Outubro	31	6,65	390,2206971	12096,84161
Novembro	30	6,67	391,3942932	11741,8288
Dezembro	31	6,45	378,4847363	11733,02683
Energia gerada por ano (kWh)				128755,2261
Consumo médio anual (kWh)				65703,996
Potencial de geração				195,963%

Fonte: Autoral

Conforme mostra a tabela, a EMEIF Conego Joaquim de Assis tem capacidade de gerar aproximadamente 2 vezes o seu consumo.

A Tabela 19 e 20 apresentam, em seguimento, o potencial de geração do Estádio Municipal Desmoulins Wanderley Farias sem considerar a depreciação dos painéis, e considerando esse fator.

Tabela 19 : Potencial de geração fotovoltaica do Estádio Municipal Desmoulins Wanderley Farias sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	61,9037617	1919,016613

Fevereiro	28	6,27	62,30121764	1744,434094
Março	31	6,34	62,99676552	1952,899731
Abril	30	5,92	58,82347822	1764,704346
Maio	31	5,27	52,36481929	1623,309398
Junho	30	4,85	48,19153198	1445,74596
Julho	31	5,09	50,57626759	1567,864295
Agosto	31	5,91	58,72411423	1820,447541
Setembro	30	6,51	64,68595324	1940,578597
Outubro	31	6,65	66,07704901	2048,388519
Novembro	30	6,67	66,27577698	1988,273309
Dezembro	31	6,45	64,08976934	1986,78285
Energia gerada por ano (kWh)				21802,44525
Consumo médio anual (kWh)				11523,996
Potencial de geração				189,192%

Fonte: Autoral

Tabela 20 : Potencial de geração fotovoltaica do Estádio Municipal Desmoulins Wanderley Farias considerando a depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	49,95633569	1548,646407
Fevereiro	28	6,27	50,27708263	1407,758314
Março	31	6,34	50,83838978	1575,990083
Abril	30	5,92	47,47054692	1424,116408
Maio	31	5,27	42,25840917	1310,010684
Junho	30	4,85	38,89056631	1166,716989
Julho	31	5,09	40,81504794	1265,266486
Agosto	31	5,91	47,39036019	1469,101166
Setembro	30	6,51	52,20156426	1566,046928
Outubro	31	6,65	53,32417855	1653,049535
Novembro	30	6,67	53,48455202	1604,536561
Dezembro	31	6,45	51,72044386	1603,33376
Energia gerada por ano (kWh)				17594,57332
Consumo médio anual (kWh)				11523,996
Potencial de geração				152,678%

Mediante o que é apresentado nas tabelas, o Estádio Municipal Desmoulins Wanderley Farias possui a capacidade de gerar cerca de 1,7 vezes do que consome em energia elétrica.

A Tabela 21 a seguir exhibe a estimativa de geração de energia gerada, logo potencial de geração, do Ginásio de Esportes Edivaldo Mota sem considerar as perdas dos módulos, sendo estas apresentadas na Tabela 22.

Tabela 21 : Potencial de geração fotovoltaica do Ginásio de Esportes Edivaldo Mota sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	124,2462238	3851,632938
Fevereiro	28	6,27	125,0439524	3501,230667
Março	31	6,34	126,4399774	3919,639298
Abril	30	5,92	118,0638274	3541,914823
Maio	31	5,27	105,1007383	3258,122887
Junho	30	4,85	96,72458837	2901,737651
Julho	31	5,09	101,5109597	3146,839752
Agosto	31	5,91	117,8643953	3653,796255
Setembro	30	6,51	129,8303238	3894,909713
Outubro	31	6,65	132,6223737	4111,293586
Novembro	30	6,67	133,021238	3990,637141
Dezembro	31	6,45	128,6337309	3987,645658
Energia gerada por ano (kWh)				43759,40037
Consumo médio anual (kWh)				8492,004
Potencial de geração				515,301%

