



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA

ED WILSON QUEIROZ DE CASTRO

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA AUMENTO
DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA UNIDADE ESTADUAL DO IBGE DO
AMAZONAS**

Manaus - AM
2022

ED WILSON QUEIROZ DE CASTRO

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA AUMENTO
DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA UNIDADE ESTADUAL DO IBGE DO
AMAZONAS**

Projeto de Pesquisa desenvolvido durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentado à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas como pré-requisito para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Dr. Daniel Guzmán Del Rio



Manaus - AM
2022

Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Escola Superior de Tecnologia - EST

Reitor:

André Luiz Nunes Zogahib

Vice-Reitor:

Kátia do Nascimento Couceiro

Diretora da Escola Superior de Tecnologia:

Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

Israel Gondres Torné

Banca Avaliadora composta por:

Prof. Dr. Daniel Guzman Del Rio (Orientador)

Prof. Dr. Antonio Luiz Alencar Pantoja

Prof. Me. José Nison Cordeiro de Oliveira

Data da defesa: 14/10/2022.

CIP – Catalogação na Publicação

Queiroz, Ed Wilson

Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica para Aumento da Eficiência Energética na Unidade Estadual do IBGE do Amazonas / Ed Wilson Queiroz de Castro; [orientado por] Prof. Dr. Daniel Guzman Del Rio. – Manaus: 2022.

96 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2022.

1. Eficiência Energética. 2. Estudo Luminotécnico. 3. Energia Solar Fotovoltaica. I. Guzman, Daniel.

ED WILSON QUEIROZ DE CASTRO

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA AUMENTO DE
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA UNIDADE ESTADUAL DO IBGE DO
AMAZONAS

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Nota obtida: 9,8(Nove vírgula oito)

Aprovada em 14/10/2022.

Área de concentração: Eficiência Energética

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Daniel Guzman Del Río, *Dr.*

Avaliador: Antonio Luiz Alencar Pantoja, *Dr.*

Avaliador: José Nilson Cordeiro de Oliveira, *Me.*

Manaus-AM
2022

A todos meus companheiros que, durante esta jornada, estiveram ao meu lado nos momentos difíceis, permitindo que eu pudesse sempre aprender algo novo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus que durante todos esses anos me deu força, sabedoria e discernimento para conduzir minha vida profissional. Tudo que conquistei devo a Ele, e todas as vezes que estive passando por aflições, Ele esteve ao meu lado. Aos meus pais que estiveram ao meu lado durante o início da minha jornada, investindo na minha educação e ensinando-me a ser uma pessoa justa e honesta. Ao Daniel que muito me orientou no desenvolvimento deste trabalho e ao meu professor orientador Guzman por todos os auxílios prestados a mim. Por fim, meus amigos Gabriel, Matheus, Thelry e colegas que juntos unimos forças para chegarmos ao final desse curso, estudando juntos, compartilhando ideais e ensinando uns aos outros.

Meu muito obrigado a todos!

“E sabemos que todas as coisas contribuem para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo seu propósito” Romanos 8:28.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de eficiência energética da Unidade Estadual do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística localizada em Manaus, Amazonas, englobando o estabelecimento de medidas que proporcionem o aumento da eficiência energética e redução do consumo de energia elétrica, estudo luminotécnico e análise dos impactos de instalação de placas solares. Primeiramente, serão apresentados conceitos relacionados à eficiência energética, análise tarifária, normas de iluminação e energia solar fotovoltaica. Em seguida, é apresentada a metodologia utilizada para a determinação dos parâmetros do estudo assim como todas as etapas de interpretação e leitura feitas sobre os dados coletados. Por fim, são descritos os resultados obtidos a partir do estudo de eficiência energética, do estudo luminotécnico e as considerações finais sobre os métodos de análise econômica da instalação de placas solares utilizando os métodos de Tempo de Retorno de Capital e Valor Presente Líquido.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Estudo Luminotécnico. Energia Solar Fotovoltaica.

ABSTRACT

This work presents a study of energy efficiency of the State Unit of the Brazilian Institute of Geography and Statistics located in Manaus, Amazonas, encompassing the establishment of measures that provide an increase in energy efficiency and reduction of electricity consumption, a lighting study and analysis of the impacts of installing solar panels. First, concepts related to energy efficiency, tariff analysis, lighting standards and photovoltaic solar energy will be presented. Then, the methodology used to determine the study parameters is presented, as well as all the steps of interpretation and reading performed on the data collected. Finally, the results obtained from the study of energy efficiency, the lighting study and the final considerations on the methods of economic analysis of the installation of solar panels using the methods of Capital Return and Net Present Value are described.

Keywords: Energy Efficiency. Lighting Study. Photovoltaic Solar Energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Selo Procel.	23
Figura 2 - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Elétrica.	25
Figura 3 - Selo Conpet.	26
Figura 4 - Matriz energética mundial em 2019.	27
Figura 5 - Matriz energética brasileira 2020.	28
Figura 6 - Matriz elétrica mundial 2019.	29
Figura 7 - Curva de carga.	33
Figura 8 - Curva de Carga.	34
Figura 9 - Demanda Contratada.	35
Figura 10 - Horário de Ponta e Fora de Ponta.	36
Figura 11- Curva de fornecimento de energia típica de uma concessionária.	37
Figura 12 - Lâmpada Led.	44
Figura 13 - Relações geométricas entre os raios solares a superfície terrestre.	49
Figura 14 - Outras relações geométricas.	50
Figura 15 - Componentes da radiação solar.	50
Figura 16 - Representação de uma célula fotovoltaica.	53
Figura 17 - Célula de silício monocristalino.	54
Figura 18 - Célula de silício policristalino.	55
Figura 19 - Célula de silício amorfo.	56
Figura 20 - Associação em série de células fotovoltaicas.	57
Figura 21 - Curva característica $I \times V$ de uma célula de silício.	58
Figura 22 - Curva típica de potência versus tensão.	59
Figura 23 - Parâmetros de máxima potência.	59
Figura 24 - Influência da radiação solar na operação do módulo.	60
Figura 25 - Influência da temperatura na operação de um módulo fotovoltaico.	61
Figura 26 - Módulo fotovoltaico sobre o efeito de uma sombra.	61
Figura 27 - Módulo Fotovoltaico com sombra em uma célula com diodo by-pass.	62
Figura 28 – Metodologia do trabalho.	63
Figura 29 - Placa de especificação de um Ar-Condicionado.	61
Figura 30 - Aplicativo utilizado para medir a iluminância.	66
Figura 31 - Aplicativo em funcionamento.	66

Figura 32 - Parcela de potência instalada de cada segmento.	70
Figura 33 - Módulo Fotovoltaico de 550Wp.	76
Figura 34 - Geração de energia solar mensal pelo orçamento da empresa A.	77
Figura 35 - Comparação do consumo total com a energia gerada por mês.	79
Figura 36 – Diagrama do estudo de instalação de placas solares.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Subgrupos do grupo A.	38
Tabela 2 - Especificações de Iluminância para escritórios.	67
Tabela 3 - Iluminância nos principais setores do prédio do IBGE.	72
Tabela 4 - Fluxo luminoso de lâmpadas LED.	73
Tabela 5 - Consumo mensal do prédio do IBGE no ano de 2022.	74
Tabela 6 - Orçamentos para Instalação de Placas Solares.	75
Tabela 7 - Irradiação solar diária média mensal.	77
Tabela 8 - Geração de energia mensal do orçamento da empresa A em kWh.	78
Tabela 9 - Conflito entre o consumo do prédio e a geração de energia.	79
Tabela 10 - Impacto da Instalação do Sistema Fotovoltaico da Empresa A.	81

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PBE	Programa Brasileiro De Etiquetagem
IBGE	Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística
TRC	Tempo de Retorno de Capital
VPL	Valor Presente Líquido
NBR	Norma Brasileira
CONPET	Programa Nacional De Conservação De Petróleo E Derivados
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IEA	International Energy Agency
COP21	Conferência das Nações Unidas para as alterações Climáticas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ACR	Ambiente de Contratação Regulado
ACL	Ambiente de Contratação Livre
AT	Alta Tensão
MT	Média Tensão
BT	Baixa Tensão
EER	Energy Efficiency Ratio
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
Wp	Watt-pico
PROÁLCOOL	Programa Nacional Do Álcool

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17
2.	PROBLEMA DE PESQUISA	19
3.	HIPÓTESE	20
4.	OBJETIVOS	21
4.1	OBJETIVO GERAL	21
4.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	21
5.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
5.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	22
5.1.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	22
5.1.2	PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL)	23
5.1.3	PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM (PBE).....	23
5.1.4	PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE PETRÓLEO E DERIVADOS.....	25
5.2	ESTUDO DO CENÁRIO ENERGÉTICO.....	26
5.2.1	MATRIZ ENERGÉTICA.....	26
5.2.2	MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL.....	27
5.2.3	MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	27
5.2.4	MATRIZ ELÉTRICA MUNDIAL	28
5.2.5	MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA.....	28
5.2.6	CENÁRIO ATUAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS	29
5.2.7	FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	30
5.2.8	TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	31
5.3	SISTEMA ELÉTRICO	31
5.3.1	DEFINIÇÕES E CONCEITOS	32
5.3.2	ENERGIA ELÉTRICA ATIVA.....	32

5.3.3	ENERGIA ELÉTRICA REATIVA	33
5.3.4	DEMANDA.....	33
5.3.5	DEMANDA MÁXIMA.....	33
5.3.6	DEMANDA MÉDIA	34
5.3.7.	DEMANDA MEDIDA	34
5.3.8	DEMANDA CONTRATADA	34
5.3.9	DEMANDA FATURÁVEL	34
5.3.10	FATOR DE CARGA	35
5.3.11	FATOR DE POTÊNCIA.....	35
5.3.12	HORÁRIOS FORA DE PONTA E DE PONTA	35
5.3.13	PERÍODOS SECO E ÚMIDO.....	36
5.3.14	CONSUMIDOR	37
5.3.15	TENSÃO DE FORNECIMENTO	37
5.3.16	MODALIDADE TARIFÁRIA	39
5.3.17	TARIFA CONVENCIONAL	39
5.3.18	TARIFA HORO-SAZONAL	39
5.3.19	CRITÉRIOS DE ENQUADRAMENTO	40
5.3.20	FATURAMENTO	40
5.4	ILUMINAÇÃO	41
5.4.1	FLUXO LUMINOSO (Φ).....	41
5.4.3	EFICIÊNCIA LUMINOSA (EL)	42
5.4.4	TIPOS DE LÂMPADAS.....	42
5.4.5	LÂMPADAS INCANDESCENTES COMUNS	42
5.4.6	LÂMPADAS HALÓGENAS.....	42
5.4.7	LÂMPADAS FLUORESCENTES	43
5.4.8	LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS	43

5.4.9	DIODOS EMISSORES DE LUZ (LED)	43
5.5	CLIMATIZAÇÃO	44
5.5.1	PRINCIPAIS TIPOS DE CONDICIONADOR DE AR	45
5.5.2	EFICIÊNCIA DOS CONDICIONADORES DE AR	46
5.5.3	DESPERDÍCIO DOS CONDICIONADORES DE AR.....	46
5.5.4	MEDIDAS RELATIVAS AO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR....	47
5.6	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	47
5.6.1	VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	51
5.6.2	CÉLULAS FOTOVOLTAICAS	52
5.6.3	PRINCIPAIS TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS	54
5.6.4	CÉLULA DE SILÍCIO MONOCRISTALINO.....	54
5.6.5	CÉLULA DE SILÍCIO POLICRISTALINO	55
5.6.6	FILMES FINOS	55
5.6.7	FUNCIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	56
5.6.8	CARACTERÍSTICAS DOS MÓDULOS	57
5.6.9	CURVA CARACTERÍSTICA I X V	58
5.6.10	FATORES QUE AFETAM O FUNCIONAMENTO DOS MÓDULOS	59
5.6.11	IRRADIÂNCIA	60
5.6.12	TEMPERATURA	60
5.6.13	SOMBREAMENTO.....	61
6.	METODOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO.....	63
6.1	LEVANTAMENTO DAS CARGAS INSTALADAS	64
6.2	ANÁLISE DA TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA	65
6.3	ESTUDO LUMINOTÉCNICO	65
6.4	ESTUDO DE INSTALAÇÃO DAS PLACAS SOLARES	67
7.	RESULTADOS	69

7.1 ANÁLISE DA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA	69
7.2 ANÁLISE DA POTÊNCIA INSTALADA.....	69
7.3 ESTUDO LUMINOTÉCNICO.....	71
7.4 ESTUDO DE INSTALAÇÃO DE PLACAS SOLARES	73
7.4.1 TEMPO DE RETORNO DE CAPITAL (PAYBACK)	82
7.4.2 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL).....	83
8. CONCLUSÃO	84
9. REFERÊNCIAS.....	86
APÊNDICE A – TABELA DE DADOS DO LEVANTAMENTO DE CARGAS DO PRÉDIO	91

1. INTRODUÇÃO

A energia está presente na vida humana de diversas maneiras, desde atividades mais simples às mais complexas. Qualquer atividade em uma sociedade moderna só é possível com o uso de uma ou mais formas de energia, isto é, a energia é indispensável na sociedade. Tendo em vista a grande importância dela é que, na década de 1970, a partir da primeira crise do petróleo, surgiu uma preocupação mundial com questões energéticas, principalmente quanto à Eficiência Energética. Os países industrializados se organizaram e levantaram fundos para investimentos em projetos de eficiência energética e fontes renováveis de energia, cujo objetivo era diminuir a dependência em relação ao petróleo e derivados.

No Brasil, desde a década de 1980, começaram a ser desenvolvidos programas de leis que visam estimular a eficiência energética no país. Através de programas como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) que realiza trabalhos com a finalidade de conscientização das pessoas em relação ao desperdício de energia e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) que classifica diversos produtos, desde o mais eficiente ao menos eficiente, procura-se obter melhoria no uso final de energia elétrica.

Outro conceito que está atrelado à Eficiência Energética é o de Fontes de Energia Renováveis que, nos últimos anos, têm ganhado destaque, principalmente porque oferecem mais oportunidades de desenvolvimento social e econômico, democratização da energia e poder de escolha, assim como investimentos em inovações sustentáveis para um futuro melhor.

Nesse contexto de Eficiência Energética e fontes renováveis de energia que ocorre o desenvolvimento deste trabalho, mais especificamente envolvendo a eficiência no ambiente de um prédio. “A Eficiência Energética na arquitetura pode ser entendida como um atributo inerente à edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia” (LAMBERTS et al, 2014).

Assim, este projeto fará um estudo de Eficiência Energética no ambiente da

Unidade Estadual do Amazonas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a fim de avaliar sua eficiência e, a partir dos resultados obtidos, determinar algumas medidas de melhoria visando melhor aproveitamento da energia elétrica. “O uso eficiente de energia elétrica traz para o consumidor redução de gastos com consumo de energia elétrica e uma imagem associada à preservação da natureza” (NATURESA, 2011).

No desenvolvimento deste estudo energético, serão realizados um estudo luminotécnico nos setores do prédio e um estudo de impactos econômicos causados pela instalação de placas solares. Primeiramente, no caso do estudo luminotécnico, busca-se verificar se a iluminância dos setores do prédio está de acordo com a norma padrão e, conseqüentemente, assegurar que as atividades desenvolvidas no prédio estejam sendo realizadas com a qualidade visual necessária. Na seqüência, no estudo de instalação de placas solares, busca-se constatar os impactos econômicos que poderiam ser gerados no caso da implantação de painéis solares no prédio em estudo.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

O problema que essa pesquisa se propõe a resolver é diminuir os gastos financeiros do prédio da Unidade Estadual do IBGE no Amazonas com energia elétrica através de um estudo de eficiência energética envolvendo a qualidade da iluminação dos setores do prédio e a viabilidade econômica de instalação de placas solares.

3. HIPÓTESE

Essa pesquisa tem como hipótese a ideia de que é possível realizar o estudo de viabilidade técnica e econômica para aumento da eficiência energética da Unidade Estadual do IBGE no Amazonas através da análise luminotécnica dos setores do prédio e análise da viabilidade econômica de instalação de placas solares, apresentando propostas de redução de custos com energia elétrica.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Dessa forma, estabeleceu-se como objetivo geral desenvolver um estudo da eficiência energética do prédio a partir da análise da instalação elétrica e seus componentes, complementando-se com um estudo luminotécnico e um estudo de impactos econômicos causados pela proposta de instalação de placas solares.

4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Realizar pesquisa bibliográfica nas áreas de eficiência energética, iluminância de ambientes e energia solar fotovoltaica;
- Realizar o estudo do sistema elétrico do prédio e verificar os principais fatores de consumo de energia elétrica a partir do levantamento de cargas instaladas e análise das faturas de energia elétrica;
- Verificar se o grau de iluminância dos setores do prédio está de acordo com as normas vigentes, tendo como base a NBR ISO/CIE 8995-1 de 2013;
- Analisar os impactos econômicos da instalação de placas solares por meio da análise de investimentos utilizando os métodos TRC (Tempo de Retorno de Capital) e VPL (Valor Presente Líquido) demonstrando se é um investimento viável ou não.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Eficiência Energética é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia, é a utilização racional de energia. Consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

5.1.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

O Brasil enfrentou a primeira crise do petróleo de forma a intensificar a geração de energia, como o incremento de usinas térmicas e o lançamento de um programa nuclear com o objetivo de criar usinas nucleares para a geração de energia elétrica. Criou também o Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL) e no setor elétrico foi dada continuidade à expansão das hidrelétricas para geração de eletricidade.

O governo brasileiro passou a perceber que a indústria era o setor que mais consumia o derivado de petróleo (óleo combustível), então aumentaram-se os preços de tal insumo e foi implantado um sistema de controle de abastecimento por meio de cotas de combustíveis. Essas medidas governamentais foram realizadas para frear um pouco o consumo do combustível, porém não foi bem vista pelos empresários e com isso governo lançou o Programa de Conservação de Energia Elétrica, o CONSERVE, em 1981, que constituiu a principal experiência que impulsionou a eficiência energética no Brasil. Ao longo do tempo, a questão ambiental e o desperdício de energia se tornaram pontos importantes para o desenvolvimento econômico e elétrico do País. Com base nessas preocupações, foram criados alguns programas como:

- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL);
- Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE);
- Programa Nacional de Conservação de Petróleo e Derivados (CONPET).

5.1.2 PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL)

O Procel foi instituído em 30 de dezembro de 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, sendo gerido por uma Secretaria Executiva subordinada à Eletrobrás (VIANA, 2012).

Constitui-se sendo o programa mais abrangente e de maior continuidade na área de uso eficiente de energia elétrica no País.

Uma das principais criações foi o Selo PROCEL, instituído por meio de Decreto presidencial em 08 de dezembro de 1993, que indica ao consumidor os produtos que apresentam diferentes tipos de eficiência energética, variando do mais alto até o mais baixo valor e é apresentado na figura 1.

Figura 1 - Selo Procel.



