

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
MINAS GERAIS - *CAMPUS* FORMIGA
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Elias José Meneses

**PROJETO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CARROS ELÉTRICOS
UTILIZANDO TOMADA E PAINÉIS FOTOVOLTAICOS NO IFMG-CAMPUS
FORMIGA.**

2024

ELIAS JOSÉ MENESES

**PROJETO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CARROS ELÉTRICOS
UTILIZANDO TOMADA E PAINÉIS FOTOVOLTÁICOS NO IFMG-CAMPUS
FORMIGA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal
de Minas Gerais como requisito para obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia Elétrica.
Orientador: Professor Doutor Renan Souza Moura.

FORMIGA – MG

2024

ELIAS JOSÉ MENESES

M543p Meneses, Elias José
Projeto de um sistema de abastecimento de carros elétricos utilizando tomada e painéis fotovoltaicos no IFMG *campus* Formiga / Elias José Meneses -- Formiga : IFMG, 2024.
69p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Renan Souza Moura
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Formiga.

1. Meio ambiente. 2. Energia solar. 3. Sistema fotovoltaico.
4. Viabilidade econômica. 5. Carro elétrico. I. Moura, Renan Souza. II. Título.

CDD 621.3

Elias José Meneses

PROJETO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CARROS
ELÉTRICOS UTILIZANDO TOMADA E PAINÉIS FOTOVOLTAICOS NO IFMG-
CAMPUS FORMIGA.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica do Instituto Federal de Minas
Gerais como requisito para obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia
Elétrica.

Avaliado em: 01 de agosto de 2024.
Nota: 80

BANCA EXAMINADORA

Renan Souza Moura

Prof. Dr. Renan Souza Moura

Marco Antônio Silva Pereira

Prof. Me. Marco Antônio Silva Pereira

Felipe de Sousa Silva

Prof. Me. Felipe de Sousa Silva

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por me iluminar durante todos estes anos de curso, diante de tantas dificuldades.

Agradeço à minha família que sempre me apoiou e incentivou durante todo o curso.

Agradeço à minha namorada que também sempre me apoiou e teve muita paciência nos momentos de ansiedade e nervosismo.

Ao meu orientador Renan que sempre se manteve à disposição e não mensurou esforços para tirar todas as minhas dúvidas.

“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível. ”

Max Weber

RESUMO

O uso constante de recursos finitos do meio ambiente ao longo do tempo tem desencadeado uma preocupação em relação ao bem-estar da sociedade uma vez que o meio ambiente pode influenciar na qualidade de vida do ser humano. Em função disso, a sociedade busca cada vez mais substituir atividades nocivas ao meio ambiente por alternativas inócuas a ele. Diante deste contexto de bem-estar ambiental, a energia solar tem se mostrado muito eficiente no que tange a preservação do meio ambiente, pois o sol é um recurso inesgotável. Concomitantemente, é possível observar a contribuição do setor automobilístico no que diz respeito a implementação do veículo elétrico, pois este não emite gases tóxicos ao meio ambiente. Assim, este Trabalho de Conclusão de Curso irá apresentar um projeto de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica que alimenta uma tomada para carro elétrico que será instalado no IFMG campus Formiga. A rede elétrica do campus será analisada a fim de se obter o melhor local para a instalação da tomada. Além disso, sites confiáveis foram consultados para obtenção de parâmetros relevantes no dimensionamento do projeto. A quantidade de módulos fotovoltaicos necessários para abastecer a tomada do carro elétrico é calculada. Foram realizados cálculos de viabilidade econômica que revelam segurança acerca do retorno deste investimento.

Palavras-chave: Meio ambiente; Energia solar; Sistema fotovoltaico; Viabilidade econômica; Carro Elétrico.

ABSTRACT

The constant use of finite environmental resources over time has triggered concerns about the well-being of society, since the environment can influence the quality of human life. As a result, society increasingly seeks to replace activities that are harmful to the environment with alternatives that are harmless to it. Given this context of environmental well-being, solar energy has proven to be very efficient in terms of preserving the environment, since the sun is an inexhaustible resource. At the same time, it is possible to observe the contribution of the automobile sector with regard to the implementation of electric vehicles, since they do not emit toxic gases into the environment. Thus, this Final Course Work will present a project for a photovoltaic system connected to the electrical grid that powers an electric car socket that will be installed at IFMG Formiga campus. The campus electrical grid will be analyzed in order to find the best location for installing the socket. In addition, reliable websites were consulted to obtain relevant parameters for sizing the project. The number of photovoltaic modules needed to supply the electric car's socket is calculated. Economic feasibility calculations were carried out that reveal certainty about the return on this investment.

Keywords: Environment; Solar Energy; photovoltaic system; Economic viability; Electric car.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Irradiação solar no Brasil.	15
Figura 2	Módulo fotovoltaico.	21
Figura 3	Associação em série de módulos fotovoltaicos.	21
Figura 4	Associação em paralelo de módulos fotovoltaicos.	22
Figura 5	Associação série-paralelo de módulos fotovoltaicos.	22
Figura 6	Caixa para a conexão de <i>strings</i> .	24
Figura 7	Inversor conectado à rede elétrica.	25
Figura 8	Dispositivo de proteção contra surtos (DPS).	26
Figura 9	Quadro de proteção de corrente contínua.	27
Figura 10	Quadro de proteção CA.	27
Figura 11	Medidor de energia.	28
Figura 12	Mulher dirigindo um veículo elétrico em 1910.	30
Figura 13	Tipos de carros elétricos.	31
Figura 14	Carregador de emergência.	33
Figura 15	Carregador portátil.	33
Figura 16	Carregador residencial.	34
Figura 17	Carregador comercial ou <i>parking</i> .	35
Figura 18	Planta elétrica da guarita do IFMG campus Formiga.	40
Figura 19	Tabela do QDC do laboratório de elétrica 1.	40
Figura 20	Laboratório de elétrica 1.	41
Figura 21	QDC do laboratório de elétrica 2.	41