Fonte: Autoral

Tabela 22 : Potencial de geração fotovoltaica do Ginásio de Esportes Edivaldo Mota considerando depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	100,2667026	3108,267781
Fevereiro	28	6,27	100,9104696	2825,493148
Março	31	6,34	102,0370617	3163,148914
Abril	30	5,92	95,27750875	2858,325263

Maio	31	5,27	84,8162958	2629,30517
Junho	30	4,85	78,05674281	2341,702284
Julho	31	5,09	81,91934452	2539,49968
Agosto	31	5,91	95,11656701	2948,613577
Setembro	30	6,51	104,7730713	3143,192138
Outubro	31	6,65	107,0262556	3317,813924
Novembro	30	6,67	107,3481391	3220,444172
Dezembro	31	6,45	103,8074209	3218,030046
Energia gerada por ano (kWh)				35313,8361
Consumo médio anual (kWh)				8492,004
Potencial de geração				415,848%

Fonte: Autoral

Mediante o que é apresentado nas tabelas, o Ginásio de Esportes Edivaldo Mota possui a capacidade de gerar em média 4,6 vezes do que consome em energia elétrica.

A Tabela 23 a seguir exhibe a estimativa de geração de energia gerada, logo potencial de geração, da Junta Militar de Serviços sem considerar as perdas dos módulos, sendo estas apresentadas na Tabela 24.

Tabela 23 : Potencial de geração fotovoltaica da Junta Militar de Serviços sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	16,10657227	499,3037403
Fevereiro	28	6,27	16,20998525	453,8795871
Março	31	6,34	16,39095797	508,1196972
Abril	30	5,92	15,30512164	459,1536492
Maio	31	5,27	13,62466065	422,3644802
Junho	30	4,85	12,53882432	376,1647295
Julho	31	5,09	13,15930222	407,9383689
Agosto	31	5,91	15,2792684	473,6573203
Setembro	30	6,51	16,83046316	504,9138947
Outubro	31	6,65	17,1924086	532,9646666
Novembro	30	6,67	17,24411509	517,3234528

Dezembro	31	6,45	16,67534368	516,9356541
Energia gerada por ano (kWh)				5672,719241
Consumo médio anual (kWh)				552
Potencial de geração				1027,667%

Fonte: Autoral

Tabela 24 : Potencial de geração fotovoltaica da Junta Militar de Serviços considerando a depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	12,99800382	402,9381184
Fevereiro	28	6,27	13,0814581	366,2808268
Março	31	6,34	13,22750309	410,0525956
Abril	30	5,92	12,35123316	370,5369949
Mai	31	5,27	10,99510114	340,8481355
Junho	30	4,85	10,11883122	303,5649367
Julho	31	5,09	10,61955689	329,2062637
Agosto	31	5,91	12,3303696	382,2414574
Setembro	30	6,51	13,58218377	407,465513
Outubro	31	6,65	13,87427374	430,102486
Novembro	30	6,67	13,91600088	417,4800264
Dezembro	31	6,45	13,45700235	417,1670729
Energia gerada por ano (kWh)				4577,884427
Consumo médio anual (kWh)				552
Potencial de geração				829,327%

Fonte: Autoral

Conforme mostra a tabela, a Junta Militar de Serviços tem capacidade de gerar aproximadamente 9,2 vezes o seu consumo.

A Tabela 25 e 26 apresentam, em seguimento, o potencial de geração do Sanitário Público de Malta-PB sem considerar a depreciação dos painéis, e considerando esse fator.

Tabela 25 : Potencial de geração fotovoltaica do Sanitário Público sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	63,72123484	1975,35828

Fevereiro	28	6,27	64,13035994	1795,650078
Março	31	6,34	64,84632887	2010,236195
Abril	30	5,92	60,55051529	1816,515459
Maio	31	5,27	53,90223236	1670,969203
Junho	30	4,85	49,60641877	1488,192563
Julho	31	5,09	52,06116939	1613,896251
Agosto	31	5,91	60,44823401	1873,895254
Setembro	30	6,51	66,58511056	1997,553317
Outubro	31	6,65	68,01704842	2108,528501
Novembro	30	6,67	68,22161097	2046,648329
Dezembro	31	6,45	65,97142291	2045,11411
Energia gerada por ano (kWh)				22442,55754
Consumo médio anual (kWh)				552
Potencial de geração				4065,681%