Fonte: (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

5.1.3 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM (PBE)

O PBE é um programa de etiquetagem de desempenho coordenado pelo Inmetro (VIANA, 2012).

Em 1984, o Inmetro iniciou com a sociedade a discussão sobre a criação de programas de avaliação da conformidade com foco no desempenho, com a finalidade de contribuir para a racionalização do uso da energia no Brasil através da prestação de informações sobre eficiência energética dos equipamentos disponíveis no mercado nacional.

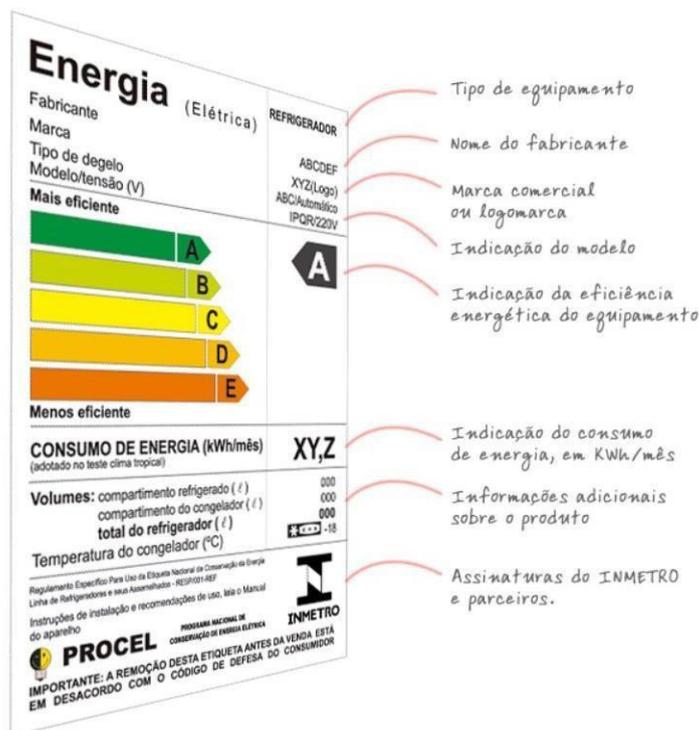
Inicialmente, com adesão voluntária dos fabricantes, o PBE pode contar atualmente com dois colaboradores importantes: a Eletrobrás com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), e a Petrobras com o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), que premiam os equipamentos mais eficientes. Essa premiação é dada por meio de uma etiqueta presente no equipamento. A etiqueta do PROCEL é apresentada na figura 1, enquanto a do CONPET é apresentada na figura 3.

A obtenção dos selos de conformidade é realizada somente com base nos dados de consumo obtidos nas medições realizadas pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem, nos laboratórios de referência indicados pelo O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

Os fabricantes de equipamentos não integrantes do PBE e que tenham interesse na obtenção da etiqueta, encaminham a solicitação ao INMETRO, para que sejam avaliadas as condições de inclusão do seu equipamento no PBE. Os fabricantes deverão em cada categoria solicitada possuir todos os modelos etiquetados para poder receber o selo referente a categoria do equipamento.

Quando o principal fator analisado no produto, por exemplo, for a eficiência energética, a etiqueta recebe o nome de Etiqueta Nacional de Conservação de Energia conforme a figura 2, e classifica os produtos em faixas coloridas que variam de mais eficiente até menos eficiente, além de fornecer outros dados importantes.

Figura 2 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Elétrica.



Fonte: (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

5.1.4 PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE PETRÓLEO E DERIVADOS

O Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural - Conpet foi criado em 18 de julho de 1991 por decreto presidencial, sendo assim posterior ao Procel. O Conpet é um programa do Ministério de Minas e Energia, coordenado e executado pela Petrobras. A Gerência Executiva de Desenvolvimento Energético/Suporte ao Conpet é o setor da Petrobras que exerce a função de Secretaria Executiva do Conpet, sendo responsável por elaborar projetos, operacionalizar as estratégias, promover a articulação institucional e divulgar as ações do programa.

O Selo Conpet de Eficiência Energética foi implantado a partir de 2005 e tem o objetivo de premiar os equipamentos consumidores de derivados de petróleo e de gás natural que obtiverem os menores índices de consumo de combustível a cada ano. O selo é apresentado na figura 3 a seguir e, de forma similar ao Selo Procel, utiliza os resultados dos ensaios efetuados no âmbito do

Programa Brasileiro de Etiquetagem.

Figura 3 – Selo Conpet.



Fonte: (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

5.2 ESTUDO DO CENÁRIO ENERGÉTICO

5.2.1 MATRIZ ENERGÉTICA

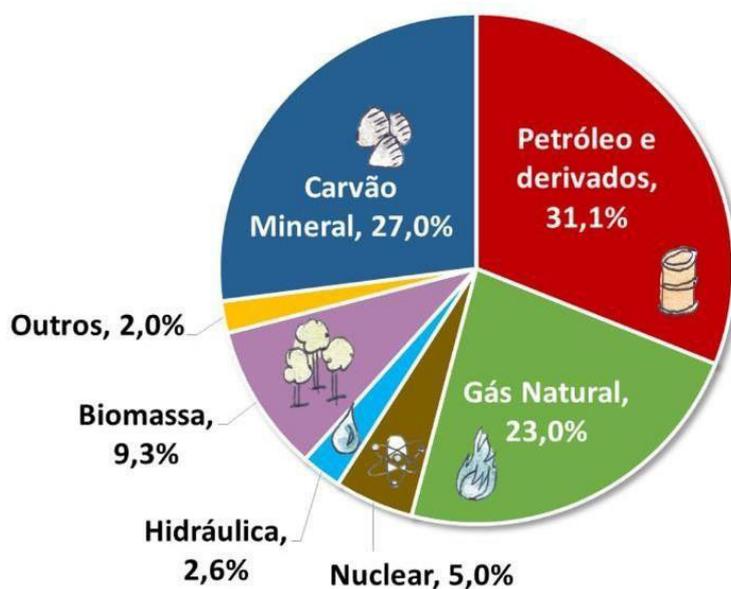
Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020), a energia vem de um conjunto de fontes que formam o que chamamos de matriz energética. Isto é, ela representa o conjunto de fontes disponíveis em um país, estado, ou no mundo, para suprir a necessidade de energia.

Esse conjunto de fontes é refletido em diversas situações como a combustão de carvão ou derivados de petróleo em veículos automotores, máquinas a vapor, fissão nuclear, aproveitamento de energia potencial em quedas d'água como força motriz de turbinas, entre outras.

5.2.2 MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL

O mundo possui uma matriz energética composta, majoritariamente, por fontes não renováveis, como o carvão, petróleo e gás natural, conforme a Figura 4.

Figura 4 – Matriz energética mundial em 2019.



Fonte: (IEA, 2021)

Fontes renováveis como solar, eólica e geotérmica, por exemplo, juntas correspondem a apenas 2% da matriz energética mundial, assinaladas como “Outros” no gráfico. Somando à participação da energia hidráulica e da biomassa, as renováveis totalizam aproximadamente 14%.

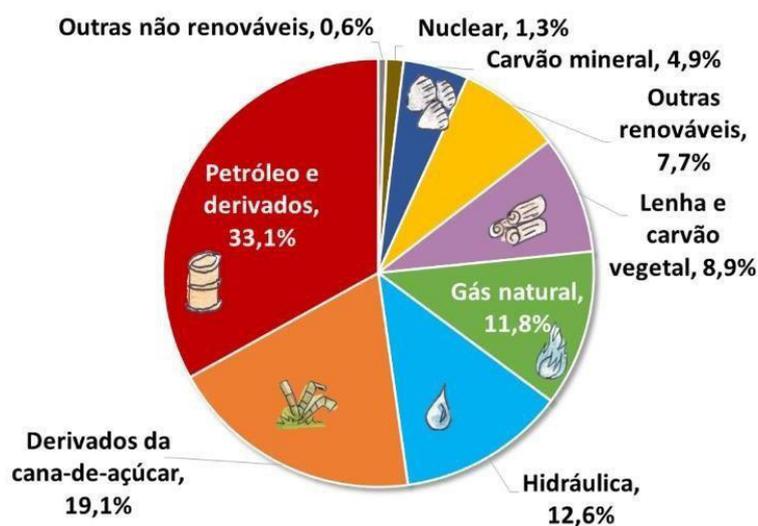
A partir destas fontes de energia, pode-se então produzir eletricidade, compondo então a chamada matriz elétrica. A geração de energia elétrica no mundo é predominantemente realizada por combustíveis de origem fóssil.

5.2.3 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Segundo o Balanço Energético Nacional (EPE, 2020), a matriz energética do Brasil é muito diferente da mundial. Por aqui, apesar do consumo de energia de fontes

não renováveis ser maior do que o de renováveis, usamos mais fontes renováveis que no resto do mundo. Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outras renováveis, nossas renováveis totalizam 48,3%, quase metade da nossa matriz energética conforme a figura 5.

Figura 5 - Matriz energética brasileira 2020.



Fonte: (IEA, 2021)

5.2.4 MATRIZ ELÉTRICA MUNDIAL

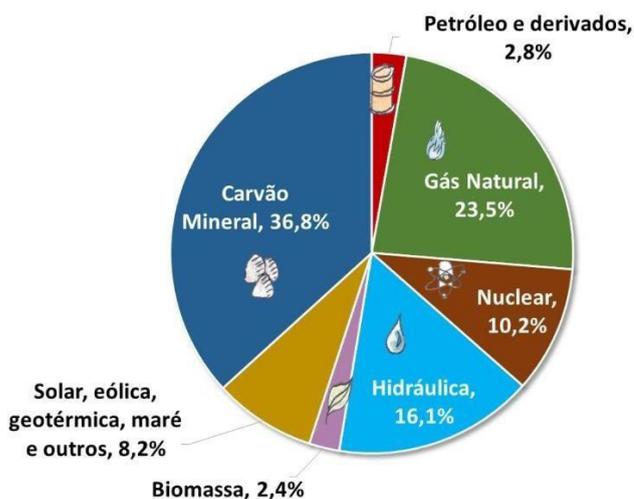
A matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica em um país, estado ou no mundo. A energia elétrica é necessária para diversas situações como, por exemplo, para assistir televisão, ouvir músicas no rádio, acender a luz, entre tantas outras coisas. A geração de energia elétrica no mundo é baseada, principalmente, em combustíveis fósseis como carvão, óleo e gás natural, em termelétricas, conforme pode ser observado na figura 6.

5.2.5 MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

A matriz elétrica brasileira é ainda mais renovável do que a energética, isso

porque grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas. A energia eólica também vem crescendo bastante, contribuindo para que a matriz elétrica brasileira continue sendo, em sua maior parte, renovável.

Figura 6 - Matriz elétrica mundial 2019.



Fonte: (IEA, 2021).

5.2.6 CENÁRIO ATUAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

A utilização de fontes renováveis de energia, alternativa promissora para a redução de CO₂ e suas aplicações econômicas é apreciada pela população (WESLETTER, 1998), pois melhora a qualidade de vida e diminui a poluição ambiental. A reciclagem e economia de energia e o uso proveitoso das diferentes fontes de energia são questões importantes que requerem atenção especial em futuros estudos (KARABULUT e ALKAN, 2010).

Na Conferência das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (COP21), realizada em 2015, os 196 países assinantes do documento concordaram em esforçar-se para limitar o aquecimento global em menos de 2 °C. Este acordo sublinha a imprescindibilidade da geração de energia através de fontes renováveis, incentivando a pesquisa de soluções para integração destes sistemas à rede. A transição para a utilização de energia proveniente de fontes renováveis apresenta

importantes benefícios econômicos e sociais, juntamente com benefícios ao meio ambiente devido à menor poluição derivada da geração de energia (AKTAS, 2015).

A geração de energia a partir de fontes renováveis e mais econômicas tem ganhado cada vez mais espaço na matriz energética mundial. Seja para conter os avanços do aquecimento global e do efeito estufa, seja para oferecer ao consumidor uma opção mais barata, as energias renováveis estão ganhando destaque no cenário energético mundial. No Brasil, por exemplo, a crise hídrica e o aumento de mais de 50% nas bandeiras tarifárias, levaram a um crescimento de 70% do uso da energia solar fotovoltaica (Alpha Solar, 2021).

5.2.7 FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

O órgão regulador do setor elétrico no Brasil é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a qual foi criada em 26 de dezembro de 1996. A ANEEL atua normatizando diretrizes e políticas estabelecidas para o setor elétrico pelo Governo Federal fiscalizando o fornecimento de energia elétrica à sociedade.

Desde a Lei nº 8.631/1993, as tarifas de energia são diferentes para cada estado e fixadas pela ANEEL para cada concessionária (Lei nº 8.987/1995 e posteriores alterações), alterando o regime econômico-financeiro das concessões de serviço pelo preço e não mais pelo custo (PAIXÃO, 2000).

Em 2004, foi lançado pelo Governo Federal um novo modelo para a comercialização da energia elétrica para o Setor Elétrico Brasileiro (Leis nº 10.847/2004 e nº 10.848/2004 e pelo Decreto nº 5.163/2004). Esta nova reformulação definiu que a comercialização de fosse realizada em dois ambientes distintos de contratação: regulado e livre.

No ambiente de contratação regulado (ACR), as concessionárias de distribuição adquirem energia elétrica por meio de leilões regulados pela ANEEL e fornecem para o cliente tanto o contrato de uso do sistema de distribuição como da energia consumida. Já no ambiente de contratação livre (ACL), a distribuidora fornece apenas o contrato de uso do sistema de distribuição. Os contratos de fornecimento de energia elétrica é livremente negociado entre geradores e consumidores.

O ambiente de estudo deste trabalho é de contratação regulado (ACR) e possui como norte a Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, estabelecendo as condições gerais de fornecimento de energia elétrica.

5.2.8 TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A tarifa de energia elétrica apresenta a quantia total que deve ser paga pela prestação do serviço público de energia elétrica, referente a um período especificado, discriminando as parcelas correspondentes.

Assim, compreender a estrutura tarifária e como são calculados os valores expressos nas notas fiscais de energia elétrica é um parâmetro importante para a tomada de decisão ideal em projetos que envolvem conservação de energia.

Para uma tomada de decisão quanto ao uso eficiente de energia elétrica, a conta de energia é uma síntese dos parâmetros de consumo, refletindo a forma como a mesma é utilizada. Uma análise histórica, com no mínimo 12 meses, apresenta um quadro rico em informações e torna-se a base de comparação para futuras mudanças, visando mensurar potenciais de economia. Então, o estudo e acompanhamento das contas de energia elétrica são informações importantes para a execução de um gerenciamento energético em instalações.

Além disso, o resultado da análise permite que o instrumento contratual entre a concessionária e o consumidor torne-se adequado às necessidades do consumidor, significando redução de despesas com energia elétrica.

“O sistema tarifário de energia elétrica é um conjunto de normas e regulamentos que tem por finalidade estabelecer o valor monetário da eletricidade para as diferentes classes e subclasses de unidades consumidoras” (VIANA, 2012).

5.3 SISTEMA ELÉTRICO

O sistema elétrico pode ser subdividido, na prática, em sub-sistemas de transmissão, subtransmissão e distribuição (VIANA, 2012):

- Transmissão: Alta Tensão (AT)

Grandes unidades consumidoras: 69 a 500 kV.

- Subtransmissão: Média Tensão (MT) e AT
Médias unidades consumidoras: 13,8 a 138 kV.
- Distribuição: MT e Baixa Tensão (BT)
Pequenas unidades consumidoras:
 - Residencial;
 - Comercial;
 - Industrial;
 - Poder Público;
 - Rural.

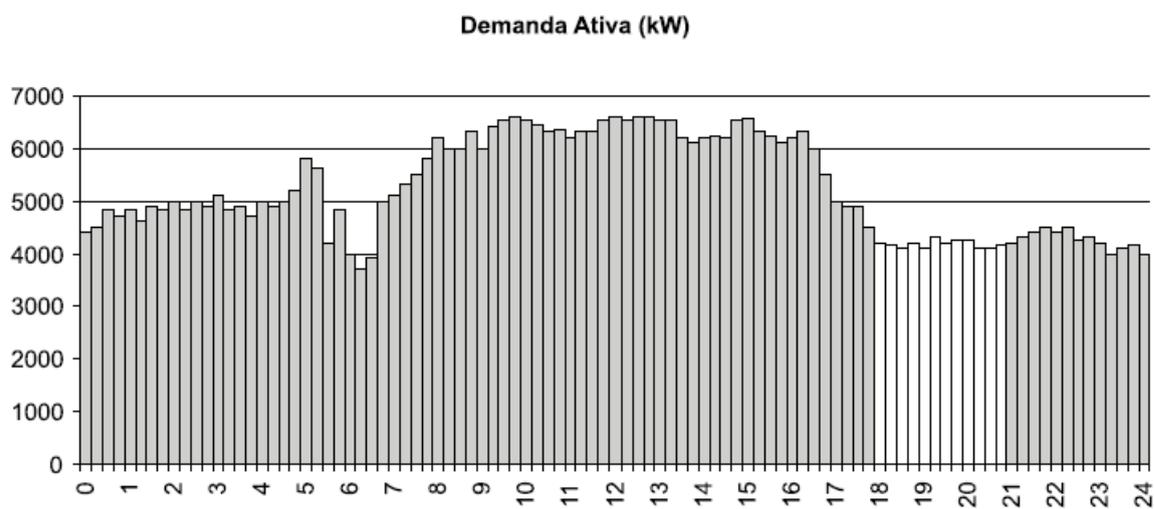
A localização das unidades consumidoras no sistema vai depender, basicamente, da característica de consumo de energia, ou seja, de acordo com sua potência elétrica.

5.3.2 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

A fim de facilitar definições e conceitos, Viana (2012) utiliza a curva de carga apresentada na figura 7. Estas curvas representam as potências médias medidas em intervalos de 15 em 15 minutos de uma unidade consumidora.

5.3.3 ENERGIA ELÉTRICA ATIVA

É o uso da potência ativa durante qualquer intervalo de tempo, sua unidade usual é o quilowatt-hora (kWh). Uma outra forma para compreender melhor pode ser “energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia”.

Figura 7 – Curva de carga.

Fonte: Viana, 2012.

5.3.4 ENERGIA ELÉTRICA REATIVA

É a energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilo-volt-ampère-reactivo-hora (kvarh).

5.3.5 DEMANDA

É a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado. Assim, esta potência média é expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kvar) respectivamente.

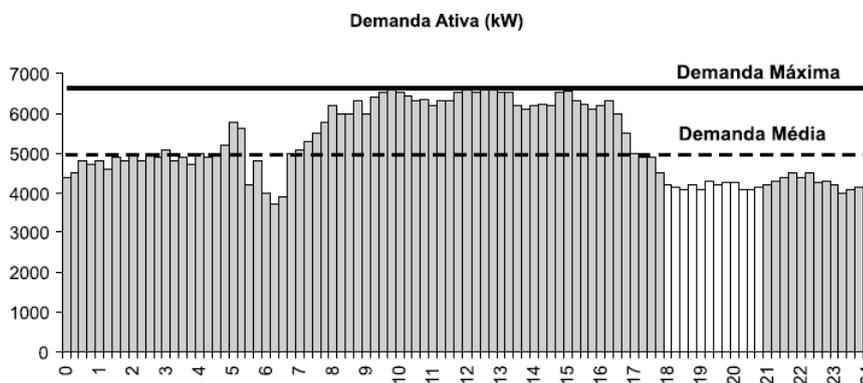
5.3.6 DEMANDA MÁXIMA

É a demanda de maior valor verificada durante um período (diário, mensal, anual, etc.). Observe na figura 8.