Figura 22	Laboratório de elétrica 2.	42
Figura 23	QDC do laboratório de elétrica 3.	43
Figura 24	Laboratório de elétrica 3.	43
Figura 25	QDC do laboratório de elétrica 4.	44
Figura 26	Laboratório de elétrica 4.	45
Figura 27	Laboratório de informática 1.	45
Figura 28	Laboratório de informática 2.	46
Figura 29	Laboratório de informática 3.	46
Figura 30	QDC do 1º pavimento do bloco B.	47
Figura 31	QDC do segundo pavimento do bloco B.	48
Figura 32	Remanescente de cargas do 2º pavimento do bloco B.	49
Figura 33	Consulta no site do CRESESB.	50
Figura 34	Temperatura na cidade de Formiga.	52
Figura 35	Fusível utilizado para os módulos.	55
Figura 36	Representação do sistema fotovoltaico.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	-	Tabela de pontos de tomada e iluminação.	38
Tabela 2	-	QDC da guarita.	39
Tabela 3	-	Balanceamento de cargas para os circuitos da guarita.	39
Tabela 4	-	Custo dos equipamentos envolvidos no projeto.	56
Tabela 5	-	Análise de viabilidade econômica do projeto.	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica.
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso.
VPL	Valor Presente Líquido.
TIR	Taxa Interna de Retorno.
TMA	Taxa Mínima de Atratividade.
kW	Quilowatt.
kWh	Quilowatt hora.
MW	Mega Watt.
A	Ampére.
V	Volt.
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar.
MPPT	Rastreamento do Ponto de Máxima Potência.
HSP	Horas de Sol a Pico.
DPS	Dispositivo de Proteção Contra Surto.
CC	Corrente Contínua.
CA	Corrente Alternada.
QDC	Quadro de Distribuição de Circuitos.
HEV	Veículo Elétrico Híbrido.
PHEV	Veículo Elétrico <i>Plug-in</i> .
BEV	Veículo Elétrico a Bateria.
FCEV	Veículo Elétrico a Célula de Combustível.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Hipóteses	17
1.2. Justificativa	17
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 Objetivo Geral	18
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	18
1.4 VISÃO GERAL	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Sistemas fotovoltaicos <i>ongrid</i>	19
2.2 Instalações elétricas	28
2.3 Veículos elétricos	30
2.4 Veículos elétricos	35
3 METODOLOGIA.....	37
4 RESULTADOS	38
4.1 Projeto elétrico do campus	38
4.2 Local para instalação da tomada do carro elétrico	49
4.3 Autonomia dos carros elétricos	50
4.4 Dimensionamento do sistema fotovoltaico para alimentar a tomada do carro elétrico.....	50
4.4.1 Dimensionamento das proteções para o inversor	53
4.4.2 Dimensionamento da bitola do cabo para o inversor de acordo com a NBR 5410 de 2004 para instalações elétricas de baixa tensão	53
4.4.3 Dimensionamento da bitola do cabo para os módulos fotovoltaicos	54

4.4.4 Dimensionamento das proteções dos módulos fotovoltaicos	55
4.4.5 Disposição dos módulos fotovoltaicos	55
4.4.6 Representação do sistema fotovoltaico utilizando o software <i>Solaris</i>	55
4.5 Resultados da viabilidade econômica do projeto fotovoltaico	56
5 CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS.....	61
ANEXO A – Data <i>sheet</i> do módulo fotovoltaico	64
ANEXO B – Data <i>sheet</i> do inversor	65
ANEXO C - Data <i>sheet</i> cabo Cobrecom modelo flexicom anti-chamas	66
ANEXO D - Data <i>sheet</i> cabo FREN04-3 Fr Cable	66
ANEXO E – Tabela 36 da NBR 5410	68
ANEXO F - Tabela 47 da NBR 5410	69

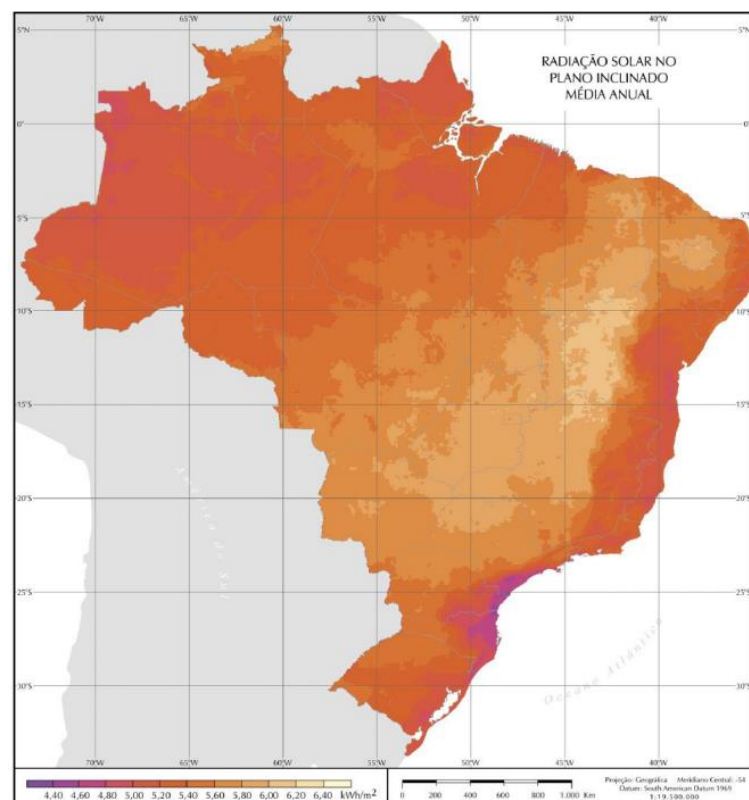
1 INTRODUÇÃO

A sociedade no mundo atual procura sempre prospectar novas tecnologias e aprimorar as existentes de forma a obter uma melhor qualidade de vida. Dentro desse contexto, fica evidente a importância da energia elétrica, pois é um recurso indispensável para o desenvolvimento.

Existem várias formas de gerar energia elétrica. As usinas hidrelétricas utilizam a queda d'água para movimentar turbinas, usinas termelétricas geram energia a partir do aquecimento de líquidos, usinas nucleares realizam a fissão de materiais radioativos, parques eólicos aproveitam a energia cinética dos ventos, entre outros. (PINHO GALDINO, 2014 p 47).

Devido a sua localização geográfica, o Brasil possui uma grande incidência solar conforme ilustrado pela figura 1. Tal fato é um incentivo para a utilização de painéis fotovoltaicos na produção de eletricidade.

Figura 1 - Irradiação solar no Brasil.



Fonte: (PEREIRA 2006).

A energia fotovoltaica é uma alternativa não agressiva ao meio ambiente, pois causa baixos impactos ambientais durante a sua instalação. Além disso, é um tipo de energia renovável, pois utiliza os raios solares como fonte primária.

De acordo com um levantamento da Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR), o país superou a marca de 2 milhões de sistemas solares fotovoltaicos instalados em 2024, que são responsáveis por abastecer 2,6 milhões de unidades de consumo. A tecnologia fotovoltaica está presente em todos os estados brasileiros, com destaque para as regiões sudeste e sul que possuem maior participação. (AGENCIA BRASIL, 2023). De acordo com projeções da *Wood Mackenzie*, empresa de pesquisa e consultoria do setor de energia, o Brasil será o quinto maior mercado de energia solar do mundo no começo da próxima década. (CANAL SOLAR, 2023).

Uma outra tecnologia que ganhou destaque nos últimos anos são os carros elétricos. De acordo com uma projeção para o Brasil em 2030, a frota nacional pode ser a quinta maior do mundo atingindo 83,7 milhões de automóveis (DARGAY et al (2007)).

No Brasil, o carro elétrico poderá se tornar uma opção importante mediante a políticas de incentivo a sua utilização, pois o seu uso em larga escala traria benefícios ambientais e estratégicos efetivos a longo prazo, além de utilizar o potencial de energia fotovoltaica brasileiro, em detrimento dos combustíveis fósseis (BNDES SETORIAL p 222).