Fonte: Autoral

Tabela 26 : Potencial de geração fotovoltaica do Sanitário Público considerando a depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	51,42303651	1594,114132
Fevereiro	28	6,27	51,75320047	1449,089613
Março	31	6,34	52,3309874	1622,260609
Abril	30	5,92	48,86426584	1465,927975
Maio	31	5,27	43,49910151	1348,472147
Junho	30	4,85	40,03237995	1200,971399
Julho	31	5,09	42,0133637	1302,414275
Agosto	31	5,91	48,78172485	1512,23347
Setembro	30	6,51	53,73418422	1612,025527
Outubro	31	6,65	54,88975808	1701,5825
Novembro	30	6,67	55,05484006	1651,645202
Dezembro	31	6,45	53,23893829	1650,407087
Energia gerada por ano (kWh)				18111,14394
Consumo médio anual (kWh)				552
Potencial de geração				3281,004%

Fonte: Autoral

Mediante o que é apresentado nas tabelas, o Sanitário Público de Malta-PB possui a capacidade de gerar em média 36,7 vezes do que consome em energia elétrica.

A Tabela 27 a seguir exhibe a estimativa de geração de energia gerada, logo potencial de geração, da Secretaria de Agricultura sem considerar as perdas dos módulos, sendo estas apresentadas na Tabela 28.

Tabela 27 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Agricultura sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	195,3626942	6056,243519
Fevereiro	28	6,27	196,6170293	5505,27682
Março	31	6,34	198,8121157	6163,175588
Abril	30	5,92	185,641597	5569,247911
Maio	31	5,27	165,2586514	5123,018194
Junho	30	4,85	152,0881327	4562,643981
Julho	31	5,09	159,6141434	4948,038445
Agosto	31	5,91	185,3280133	5745,168411
Setembro	30	6,51	204,14304	6124,291199
Outubro	31	6,65	208,5332129	6464,529599
Novembro	30	6,67	209,1603804	6274,811413
Dezembro	31	6,45	202,2615373	6270,107656
Energia gerada por ano (kWh)				68806,55274
Consumo médio anual (kWh)				824,004
Potencial de geração				8350,269%

Fonte: Autoral

Tabela 28 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Agricultura considerando a depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	157,6576942	4887,38852
Fevereiro	28	6,27	158,6699426	4442,758394
Março	31	6,34	160,4413774	4973,682699
Abril	30	5,92	149,8127688	4494,383064
Maio	31	5,27	133,3637317	4134,275682

Junho	30	4,85	122,7351231	3682,053693
Julho	31	5,09	128,8086137	3993,067025
Agosto	31	5,91	149,5597067	4636,350908
Setembro	30	6,51	164,7434333	4942,302998
Outubro	31	6,65	168,2863028	5216,875387
Novembro	30	6,67	168,792427	5063,77281
Dezembro	31	6,45	163,2250606	5059,976879
Energia gerada por ano (kWh)				55526,88806
Consumo médio anual (kWh)				824,004
Potencial de geração				6738,667%

Fonte: Autoral

Conforme mostra as tabelas, a Secretaria de Agricultura tem capacidade de gerar aproximadamente 75 vezes o seu consumo.

A Tabela 29 e 30 apresentam, em seguimento, o potencial de geração da Secretaria de Educação sem considerar a depreciação dos painéis, e considerando esse fator.