5.3.7 DEMANDA MÉDIA

É a relação entre a quantidade de energia elétrica (kWh) consumida durante certo período de tempo e o número de horas desse período. Observe na figura 8.

Figura 8 – Curva de Carga



Fonte: Viana, 2012.

5.3.7. DEMANDA MEDIDA

É a maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de quinze minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

5.3.8 DEMANDA CONTRATADA

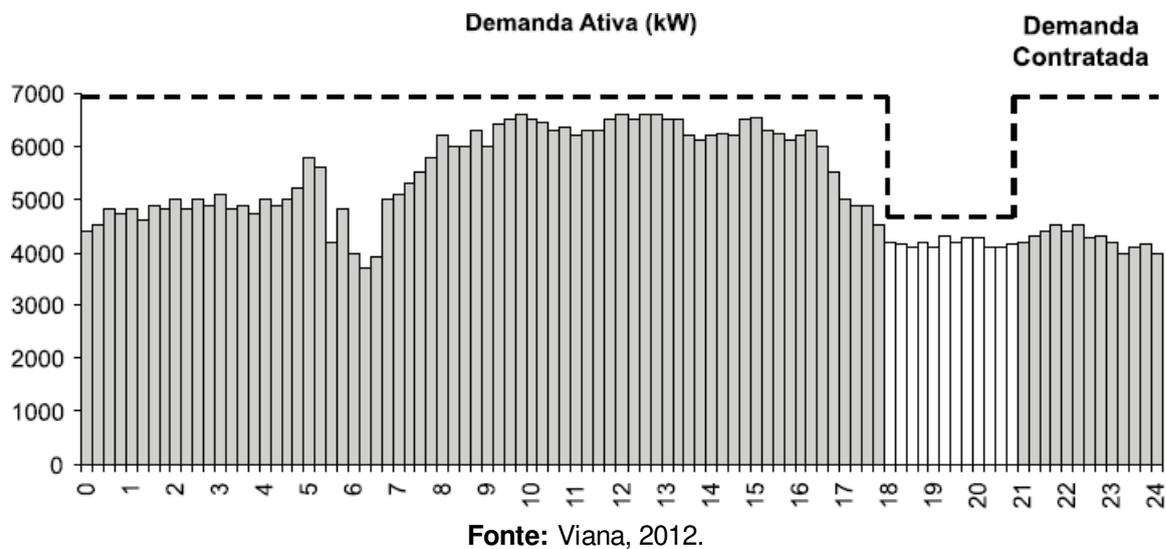
É a demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada, durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW). A figura 9 exemplifica a demanda contratada.

5.3.9 DEMANDA FATURÁVEL

É o valor da demanda de potência ativa, identificada de acordo com os critérios

estabelecidos e considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW).

Figura 9 – Demanda Contratada.



5.3.10 FATOR DE CARGA

O Fator de Carga (FC) é a razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora, ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado.

5.3.11 FATOR DE POTÊNCIA

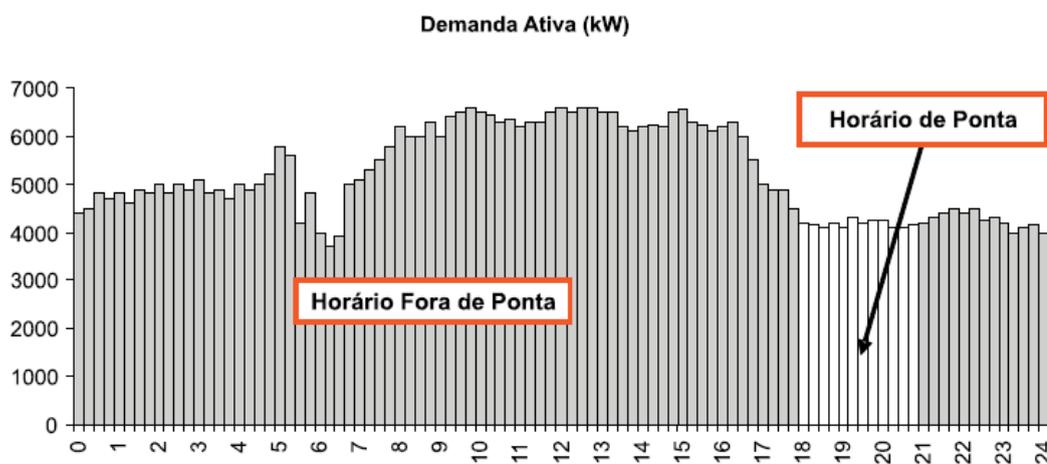
É a razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétrica ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado.

5.3.12 HORÁRIOS FORA DE PONTA E DE PONTA

O horário de ponta (P) é o período definido pela distribuidora e composto por três horas diárias consecutivas com exceção feita aos sábados, domingos e alguns feriados (VIANA, 2012).

Já o horário fora de ponta (F) é o período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta. A figura 10 apresenta um exemplo.

Figura 10 – Horário de Ponta e Fora de Ponta.



Fonte: Viana, 2012.

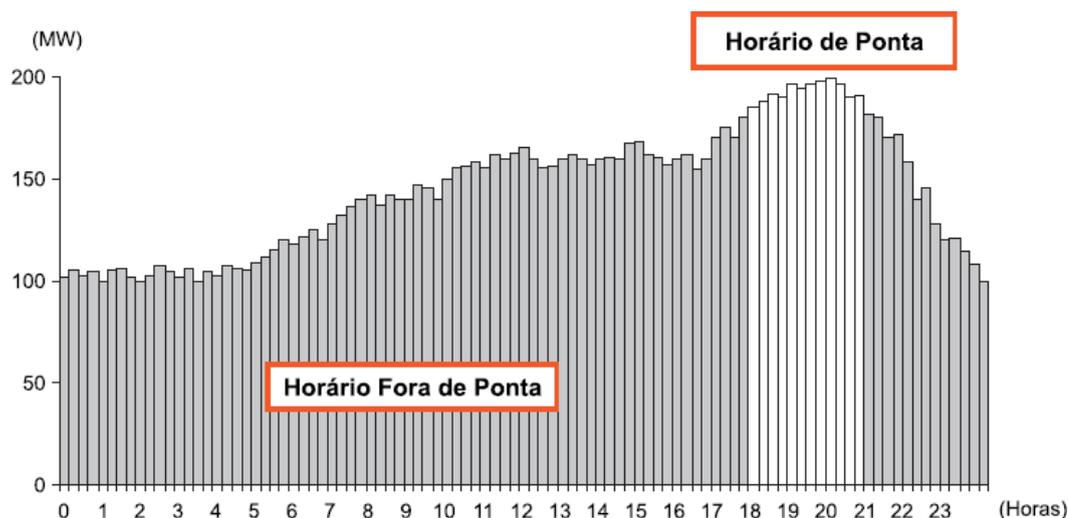
Estes horários são definidos pela concessionária em virtude, principalmente, da capacidade de fornecimento que a mesma apresenta. A curva de fornecimento de energia típica de uma concessionária pode ser vista através da figura 11, onde o maior valor de demanda ocorre geralmente no horário de ponta.

5.3.13 PERÍODOS SECO E ÚMIDO

Estes períodos normalmente guardam relação direta com os períodos onde ocorrem variações de cheias dos reservatórios de água utilizados para a geração de energia elétrica.

O período seco (S) abrange de maio até novembro, enquanto o período úmido de dezembro de um ano a abril do ano seguinte (VIANA, 2012).

Figura 11 – Curva de fornecimento de energia típica de uma concessionária.



Fonte: Viana, 2012.

5.3.14 CONSUMIDOR

É uma pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, legalmente representado, que solicite à distribuidora o fornecimento, a contratação de energia elétrica ou o uso do sistema elétrico, assumindo as obrigações decorrentes desse atendimento à(s) sua(s) unidade(s) consumidora(s) segundo disposto nas normas e contratos.

5.3.15 TENSÃO DE FORNECIMENTO

Para fins de faturamento, as unidades consumidoras são agrupadas em dois grupos tarifários. Se a concessionária fornece energia em tensão inferior a 2300 Volts, o consumidor é classificado sendo do “grupo B” (baixa tensão); se a tensão de fornecimento for maior ou igual a 2300 Volts, será o consumidor do “grupo A” (alta tensão).

Grupo A

Grupamento composto por unidades consumidoras com fornecimento de

tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou, ainda, atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômica e subdividido nos subgrupos A1, A2, A3, A3a, A4 e AS. A tabela 1 apresenta estes subgrupos.

Tabela 1 – Subgrupos do grupo A.

Subgrupo	Tensão de Fornecimento
A1	≥ 230 kV
A2	88 kV a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30 kV a 44 kV
A4	2,3 kV a 25 kV
AS	Subterrâneo

Fonte: Viana, 2012.

Grupo B

Grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, ou, ainda, caracterizado pela tarifa monômica e subdividido nos seguintes subgrupos:

- Subgrupo B1 - residencial;
- Subgrupo B2 - rural;
- Subgrupo B3 - demais classes; e
- Subgrupo B4 - Iluminação Pública.

Uma observação importante é que para efeito de aplicação de tarifas, a Resolução ANEEL no 414 apresenta a classificação das unidades consumidoras com as respectivas classes e subclasses, como por exemplo, unidade consumidora classe Residencial e, por exemplo, a subclasse Residencial Baixa Renda.

5.3.16 MODALIDADE TARIFÁRIA

A modalidade ou estrutura tarifária é um conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas.

5.3.17 TARIFA CONVENCIONAL

Esta modalidade é caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano.

5.3.18 TARIFA HORO-SAZONAL

Esta modalidade se caracteriza pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com os postos horários, horas de utilização do dia, e os períodos do ano, conforme especificação a seguir (VIANA, 2012):

- a. Tarifa Azul: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia;
- b. Tarifa Verde: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência;
- c. Horário de ponta (P);
- d. Horário fora de ponta (F);
- e. Período úmido (U);

f. Período seco (S).

5.3.19 CRITÉRIOS DE ENQUADRAMENTO

Os critérios de enquadramento na modalidade de tarifa convencional ou horo-sazonal aplicam-se às unidades consumidoras atendidas pelo Sistema Interligado Nacional – SIN conforme as condições apresentadas a seguir, estabelecidas na Resolução ANEEL nº 414.

I – na modalidade tarifária horo-sazonal azul, aquelas com tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV;

II - na modalidade tarifária horo-sazonal azul ou verde, de acordo com a opção do consumidor, aquelas com tensão de fornecimento inferior a 69kV e demanda contratada igual ou superior a 300 kW; e

III - na modalidade tarifária convencional, ou horo-sazonal azul ou verde, de acordo com a opção do consumidor, aquelas com tensão de fornecimento inferior a 69 kV e demanda contratada inferior a 300 kW.

5.3.20 FATURAMENTO

A Fatura de energia elétrica é a nota fiscal que apresenta a quantia total que deve ser paga pela prestação do serviço público de energia elétrica, referente a um período especificado, discriminando as parcelas correspondentes. O valor líquido da fatura é o valor em moeda corrente, resultante da aplicação das respectivas tarifas de fornecimento, sem incidência de imposto, sobre os componentes de consumo de energia elétrica ativa, de demanda de potência ativa, de uso do sistema, de consumo de energia elétrica e demanda de potência reativas excedentes. Para as unidades consumidoras do Grupo B, tem-se um valor mínimo faturável referente ao custo de disponibilidade do sistema elétrico, de acordo com os limites fixados por tipo de ligação.

Segundo a Resolução ANEEL no 414, a distribuidora deve efetuar as leituras

em intervalos de aproximadamente 30 (trinta) dias, observados o mínimo de 27 (vinte e sete) e o máximo de 33 (trinta e três) dias, de acordo com o calendário de leitura. A distribuidora é obrigada a instalar equipamentos de medição nas unidades consumidoras, exceto em casos especiais, definidos na legislação, como por exemplo, para fornecimento destinado para iluminação pública. O fator de potência da unidade consumidora, para efeito de faturamento, deverá ser verificado pela distribuidora por meio de medição permanente, de forma obrigatória para o grupo A e facultativa para o Grupo B.

5.4 ILUMINAÇÃO

A iluminação representa um parcela do consumo de energia elétrica relevante no estudo da eficiência energética. Dessa forma, é importante o conhecimento de alguns conceitos relacionados a ela.

5.4.1 FLUXO LUMINOSO (Φ)

“Fluxo luminoso é a quantidade de luz produzida pela lâmpada, emitida em todas as direções, que pode produzir estímulo visual. Unidade: lúmen – lm” (BORTONI et al., 2012).

5.4.2 ILUMINÂNCIA (E)

“A iluminância é definida como sendo o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada, ou ainda, em um ponto de uma superfície, a densidade superficial de fluxo luminoso recebido” (BORTONI et al., 2012).

A unidade de medida da iluminância é o lux (lx), que indica o fluxo luminoso incidente numa superfície por unidade de m², ou seja, lúmen/m², podendo ser medida através de um luxímetro. Para melhor compreensão, observe a equação 1:

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (1)$$

Onde:

E = Iluminância [lx];

ϕ = Fluxo Luminoso [lm];

A = Área [m²].

5.4.3 EFICIÊNCIA LUMINOSA (EL)

Eficiência luminosa é a relação entre o fluxo luminoso emitido e a potência consumida, sendo útil para verificar se uma lâmpada é mais ou menos eficiente do que outra (BORTONI et al, 2012). Para melhor compreensão, observe a equação 2 da eficiência luminosa:

$$\text{Eficiência Luminosa} = \frac{\text{Fluxo luminoso (lm)}}{\text{Potência consumida (w)}} \quad (2)$$

5.4.4 TIPOS DE LÂMPADAS

5.4.5 LÂMPADAS INCANDESCENTES COMUNS

“A iluminação incandescente resulta da incandescência de um fio percorrido por corrente elétrica, devido ao seu aquecimento, quando este é colocado no vácuo ou em meio gasoso apropriado” (BORTONI et al., 2012).

A vida mediana de uma lâmpada incandescente para uso geral é de 1000 horas e sua eficiência energética é baixa, pois a maior parte da energia consumida é transformada em calor, deixando a desejar se comparadas com outras lâmpadas (BORTONI et al., 2012).

5.4.6 LÂMPADAS HALÓGENAS

“As lâmpadas halógenas pertencem à família das lâmpadas incandescentes de construção especial, pois contêm halogênio adicionado ao gás criptônio dentro do bulbo, e funcionam sob o princípio de um ciclo regenerativo que tem como funções evitar o escurecimento, aumentar a vida mediana e a eficiência luminosa da lâmpada”

(BORTONI et al., 2012).

As lâmpadas halógenas possuem um bom Índice de Reprodução de Cor (IRC), obtendo mais precisão nas cores dos objetos. As lâmpadas halógenas são muito utilizadas em projetos de iluminação por proporcionarem uma luz focada e direcionada que valoriza o objeto ou o espaço iluminado. Possuem uma eficiência energética e uma vida útil maior que as lâmpadas halógenas comuns, porém é baixa quando comparadas com outros tipos de lâmpadas.

5.4.7 LÂMPADAS FLUORESCENTES

“São lâmpadas de descarga de baixa pressão, onde a luz é produzida por pós fluorescentes que são ativados pela radiação ultravioleta da descarga” (BORTONI et al., 2012).

As lâmpadas fluorescentes tubulares proporcionam iluminação mais intensa e, por isso, são indicadas para cozinha, lavanderias e escritórios.

5.4.8 LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS

“São lâmpadas fluorescentes de tamanho reduzidas, criadas para substituir com vantagens as lâmpadas incandescentes em várias aplicações. Estão disponíveis em várias formas e tamanhos, podendo vir com o conjunto de controle incorporado ou não, e ainda com bases tipo rosca ou pino” (BORTONI et al., 2012).

5.4.9 DIODOS EMISSORES DE LUZ (LED)

Os diodos emissores de luz (LEDs) são componentes semicondutores que convertem corrente elétrica em luz visível, gerando apenas uma cor que depende de tipo de material utilizado (BORTONI et al., 2012).

As lâmpadas de LED possuem alta eficiência luminosa e vida útil quando comparada com as lâmpadas incandescentes e fluorescentes utilizadas em residências. A GrennQualy (2015) afirma que as novas lâmpadas com tecnologia LED

estão sendo largamente utilizadas nas mais diversas aplicações pelo seu baixo consumo e principalmente pela sua vida útil, muitas vezes superior a uma lâmpada convencional, em alguns casos atingindo 25 vezes. O retorno do investimento é de curto prazo gerando uma economia considerável de energia elétrica e manutenções periódicas.

Figura 12 – Lâmpada Led.



Fonte: BORTONI et al. (2012).

5.5 CLIMATIZAÇÃO

A climatização dos ambientes envolve o condicionamento de ar, que é um processo que visa o controle simultâneo, num ambiente delimitado, da pureza, umidade, temperatura e movimentação do ar. Ao contrário do que ocorre com a ventilação, estes sistemas não dependem das condições climáticas exteriores. É indispensável em vários contextos como, por exemplo, ambientes de trabalho, visando aumentar o conforto do operário e conseqüentemente a produtividade.

Os sistemas de condicionamento de ar são responsáveis pela manutenção dos níveis de temperatura e umidade de um ambiente, de forma a atender as condições de conforto dos seus ocupantes ou às necessidades de um processo produtivo. O custo de operação destes sistemas pode ser bastante significativo em algumas indústrias e principalmente em edifícios comerciais.

Medidas para o uso racional de energia devem ser levadas em consideração durante o próprio projeto de uma nova edificação, porém a atualização tecnológica de instalações antigas é também uma excelente oportunidade para substituição de componentes e sistemas de condicionamento de ar. Equipamentos e componentes

mais eficientes poderão melhorar as condições de conforto na edificação, ao mesmo tempo em que consumirão menos energia.

5.5.1 PRINCIPAIS TIPOS DE CONDICIONADOR DE AR

O sistema de climatização mais elementar é, sem dúvida alguma, o condicionador de ar de janela. Estes aparelhos são dotados de compressor, condensador resfriado a ar, dispositivo de expansão, serpentina de resfriamento e desumidificação, do tipo expansão direta, filtros e ventiladores para circulação do ar condicionado e para resfriamento do condensador. Normalmente o aquecimento é feito por meio de uma bateria de resistências elétricas, muito embora possam existir aparelhos de janela que operam como bomba de calor, através da inversão do ciclo frigorífico. São normalmente encontrados com capacidade variando entre 7.500 a 30.000Btu/h. Estes equipamentos são compactos e não requerem instalação especial, são de fácil manutenção, não ocupam espaço interno (útil) e são relativamente baratos. No entanto possuem as seguintes desvantagens: pequena capacidade, maior nível de ruído, não são flexíveis, são menos eficientes, promovem a distribuição de ar a partir de ponto único e provocam alterações na fachada da edificação (Silva, 2003).