O sistema elétrico identifica o carro elétrico como se fosse uma tomada, que demanda energia da rede. As tomadas para carros elétricos podem ser de diferentes tipos, podendo ser instaladas em áreas residenciais ou públicas. Estas últimas requerem reforço na infraestrutura dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

Devido à importância evidenciada nos parágrafos anteriores, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentará uma análise técnica e econômica de um projeto de sistema fotovoltaico para alimentação de uma tomada de carro elétrico para o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *campus-Formiga*.

1.1 Hipóteses

O consumo energético brasileiro, devido aos avanços da tecnologia e conseqüentemente aumento da demanda energética, elucida uma necessidade de ampliação do fornecimento de energia elétrica brasileira, composta por sua maior parte das usinas hidrelétricas, seguidas pela energia eólica, gás natural, e energia solar. Tal fato incentivou o uso de painéis fotovoltaicos como fontes de geração distribuída.

Além disso, o IFMG *campus* Formiga no âmbito de desenvolvimentos tecnológicos se mostra diligente, pois diante da possibilidade de algum servidor adquirir um carro elétrico, ou bicicleta elétrica de alunos e/ou servidores o *campus* pode se preparar para tal momento. Dentro desse contexto, foram levantados os seguintes questionamentos:

É possível projetar um sistema fotovoltaico de forma que supra as necessidades energéticas de uma tomada de carro elétrico para o IFMG-*campus* Formiga?

Quais os custos envolvidos na implementação deste sistema composto pelos equipamentos de geração solar e tomada de carro elétrico?

Com o intuito de responder a estas indagações, foi realizado um estudo de viabilidade técnica e econômica para alimentação de uma tomada de carro elétrico utilizando painéis fotovoltaicos no IFMG campus - Formiga, MG;

1.2. Justificativa

A cada ano, conforme o desenvolvimento crescente da tecnologia, a sociedade solicita cada vez mais de energia a fim de realizar suas tarefas. Portanto, qualquer forma de geração de energia torna-se justificável principalmente no âmbito sustentável, quando não agride de nenhuma forma o meio ambiente. Além disso, diante dos avanços tecnológicos, o sistema também precisa estar preparado para receber o carro elétrico, tecnologia emergente no momento atual. Assim, é permissível o estudo da geração de energia fotovoltaica integrada com a rede elétrica alimentando tomadas de carros elétricos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho visa projetar um sistema fotovoltaico responsável por alimentar uma tomada para carro elétrico localizada no estacionamento do IFMG *campus* Formiga - MG.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para se atender o objetivo geral, os seguintes passos intermediários (objetivos específicos) foram definidos: Estudo teórico sobre sistemas fotovoltaicos; Estudo teórico sobre carros elétricos e os sistemas de carregamento; Estudo teórico sobre a atual rede elétrica do IFMG - *Campus* Formiga - MG; Projeto do sistema fotovoltaico que irá atender a demanda energética da tomada do carro elétrico; Análises de viabilidade econômica do projeto.

1.4 VISÃO GERAL:

Após apresentar uma introdução do tema, os objetivos, a hipótese e a justificativa no capítulo um; o capítulo dois é responsável por indicar o referencial teórico de forma que a metodologia existente no capítulo três possa ser compreendida. Os resultados e conclusões serão apresentados nos capítulos quatro e cinco, respectivamente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo é responsável por apresentar os conceitos básicos necessários para o melhor entendimento da proposta de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Assim, temas como sistemas fotovoltaicos *ongrid* e os seus principais componentes; visão geral de instalações elétricas e normas vigentes; características elétricas de carregamento de carros elétricos e ferramentas de análise financeira serão abordadas.

2.1 Sistemas fotovoltaicos *on-grid*

Os sistemas fotovoltaicos podem ser conectados à rede elétrica, operando em paralelo. O objetivo de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica é de gerar energia elétrica para o consumo local, podendo reduzir ou até mesmo eliminar o consumo da rede pública ou até gerar excedente de energia elétrica. (VILLALVA, 2012, pg 149).

A geração excedente de energia elétrica ocorre quando o consumidor não consome a energia total produzida pelo sistema fotovoltaico, e esse excedente de energia é contabilizado como crédito. A resolução normativa 687/15 publicada pela ANEEL determina as regras para este sistema de compensação energética para os consumidores do tipo A e B.

Para consumidores do tipo A o valor cobrado no mínimo é referente a demanda contratada, pois há a possibilidade do consumo de energia ser suprido totalmente pela geração.

Para os consumidores do grupo B, quando o consumo de energia é suprido pela geração, fica imputado à concessionária a cobrança da taxa de disponibilidade de acesso à rede.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede podem ser centralizados, onde constituem-se usinas de geração de energia, ou descentralizados do tipo micro e minissistemas. Dentro desse contexto, costuma-se classificar os sistemas fotovoltaicos conectados à rede de energia, em três categorias, segundo as definições da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

- Micro geração: potência instalada de até 75 kW.
- Mini geração: potência instalada entre 75 kW e 3 MW.
- Usinas de eletricidade: potência instalada acima de 1 MW.

Os sistemas fotovoltaicos de mini e micro geração no começo de 2023 sofreram mudanças no âmbito da compensação de energia elétrica. De acordo com a lei 14.300/22, somente uma parte da energia injetada na rede poderá ser aproveitada na forma de créditos (ENERGES, 2023).

Portanto, para atenuar a conta de energia de um consumidor, sistemas fotovoltaicos *on-grid* são excelentes opções. Tais sistemas possuem os seguintes componentes:

Módulo fotovoltaico: Um módulo fotovoltaico pode ser constituído de um conjunto de células que podem ser de silício monocristalino, policristalino, filme fino entre outros materiais, que são colocadas sobre uma estrutura rígida e conectadas eletricamente. O efeito fotovoltaico evidencia a forma que os módulos irão produzir energia elétrica. O módulo absorve fótons, que por sua vez liberam elétrons que fluem através das células gerando a energia elétrica. (VILLALVA 2012, pg 76).

Os painéis fotovoltaicos monocristalinos são fabricados com silício ultrapuro e são os modelos com maior eficiência que varia de 15 % a 22 %. Os policristalinos, todavia são mais fáceis de fabricar e são feitos com silício policristalino sua eficiência está entre 14 % a 20 %. Os módulos de filme fino podem ser fabricados com outros materiais como silício amorfo, telureto de cádmio e sua eficiência está na faixa de 7 % a 13 %. (BLOG INTELBRAS, 2022).

Os painéis fotovoltaicos possuem diversas faixas de potência, que está diretamente ligada a capacidade de geração de energia no projeto. Essa potência é expressa em *Watt* (W), que é uma unidade de medida que expressa a quantidade de energia cedida por uma fonte durante um determinado período de tempo. Dentro do âmbito da energia solar, a potência do módulo está associada à eficiência da placa fotovoltaica, ou seja, o quanto de energia elétrica será gerada em *watts* por metro quadrado. (BLOG INTELBRAS, 2022).