Tabela 29 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Educação sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	227,9361998	7066,022193
Fevereiro	28	6,27	229,3996746	6423,190888
Março	31	6,34	231,9607555	7190,783419
Abril	30	5,92	216,5942701	6497,828102
Maio	31	5,27	192,8128046	5977,196943
Junho	30	4,85	177,4463192	5323,389577
Julho	31	5,09	186,227168	5773,042209
Agosto	31	5,91	216,2284014	6703,080443
Setembro	30	6,51	238,1805233	7145,4157
Outubro	31	6,65	243,3026851	7542,383239
Novembro	30	6,67	244,0344225	7321,032676
Dezembro	31	6,45	235,9853111	7315,544646
Energia gerada por ano (kWh)				80278,91003
Consumo médio anual (kWh)				15555,996

Potencial de geração	516,064%
----------------------	----------

Fonte: Autoral

Tabela 30 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Educação considerando a depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	183,9445132	5702,279909
Fevereiro	28	6,27	185,1255374	5183,515046
Março	31	6,34	187,1923297	5802,962219
Abril	30	5,92	174,791576	5243,747279
Maio	31	5,27	155,5999333	4823,597933
Junho	30	4,85	143,1991796	4295,975389
Julho	31	5,09	150,2853246	4658,845062
Agosto	31	5,91	174,4963199	5409,385917
Setembro	30	6,51	192,2116823	5766,35047
Outubro	31	6,65	196,3452669	6086,703274
Novembro	30	6,67	196,935779	5908,07337
Dezembro	31	6,45	190,4401461	5903,644529
Energia gerada por ano (kWh)				64785,0804
Consumo médio anual (kWh)				15555,996
Potencial de geração				416,464%

Fonte: Autoral

Mediante o que é apresentado nas tabelas, a Secretaria de Educação possui a capacidade de gerar, aproximadamente, cerca de 4,66 vezes do que consome em energia elétrica.

A Tabela 31 a seguir exibe a estimativa de geração de energia gerada, logo potencial de geração, da Secretaria de Infraestrutura sem considerar as perdas dos módulos, sendo estas apresentadas na Tabela 32.

Tabela 31 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Infraestrutura sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	122,3660792	3793,348455
Fevereiro	28	6,27	123,1517362	3448,248614
Março	31	6,34	124,526636	3860,325715

Abril	30	5,92	116,2772374	3488,317121
Maio	31	5,27	103,510311	3208,81964
Junho	30	4,85	95,26091238	2857,827371
Julho	31	5,09	99,97485443	3099,220487
Agosto	31	5,91	116,0808231	3598,505517
Setembro	30	6,51	127,8656783	3835,970348
Outubro	31	6,65	130,6154778	4049,079812
Novembro	30	6,67	131,0083063	3930,249189
Dezembro	31	6,45	126,6871927	3927,302975
Energia gerada por ano (kWh)				43097,21524
Consumo médio anual (kWh)				360
Potencial de geração				11971,449%

Fonte: Autoral

Tabela 32 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Infraestrutura considerando a depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	98,74942591	3061,232203
Fevereiro	28	6,27	99,38345112	2782,736631
Março	31	6,34	100,4929952	3115,282852
Abril	30	5,92	93,83573056	2815,071917
Maio	31	5,27	83,53282095	2589,51745
Junho	30	4,85	76,87555629	2306,266689
Julho	31	5,09	80,67970753	2501,070933
Agosto	31	5,91	93,67722426	2903,993952
Setembro	30	6,51	103,1876024	3095,628071
Outubro	31	6,65	105,4066906	3267,607408
Novembro	30	6,67	105,7237032	3171,711095
Dezembro	31	6,45	102,2365645	3169,333501
Energia gerada por ano (kWh)				34779,4527
Consumo médio anual (kWh)				360
Potencial de geração				9660,959%

Fonte: Autoral

Conforme mostra as tabelas, a Secretaria de Agricultura tem capacidade de gerar aproximadamente 108,16 vezes o seu consumo.

A Tabela 33 e 34 apresentam, em seguimento, o potencial de geração da Secretaria de Saúde sem considerar a depreciação dos painéis, e considerando esse fator.