Outro tipo importante de condicionadores de ar são os *Splits* (divididos), que são equipamentos que, pela capacidade e características, aparecem logo após os condicionadores de janela. Estes aparelhos são constituídos em duas unidades divididas (evaporadora e condensadora), que devem ser interligadas por tubulações de cobre, através das quais circulará o fluido refrigerante. São aparelhos bastante versáteis, sendo produzidos com capacidade que variam de 7.500 a 60.000Btu/h (Silva, 2003).

Estes equipamentos são compactos e de fácil manutenção, tem grande versatilidade, não interferem nas fachadas, podem promover a distribuição do ar através de dutos ou não e também podem operar como bomba de calor (ciclo inverso). No entanto ainda possuem capacidade limitada, sua instalação requer procedimentos de vácuo e carga em campo e possuem custo inicial superior aos condicionadores de ar de janela (Silva, 2003).

5.5.2 EFICIÊNCIA DOS CONDICIONADORES DE AR

A eficiência de um sistema de ar condicionado depende, basicamente, da tecnologia de refrigeração empregada, do dimensionamento do sistema, da manutenção, dos hábitos de uso, das condições de isolamento térmica dos ambientes, dos equipamentos elétricos em operação, entre outros. As características intrínsecas do projeto são fundamentais para que, ao longo do tempo, as mesmas não se tornem fatores que venham a exigir recursos elevados durante a vida útil do projeto. Observe a equação 3:

$$EER = \frac{C}{P_{média}} \quad (3)$$

- EER em inglês - *Energy Efficiency Ratio* (taxa de eficiência energética);
- C – Capacidade de refrigeração do aparelho [Btu/h];
- P_{média} – Demanda média do aparelho [W].

Assim, quanto maior o EER, maior a eficiência do equipamento.

5.5.3 DESPERDÍCIO DOS CONDICIONADORES DE AR

Utilizar de maneira correta um sistema de refrigeração proporciona uma economia de energia e um aumento na vida útil dos aparelhos. Podem-se citar algumas fontes de desperdícios nos sistemas de ar condicionado, tais como:

- Dimensionamento do aparelho, em desacordo com a carga térmica;
- Obstrução do aparelho com cortina, armários;
- Aparelhos funcionando em ambientes desocupados;
- Portas e janelas abertas permitindo a entrada de ar quente;
- Falta de limpeza ou de troca periódica dos filtros de ar;
- Presença de fontes de calor como lâmpadas incandescentes, motores, fornos e estufas em ambientes refrigerados.

5.5.4 MEDIDAS RELATIVAS AO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

As melhorias relativas ao sistema de condicionamento de ar podem ser divididas em duas classes:

Operação do sistema:

- Estudar e otimizar o horário de partida e parada dos sistemas de climatização;
- Desligar todos os sistemas quando não vão realmente ser utilizados;
- Ajustar a temperatura de acordo com as necessidades reais da aplicação.

Manutenção do sistema:

- Reparar todos os isolamentos em mau estado de conservação;
- Manter limpos os filtros;
- Identificar e reparar todas as fugas de fluidos existentes (ar, refrigerante);
- Manter livre a entrada de ar do condensador.

5.6 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Energia solar é a energia renovável, produzida pela luz e o calor do sol, e pode ser usada por diversas tecnologias em constante evolução, considerada uma fonte de energia limpa e renovável, é a fonte de produção de energia que mais cresce no mundo (VILLALVA,2017).

O sol é uma fonte de energia primordial e abundante na Terra. Pinho e Galdino (2014) ressaltam que, a radiação solar, além de inesgotável, detém enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outros tipos de energia.

O Brasil é um país situado na sua maior parte na região inter-tropical e detém grande potencial de energia solar durante todo o período do ano. Possui alto índice médio diário de radiação solar, chegando a mais de 5kWh/m² por dia em algumas regiões (Agência, 2005). O Rio de Janeiro, segundo Zilles et al. (2012), apresenta uma disponibilidade anual de 1.758 kWh/m² ou diária de 4,82 kWh/m², aproximadamente.

A região menos ensolarada do Brasil recebe um índice de radiação solar 40%

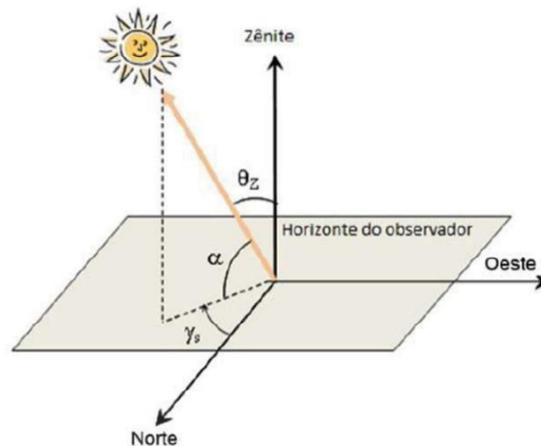
maior do que a região mais ensolarada da Alemanha, que é um dos países líderes no uso de energia solar no mundo.

Os fatores básicos que afetam a tomada de decisão da instalação de um sistema de geração solar são os fatores climáticos (irradiação solar, ventos, tempestades de granizo, neve, entre outros), a viabilidade financeira considerando o tipo de geração solar, a quantidade de energia utilizada e a área disponível para a instalação.

De acordo com CEPEL – CRESESB (2014), as relações geométricas entre os raios solares, que variam de acordo com o movimento aparente do Sol e a superfície terrestre, são descritas através de vários ângulos, os quais estão apresentados na Figura 13 e Figura 14 e definidos a seguir:

- a) Ângulo Zenital (θ_z): ângulo formado entre os raios do Sol e a vertical local (Zênite);
- b) Altura ou Elevação Solar (α): ângulo compreendido entre os raios do Sol e a projeção dos mesmos sobre o plano horizontal (horizonte do observador);
- c) Ângulo Azimutal do Sol (Y_s): também chamado azimute solar, é o ângulo entre a projeção dos raios solares no plano horizontal e a direção Norte-Sul (horizonte do observador). O deslocamento angular é tomado a partir do Norte (0°) geográfico, sendo, por convenção, positivo quando a projeção se encontrar à direita do Sul (a Leste) e negativo quando se encontrar à esquerda (a Oeste);
- d) Ângulo Azimutal da Superfície (Y): ângulo entre a projeção da normal à superfície no plano horizontal e a direção Norte-Sul. Obedece às mesmas convenções do azimute solar;
- e) Inclinação da superfície de captação (β): ângulo entre o plano da superfície em questão e o plano horizontal [0° 90°];
- f) Ângulo de incidência (θ): ângulo formado entre os raios do Sol e a normal à superfície de captação.

Figura 13 - Relações geométricas entre os raios solares a superfície terrestre.



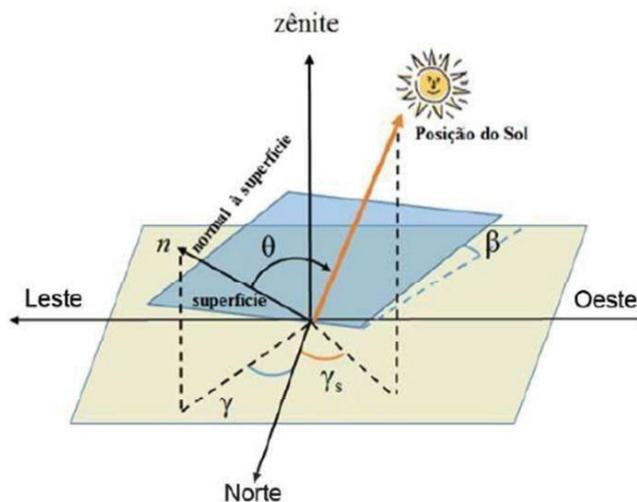
Fonte: CEPEL-CRESESB, 2014.

Parte da energia solar que chega à Terra, bate na atmosfera e nas nuvens e retorna para o espaço. Considerando a radiação solar que chega à superfície terrestre e incide sobre uma superfície receptora para geração de energia, tem-se que ela é constituída por uma componente direta (ou de feixe) e por uma componente difusa.

A radiação direta é aquela que provém diretamente da direção do Sol e produz sombras nítidas. Em outras palavras, é a fração da radiação solar que atravessa a atmosfera terrestre sem sofrer qualquer alteração em sua direção original. A difusa é aquela proveniente de todas as direções e que atinge a superfície após sofrer espalhamento pela atmosfera terrestre. Destaca-se que ainda que o dia esteja totalmente sem nuvens, pelo menos 20 % da radiação que atinge a superfície é difusa. Já em um dia totalmente nublado, não há radiação direta, e 100 % da radiação é difusa.

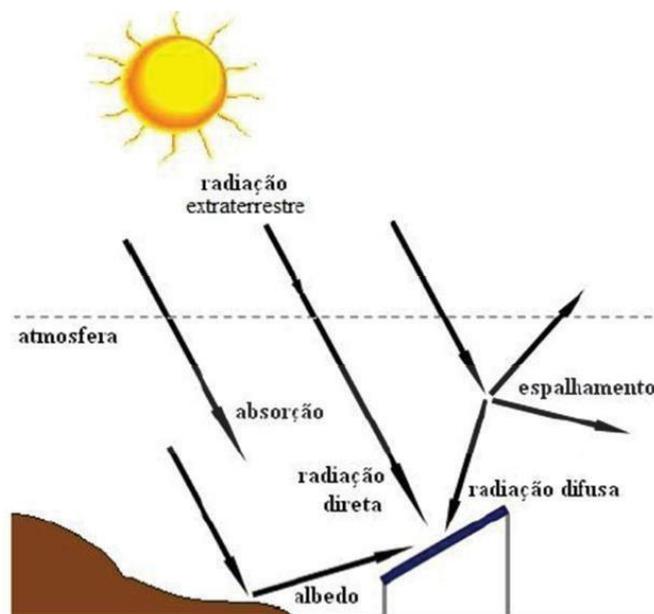
Como pode ser visto na Figura 13, se a superfície estiver inclinada com relação à horizontal, haverá uma terceira componente refletida pelo ambiente do entorno (solo, vegetação, obstáculos, terrenos rochosos, etc.). O coeficiente de reflexão destas superfícies é denominado de “albedo” e quanto maior o seu valor, maior será o valor da irradiância no plano inclinado.

Figura 14 - Outras relações geométricas.



Fonte: CEPEL-CRESESB, 2014.

Figura 15 – Componentes da radiação solar.



Fonte: CEPEL-CRESESB, 2014.

A Figura 15 mostra a distribuição espacial da irradiância solar média anual (W/m^2) que incide sobre a superfície da Terra. Esses dados foram estimados com suporte em imagens de satélites meteorológicos obtidos no período de 1990 a 2004. Para aferir, a partir destes dados, a irradiação solar na base temporal diária média

anual, em kWh/m².dia, deve-se multiplicar o valor registrado por 24h.

A exploração dessa energia gerada pelo Sol se apresenta como uma das alternativas mais promissoras para o desenvolvimento da sociedade no que concerne à sua demanda energética. É importante ressaltar que o Sol é responsável pela origem de praticamente todas as fontes de energia na Terra, no entanto a proposta desse trabalho é apresentar um projeto de aproveitamento de umas das formas de energia solar direta.

A energia solar direta é dividida em cinco grandes grupos:

- a) Passiva, onde se insere a arquitetura bioclimática;
- b) Ativa, onde se insere o aquecimento e refrigeração solares;
- c) Fotovoltaica, para produção de energia elétrica;
- d) Geração de energia elétrica a partir de concentradores solares térmicos para altas temperaturas;
- e) Produção de hidrogênio, oxigênio e monóxido de carbono através de um processo inspirado na fotossíntese (IPCC, 2012).

5.6.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Energia solar fotovoltaica, é uma fonte de energia renovável em eletricidade, as células solares convertem a energia solar, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede, disseminados na forma de micro e mini usinas de eletricidade, permitem aumentar a oferta de energia elétrica ao mesmo tempo contribuir para a manutenção da característica renovável de nossa matriz energética, em regiões urbanas em que é ligado diretamente à rede elétrica de baixa tensão, produz eletricidade e reduz o valor no custo da geração de energia o que atrai o consumidor final. (VILLALVA,2017).

Além do aumento da disponibilidade elétrica e os benefícios ambientais pois o processo de geração de energia solar, não gera resíduos, e o desenvolvimento

tecnológico da energia solar, além de movimentar a economia nacional, também gera muitos empregos, gerando profissionais capacitados, além de que a utilização deste meio de geração de energia renovável, por não liberar calor residual, não altera o equilíbrio da biosfera, não envolve queima de combustível, não gera nenhum tipo de poluição, tem vida útil superior a 20 anos, exige o mínimo de manutenção, sua instalação é muito simples e fácil, não causa impacto no meio ambiente e evita por completo o efeito estufa. (VILLALVA,2017).

5.6.2 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

As células fotovoltaicas são dispositivos formados por material semicondutor, que transformam energia luminosa, proveniente do sol ou de outra fonte de luz, em energia elétrica. Os semicondutores se caracterizam pela presença de duas bandas de energia: a banda de valência (onde existe a presença de elétrons) e a banda de condução (totalmente “vazia”, onde não existem elétrons).

O semicondutor mais usado na fabricação das células é o silício. Seus átomos caracterizam-se por possuírem quatro elétrons, que se interligam, e formam uma rede cristalina. Ao se vincularem a átomos, como o fósforo, por exemplo, que possui cinco elétrons de ligação, haverá um elétron em excesso que não poderá ser emparelhado, e permanecerá sozinho. Este elétron isolado possuirá uma fraca ligação com o átomo de origem, bastando um pouco de energia térmica, para que o mesmo se livre, e migre para a banda de condução. Diz-se assim, que o fósforo é um dopante doador de elétrons e denomina-se dopante N ou impureza N.

Pode-se introduzir também, átomos com apenas três elétrons de ligação, como, por exemplo, o boro. Neste caso, faltará um elétron para satisfazer as ligações com os átomos de silício da rede. Esta falta de elétron é denominada buraco ou lacuna e, com pouca energia térmica, um elétron de um espaço vizinho pode passar a esta posição, fazendo com que o buraco se desloque. Desta forma, denomina-se o boro como um aceitador de elétrons ou um dopante P.

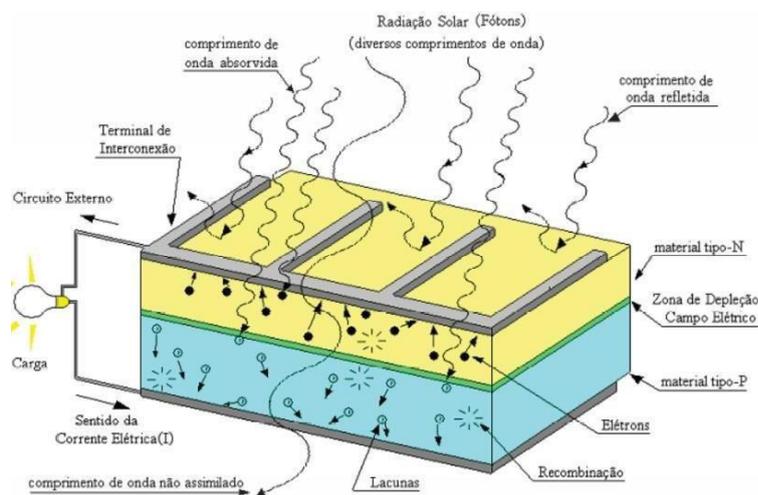
Colocando-se átomos de boro em uma metade de um silício puro e átomos de fósforo na outra metade, será formado o que se chama junção PN. Nessa junção, elétrons livres do lado N passam para o lado P, onde encontram os buracos que os

capturam. Esse fato acarreta em um acúmulo de elétrons no lado P, tornando-o negativamente carregado e uma redução de elétrons do lado N, que o faz eletricamente positivo. Essas cargas aprisionadas dão origem a um campo elétrico permanente que dificulta a passagem de mais elétrons do lado N para o lado P. Esse processo alcança um equilíbrio quando o campo elétrico forma uma barreira capaz de barrar os elétrons livres remanescentes no lado N.

Se uma junção PN for exposta a fótons com energia maior que a energia de gap (energia mínima necessária para que um elétron se desloque da banda de valência à banda de condução), ocorrerá a geração de pares de elétrons e lacunas. Se isso acontecer na região onde o campo elétrico é diferente de zero, as cargas serão aceleradas, e conseqüentemente haverá uma corrente através da junção. O efeito fotovoltaico é esse deslocamento de cargas, ocasionado por uma diferença de potencial. Portanto, se as duas extremidades do silício fossem conectadas por um fio, haveria uma circulação de elétrons (CEPEL-CRESESB, 2014).

Na figura 16 tem-se a ilustração da estrutura de uma célula.

Figura 16 - Representação de uma célula fotovoltaica.



Fonte: GHENSEV, 2006.

5.6.3 PRINCIPAIS TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

5.6.4 CÉLULA DE SILÍCIOMONOCRISTALINO

As células de silício monocristalino são feitas a partir de um único cristal de silício, mergulhado em silício fundido, esse processo é conhecido como método de Czochralski (MACHADO; MIRANDA, 2014). Nesse processo, uma determinada quantidade de silício é fundida em um cadinho de quartzo. Uma “semente” (cristal de quartzo) de orientação conhecida, com temperatura controlada, é colocada em contato com o material fundido. O sistema é puxado lentamente formando um lingote de silício monocristalino (BELOTO, 1983).

O lingote de silício monocristalino, é constituído de uma estrutura cristalina única e possui uma estrutura molecular homogênea. O cilindro é cortado em fatias finas, com aproximadamente $300\ \mu\text{m}$. Esse material fino, posteriormente é submetido a dopagem, onde recebem através de um processo químico impurezas que vão proporcionar a camada tipo P ou N (BRAGA, 2008). A eficiência do módulo representa o percentual máximo da energia total que atinge a superfície do módulo, na forma de radiação, que pode ser efetivamente convertida pelas células fotovoltaicas.

O valor da eficiência é fornecido pelos fabricantes para uma condição padrão de teste, onde a potência nominal dos módulos atinge o respectivo valor, quando submetido a uma radiação de $1000\ \text{W}/\text{m}^2$. A eficiência média das células fotovoltaicas produzidas industrialmente pelo método de Czochralski é de 16,5%, mas possuem um custo de produção mais elevado. A Figura 17 mostra uma célula já acabada, em um tom azulado escuro e uniforme.

Figura 17 – Célula de silício monocristalino.