As potências das placas fotovoltaicas variam entre os seguintes valores: 305 w, 310 w, 320 w, 330 w, 335 w, 340 w, 345 w, 350 w, 355 w, 405 w, 435 w, 450 w, 460 w, 500 w, 550 w, 590 w. A grande maioria dos painéis fotovoltaicos garantem uma potência de até 80 % de sua potência original por até 25 anos. (BLOG GET POWER, 2022). O preço médio para os módulos fotovoltaicos no varejo varia de R\$ 500 a R\$ 1000 reais, entretanto esse valor pode variar em função da potência, fabricante e o tipo de célula fotovoltaica utilizada. (PORTALSOLAR, 2024). A figura 2, ilustra um painel fotovoltaico:

Figura 2 – Módulo fotovoltaico.

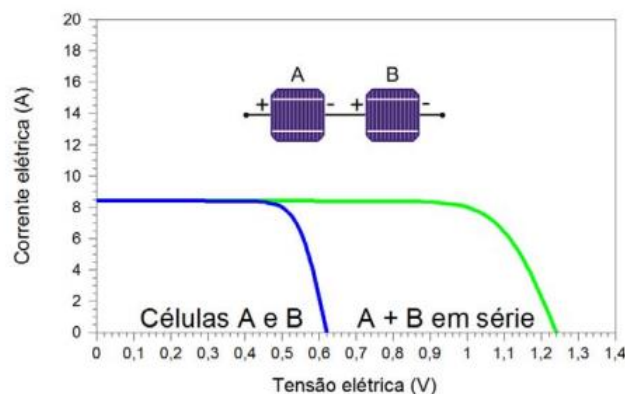


Fonte:(TRIAL ELETRICOS, 2024).

Além disso, os módulos fotovoltaicos podem ser conectados de diferentes formas a fim de se obter os níveis de tensão e corrente desejados, podendo ser associados em série e/ou paralelo. (PINHO GALDINO, 2014 pg 123).

Associação em série: Neste tipo de conexão, um terminal positivo de um módulo é conectado ao terminal negativo de outro e assim por diante. Para este caso, as tensões são somadas e a corrente elétrica permanece inalterada. Essa afirmação é válida para dispositivos sujeitos a mesma temperatura e irradiância. A figura 3 ilustra graficamente o comportamento de tensão e corrente para este tipo de conexão:

Figura 3 - Associação em série de módulos fotovoltaicos.

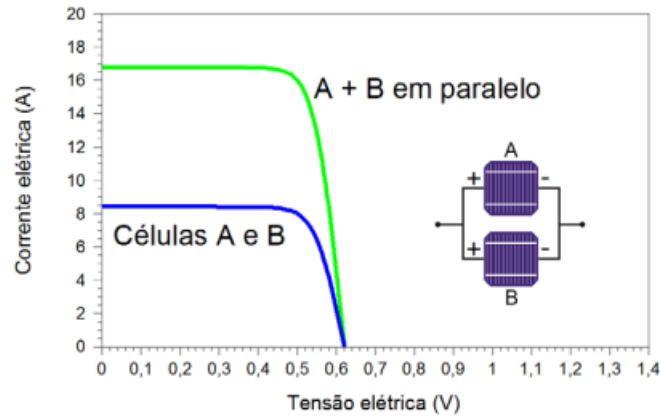


Fonte: (PINHO GALDINO, 2014 pg 124).

Associação em paralelo: Para este caso de conexão de módulos fotovoltaicos, tanto os terminais positivos quanto os negativos são interligados entre

si, ocasionado a inversão dos comportamentos de tensão e corrente em relação ao caso anterior, somando-se agora as correntes, como ilustra a figura 4:

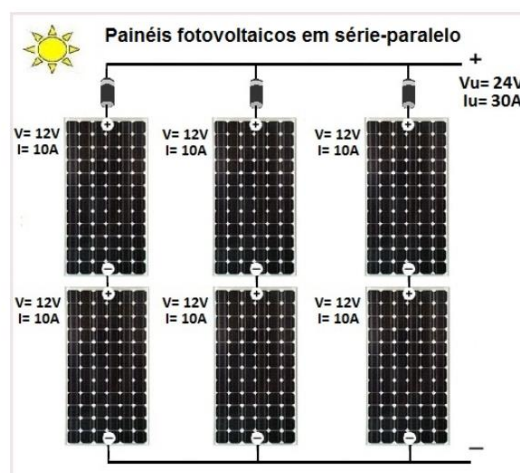
Figura 4 - Associação em paralelo de módulos fotovoltaicos.



Fonte:(PINHO GALDINO, 2014 pg 124).

Associação série-paralelo: Este caso de conexão é utilizado para elevar simultaneamente a tensão e corrente. Os terminais positivos e negativos dos módulos estão interligados entre si caracterizando a associação em paralelo. Além disso, os módulos também estão em série. A figura 5 ilustra uma associação série-paralelo de módulos fotovoltaicos:

Figura 5 - Associação série-paralelo de módulos fotovoltaicos.



Fonte: (LEIAUTDICAS, 2023).

Método HSP (Horas de Sol a Pico):

Neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), a quantidade de módulos é especificada seguindo o método HSP (Horas de Sol a Pico).

A quantidade de horas em que o módulo fotovoltaico irá produzir energia é denominado HSP. Para sua determinação, são verificadas a orientação geográfica do local, latitude e longitude. O valor de Energia Média Diária é obtido através da Energia gasta mensalmente, dividido pela quantidade de dias do mês. Com essas informações, basta utilizar aplicativos e/ou *softwares* confiáveis que fornecem o valor de HSP como, por exemplo, o CRESESB e o SWERA. (SENAI, 2019).

A potência de pico do sistema é determinada pela equação 1:

$$P_{pico} = \frac{EMD}{HSP} \quad (1)$$

Onde:

P_{pico} = Potência de pico do sistema fotovoltaico.

HSP = Horas de Sol a Pico.

EMD = Energia Média Diária.

Após a determinação da potência de pico do sistema, o número de módulos é especificado de acordo com equação 2:

$$NM = \frac{P_{pico}}{PM} \quad (2)$$

Onde:

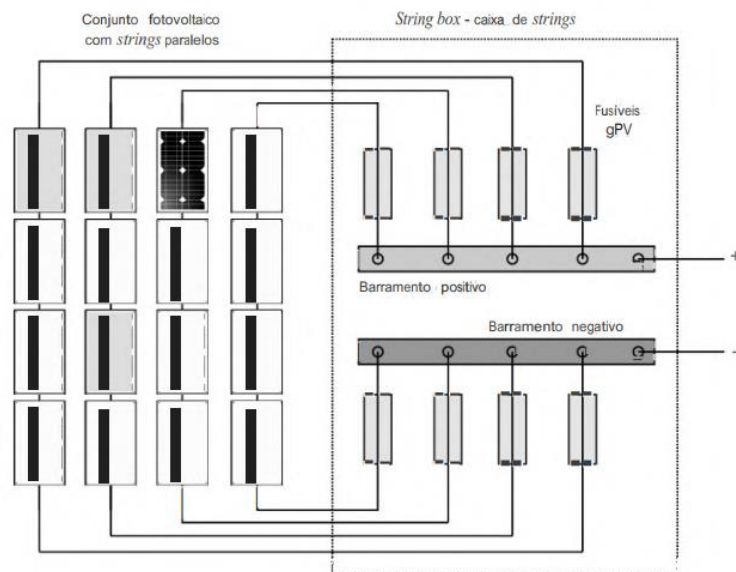
NM = número de módulos.