Tabela 33 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Saúde sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	416,3423588	12906,61312
Fevereiro	28	6,27	419,015504	11732,43411
Março	31	6,34	423,693508	13134,49875
Abril	30	5,92	395,6254838	11868,76451
Maio	31	5,27	352,186875	10917,79312
Junho	30	4,85	324,1188508	9723,565523
Julho	31	5,09	340,1577217	10544,88937
Agosto	31	5,91	394,9571975	12243,67312
Setembro	30	6,51	435,054375	13051,63125
Outubro	31	6,65	444,410383	13776,72187
Novembro	30	6,67	445,7469556	13372,40867
Dezembro	31	6,45	431,0446572	13362,38437
Energia gerada por ano (kWh)				146635,3778
Consumo médio anual (kWh)				25347,96
Potencial de geração				578,490%

Fonte: Autoral

Tabela 34 : Potencial de geração fotovoltaica da Secretaria de Saúde considerando a depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	335,9882836	10415,63679
Fevereiro	28	6,27	338,1455117	9468,074328
Março	31	6,34	341,920661	10599,54049
Abril	30	5,92	319,2697655	9578,092964
Maio	31	5,27	284,2148081	8810,659051
Junho	30	4,85	261,5639126	7846,917377
Julho	31	5,09	274,5072814	8509,725725
Agosto	31	5,91	318,7304584	9880,644211
Setembro	30	6,51	351,0888806	10532,66642

Outubro	31	6,65	358,6391791	11117,81455
Novembro	30	6,67	359,7177932	10791,5338
Dezembro	31	6,45	347,8530384	10783,44419
Energia gerada por ano (kWh)				118334,7499
Consumo médio anual (kWh)				25347,96
Potencial de geração				466,841%

Fonte: Autoral

Mediante o que é apresentado nas tabelas, a Secretaria de Saúde possui a capacidade de gerar, aproximadamente, cerca de 5,22 vezes do que consome em energia elétrica.

A Tabela 35 a seguir exibe a estimativa de geração de energia gerada, logo potencial de geração, da UBS Dr José Maurício De Lima Cajuaz sem considerar as perdas dos módulos, sendo estas apresentadas na Tabela 36.

Tabela 35 : Potencial de geração fotovoltaica da UBS Dr José Maurício De Lima Cajuaz sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	152,832256	4737,799937
Fevereiro	28	6,27	153,8135225	4306,77863
Março	31	6,34	155,5307389	4821,452905
Abril	30	5,92	145,2274407	4356,823221
Maio	31	5,27	129,2818602	4007,737667
Junho	30	4,85	118,9785621	3569,356862
Julho	31	5,09	124,866161	3870,850992
Agosto	31	5,91	144,9821241	4494,445847
Setembro	30	6,51	159,7011215	4791,033644
Outubro	31	6,65	163,1355542	5057,20218
Novembro	30	6,67	163,6261874	4908,785623
Dezembro	31	6,45	158,2292217	4905,105873
Energia gerada por ano (kWh)				53827,37338
Consumo médio anual (kWh)				25980
Potencial de geração				207,188%

Fonte: Autoral

Tabela 36 : Potencial de geração fotovoltaica da UBS Dr José Maurício De Lima Cajuaz considerando a depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	123,3356306	3823,404549
Fevereiro	28	6,27	124,1275127	3475,570355
Março	31	6,34	125,5133063	3890,912494
Abril	30	5,92	117,1985447	3515,95634
Maio	31	5,27	104,3304612	3234,244297
Junho	30	4,85	96,01569959	2880,470988
Julho	31	5,09	100,7669919	3123,77675
Agosto	31	5,91	117,0005741	3627,017798
Setembro	30	6,51	128,878805	3866,364151
Outubro	31	6,65	131,6503922	4081,162159
Novembro	30	6,67	132,0463333	3961,389998
Dezembro	31	6,45	127,6909819	3958,42044
Energia gerada por ano (kWh)				43438,69032
Consumo médio anual (kWh)				25980
Potencial de geração				167,201%

Fonte: Autoral

Conforme mostra as tabelas, a UBS Dr José Maurício De Lima Cajuaz tem capacidade de gerar aproximadamente 1,8 vezes o seu consumo.

A Tabela 37 e 38 apresentam, em seguimento, o potencial de geração da UBS Joana Marques Neves sem considerar a depreciação dos painéis, e considerando esse fator.