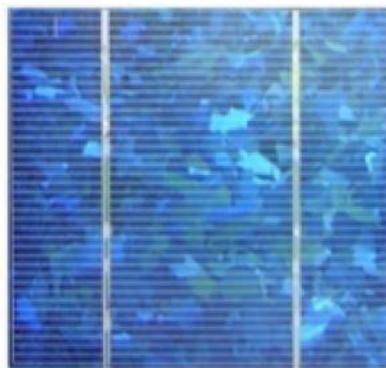


Fonte: (CEPEL, 2010).

5.6.5 CÉLULA DE SILÍCIO POLICRISTALINO

O lingote de silício policristalino é formado por um aglomerado de pequenos cristais, com tamanhos e orientações diferentes (VILLALVA, 2015). As células de silício policristalino, não passam pelo processo de Czochralski. Nesse caso o silício de alta pureza em estado fundente é resfriado, formando vários cristais (MACHADO; MIRANDA, 2014), como é possível ver na Figura 18. Segundo CRESESB 2014 as células de silício policristalino têm eficiência entre 14,5% e 16,2%.

Figura 18 – Célula de silício policristalino.



Fonte: (CEPEL, 2010).

5.6.6 FILMES FINOS

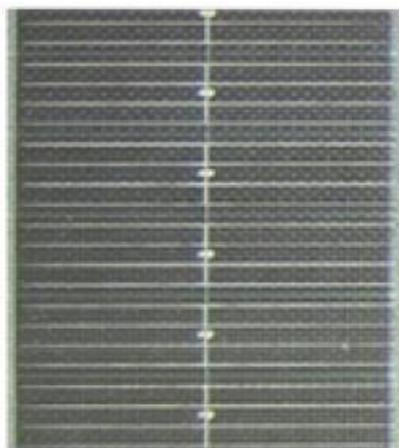
Os módulos de filmes finos são construídos através da deposição de uma fina camada de material sobre um substrato de baixo custo, tais como vidro, aço inox ou plástico. As células de filme fino, não são limitadas ao tamanho do lingote como ocorre nas formações cristalinas, mas sim na dimensão do substrato. Quando o material fotossensível é depositado sobre uma superfície plástica, o módulo se torna flexível (BARBOSA et al., 2014).

A temperatura de fabricação dos filmes finos estão entre 200 °C e 500 °C, em oposição as temperaturas de até 1500 °C necessários para a fabricação de células cristalinas. Portanto, além de consumir menos matéria prima, os filmes finos consomem menos energia em sua fabricação, tornando-se uma tecnologia de custo baixo (VILLALVA, 2015).

O silício amorfo, é um tipo de módulo de filme fino. A grande desvantagem desses módulos é a baixa eficiência comparados as estruturas cristalinas. A célula

amorfa, disponível na Figura 19, tem eficiência entre 5% e 10%, além disso, sua eficiência reduz durante os primeiros 6 a 12 meses de funcionamento, devido a degradação induzida, até chegar a um valor estável (VILLALVA, 2015). O tempo de vida dessas células é mais curto, chegando a 10 anos, comparado aos 25 anos que podem chegar as cristalinas. Apesar das desvantagens citadas, as células possuem um custo de fabricação mais baixo e podem ser fabricadas em grandes áreas.

Figura 19 – Célula de silício amorfo.

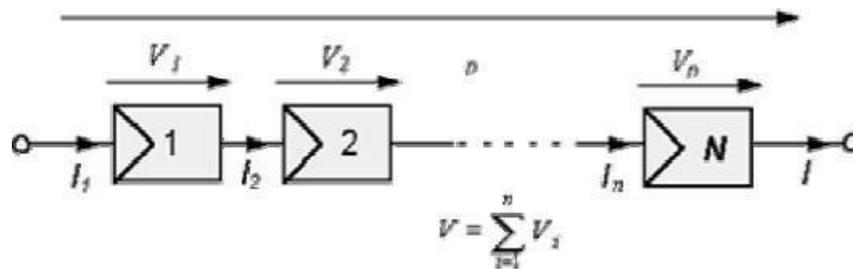


Fonte: (CEPEL, 2010).

5.6.7 FUNCIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Os painéis ou módulos fotovoltaicos, são formados pelo agrupamento de células conectadas. Uma célula consegue fornecer uma tensão de aproximadamente 0,6V. Para produzir módulos capazes de produzir tensões maiores, os fabricantes as agrupam em série. A Figura 20 mostra esse tipo de agrupamento, que vai depender da tensão elétrica desejada. Em que a tensão total é obtida através da soma das tensões de cada célula.

Figura 20 - Associação em série de células fotovoltaicas.



Fonte: (BRAGA, 2008).

5.6.8 CARACTERÍSTICAS DOS MÓDULOS

A potência dos módulos é expressa em Watt-pico (Wp). Essa informação é obtida através de testes laboratoriais, com nível de irradiância controlado em $1000\text{W}/\text{m}^2$ e temperatura de 25°C . Entretanto, existem outras características elétricas importantes que melhor caracterizam a funcionalidade do módulo. Sendo as principais (PINHO; GALDINO, 2014):

- Tensão de circuito aberto (V_{oc}): A tensão de circuito aberta, simbolizada como V_{oc} , que vem do inglês OC = Open Circuit, que significa circuito aberto. Esse é o valor de tensão em volts que o módulo fornece nos seus terminais quando desconectados.
- Corrente de curto-circuito (I_{sc}): A corrente de curto circuito é simbolizada como I_{sc} , sendo SC = Short Circuit (curto circuito). É a corrente elétrica medida quando os terminais dos módulos estão conectados entre si. Esse valor é importante para o dimensionamento do sistema, pois é a corrente máxima que o módulo vai fornecer sobre qualquer hipótese.
- Potência de pico (P_{mp}): A potência de pico é o valor máximo que o módulo é capaz de produzir. Corresponde ao ponto no qual a curva $I \times V$ é máximo.
- Eficiência do módulo (η_p): No Brasil os módulos são certificados e avaliados pelo INMETRO. A eficiência é dada pela equação 4:

$$\eta p = \frac{P_{max}}{A_p \times 1000} \quad (4)$$

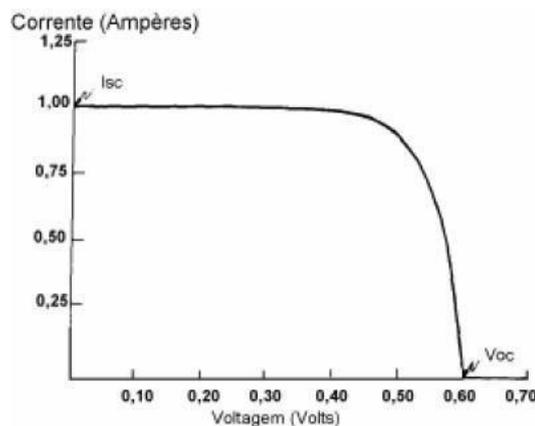
Onde,

P_{max} é a potência máxima ou pico do módulo [W] e A_p é a área do módulo [m_2]. Na fórmula apresentada o número 1000 corresponde à taxa de radiação solar padronizada de $1000W/m_2$ (VILLALVA, 2015).

5.6.9 CURVA CARACTERÍSTICA I X V

O valor de tensão e corrente do módulo variam de acordo com a condição de operação. Essas medidas podem ser plotadas em gráfico, para isto, basta variar as condições de carga. Os valores plotados no gráfico e unidos por uma linha dá origem a ao que é chamado de Curva Característica I x V (PINHO; GALDINO, 2014), disponível na Figura 21.

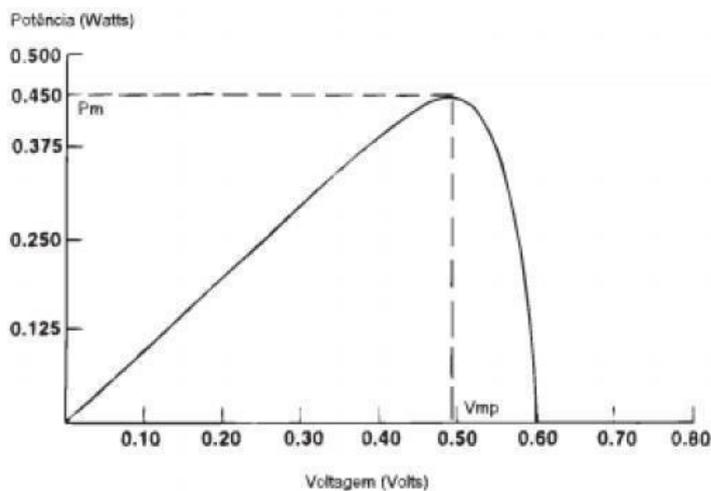
Figura 21 – Curva característica I x V de uma célula de silício.



Fonte: (PINHO; GALDINO, 2014).

Para cada ponto da curva IxV, existe um ponto de máxima potência gerada para aquela condição de operação. A Figura 22, mostra o ponto de máxima potência que pode ser alcançado por uma célula. Além disso, vale destacar que para as condições de circuito aberto e curto circuito, não há geração de potência, pois, nesses casos a corrente ou tensão são zero, respectivamente.

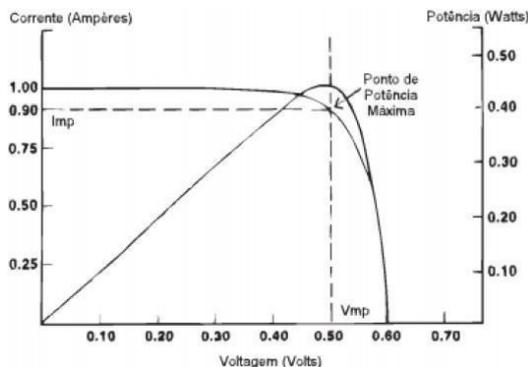
Figura 22 – Curva típica de potência versus tensão.



Fonte: (PINHO; GALDINO, 2014).

A Figura 23, mostra a curva característica $I \times V$ superposta à curva de potência para análise dos parâmetros.

Figura 23 – Parâmetros de máxima potência.



Fonte: (PINHO; GALDINO, 2014).

5.6.10 FATORES QUE AFETAM O FUNCIONAMENTO DOS MÓDULOS

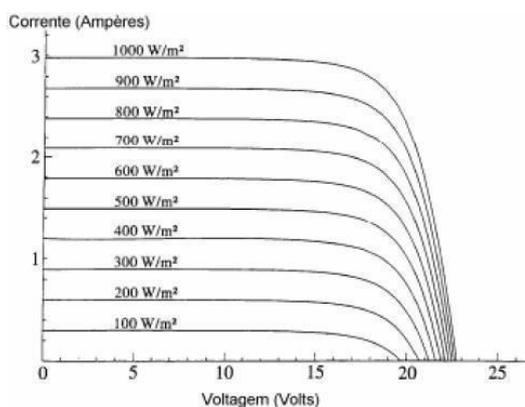
O desempenho dos painéis é influenciado pela temperatura e irradiância que incide sobre as células fotovoltaicas. As condições padrões de teste, em que são plotadas as curvas características dos módulos, são definidas como uma irradiância de $1000\text{W}/\text{m}^2$ (radiação recebida na superfície da terra em um dia sem nuvens ao

meio dia) e a uma temperatura de 25°C. Além desses fatores, o sombreamento sobre apenas uma célula pode fazer com que o módulo fotovoltaico deixe de produzir energia.

5.6.11 IRRADIÂNCIA

A potência gerada pelos módulos depende diretamente ao fluxo de fótons que incide sobre a superfície das células. O movimento do sol faz com que a radiação recebida pelas placas seja diferente ao decorrer das horas do dia e à mudança de estações, pois o sol vai estar mais próximo ou mais distante da superfície da Terra. O movimento pode ser acompanhado pelos painéis através de seguidores (ou *trackers*), mas por possuírem um custo elevado, não é utilizado em instalações residenciais. Nesses casos, é fundamental que seja ajustada a inclinação de acordo com a latitude local e escolher uma face do telhado que esteja posicionada mais próximo ao ponto cardeal norte. A Figura 24, mostra a influência da irradiância na operação dos módulos.

Figura 24 – Influência da radiação solar na operação do módulo.



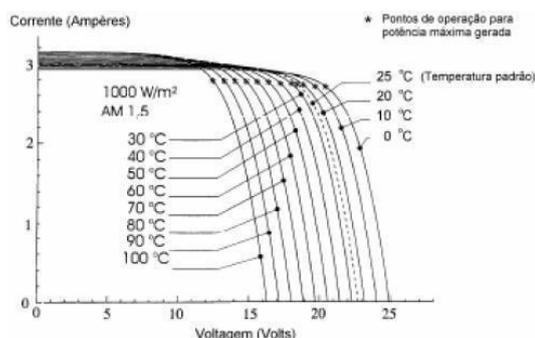
Fonte: (BRAGA, 2008).

5.6.12 TEMPERATURA

A temperatura tem influência na tensão que o módulo fornece em seus terminais e conseqüentemente a sua potência produzida (VILLALVA, 2015). A

corrente fornecida pelo módulo quase não se altera com a variação de temperatura, em contrapartida, a tensão sofre uma queda significativa com o aumento de temperatura, ocasionando uma redução na potência fornecida pelo módulo, tendo em vista que a potência é o produto entre tensão e corrente. A Figura 25, mostra as curvas para diferentes valores de temperatura.

Figura 25 – Influência da temperatura na operação de um módulo fotovoltaico.

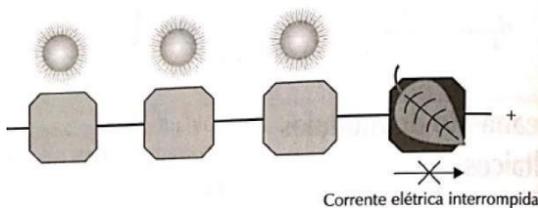


Fonte: (BRAGA, 2008).

5.6.13 SOMBREAMENTO

A intensidade da corrente elétrica produzida por uma célula fotovoltaica é diretamente proporcional à intensidade de radiação que incide sobre ela (VILLALVA, 2015). As células do módulo fotovoltaico, por estarem conectadas em série, dependem umas das outras para produzir corrente. O efeito do sombreamento ocorre quando uma ou mais células recebem pouca ou nenhuma luz, impedindo a passagem da corrente das outras células. A Figura 26, é uma situação comum, em que uma célula é obstruída por uma folha, interrompendo a produção de toda aquele conjunto.

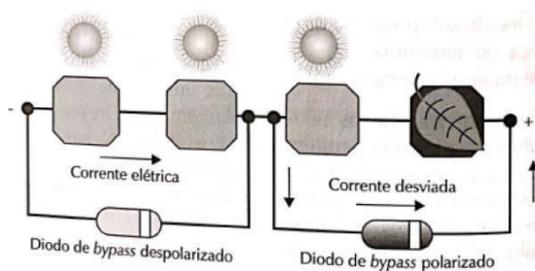
Figura 26 – Módulo fotovoltaico sobre o efeito de uma sombra.



Fonte: (VILLALVA, 2015).

O diodo de *by-pass* é uma das formas de minimizar o efeito do sombreamento nos módulos fotovoltaicos. Esse dispositivo, é ligado em paralelo com as células. A condição ideal seria ligar um diodo por célula, mas financeiramente não é viável, com isso, os fabricantes usam para um grupo de células, como mostra a Figura 27.

Figura 27 – Módulo Fotovoltaico com sombra em uma célula com diodo *by-pass*.



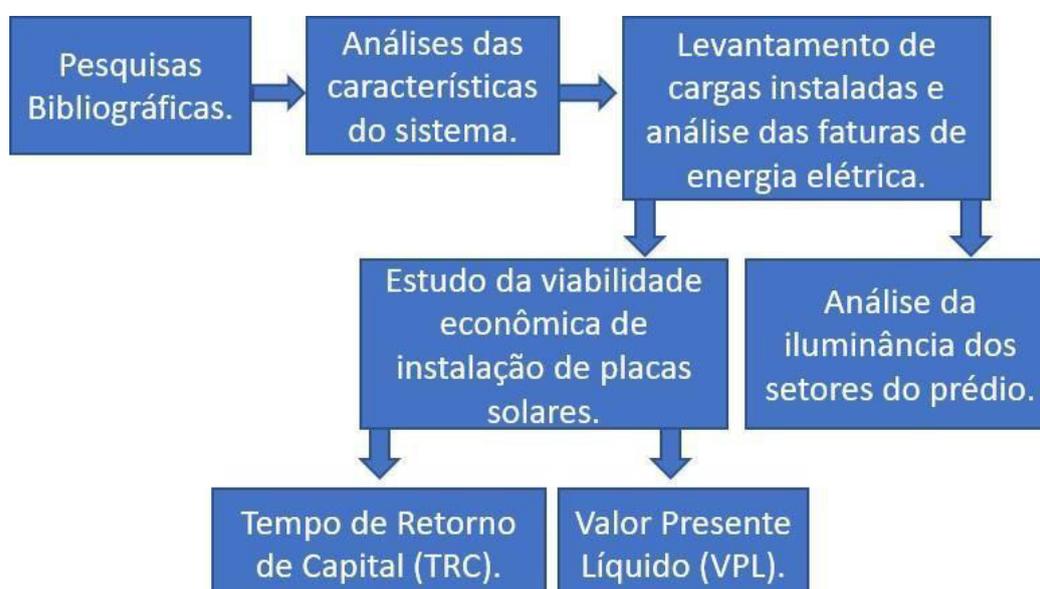
Fonte: (VILLALVA, 2015).

6. METODOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO

O primeiro passo deste trabalho de pesquisa é a realização de pesquisas bibliográficas nas áreas de Eficiência Energética, normas regulamentadoras sobre eficiência e sobre segmentos do sistema elétrico que podem sofrer mudanças para a redução do consumo de energia elétrica, pesquisas realizadas nessa área, instalações elétricas prediais, guias e manuais técnicos de equipamentos eficientes energeticamente e estrutura tarifária baseada na norma regulamentadora brasileira, energia solar fotovoltaica e iluminação.

Após as pesquisas bibliográficas, os próximos passos são análise das características do sistema por meio do levantamento de cargas instaladas no prédio e análise das tarifas de energia elétrica. Além das análises das características do sistema, medição da intensidade de iluminância nos setores do prédio e análise da instalação de placas solares. Por fim, haverá a etapa de avaliação econômica onde serão utilizados métodos de análise de investimentos: Valor Presente Líquido (VPL) e Tempo de Retorno de Capital (TRC) e, conforme os resultados obtidos, serão apresentadas propostas visando à melhoria da eficiência energética do prédio. Na figura 28, pode-se observar o diagrama da metodologia deste trabalho.

Figura 28 – Metodologia do trabalho.



Fonte: Próprio Autor.

6.1 LEVANTAMENTO DAS CARGAS INSTALADAS

Ao iniciar o estudo de eficiência energética de uma edificação, é necessário realizar o levantamento de cargas instaladas para conhecer que tipos de equipamentos estão em funcionamento no prédio, a quantidade de horas e o horário em que são utilizados, além da potência consumida por cada equipamento individualmente a qual determina a parcela de consumo que cada um possui no total de consumo de energia elétrica na edificação.