PM = Potência do módulo corrigida pela temperatura.

Caixas de *strings*: As caixas de *strings* são as denominações recebidas por um conjunto de módulos fotovoltaicos em série. Elas são conectadas entre si através de uma caixa de conexões denominada *string box*, a qual pode ser construída de forma independente com componentes adquiridos em lojas ou pré-fabricadas.

Deve possuir o mínimo grau de proteção IP54, com os terminais positivo e negativo bem identificados em seu interior. Para se obter a proteção dos módulos e os cabos das *strings* contra sobrecargas e correntes reversas, são utilizados fusíveis em todos os condutores ativos positivos e negativos. A figura 6, ilustra a caixa para a conexão de *strings*:

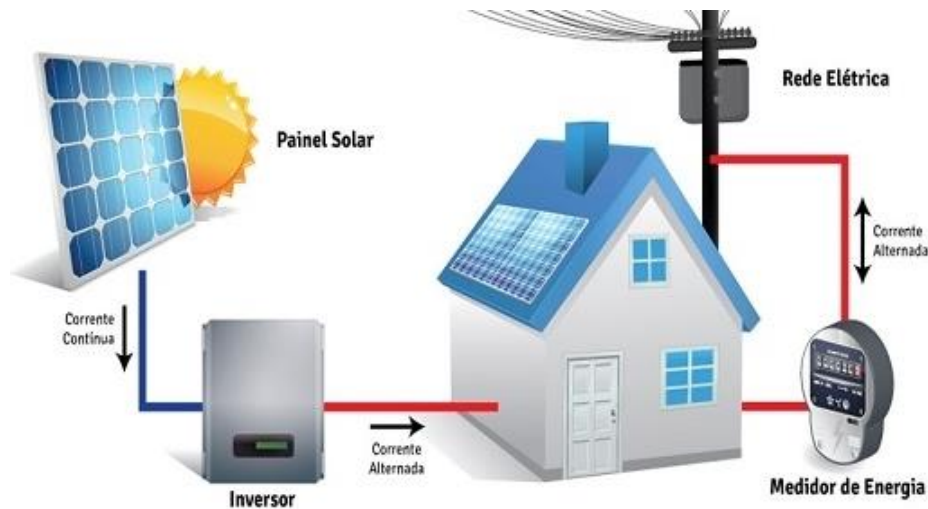
Figura 6 - Caixa para a conexão de *strings*.



Fonte:(VILLALVA 2012, pg 195).

Inversores: O inversor é um equipamento que converte energia elétrica contínua em alternada quando são conectados à rede elétrica. É considerado uma fonte de corrente do ponto de vista da rede elétrica. A figura 7, ilustra como é um inversor conectado à rede elétrica:

Figura 7- Inversor conectado à rede elétrica.



Fonte: (SCR, ENERGIA SOLAR, 2024).

Os inversores conectados à rede elétrica podem ser equipados com um ou mais sistemas de MPPT (Rastreamento do Ponto de Máxima Potência).

O MPPT garante que todos os módulos operem com máxima potência possível. Assim, essa função é de suma importância para os sistemas conectados à rede elétrica, pois maximiza a geração de energia, de forma a proporcionar um alto rendimento do sistema, mesmo na presença de variáveis intermitentes como irradiação e temperatura. (SENAI, 2019).

Stand-by: Durante à noite, quando os módulos fotovoltaicos não geram energia, o inversor permanece desligado, porém pequenas funções permanecem ativadas consumindo uma pequena quantidade de energia.

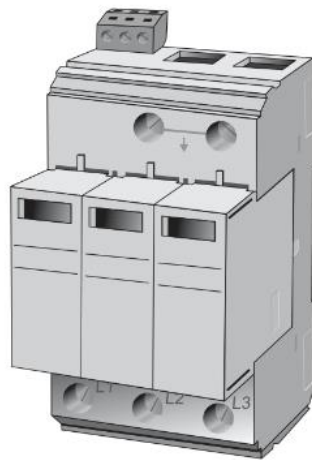
O inversor deve ser especificado considerando a potência base de pico do sistema. Os disjuntores que realizam a proteção do inversor devem suportar até 20% de sobrecorrente. Os fusíveis, por sua vez, devem operar com 90% da corrente nominal do equipamento protegido. (SENAI, 2019).

Dispositivo de proteção contra surto (DPS): As descargas atmosféricas causam grandes danos ao atingirem sistemas elétricos, linhas de transmissão de energia e sistemas de comunicação e edifícios. Quando os raios atingem de forma direta ou indireta a rede elétrica, ocorre uma elevação de tensão elétrica, ocasionando um surto elétrico que se propaga até encontrar um caminho para a terra. Este caminho pode ser um eletrodoméstico ou aparelhos eletrônicos, um inversor ou módulo

fotovoltaico. Todo equipamento atingido por um surto pode se danificar de forma irreparável, além da possibilidade de incêndio. Assim, é essencial utilizar Dispositivos de Proteção contra Surto (DPS) em aplicações fotovoltaicas.

O DPS possui um centelhador e um varistor com resistências altas em operações normais, enquanto que na presença de descargas atmosféricas sua resistência diminui para permitir a passagem de corrente elétrica. A figura 8, mostra um exemplo de DPS:

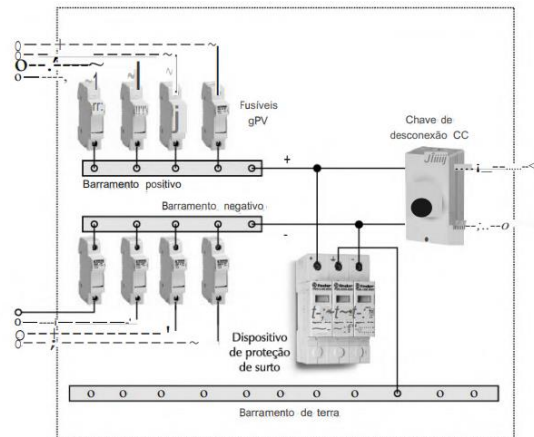
Figura 8 - Dispositivo de proteção contra surto (DPS).



Fonte:(CARVALHO JÚNIOR ,2017 pg 91).