Tabela 37 : Potencial de geração fotovoltaica da UBS Joana Marques Neves sem depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	145,5701974	4512,67612
Fevereiro	28	6,27	146,5048375	4102,135451
Março	31	6,34	148,1404577	4592,354189
Abril	30	5,92	138,3267365	4149,802096
Maio	31	5,27	123,1388347	3817,303877
Junho	30	4,85	113,3251136	3399,753407
Julho	31	5,09	118,9329542	3686,921581

Agosto	31	5,91	138,0930765	4280,885372
Setembro	30	6,51	152,1126782	4563,380346
Outubro	31	6,65	155,3839186	4816,901476
Novembro	30	6,67	155,8512386	4675,537159
Dezembro	31	6,45	150,710718	4672,032259
Energia gerada por ano (kWh)				51269,68333
Consumo médio anual (kWh)				12548,004
Potencial de geração				408,588%

Fonte: Autoral

Tabela 38 : Potencial de geração fotovoltaica da UBS Dr José Maurício De Lima Cajuaz considerando a depreciação dos módulos

Mês	Qtd de dias	Radiação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Eg (kWh/dia)	Eg (kWh/mês)
Janeiro	31	6,23	117,4751493	3641,729629
Fevereiro	28	6,27	118,2294039	3310,423309
Março	31	6,34	119,5493494	3706,029831
Abril	30	5,92	111,6296764	3348,890292
Maio	31	5,27	99,37303963	3080,564228
Junho	30	4,85	91,45336664	2743,600999
Julho	31	5,09	95,97889406	2975,345716
Agosto	31	5,91	111,4411128	3454,674495
Setembro	30	6,51	122,7549313	3682,647939
Outubro	31	6,65	125,3948223	3887,239491
Novembro	30	6,67	125,7719496	3773,158488
Dezembro	31	6,45	121,6235494	3770,330033
Energia gerada por ano (kWh)				41374,63445
Consumo médio anual (kWh)				12548,004
Potencial de geração				329,731%

Fonte: Autoral

# ANEXO A – DATASHEET DO MÓDULO FOTOVOLTAICO DE REFERÊNCIA NEXEN

## nexen

 **NXN-540/545W-144M**

# 540/545W

**Módulo Mono-PERC. Half Cell de Alta Eficiência**





**Tecnologia Half-Cut Cell**  
Design de circuito novo  
Corrente interna mais baixa  
Perdas baixas nas trilhas metálicas (RS)