O ideal é a utilização de tabelas para o levantamento de cargas, divididas por segmentos do sistema elétrico do prédio (como por exemplo iluminação e refrigeração) e esses segmentos subdivididos por características de cada equipamento (como por exemplo tipos de equipamentos e quantidades).

Para a obtenção de dados e preenchimento das tabelas, será realizada uma inspeção visual das placas de especificação, conforme pode ser verificado um exemplo na figura 29, ou manuais de especificação de cada equipamento, podendo haver também a utilização de equipamentos de medição elétrica.

Figura 29 – Placa de especificação de um Ar-Condicionado.

ELGIN		PRODUZIDO NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS  CORREÇA A AMAZÔNIA
SISTEMA SPLIT PISO / TETO - FRIO		
MODELO	PEFI48B2NA	
CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO	14064 W (48000 Btu/h)	
ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA	220 V ~ 60Hz	
NOTA: AS DEMAIS INFORMAÇÕES ENCONTRAM-SE NO MANUAL E/OU NA ETIQUETA DA UNIDADE EXTERNA.		
Nº SÉRIE:		
I.O. Nº:		
198090524600		

Fonte: Próprio Autor.

6.2 ANÁLISE DA TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA

Nessa etapa, serão utilizadas as tarifas mensais de energia elétrica dos últimos doze meses. A partir das análises das faturas, é possível verificar em quais meses há um maior consumo de energia elétrica no prédio em estudo, além de verificar quais fatores estão causando custos adicionais devido a penalizações previstas na legislação que tratam sobre a composição e cobrança da tarifa de energia elétrica.

Para analisar a fatura de energia de um local, primeiro é verificada a existência de penalizações com consumo de energia reativa. Em seguida deve-se verificar se a demanda contratada está adequada para a demanda medida do mês de análise e se está adequada observando o histórico de demanda medida dos últimos 12 meses.

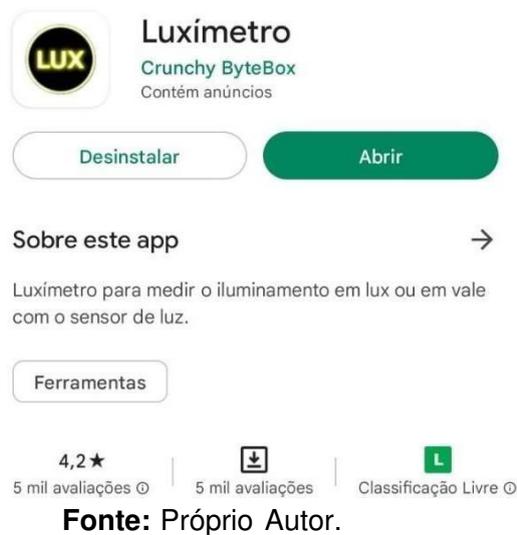
Realizando dessa forma a análise é possível identificar todos os problemas que podem conter uma fatura de energia elétrica para propor soluções.

Além disso, a análise das faturas é de suma importância para o estudo de instalação de placas solares no prédio, porque a partir delas é verificado o consumo mensal precisamente e, a partir desse dado, é possível verificar a quantidade de placas solares necessárias.

6.3 ESTUDO LUMINOTÉCNICO

Para o desenvolvimento do estudo luminotécnico, será tomada como base a norma NBR ISO/CIE 8995-1 de 2013, a qual determina os níveis de iluminação adequados para o ambientes de trabalho interno. A partir de então, para verificar o grau de iluminância (lx), será utilizado o aplicativo Luxímetro, disponível na plataforma *Play Store* para dispositivos que utilizam o sistema *Android*, conforme pode ser verificado na figura 30.

Figura 30 – Aplicativo utilizado para medir a iluminância.



A partir do sensor do dispositivo celular, é captada a intensidade da iluminância (lx). O aplicativo já fornece o valor na unidade lx, conforme pode ser verificado na figura 31.

Figura 31 – Aplicativo em funcionamento.



Para a realização da medição da intensidade da iluminância nos setores do prédio e posteriormente a análise, o primeiro passo é definir o tipo de ambiente no qual o prédio se enquadra. Para o prédio do IBGE, o trabalho desenvolvido pelos funcionários melhor se enquadra como trabalho de escritório. Dessa forma, a norma define que para escritório com local de trabalho conhecido, a altura assumida da mesa de trabalho é equivalente a 0,75m, isto é, a altura em que se deve posicionar o celular para se realizar as medições.

Realizadas as medições, os dados serão reunidos numa tabela para se realizar a análise do melhor modo. Para se analisar a iluminância ideal do ambiente, a norma apresenta a tabela 2.

Tabela 2 – Especificações de Iluminância para escritórios.

22. Escritórios	
Arquivamento, cópia, circulação etc.	300
Escrever, teclar, ler, processar dados	500
Desenho técnico	750
Estações de projeto assistido por computador	500
Salas de reunião e conferência	500
Recepção	300
Arquivos	200

Fonte: (NBR ISO/CIE 8995, 2013).

Conforme as atividades desenvolvidas no escritório, a norma define a iluminância adequada. Para o caso do IBGE, as atividades se adequam mais a “Arquivamento, cópia, circulação etc.”, ou seja, o ideal é que os setores do IBGE apresentem um grau de iluminância de 300 lux. Além disso, a norma determina que a iluminância medida não pode ser inferior a 70% do valor indicado na norma, isto é, para o prédio do IBGE, não pode ser inferior a 210 lux.

6.4 ESTUDO DE INSTALAÇÃO DAS PLACAS SOLARES

Para analisar a instalação de placas solares, vários aspectos são levados em

consideração. Primeiramente é importante entender em qual tipo de consumidor o prédio do IBGE se encaixa, o que pode ser verificado a partir da análise da fatura de energia elétrica. Além disso, verificar qual o consumo mensal médio do prédio que deverá ser suprido pelas placas solares. Feito isso, outro dado relevante é a área do telhado disponível para a instalação dos painéis solares.

Por fim, sob posse das informações necessárias, será realizado o orçamento do valor para a implementação dessa instalação de placas solares e, em conclusão, será realizada a análise econômica a partir dos métodos de Tempo de Retorno de Capital e Valor Presente Líquido.

7. RESULTADOS

7.1 ANÁLISE DA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA

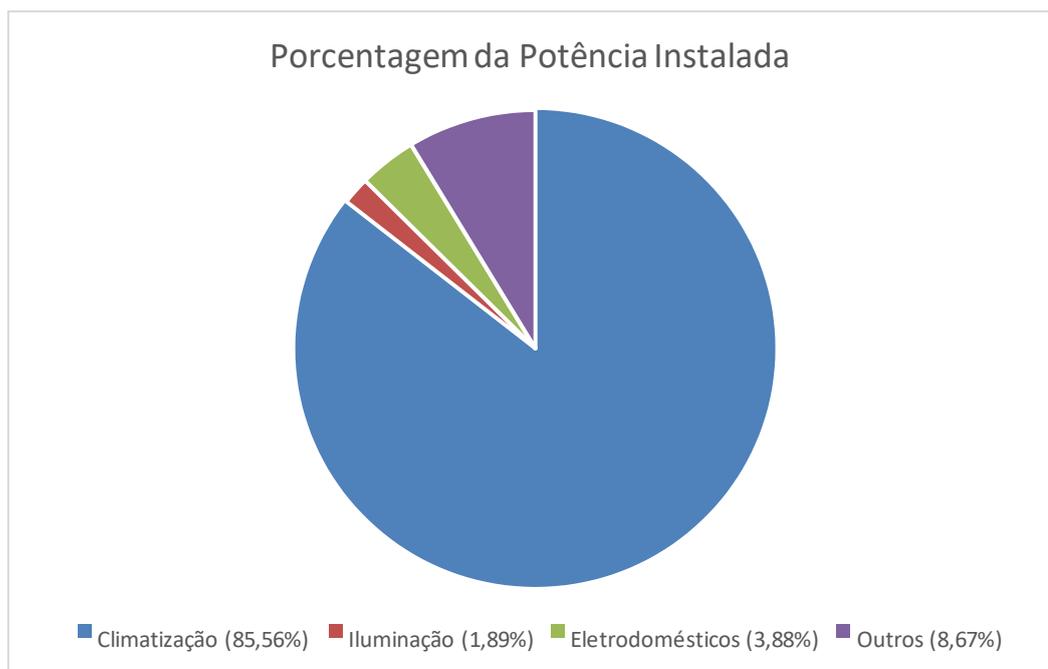
A partir da análise da fatura de energia elétrica, é possível verificar várias situações que podem ou não ser corrigidas visando à eficiência energética do prédio. Primeiramente, é importante classificar o tipo de enquadramento tarifário do imóvel. O prédio do IBGE é caracterizado como consumidor do grupo A, tendo como modalidade tarifária a horo-sazonal verde. Possui tensão contratada 220/127 e demanda contratada de 105 kW, que representa um valor fixo na fatura de energia elétrica, e, além disso, paga um valor variável a depender do consumo de ponta e fora de ponta no mês.

Feito o enquadramento tarifário do prédio, um dos aspectos mais importantes a ser verificado é se há energia reativa presente que, no caso, não há, ou seja, isso representa um aspecto muito importante do ponto de vista energético, pois se houvesse presença de energia reativa, o prédio seria passível de penalizações. Dessa forma, fica claro mais um ponto positivo do prédio quanto ao assunto de eficiência energética.

7.2 ANÁLISE DA POTÊNCIA INSTALADA

O levantamento de carga instalada realizado permitiu determinar a potência instalada de cada grupo do sistema (iluminação, eletrodomésticos, climatização e outros) e tornou possível calcular quanto os segmentos de iluminação, eletrodomésticos e climatização influenciam no consumo de energia elétrica por mês. A tabela com todos os equipamentos do prédio pode ser verificada no apêndice A. Dessa forma, estabeleceu-se o panorama atual de cada segmento e pode-se determinar conforme o gráfico da figura 32 a parcela que representa cada segmento na potência instalada do prédio do IBGE.

Figura 32 - Parcela de potência instalada de cada segmento.



Fonte: Próprio Autor.

Conforme pode ser visto no gráfico, atualmente a maior parcela na composição da potência instalada e, conseqüentemente, na composição tarifária é do setor de climatização. Esse valor representa uma parcela de 85,56% da potência instalada, seguida pela segunda maior parcela que é o item denominado outros, composto por, principalmente, computadores e impressoras. Na sequência vêm eletrodomésticos e iluminação.

Analisando os valores gráficos, fica claro que a maior parte da potência instalada no prédio é proveniente dos condicionadores de ar, que são equipamentos de extrema importância para manter o conforto no ambiente de trabalho. Desse modo, em termos de análise de eficiência energética, o principal foco para reduzir custos com fatura de energia elétrica recai sobre a climatização.

Em relação aos condicionadores de ar utilizados no prédio do IBGE, após uma análise minuciosa de cada um dos aparelhos, foi observado que todos apresentam Selo Procel de eficiência energética, ou seja, estão dentro do padrão do que há de mais eficiente atualmente, não havendo, portanto, medidas a serem tomadas como, por exemplo, substituição dos mesmos.

Assim, a medida que deve ser adotada é a utilização consciente dos condicionadores de ar pelos funcionários do IBGE, de forma que esses equipamentos

só sejam utilizados quando de fato necessário.

Analisando-se as demais parcelas de potências instaladas, é importante ressaltar o setor de iluminação, o qual é composto praticamente apenas por lâmpadas do tipo LED, isto é, o que se tem de mais eficiente energeticamente no mercado atual. Além disso, o prédio em estudo faz grande uso da iluminação natural, tendo em vista o uso difundido de janelas de vidro na lateral do prédio.

Portanto, fica evidente mais um ponto positivo do prédio, fortalecendo a ideia de que, de fato, o prédio é eficiente energeticamente, já que os aparelhos mais relevantes estão dentro do que é tido como ideal em termos energéticos.

7.3 ESTUDO LUMINOTÉCNICO

Para a medição da iluminância dos setores do prédio, o celular foi colocado preferencialmente na altura das mesas de trabalho, o que é correspondente à ideia passada pela norma.

O estabelecimento do IBGE possui majoritariamente ambientes que se enquadram como escritórios aos olhos da norma NBR 8995-1, no entanto, existem outros ambientes de características diferentes como, por exemplo, copa e refeitório. Tendo isso em vista, separou-se por grupos os setores do IBGE a fim de se ter uma análise mais uniforme.

Na tabela 3 seguem as medições realizadas nos principais setores do prédio que se enquadram como escritório.

Analisando-se os valores da tabela 3, percebe-se que nenhum dos setores atinge os 300 lux definidos pela norma, contudo, é importante ressaltar que a norma determina que há um limite aceitável de até 70% do valor determinado, isto é, 210 lux. No entanto, ainda seguindo essa observação, há setores que não atingem os 70% do valor previsto na norma. Nesse sentido, os setores que mais precisam de uma correção da iluminação são o Anexo da Agência, a Agência e a Sala de Informática, pois são ambientes fechados, sem janelas e, fortalecendo os resultados das medições práticas realizadas, há a impressão, na prática, de que realmente estão entre os ambientes do prédio cuja iluminância é menos intensa. Quanto à Sala do Chefe da Unidade Estadual e SRH são ambientes que possuem janelas e, conseqüentemente, luz solar, de modo que, apesar de as medições indicarem níveis abaixo do ideal, em termos práticos, a iluminação natural contribui muito para o conforto visual dos

funcionários, não necessitando de intervenções nesses ambientes.

De acordo com a tabela 4, são apresentados vários tipos de lâmpadas com ênfase na sua potência (W) e fluxo luminoso (lúmens).

Tabela 3 – Iluminância nos principais setores do prédio do IBGE.

Setor do IBGE	Iluminância (lx)
Sala de Videoconferência	285
Sala de Treinamento	275
SOF e SEM	229
GPS	227
Anexo da Agência	204
Sala do Chefe da Unidade Estadual	200
Agência	196
Sala de Informática	187
SRH	132

Fonte: Próprio Autor.

No setor agência e no setor de informática, são utilizadas lâmpadas do tipo LED de 40W, que possuem um fluxo luminoso de 4120 lúmens. Tendo em vista que o fluxo luminoso precisa aumentar razoavelmente, o indicado seria a troca por lâmpadas do tipo LED de 45W com 5000 lúmens. Por fim, no anexo da agência, há apenas uma lâmpada do tipo LED de 24W com fluxo luminoso de 2250 lúmens. Nesse caso, o ideal seria trocar por uma lâmpada LED de 30W com fluxo luminoso de 3000 lúmens.

Tabela 4 – Fluxo luminoso de lâmpadas LED.

Equivalencia LED de Watts								
LED (W)	Fluxo Luminoso (lúmens)	Incandescente 15lm/W	Halogenas 15lm/W	Fluorescente 50lm/W	Luz Mista 20lm/W	Vapor Metálico 75lm/W	Vapor de Mercúrio 45lm/W	Vapor de Sódio 80lm/W
4,5	480	32	32	10	24	6	11	6
4,7	450	30	30	9	23	6	10	5,625
4,8	480	32	32	10	24	6	11	6
5	400	27	27	8	20	5	9	5
5,5	480	32	32	10	24	6	11	6
6	600	40	40	12	30	8	13	7,5
7	700	47	47	14	35	9	16	8,75
7,5	806	54	54	16	40	11	18	10,075
8	810	54	54	16	41	11	18	10,125
9	900	60	60	18	45	12	20	11,25
9,5	1055	70	70	21	53	14	23	13,1875
9,8	1055	70	70	21	53	14	23	13,1875
10	1018	68	68	20	51	14	23	12,725
12	1311	87	87	26	66	17	29	16,3875
13,5	1600	107	107	32	80	21	36	20
14	1600	107	107	32	80	21	36	20
15	1507	100	100	30	75	20	33	18,8375
16	1840	123	123	37	92	25	41	23
17	1836	122	122	37	92	24	41	22,95
20	2000	133	133	40	100	27	44	25
23	3000	200	200	60	150	40	67	37,5
24	2250	150	150	45	113	30	50	28,125
25	2700	180	180	54	135	36	60	33,75
27	2700	180	180	54	135	36	60	33,75
30	3000	200	200	60	150	40	67	37,5
35	3605	240	240	72	180	48	80	45,0625
37	3700	247	247	74	185	49	82	46,25
40	4120	275	275	82	206	55	92	51,5
42	4600	307	307	92	230	61	102	57,5
45	5000	333	333	100	250	67	111	62,5
50	4500	300	300	90	225	60	100	56,25
60	5000	333	333	100	250	67	111	62,5
65	6000	400	400	120	300	80	133	75
70	7000	467	467	140	350	93	156	87,5
75	6375	425	425	128	319	85	142	79,6875
80	7200	480	480	144	360	96	160	90
85	7650	510	510	153	383	102	170	95,625
100	9500	633	633	190	475	127	211	118,75
120	11500	767	767	230	575	153	256	143,75
150	14500	967	967	290	725	193	322	181,25

Fonte: BRILANZE, 2018.

7.4 ESTUDO DE INSTALAÇÃO DE PLACAS SOLARES

O primeiro passo realizado foi a verificação de qual tipo de consumidor é o prédio de IBGE que, no caso, é caracterizado como tipo A, tarifa horo-sazonal verde e tensão contratada 220/127. Em seguida, foi verificado o consumo mensal do prédio através das faturas de energia elétrica e os dados foram reunidos na tabela 5.

Tabela 5 – Consumo mensal do prédio do IBGE no ano de 2022.

Mês	Demanda Contratada (kW)	Consumo fora de ponta (kWh)	Consumo na ponta (kWh)	Valor do Consumo total (R\$)	Valor da Demanda (R\$)
Jun	105	16084	473	10980,42	4289,22
Mai	105	16781	476	11408,19	4278,61
Abr	105	13668	396	10646,08	4257,33
Mar	105	13087	425	11602,92	4140,25
Fev	105	12323	407	10945,55	4140,25
Jan	105	12624	425	11239,51	4076,39
Valor Médio Mensal	105	14094,5	433,67	11137,11	4197,00

Fonte: Próprio Autor.

Na tabela 5, percebe-se que foram analisados seis meses do ano de 2022. A princípio, seriam analisados doze meses, contudo, em 2021, o funcionamento do IBGE não estava normal. Por causa ainda da pandemia, o trabalho se encontrava reduzido e, somente em 2022, que ocorreu o retorno do efetivo completo do prédio às atividades presenciais. Portanto, analisando-se apenas os meses de 2022, é possível ter dados mais próximos da realidade, já que realmente nesse período o expediente do estabelecimento se deu da forma como esperado. Além do consumo mensal, foi apresentado também o valor médio mensal dos primeiros seis meses de 2022.

Em seguida, outro dado essencial para o estudo é saber a área disponível no teto para a instalação dos painéis solares. A partir das plantas do prédio, verifica-se que a área total do teto do prédio é equivalente a 722,03m² e o material é telha galvanizada.