Quadro de proteção de corrente contínua: O quadro de proteção de corrente contínua possui uma chave para desconexão CC (corrente contínua) e um dispositivo de proteção contra surto. Essa desconexão permite a manutenção dos sistemas fotovoltaicos e a desconexão dos módulos para garantir a segurança dos inversores e instalações. Neste mesmo quadro está presente o barramento de aterramento que recebe as ligações à terra das estruturas metálicas e carcaças dos módulos fotovoltaicos. (VILLALVA, 2012, pg 197). A figura 9 ilustra um quadro de proteção CC de um sistema fotovoltaico:

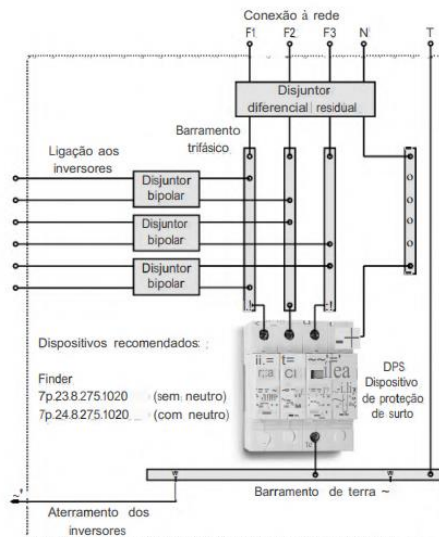
Figura 9 - Quadro de proteção de corrente contínua.



Fonte:(VILLALVA, 2012, pg 198).

Quadro de proteção de corrente alternada: Este quadro realiza a conexão entre os inversores e a rede elétrica. Os seus dispositivos e modo de dimensionamento são semelhantes aos empregados nas instalações convencionais de baixa tensão. (VILLALVA, 2012 pg 198). A figura 10 ilustra um quadro de proteção CA de um sistema fotovoltaico:

Figura 10 - Quadro de proteção CA.



Fonte:(VILLALVA, 2012 pg 199).

Medidor de energia: Os medidores de energia fotovoltaicos devem ser instalados na conexão com a rede elétrica entre o disjuntor de entrada e o quadro de proteção CA do sistema fotovoltaico, sendo o responsável pelo monitoramento da produção de energia do sistema. Os medidores convencionais também chamados de unidirecionais são utilizados em locais onde não há geração própria de energia e esse medidor irá registrar apenas a energia que a concessionária forneceu para atender a demanda daquele local.

Os medidores fotovoltaicos são chamados de bidirecionais e são instalados em um local onde há geração própria de energia. A diferença em relação aos medidores convencionais, é que esse medidor irá mensurar a quantidade de energia elétrica injetada na rede.

Durante à noite onde não há geração o medidor direciona energia da rede elétrica para a casa e esse valor é contabilizado, durante o dia onde há geração, o local consome energia dos painéis a rede elétrica para de injetar energia e o relógio do medidor é interrompido. (ALDO BLOG, 2021). A figura 11 mostra um medidor de energia:

Figura 11 - Medidor de energia.



Fonte:(VILLALVA, 2012 pg 201).

2.2 Instalações elétricas

O projeto de instalações elétricas é a representação gráfica e escrita dos elementos que serão instalados em uma edificação ou para um sistema fotovoltaico, por exemplo. (CARVALHO JÚNIOR 2017, pg 23).

Após a conclusão de um projeto elétrico, se este for bem elaborado, utilizando-se materiais de qualidade e a técnica correta de instalações em sua execução, gera uma economia relevante no que tange à aquisição de materiais, além

de proporcionar segurança nas instalações elétricas evitando o sub ou superdimensionamento de circuitos, não provocando desligamentos inesperados. (VOBI 2023).

Na elaboração dos projetos elétricos de baixa tensão, a concessionária de energia elétrica deve ser consultada a fim de conhecer os requisitos básicos para a ligação de unidades consumidoras. Além disso, as normas brasileiras vigentes sobre instalações elétricas de baixa tensão como a NBR 5410 devem ser atendidas. (COTRIM ADEMARO, 2008 pg 15).

Os disjuntores representam um importante componente em relação a proteção tanto da instalação elétrica em si, como sobrecargas, por exemplo, e também atuando quando os condutores estiverem conduzindo correntes acima de sua capacidade. Diferente do disjuntor, o fusível que também protege o circuito não pode ser religado, sendo necessário sua imediata substituição. (CONSTRUFACIL, 2023).

Em uma instalação elétrica, o disjuntor diferencial residual (DR) também desempenha uma importante função, pois ele detecta fugas de corrente ocasionada por instalação incorreta de componentes e falha na isolação dos condutores. O DR é um interruptor automático que ao detectar correntes de pequena intensidade que um disjuntor normalmente não é capaz, mas que são fatais para pessoas que tocam o local energizado. É instalado em locais com chuveiros e em circuitos que alimentam áreas externas. (CONSTRUFACIL, 2023).

Os quadros de distribuição de circuitos (QDC), são componentes muito importantes na instalação elétrica. É nele que estão concentrados todos os cabos referentes à fiação elétrica e por distribuir a energia elétrica para todos os ambientes de uma edificação. (SIEMENS, 2024).

Os condutores da instalação elétrica devem ser dimensionados conforme estabelece a norma NBR 5410. Neste TCC foram adotados dois critérios para dimensionamento dos condutores: A capacidade de condução de corrente e o método da queda de tensão.

Para calcular a capacidade de condução de corrente de um cabo, é necessário consultar um método de referência disponível para os quais a capacidade de condução de corrente foi determinada, através de cálculo ou ensaio.

O método da queda de tensão para circuitos terminais não deve ser superior a 4 %. Para circuitos terminais próximos ao quadro de distribuição a queda

de tensão não precisa ser calculada, entretanto para circuitos mais longos ela deve ser calculada a fim de se obter a seção nominal do condutor correta.

Fios com $1,5 \text{ mm}^2$ para iluminação e $2,5 \text{ mm}^2$ para tomadas de força, atendem a grande maioria das aplicações.

2.3 Veículos elétricos:

O veículo elétrico é um modelo de veículo que é alimentado exclusivamente por uma bateria, utilizando a sua energia armazenada (BORBA, 2012).

Em 1888, surgiu na Alemanha, o *Flocken Elektrowagen*, considerado o primeiro carro elétrico criado pelo inventor e empresário *Andreas Flocken*. O projeto tinha um motor de 0,7 kW e uma bateria de 100 kg e chegava a uma velocidade máxima de 15 km/h.

No ano de 1899, Camille Jenatzy projetou um veículo que atingiu a velocidade de 105,88 km/h. O auge da produção dos carros elétricos foi até 1912, pois naquele período os carros a combustão interna começaram a ganhar espaço pelo fato de serem produzidos em larga escala, além da descoberta de reservas de petróleo significativas tornando a gasolina uma mercadoria acessível. (IBERDROLA, 2023). A figura 12 mostra uma mulher dirigindo um carro elétrico em 1910:

Figura 12 - Mulher dirigindo um veículo elétrico em 1910.



Fonte: (IBERDROLA, 2023).