**Design de circuito especial – hotspot** com temperaturas muito mais baixas



**Segurança contra Incêndios** (Classe C, certificado nos padrões de teste)



**A resistência à atenuação de potência** é aprovada no teste de resistência de tensão do sistema TÜV Rheinland

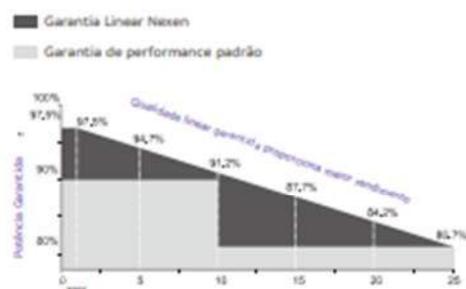


**Alta resistência à maresia** (IEC61701, certificado pelo padrão de testes TÜV Rheinland)



**Teste de eletroluminescência duplo** causando redução considerável na taxa de microfissuras ocultas

## GARANTIA DE DESEMPENHO LINEAR



**15 ANOS** Qualidade do produto e do processo garantidas

**25 ANOS** Garantia de Potência Linear

## CERTIFICADOS ABRANGENTES



**ISO 9001:** Sistema de Gestão de Qualidade

**ISO 14001:** Sistema Padrão de Gestão Ambiental

**OHSAS 18001:** Padrão do Sistema Internacional de Avaliação de Segurança e Saúde Ocupacional

## PRODUTO ASSEGURADO

**PICC**

# NXN-540/545W-144M

## CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

Modelo do Módulo	NXN-540-144M		NXN-545-144M	
	STC	NOCT	STC	NOCT
Potência Máxima – $P_{max}$ (W)	540	402	545	406
Tensão de circuito aberto – $V_{oc}$ (V)	49.42	46.65	49.51	46.74
Corrente de curto circuito – $I_{sc}$ (A)	13.85	11.19	13.94	11.27
Tensão máxima de funcionamento – $V_{mp}$ (V)	40.71	38.11	40.76	38.19
Corrente máxima de operação – $I_{mp}$ (A)	13.27	10.56	13.38	10.64
Eficiência do módulo – $\eta_m$ (%)	21.13%		21.32%	
Tolerância de potência (W)			(0, +5)	
Tensão máxima do Sistema (V)			1500V	
Valor nominal da corrente máxima do fusível (A)			25	
Temperatura de operação (°C)			-40~+85 °C	

**STC** (Condições padrão de teste): Irradiância 1000W/m<sup>2</sup>, Temperatura da célula: 25 °C, Espectro em AM1.5

**NOCT** (Temperatura Nominal de Operação da Célula): Irradiância 800W/m<sup>2</sup>, Temperatura Ambiente 20°C, Espectro em AM1.5, Vento em 1m/s

## CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS

Dimensões do Módulo (L*P*A)	2256×1133×35mm
Peso	27.2 kg
Número de células	144 células
Célula	PERC Monocristalina 182x91mm
Vidro	Temperado, 3.2mm AR, alta transmitância, baixo teor de ferro
Moldura	Liga de alumínio anodizado
Caixa de junção	IP68
Cabo de saída	4.0 mm <sup>2</sup> , comprimento do cabo: 1400mm
Conector	Compatível com MC4
Carga Mecânica	5400 Pa

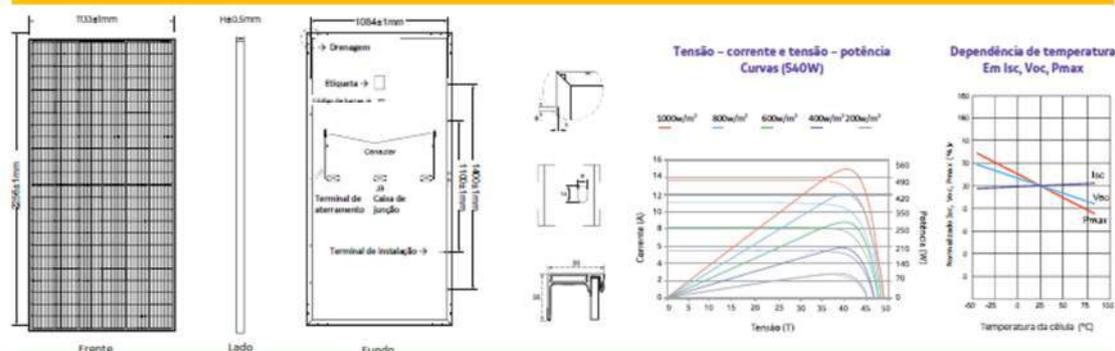
## COEFICIENTES DE TEMPERATURA

Coefficiente de temperatura ( $P_{max}$ )	-0.35 %/°C
Coefficiente de temperatura ( $V_{oc}$ )	-0.27 %/°C
Coefficiente de temperatura ( $I_{sc}$ )	+0.048 %/°C
Temperatura nominal de operação da célula	45±2 °C

## CARACTERÍSTICAS DA EMBALAGEM

Contêiner	40HQ
Quantidade/palet	31
Palets/contêiner	20
Quantidade/contêiner	620

## DIMENSÕES DO MÓDULO (mm)



## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### TCC COM ATA E REGISTRO BIBLIOGRAFICO INCLUSO

**Assunto:** TCC COM ATA E REGISTRO BIBLIOGRAFICO INCLUSO  
**Assinado por:** Evanielle Aureliano  
**Tipo do Documento:** Anexo  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Ostensivo (Público)  
**Tipo do Conferência:** Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Evanielle Aureliano de Oliveira, ALUNO (20161610020) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA**, em 25/02/2023 14:21:21.

Este documento foi armazenado no SUAP em 25/02/2023. 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: 757634

Código de Autenticação: 336247e537