Com essas informações já foi possível de se realizar um orçamento. Por se tratar de um consumidor do tipo A, isto é, possui demanda contratada e paga pelo consumo de ponta e fora de ponta, o orçamento para o prédio do IBGE foi realizado de modo a se manter a demanda, conforme está atualmente em contrato, e a instalação das placas solares teria como objetivo suprir o consumo de ponta e fora de ponta. Assim, a economia na fatura de energia elétrica se daria pelo corte de gasto

com o consumo, pagando-se apenas o valor da demanda. Para tal, realizou-se contato com duas empresas diferentes as quais apresentaram suas propostas para um sistema *On Grid* e os valores são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Orçamentos para Instalação de Placas Solares.

Empresa	Valor do Orçamento (R\$)	Potência do Sistema Dimensionado (kWp)	Área Estimada para instalação (m ²)	Quantidade de módulos dimensionados
A	412.570,00	132	618,9	240
B	526.900,00	143	670,5	260

Fonte: Próprio Autor.

Conforme passadas as informações necessárias para a realização dos orçamentos, as empresas deram seu retorno de acordo com o exposto na tabela 6. A empresa A apresentou uma proposta mais barata que a B, principalmente por causa da quantidade de módulos que é menor, ou seja, a empresa A já representa um ponto positivo. Além disso, é importante verificar que as áreas necessárias para a instalação dos painéis solares são inferiores à área do teto do prédio, contudo, deve-se ter uma área de sobra para posteriores circulações, por exemplo, em caso de manutenções. Nesse sentido, o orçamento da empresa A se mostra mais adequado para as dimensões do teto do prédio do IBGE, pois teria uma área de sobra de 16,6% em relação à área total dos painéis instalados, enquanto o orçamento da empresa B teria apenas 7,68%. Por isso, o orçamento da empresa A foi escolhido como base para o estudo da análise econômica.

Outro aspecto importante é em relação aos módulos dimensionados. Ambas as empresas apresentaram a proposta com o mesmo tipo de módulo, mudando apenas a quantidade. Além dos módulos, existem uma série de equipamentos utilizados no sistema de instalação, entretanto, o foco se dará nos módulos, pois a partir deles, é possível avaliar a perspectiva econômica. O módulo escolhido pelas empresas o Painel Solar Fotovoltaico Jinko JKM550M-72HL4-V TIGER PRO 550W 144 CEL MONO HALF CELL 21,33% EFICIENCIA apresentado na figura 33 e tem capacidade máxima de geração de energia de 550W.

Figura 33 – Módulo Fotovoltaico de 550Wp.



Fonte: (Aldo Solar, 2022).

A análise econômica terá início a partir dos módulos fotovoltaicos presentes no orçamento da empresa A. Conforme mencionado anteriormente, o objetivo da instalação dos painéis fotovoltaicos é, a princípio, suprir o consumo mensal total do prédio, zerando a fatura de energia elétrica desse segmento.

Sabendo-se a potência do sistema dimensionado da empresa A, é possível estimar a produção de energia solar mensal durante o ano. Para tal, é necessário saber a irradiação solar diária mensal média da localização onde se encontra localizado o prédio do IBGE, que pode ser verificada na tabela 7. Essas informações são provenientes de um mapeamento global indicativo da irradiação solar diária média mensal.

Sabendo-se os valores mensais da irradiação solar diária média e a potência do sistema dimensionado da empresa A, basta aplicar a equação a seguir para estimar a energia gerada. Por exemplo para o mês de janeiro:

$$E = \text{Potência do sistema dimensionado} \times \text{Irradiação solar diária média}$$

$$E = 132\text{kWp} \times 3,87$$

$$E = 510,84 \text{ kWh/dia}$$

Como o intuito é estimar a energia gerada durante o mês, multiplica-se por 30.

$$E = 15.325,2 \text{ kWh/mês}$$

Além disso, é importante considerar a possibilidade de perdas. Geralmente é considerado um valor de 20% para perdas, finalmente resultando no valor estimado para o mês de janeiro.

$$E = 15325,2 \times (1-0,20) = 12.260,16 \text{ kWh/mês}$$

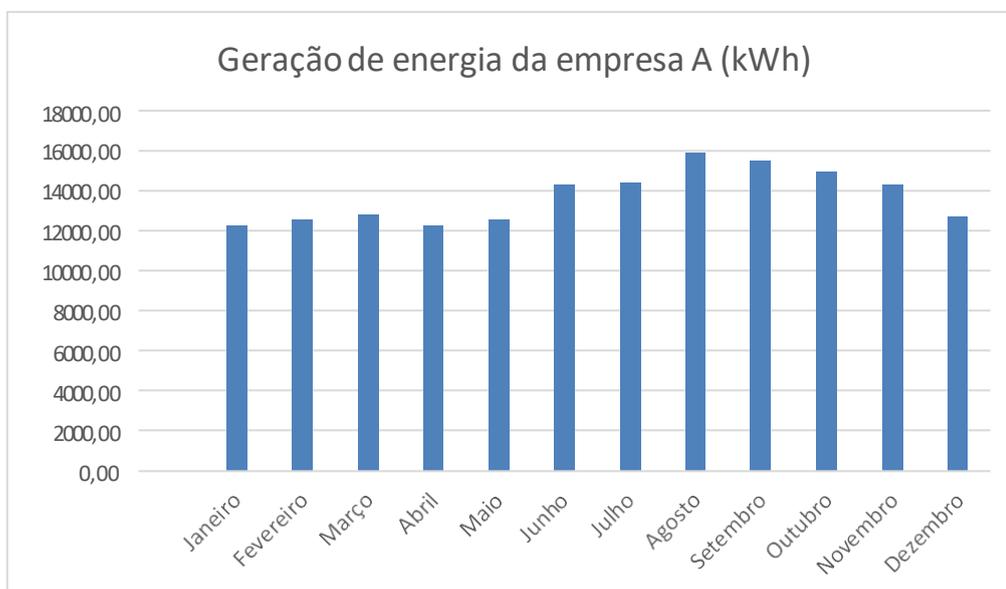
Realizando-se o mesmo procedimento para os demais meses do ano, é possível estimar a geração de energia anual mês a mês conforme o gráfico da figura 34.

Tabela 7 – Irradiação solar diária média mensal.

Mês	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]
Janeiro	3,87
Fevereiro	3,97
Março	4,03
Abril	3,87
Maió	3,96
Junho	4,52
Julho	4,55
Agosto	5,02
Setembro	4,9
Outubro	4,73
Novembro	4,53
Dezembro	4,02

Fonte: (Cresesb, 2022).

Figura 34 – Geração de energia solar mensal pelo orçamento da empresa A.



Fonte: Próprio Autor.

Analisando-se o gráfico, é nítido que durante o período de junho a novembro ocorrem as maiores quantidades de geração de energia solar, sendo o mês de agosto o que mais gera energia solar. Além do gráfico da figura 34, os valores foram transcritos na tabela 8 para uma análise mais precisa em termos de valores.

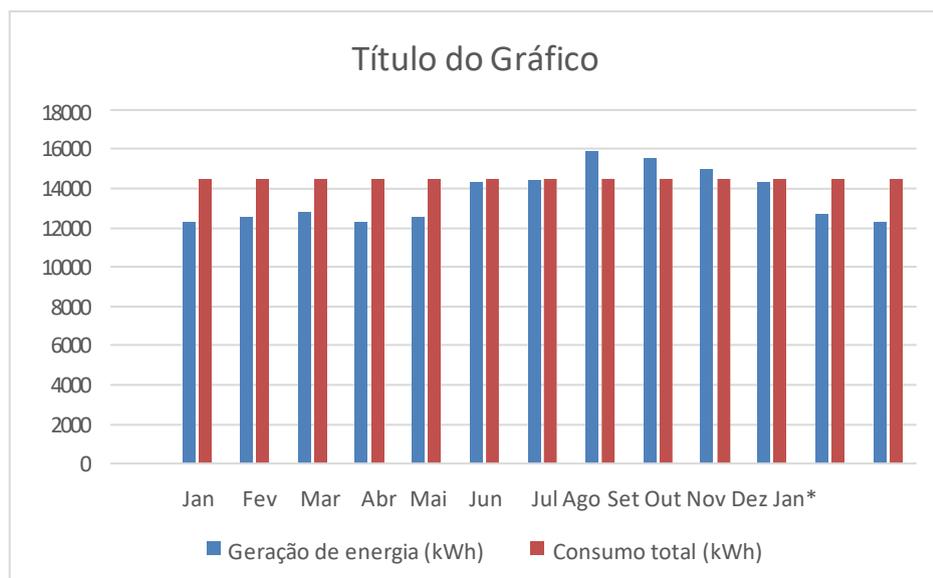
Tabela 8 – Geração de energia mensal do orçamento da empresa A em kWh.

Mês	Geração de energia da empresa A (kWh)
Janeiro	12260,16
Fevereiro	12576,96
Março	12767,04
Abril	12260,16
Maio	12545,28
Junho	14319,36
Julho	14414,40
Agosto	15903,36
Setembro	15523,20
Outubro	14984,64
Novembro	14351,04
Dezembro	12735,36

Fonte: Próprio Autor.

A partir dos dados da tabela 8, juntamente com os valores médios mensais do consumo do IBGE apresentados na tabela 5, é possível realizar o confronto entre a energia gerada do orçamento da empresa A e o consumo total do prédio, isto é, a soma do consumo de ponta e fora de ponta mensal conforme a o gráfico da figura 35.

Para melhor compreensão do que é apresentado no gráfico da figura 34, a tabela 9 apresenta mais precisamente os valores mês a mês.

Figura 35 – Comparação do consumo total com a energia gerada por mês.

Fonte: Próprio Autor.

Tabela 9 – Conflito entre o consumo do prédio e a geração de energia.

Mês	Consumo ponta (kWh)	Consumo fora de ponta (kWh)	Geração fora de ponta (kWh)	Líquido fora ponta (kWh)	Líquido ponta (kWh)	Crédito Acumulado (kWh)
Jan	433	14094	12260,16	1833,84	433	0
Fev	433	14094	12576,96	1517,04	433	0
Mar	433	14094	12767,04	1326,96	433	0
Abr	433	14094	12260,16	1833,84	433	0
Mai	433	14094	12545,28	1548,72	433	0
Jun	433	14094	14319,36	0	207,64	0
Jul	433	14094	14414,40	0	112,60	0
Ago	433	14094	15903,36	0	0	1376,36
Set	433	14094	15523,20	0	0	2372,56
Out	433	14094	14984,64	0	0	2830,20
Nov	433	14094	14351,04	0	0	2654,24
Dez	433	14094	12735,36	0	0	862,60
Jan*	433	14094	12260,16	971,24	433	0

Fonte: Próprio Autor.

Para a compreensão da tabela 9, é necessário algumas observações. Primeiramente, para o consumo de ponta e fora de ponta foram considerados os valores médios conforme analisado na tabela 5. As quantidades de geração de energia fora de ponta são as mesmas apresentadas na tabela 8. As colunas líquido fora de ponta e líquido ponta representam os valores de energia que não seriam supridos pelas placas solares. E, por fim, a coluna de crédito acumulado representa os valores de energia sobressalentes do meses em que a geração de energia é superior ao consumo do prédio fora de ponta e ponta.

Analisando-se os dados fornecidos pela tabela 9, é possível verificar que de janeiro até maio, a geração de energia solar não é capaz de suprir todo o consumo do prédio do IBGE, porém, a partir do mês de junho, a geração solar é capaz de suprir todo o consumo fora de ponta e parte do consumo de ponta. Em julho a geração de energia aumenta um pouco, mas ainda não o suficiente para suprir o consumo fora de ponta e de ponta. Apenas a partir de agosto que a geração de energia passa a ser suficiente para suprir todo o consumo do prédio e, inclusive, gera uma energia sobressalente, que é o crédito acumulado. Em setembro e outubro esse crédito acumulado aumenta, contudo, a partir de novembro, a geração de energia diminui e, conseqüentemente, o crédito acumulado também, pois vai sendo usado pra suprir a quantidade de energia necessária para suprir todo o consumo que não foi gerada. Por fim, é importante citar a linha do mês Jan*, pois, ao final do ano, há crédito acumulado, que seria usado justamente no mês de janeiro do ano seguinte, visto que janeiro é um dos meses que a geração de energia é menor.

A partir dos dados da tabela 9, torna-se importante a análise do impacto da instalação do sistema do ponto de vista econômico. Para isso, faz-se um contraste entre o valor do consumo do prédio do IBGE sem a instalação do sistema da empresa A e o valor do consumo com o sistema instalado, conforme apresentado na tabela 10.

Tabela 10 – Impacto da Instalação do Sistema Fotovoltaico da Empresa A.

Mês	Valor do consumo com sistema (R\$)	Valor médio do Consumo sem sistema (R\$)	Economia (R\$)
Jan	2884,39	11137,00	8252,61
Fev	2638,29	11137,00	8498,71
Mar	2490,63	11137,00	8646,37
Abr	2564,18	11137,00	8572,82
Mai	2121,66	11137,00	9015,34
Jun	570,4	11137,00	10566,60
Jul	309,32	11137,00	10827,68
Ago	0	11137,00	11137,00
Set	0	11137,00	11137,00
Out	0	11137,00	11137,00
Nov	0	11137,00	11137,00
Dez	0	11137,00	11137,00
Jan*	2214,29	11137,00	8922,71
Total*	12908,77	133644,00	120735,23

Fonte: Próprio Autor.

Os dados da tabela 10 seguem em consonância com a quantidade de energia gerada por mês, isto é, nos meses em que se gera menos energia, a economia é menor, e no meses em que se gera mais energia, a economia é maior e influencia nos meses seguintes por causa do crédito acumulado.

Para a realização da análise do impacto econômico mês a mês, foram considerados os valores médios apresentados na tabela 5 e os dados da tabela 9.

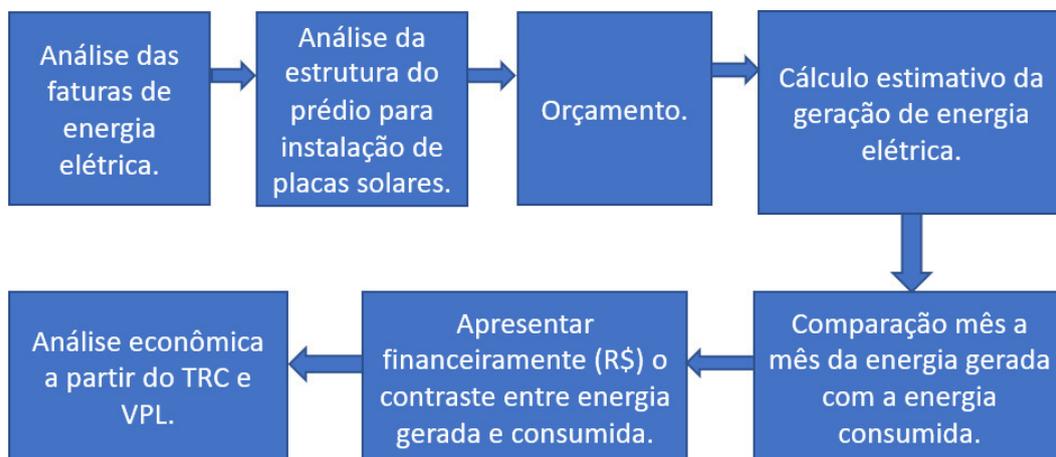
A análise da tabela 10 compreende um período que inicia em janeiro de um ano e termina em janeiro do ano subsequente. A análise se deu dessa forma, pois em Agosto, Setembro e Outubro, o sistema acumula créditos que são usados nos meses subsequentes e, ao término do mês de dezembro, ainda há crédito acumulado. Como o mês de janeiro é um mês em que a geração de energia é das menores, esse crédito acumulado remanescente do mês de dezembro seria todo usado em janeiro do ano

subsequente e, na sequência, o ciclo é reiniciado. Dessa forma, fica mais interessante a análise econômica observando o período de fevereiro de um ano a janeiro do ano subsequente. Por isso, o valor total apresentado na tabela 10 compreende esse período.

Por fim, o aspecto mais importante a ser observado é que um investimento de R\$ 412.570,00 no orçamento da empresa A resulta em uma economia anual com fatura de energia elétrica em torno de R\$ 120.735,23.

No diagrama da figura 36, é possível verificar resumidamente o estudo de viabilidade de instalação de placas solares.

Figura 36 – Diagrama do estudo de instalação de placas solares.



Fonte: Próprio Autor.

7.4.1 TEMPO DE RETORNO DE CAPITAL (PAYBACK)

Para o cálculo do TRC, basta aplicar a equação:

$$TRC = \frac{k}{RA}$$

Onde k é o investimento inicial e RA o retorno anual. Dessa forma, substitui-se na equação k = 412570,00 e RA = 120735,23. Assim, tem-se TRC = 3,42 anos.

7.4.2 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

Para calcular o VPL, basta utilizar a equação:

$$\text{VPL} = -\text{Investimento} + \sum_{k=1}^n \frac{Fci}{(1+i)^k}$$

Sabe-se que o investimento é 412.570,00 e o fluxo de caixa (Fci) é 120.735,23. O valor para “i”, conforme o valor atual da SELIC, será considerado como 13,75%.

Aplicando-se os valores, obtém-se:

$$\text{VPL} = 843019,7$$

Como o $\text{VPL} > 0$, isso demonstra que o investimento é viável.

8. CONCLUSÃO

A Eficiência energética e uso de fontes de energia renováveis são temas cada vez mais disseminados na sociedade e vistos com bons olhos. No desenvolvimento deste trabalho, é possível perceber sua influência principalmente no aspecto financeiro.

Para a realização desse estudo, foi necessário o acesso a muitas referências, pois os temas tratados abrangem muitos conteúdos, principalmente sobre energia solar fotovoltaica.

Primeiramente, foi realizado o estudo do sistema elétrico do prédio, o qual consistiu no levantamento de cargas instaladas e análise das faturas de energia elétrica. No levantamento de cargas instaladas, analisou-se setor a setor e reuniram-se as informações em tabelas, conforme pode ser verificado no Apêndice A. Dessa forma, foi possível verificar a composição do setor elétrico do prédio e os principais fatores de consumo de energia elétrica. No caso da composição do setor elétrico do prédio, é importante ressaltar que no setor da iluminação praticamente todas as lâmpadas são do tipo LED e, no setor de climatização, todos os aparelhos condicionadores de ar possuem o Selo Pocol de Eficiência Energética. Quanto aos principais fatores de consumo, constatou-se que a parcela que mais consome energia elétrica é representada pelos aparelhos condicionadores de ar. Em seguida, complementando o levantamento de cargas, a análise das faturas de energia elétrica foi de suma importância, porque, a partir delas, foram reunidas todas as informações referentes a consumo e detalhes importantes como o enquadramento tarifário do prédio e a constatação de que o prédio não tem energia reativa.

Na sequência foi realizado estudo luminotécnico, no qual foi possível verificar que a maior partes dos setores do estabelecimento estão dentro da norma vigente, atendendo o que é determinado pela NBR ISO/CIE 8995-1 de 2013, contudo os setores da Agência, do Anexo da Agência e da Sala de Informática não estão, e para os mesmos foi proposta a troca das lâmpadas atuais por lâmpadas com intensidade de lúmens superior.