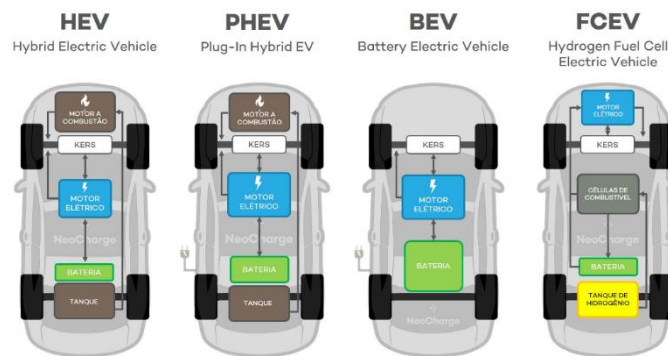
Somente nos anos 70, mais precisamente entre 1973 e 1979, durante a crise do petróleo, que o carro elétrico ganhou força novamente, devido ao aumento do preço do barril de petróleo.

Dentro do contexto de produção de veículos elétricos, no primeiro semestre do ano de 2024, de acordo com a ABVE (Associação Brasileira do Veículo Elétrico), os recordes e avanços foram consideráveis no mercado com a venda de mais de 79 mil eletrificados, que representa um aumento de 146 % em relação ao primeiro

semestre de 2023 e 288 % em comparação com o mesmo período em 2022. (INSIDE EVS, 2024).

Existem quatro tipos de veículos elétricos: os veículos elétricos híbridos (HEV), veículos elétricos híbrido *plug-in* (PHEV), os veículos elétricos a bateria (BEV) e os veículos elétricos a célula de combustível (FCEV), conforme ilustra a figura 13:

Figura 13 - Tipos de carros elétricos.



Fonte: (NEOCHARGE, 2023).

Veículo elétrico híbrido (HEV):

Os veículos elétricos híbridos (HEV) utilizam o álcool, gasolina ou diesel, como alimentação principal do motor a combustão, que funciona como um motor normal a combustão, e possuem também um motor elétrico e uma bateria. Esses veículos apresentam substancialmente uma melhor eficiência do uso de combustível que um carro não híbrido, pois emitem menos gases poluentes e economizam no reabastecimento de combustível, pois o motor elétrico complementa a atuação do motor a combustão em alguns momentos (NEOCHARGE, 2023).

Veículo elétrico plug-in (PHEV):

O Veículo elétrico *plug-in* (PHEV, em inglês) combina o motor a combustão interna, sendo este alimentado por álcool, diesel ou gasolina, e um banco de bateria recarregável. Possuem uma diferença relevante em relação aos híbridos convencionais em relação a recarga da bateria: através da frenagem regenerativa, convertendo parte da energia perdida na frenagem do veículo em energia elétrica, e também por utilizar um cabo, sendo alimentado por uma fonte externa como a rede elétrica, por exemplo. Assim, existe uma boa autonomia do motor elétrico, pois caso

acabe a bateria, o veículo utiliza o motor a combustão como um veículo convencional. (NEOCHARGE, 2023)

Veículo elétrico a bateria (BEV):

Este tipo de veículo é considerado 100% elétrico, pois não possui motor a combustão. Utiliza os mesmos mecanismos de carregamento que os veículos *plug-in*. Além disso, sua autonomia é considerada satisfatória para uso diário, em torno de 100 a 160 km. Podem ser completamente recarregados durante à noite. (OPEL, 2024).

Veículo elétrico a célula de combustível (FCEV):

Para este tipo de carro elétrico, o hidrogênio é utilizado como a principal fonte de energia para a bateria. A energia elétrica é produzida combinando oxigênio e hidrogênio. Durante o ato de frenagem, parte da energia térmica que é gerada recarrega a bateria. Diferenciam-se dos veículos totalmente elétricos apenas na forma de produção de energia. Além disso, é inócuo para o meio ambiente, pois a conversão de hidrogênio em eletricidade gera apenas água e calor. Possui autonomia, quando 100% carregado, de 320 a 600 km. (BRASIL ENERGIA, 2022).

Tipos de carregadores:

De acordo com o uso do carro elétrico, é possível selecionar de forma conveniente o carregador a ser utilizado, uma vez que existem vários tipos de carregadores, cada um com a sua própria finalidade.

Carregador de emergência:

Esses carregadores acompanham o veículo no ato da compra e podem facilmente serem utilizados em tomadas de 10 A, bastante comuns em residências. Além disso, podem ser colocados em qualquer compartimento do veículo. Todavia, possui uma potência baixa associada ao carregamento o que ocasiona um maior tempo para recarga total da bateria. (REVISTA CARRO, 2023). A figura 14 mostra um carregador de emergência:

Figura 14 - Carregador de emergência.



Fonte:(NEOCHARGE, 2023).

Carregador portátil:

Os carregadores portáteis, no que tange a potência de carregamento, diferem-se dos carregadores de emergência, pois fornecem até 32 A em suas três fases. Podem vir com adaptadores de plugue a fim de utilizá-lo em diferentes padrões de tomadas. Trabalham com o modo de carga nível um, que são para recargas noturnas ou emergenciais. (REVISTA CARRO, 2023). A figura 15 ilustra um carregador portátil:

Figura 15 - Carregador portátil.



Fonte:(NEOCHARGE, 2023).

Carregador Residencial ou *Wallbox*:

O carregamento residencial representa 80% dos carregamentos feitos por condutores de veículos elétricos. Os carregadores residenciais são também chamados de *home charger* e são mais rápidos que os emergenciais. São instalados na parede, o que resulta na denominação *Wallbox* (Carregador de parede). São encontrados na potência de 3,7 kW até 22kW, utilizando a tomada de corrente alternada para carregar o veículo. Levam cerca de 2 a 12 horas para carregar totalmente uma bateria de 40 kWh. (ZLETRIC, 2022). A figura 16, ilustra um carregador portátil:

Figura 16 - Carregador residencial.



Fonte: (NEOCHARGE, 2023).

Carregador comercial ou *parking*:

São similares aos carregadores residenciais, exceto pela sua robustez uma vez que podem ser instalados tanto na área externa como na área interna do local. São projetados para suportar um grande fluxo de veículos, pois possuem mais de uma saída permitindo assim que mais de um veículo possa utilizar o carregador. Sua potência varia de 3,7 kW a 22 kW. (ZLETRIC, 2022). A figura 17 mostra um carregador comercial:

Figura 17- Carregador comercial ou *parking*.



Fonte (NEOCHARGE, 2023).

2.4 Viabilidade econômica:

Para a realização deste TCC, é importante analisar a viabilidade econômica do projeto a fim de se obter uma projeção a longo prazo dos resultados em âmbito econômico. Dentro desse contexto serão utilizadas ferramentas de análise financeira como: Valor presente líquido (VPL), Taxa interna de retorno (TIR) e *payback*.

O VPL é uma ferramenta financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros. Para efetuar este cálculo, deve-se conhecer a taxa de desconto a ser empregada na atualização dos fluxos de caixa. (ASSAF NETO, 2009, p 165).

O VPL é calculado através da equação 3:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0 \quad (3)$$

Onde:

FC_j = Valor presente das entradas de caixas.

j = Período percorrendo o fluxo de caixa.

i = Taxa interna de retorno.

FC_0 = Valor do fluxo de caixa no momento zero (recebimento, empréstimo, ou pagamento – investimento).