Por fim, na análise de viabilidade econômica da instalação de placas solares foi onde estiveram presentes as maiores dificuldades do trabalho, pois envolve muitas situações, no entanto, foi possível a conclusão da análise de viabilidade econômica tendo como base o orçamento de uma empresa de R\$ 412.570,00. Para esse

orçamento foi verificada uma economia anual com fatura de energia elétrica em torno de R\$ 120.735,23 representando um valor muito expressivo, visto que a vida útil do sistema é em torno de 25 anos, ou seja, além de recuperar o investimento em aproximadamente 3,42 anos (três anos e cinco meses), ainda haveria muitos anos de economia com energia elétrica, demonstrando ser um bom investimento, conforme confirmado pelo cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) que resultou num valor positivo.

A partir dessas evidências e considerações, conclui-se que o prédio do IBGE apresenta vários aspectos positivos quanto à Eficiência Energética, pois praticamente todo o setor de iluminação é composto por lâmpadas do tipo LED, todos os condicionadores de ar possuem Selo Procel de eficiência, o prédio não gera energia reativa e, conforme analisado no desenvolvimento deste trabalho, alguns setores do prédio fazem grande uso da energia natural durante o dia. No estudo luminotécnico, a maioria dos setores atenderam as determinações da norma com apenas algumas situações pontuais a serem melhoradas. E quanto à análise de viabilidade econômica de instalação de placas solares, a mesma se mostrou viável demonstrando ser um investimento atraente.

Por fim, sugere-se para futuros trabalhos, na parte do estudo de instalação de painéis solares, ambientar o estudo no contexto da legislação vigente (Lei 14.300 de 06 de janeiro de 2022).

9. REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2. ed., Brasília, 2005.

AKTAS, A.Z., 2015. **A review and comparison of renewable energy strategies or policies of some countries**. 4th International Conference on Renewable Energy Research and Applications, Palermo, Italy.

Aldo Solar. **Painel Solar Fotovoltaico Jinko (201539-4)**. 2022. Disponível em: <<https://www.aldo.com.br/produto/201539-4/painel-solar-fotovoltaico-jinko-jkm550m-72hl4-v-tiger-pro-550w-144-cel-mono-half-cell-2133-eficienci>>. Acesso em: 01 de setembro de 2022.

ALPHA SOLAR. **Energia Solar no mundo: Evolução e principais marcos**. 2021. Disponível em: <<https://alphasolar.com.br/energia-solar-no-mundo/>>. Acesso em: 19 de agosto de 2022.

BARBOSA, E. M. de S. et al. **Panorama do desenvolvimento tecnológico e mercado de módulos fotovoltaicos**. 2014.

BELOTO, A. F. **Estudo das características de células solares de silício monocristalino**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 1983.

BORTONI, E. et al. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. Campinas, SP: UNIFEI, 2012.

BRAGA, R. P. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

BRILANZE. **Lâmpada LED Equivalente A Quanto De Uma Lâmpada Convencional? – Tabela Comparativa Completa**. 2018. Disponível em: <Lâmpada LED equivalente a quanto de uma lâmpada convencional? – Tabela Comparativa

Completa – Brilhanze – Iluminação Criativa>. Acesso em: 28 de agosto de 2022.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. **As energias solar e eólica no Brasil**. 2010. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/afermartins/casasolar2011>>. Acesso em: 06 de agosto de 2022.

CEPEL-CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 50 p. 2014.

CRESESB, 2006. **Energia solar Princípios e aplicações**. Rio de Janeiro, 50 p. BRASIL. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB).

Disponível em: <www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf>. Acesso em: 13 de agosto 2022.

DAZCAL, R.; MELLO, A. **Estudo da implementação de um sistema de energia solar fotovoltaica em um edifício da universidade presbiteriana Mackenzie**. Abenge–Associação Brasileira de Educação de Engenharia. Fortaleza, 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica**. 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 20 de agosto de 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>>. Acesso em: 20 de agosto de 2022.

GHENSEV, A. **Materiais e processos de fabricação de células fotovoltaicas**. 2006. 154 f. Monografia (Pós Graduação Lato Sensu em Fontes Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

GREEN QUALY. **Consumo Eficiente de Energia**. Disponível em:

<<http://greenqualy.com/tecnologia/consumo-eficiente-de-energia/>> Acesso em 15 agosto de 2022.

HADDAD, J. et al.; **“Eficiência energética: Integrando Usos e Reduzindo Desperdícios”**, ANEEL; ANP; MCT e PNUD, 1^a ed, Rio de Janeiro: Editora Designum, 2012.

INTERNACIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Balances and Statistics**. 2021. Disponível em: <<https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/world-energy-balances-and-statistics>>. Acesso em: 12 de agosto de 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. 2012. Chicago, USA.

KARABULUT, A., ALKAN, M.A. 2010. **An empirical study investigating the teaching of renewable energy sources which are important in the global financial crisis environment at university level. What others manifest?** The world economy in the theoretical turbulence of global financial crisis.

Lamberts Roberto, Dutra Luciano, Pereira Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura**, 3. Edição. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. **Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão**. Revista virtual de química, v. 7, n. 1, p. 126–143, 2014. 8, 9

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MARQUES, M. C. S., HADDAD, J., GUARDIA, E. C., et al., **Eficiência energética: teoria e prática**, Itajubá, MG, Brasil: FUPAI, 2007.

NATURESA, J.S. **Eficiência Energética, Política Industrial e Inovação Tecnológica**. Campinas, 2011. Disponível em:

<<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/258233>>. Acesso em 20 de Agosto de 2022.

NISKIER, J., MACINTYRE, A. J., **Instalações elétricas**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

NOGUEIRA, F. H. F. M. **Política de Ação: Eficiência Energética**. Secretaria Estadual de Planejamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2007.

NORMA: **ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: 2013 - Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior** - Disponível em: < <http://www.abntcolegao.com.br.>>

PINHO, J. T., GALDINO, M.A., **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES), 2014.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, v. 1, p. 47–499, 2014.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Catálogo Selo Procel**, 2008. Disponível em:

<<http://www.eletrabras.com/CatalogoSeloProcel2008/artigo.html?cod=artigo>>. Acesso em 20 de Agosto de 2022.

SILVA, Jesué. **Introdução à tecnologia da refrigeração e da climatização**. 1 ed. São José: Artiebeler Editora, 2003.

VIANA, A. N. C. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. 1ª ed. Elektro – Eletricidade e Serviços S.A. São Paulo, 2012.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, **Catálogo Selo Procel**, 2008. Disponível em:

<<http://www.eletrabras.com/CatalogoSeloProcel2008/artigo.html?cod=artigo>>. Acesso em: 12 de agosto de 2022.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. **Conheça o programa**. Disponível em: <<https://www2.inmetro.gov.br/pbe/index.php>>. Acesso em 12 de agosto de 2022.

VILLAIVA, Marcelo Gardela; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Fotovoltaica: conceito e aplicação sistema isolados e conectados à rede**. 2ª Edição Revisada e Atualizada, Editora Saraiva, 2017.

VILLALVA, M. G. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 2. ed. [S.l.]: Editora Érica, 2015.

WESLETTER W., 1998. **Renewable energy e energy efficient policy and the environment**, Renewable Energy, vol.13, pp. 275-276.

ZILLES, R.; MACÊDO, W. N.; GALHARDO, M. A. B.; OLIVEIRA, S. H. F. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

APÊNDICE A – TABELA DE DADOS DO LEVANTAMENTO DE CARGAS DO PRÉDIO

Local	Equipamento	Qtd.	Potência (W)	P. Total (W)
Sala do Chefe da Unidade Estadual	Computador Positivo Completo	1	260	260
	Frigobar	1	27,64	27,64
	Telefone	1	3	3
	Televisão LG 40 polegadas	1	85	85
	Condicionador de Ar Elgin	1	7032	7032
	Lâmpada Embutida 60x60 cm	2	40	80
	Lâmpada Embutida 30x30 cm	1	24	24
Sala de Gerência de Planejamento e Gestão	Computador Positivo Completo	1	260	260
	Frigobar	1	27,64	27,64
	Telefone	1	3	3
	Condicionador de Ar Springer	1	3516	3516
	Lâmpada Embutida 60x60 cm	1	40	40
	Impressora Samsung M4070FR	1	700	700
Corredor da Sala de Gerência de Planejamento e Gestão	Lâmpada Embutida 60x60 cm	3	40	120
Sala de Reunião e Videoconferência	Telefone	1	3	3
	Televisão LG 40 polegadas	1	190	190
	Televisão Philips 50 polegadas	1	154	154
	Televisão Samsung 40 polegadas	1	90	90
	Condicionador de Ar Midea	1	3516	3516
	Lâmpada Embutida 60x60 cm	2	40	80
	Equipamento de câmera Avaya	1	86,4	86,4
Secretaria do Gabinete	PC Completo DELL Optiplex 7050	3	160	480
	Computador Completo Positivo	4	260	1040
	Telefone	6	3	18
	Condicionador de Ar Elgin	1	10548	10548
	Lâmpada Embutida 110x30 cm	4	40	160
	Lâmpada Embutida 60x60 cm	1	40	40
	Luz de Emergência	1	2	2
Corredor do Gabinete	Lâmpada tipo Spot	17	9,5	161,5
	Luz de Emergência	1	2	2
	Câmera	2	3,96	7,92
	Bebedouro	1	16,53	16,53
Sala da Supervisão de Recursos Humanos	Computador Completo Positivo	1	260	260
	PC Completo DEL Optiplex 7050	1	160	160
	Telefone	2	3	6
	Condicionador de Ar Elgin	1	7032	7032
	Lâmpada Embutida 110x30 cm	2	40	80
	Impressora Samsung M4070FR	1	700	700

SOF e SEM	Computador Completo Positivo	10	260	2600
	PC Completo DEL Optiplex 7050	2	160	320
	Telefone	12	3	36
	Condicionador de Ar Elgin	2	10548	21096
	Lâmpada Embutida 110x30 cm	8	40	320
	Impressora Samsung M4070FR	1	700	700
Banheiro Masculino	Lâmpada Embutida 30x30 cm	3	24	72
Banheiro Feminino	Lâmpada Embutida 30x30 cm	3	24	72
Copa	Bebedouro Libell	1	178	178
	Microondas Electrolux	1	720	720
	Microondas Panasonic	1	700	700
	Geladeira Consul	1	68,2	68,2
	Cafeteira Philco PH30	1	800	800
	Cafeteira Philips Walita	1	900	900
	Sanducheira	1	750	750
	Câmera	1	3,96	3,96
	Condicionador de Ar Elgin	1	8790	8790
Supervisão da Base Territorial	PC Positivo com dois monitores	12	280	3360
	PC DELL com dois monitores	1	180	180
	Telefone	3	3	9
	Condicionador de Ar Agratto	1	1703,33	1703,33
	Condicionador de Ar Elgin	1	8790	8790
	Lâmpada Embutida 110x30 cm	6	40	240
	Luz de Emergência	1	2	2
	Impressora HP Grande	1	100	100
	Impressora OKI Média	1	80	80
	Impressora OKI Pequena	1	50	50
	Segundo Andar	Lâmpada LED	36	27
Banheiro Masculino	Lâmpada Embutida 30x30 cm	3	24	72
Banheiro Feminino	Lâmpada Embutida 30x30 cm	3	24	72
Corredor do Segundo Andar	Condicionador de Ar Elgin	1	8790	8790
	Condicionador de Ar Elgin	1	17580	17580
	Condicionador de Ar Elgin	3	14064	42192
	Condicionador de Ar Carrier	1	3516	3516
	Condicionador de Ar Elgin	1	10548	10548
Gestão da Frota	Computador Positivo Completo	3	260	780
	Computador Dell Completo	1	160	160
	Telefone	2	3	6
Sala da PNADC	Computador Positivo Completo	7	260	1820
	Lâmpada Embutida 110x30 cm	4	40	160
	Impressora Samsung M4070FR	1	700	700
	Condicionador de Ar Electrolux	1	7032	7032
	Telefone	3	3	9
	Roteador TP-Link	1	2,25	2,25
Sala do Censo	Computador Positivo Completo	3	260	780

	Telefone	3	3	9
Sala de Supervisão de Pesquisas Agropecuárias	Computador Positivo Completo	5	260	1300
	Computador Dell Completo	1	160	160
	Telefone	4	3	12
Sala 2 do Censo	Computador Positivo Completo	2	260	520
	PC Positivo com dois monitores	1	280	280
	Telefone	5	3	15
	Impressora Samsung M4070FR	1	700	700
	Lâmpada Embutida 110x30 cm	4	40	160
	Condicionador de Ar Elgin	1	10548	10548
Sala de Supervisão de Disseminação de Informações	Computador Positivo Completo	2	260	520
	PC Positivo com dois monitores	1	280	280
	Telefone	3	3	3
	Impressora Samsung M4070FR	1	700	700
Sala de Atendimento	Televisão Samsung 52 Polegadas	1	280	280
	Condicionador de Ar Agratto	1	8800	8800
Corredor da Copa	Lâmpada Embutida 30x30 cm	4	24	96
Copa	Cafeteira Mondial	2	800	1600
	Cafeteira Mallory	1	550	550
	Microondas Electrolux	1	680	680
	Lâmpada LED enrolada	1	32	32
Auditório	Lâmpada Embutida 110x30 cm	10	40	400
	Condicionador de Ar 48.000BTU/h	2	14067	28134
	Câmera	1	3,96	3,96
	Luz de Emergência	1	2	2
	Projeto Epson	1	243	243
	Aparelho de Som	2	285	570
Recepção	Bebedouro Libell	2	178	356
	Luz de Emergência	1	2	2
	Catraca Henry	2	8,7	17,4
	Telefone	1	3	3
	PC Positivo com dois monitores	1	280	280
Sala de Supervisão de Pesquisas por Empresas	Computador Positivo Completo	19	260	4940
	Computador Dell Completo	8	160	1280
	Telefone	18	3	54
	Lâmpada Embutida 110x30 cm	10	40	400
	Condicionador de Ar Elgin	2	14067	28134
	Impressora OKI Pequena	1	50	50
Sala da Agência Manaus Centro	Computador Positivo Completo	6	260	1560
	Lâmpada Embutida 60x60 cm	7	40	280
	Lâmpada Led	4	15	60
	Condicionador de Ar Elgin	1	14064	14064
	Condicionador de Ar Elgin	2	7032	14064
	Lâmpada Embutida 30x30 cm	1	24	24
	Telefone	5	3	15

	Frigobar Consul	1	32	32
	Frigobar Electrolux	1	28	28
	Televisão LG 43 polegadas	1	85	85
	Bebedouro Esmaltec	1	180	180
	Luz de Emergência	1	2	2
	Sanducheira	2	750	1500
	Microondas Panasonic	1	700	700
Banheiro Feminino	Lâmpada Embutida 30x30 cm	3	24	72
Banheiro Masculino	Lâmpada Embutida 30x30 cm	3	24	72
Refeitório	Lâmpada Embutida 110x30 cm	6	40	240
	Bebedouro Libell	2	178	356
	Cafeteira Arno	1	1000	1000
	Cafeteira Mondial	1	800	800
	Cafeteira Electrolux	1	1000	1000
	Condicionador de Ar Elgin	1	7032	7032
	Condicionador de Ar Elgin	1	10548	10548
	Geladeira Consul	2	70	70
	Câmera	1	3,96	3,96
	Luz de Emergência	1	2	2
Corredor do SSI	Lâmpada Embutida 30x30 cm	14	24	336
	Luminária de Emergência	3	2	6
	Câmera	2	3,96	7,92
Sala da Coordenação Administrativa do Censo	Computador Positivo Completo	3	260	780
	Telefone	2	3	6
	Condicionador de Ar Agratto	2	8800	17600
	Lâmpada Embutida 110x30 cm	6	40	240
	Impressora Samsung M4070FR	1	700	700
Sala de Apoio a Terceirizados	Cafeteira Mallory	1	550	550
	Lâmpada LED	1	12	12
	Lâmpada Embutida 110x30 cm	1	40	40
	Condicionador de Ar Elgin	1	3516	3516
Sala de Arquivo do SOF	Lâmpada Embutida 110x30 cm	2	40	80
Sala de Arquivo do SDI	Lâmpada Embutida 110x30 cm	2	40	80
Depósito de Material Permanente	Lâmpada Embutida 110x30 cm	4	40	160
	Ventilador de Teto	1	60	60
Sala da Expedição de Materiais	Lâmpada Embutida 30x30 cm	1	24	24
	Ventilador de Teto	1	60	60
Banheiro PCD Masculino	Lâmpada Embutida 30x30 cm	1	24	24
Banheiro PCD Feminino	Lâmpada Embutida 30x30 cm	1	24	24
Sala de Arquivo SRH	Lâmpada Embutida 110x30 cm	4	40	160

Sala de Treinamento	Lâmpada Embutida 110x30 cm	6	40	240
	Refletor Datashow Epson	1	350	350
	Condicionador de Ar Carrier	2	3516	7032
Parte Externa do Prédio	Lâmpada Embutida 25x25 cm	20	18	360
	Lâmpada de Parede	14	12	168
	Câmera	8	3,96	31,68
	Lâmpada do tipo SPOT	29	9,5	275,5

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAPAZ
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS – SIB/UEA
TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DIGITAL
GRADUAÇÃO

1. GRADUAÇÃO



Monografia

Artigo Científico

Relatório Final

2. Outros Tipos _____

3. Identificação do Autor

Nome: Ed Wilson Queiroz de Castro

RG: 2534004-2

CPF: 009.754.222-94

E-mail: edwilson.queiroz.castro@gmail.com

Orientador: Daniel Guzmán Del Rio

CPF: 214.527.138-47

Coorientador:

CPF:

4. Identificação do Documento

Curso: Engenharia Elétrica

Título da obra: Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica para Aumento de Eficiência Energética na Unidade Estadual do IBGE do Amazonas.

Número de páginas: 96

Data da defesa: 14/10/2022

Palavras-Chave: Eficiência Energética. Estudo Luminotécnico. Energia Solar Fotovoltaica.

5. Informações de Acesso ao Documento

Este documento é confidencial?*

Sim

Não

Este trabalho ocasionará registro de patente?

Sim

Não

Este trabalho pode ser liberado para reprodução:

Total

Parcial

Em caso de reprodução parcial, especifique quais os capítulos:

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação supracitada, de acordo com a Lei nº 9.610/98, autorizo a Universidade do Estado do Amazonas a disponibilizar gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, conforme permissões assinaladas acima, o documento em meio eletrônico na Rede Mundial de Computadores, no formato digital PDF, para fins de leitura, impressão ou download, a título de divulgação científica gerada pela Universidade, a partir desta data. Estou ciente que o conteúdo disponibilizado é de inteira responsabilidade.

Ed Wilson Queiroz de Castro.

Assinatura:

18/10/2022

Data

Manaus / AM

Local

*A restrição poderá ser mantida por até um ano a partir da data de autorização da publicação. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à Coordenação do Curso. Todo resumo estará disponível.