A Taxa Interna de Retorno é a taxa de juros que iguala em determinado momento do tempo o valor das entradas (recebimentos), com o valor das saídas (pagamentos) previstas em caixa. É geralmente adotado o momento zero como data de comparação dos fluxos de caixa. O fluxo de caixa no momento zero, ou seja, o fluxo de caixa inicial é representado pelo valor do investimento ou empréstimo ou financiamento. Os demais fluxos indicam os valores das receitas ou prestações devidas. A TIR deve ser comparada com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). A TMA é a taxa mínima que o investidor se propõe a lucrar no investimento. (ASSAF NETO, 2009, p 161). A equação 4, ilustra como calcular o VPL:

$$FC_0 = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (4)$$

Em que:

FC_j = Valor presente das entradas de caixas.

j = Período percorrendo o fluxo de caixa.

i = Taxa interna de retorno.

TIR superior a TMA significa viabilidade econômica do projeto, caso contrário o projeto não é viável. Em caso de igualdade, a interpretação é de um resultado indiferente.

O *payback* é uma ferramenta financeira que permite conhecer o tempo de retorno de um investimento, ou seja, o tempo necessário para recuperar o capital investido. A equação 5, ilustra como calcular o *payback*:

$$Payback = \frac{Investimento\ inicial}{VPL} \quad (5)$$

Neste TCC, as ferramentas de viabilidade econômica serão calculadas no *software* Excel.

3 METODOLOGIA

Para realizar este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), foram inicialmente realizadas pesquisas a fim de formalização dos conceitos de energia fotovoltaica e seus componentes, como: módulo fotovoltaico, medidor de energia, conexões elétricas possíveis dos módulos, inversores, tipos de proteções existentes desses equipamentos como: quadro de proteção CA e CC.

Também foram estudados conceitos sobre instalações elétricas como: funcionamento dos dispositivos de proteção contra surtos, quadro de distribuição de circuitos além de métodos para dimensionar os condutores utilizados entre o QDC e o inversor e o inversor e os módulos, os métodos utilizados foram: Método da capacidade de condução de corrente e queda de tensão.

Foram necessários estudos a respeito de ferramentas da matemática financeira no intuito de realizar o estudo de viabilidade econômica do projeto fotovoltaico. Essas ferramentas são: a TIR (Taxa Interna de Retorno), VPL (Valor presente líquido) e *payback*.

Posteriormente, o projeto elétrico do Bloco B do *campus* foi analisado e de acordo com as cargas instaladas foi escolhido o melhor local para a tomada do carro elétrico ser instalada. Selecionado o local, foi consultado no site da CRESESB, utilizando as coordenadas geográficas da cidade de Formiga, a fim de obter o índice de irradiação solar para que fosse possível dimensionar o sistema fotovoltaico utilizando o método HSP (horas de sol a pico). Por fim, consultando o preço de todos os equipamentos envolvidos, foi realizada a análise de viabilidade econômica do projeto.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos neste Trabalho de Conclusão de Curso. Assim, primeiramente será demonstrado como está a situação da instalação elétrica do Bloco B e da guarita do IFMG, campus Formiga MG. O Bloco A não foi considerado devido a sua baixa carga instalada em relação ao Bloco B.

4.1 Projeto elétrico do campus

Na tabela 1 é possível visualizar a distribuição de cargas de iluminação e tomadas presentes na guarita do IFMG *campus* Formiga:

Tabela 1- Tabela de pontos de tomada e iluminação.

	ILUMINAÇÃO			TOMADAS E PONTOS DE FORÇA	
	2X16	2X32	V.M	100	500
CARGA- W	32	84	400	100	500
FATOR DE POTÊNCIA	0,85	0,85	0,85	0,85	1,00
CARGA VA	38	75	471	120	500

Fonte: Projeto elétrico do campus.

Na tabela 2, é possível visualizar a divisão dos circuitos, além das bitolas dos condutores para o QDC (Quadro de Distribuição de Circuitos).

Tabela 2 – QDC da guarita.

CIRCUITO	COND mm ²	DISJUNTOR	INTERR.DR		ILUMINAÇÃO			PONTOS DE FORÇA	
			CORR (A)	SENS (A)	2X16	2X32	V.M	100	500
01	2,5	1X16			02	04			
02	2,5	1X16						03	
03	2,5	1X16							02
04	2,5	1X16							02
05	6,0	2X32					12		
06	6,0	2X25					08		
07	6,0	2X25					08		
	2,5	1X16							
	2,5	1X16							
	2,5	1X16							
TOTAL	16,0		3,60	30	02	04	28	03	02

Fonte: Projeto elétrico do campus.

Na tabela 3, é observado o balanceamento das fases para os circuitos do QDC da guarita de forma a não sobrecarregar nenhuma das fases:

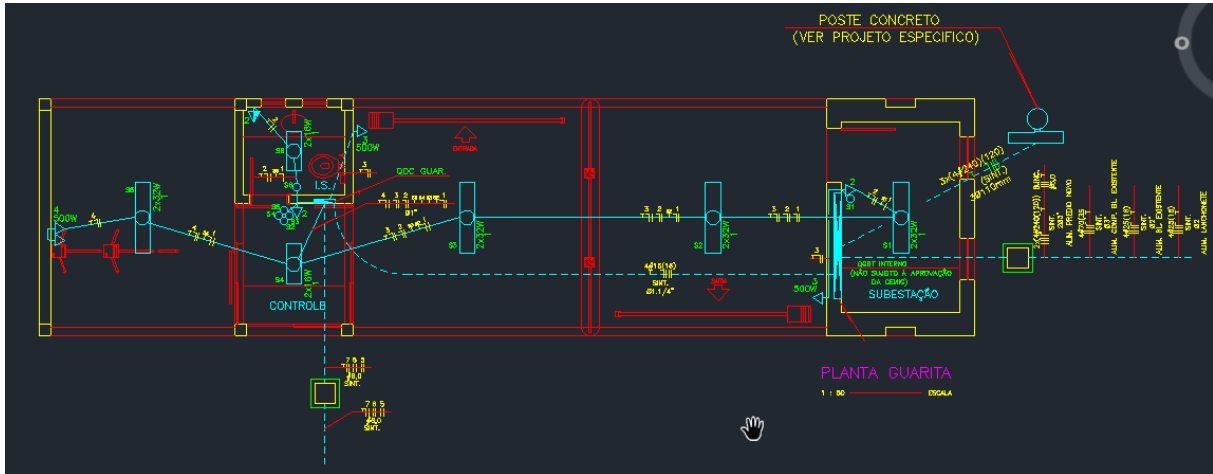
Tabela 3 – Balanceamento de cargas para os circuitos da guarita.

DESCRIÇÃO	EQUILÍBRIO DE FASES			TENSÃO DO CIRCUITO (V)	CORRENTE DO CIRCUITO VA / V (A)	TOTAL	
	A (VA)	B (VA)	C (VA)			(W)	(VA)
ILUMINAÇÃO	376 CIRC 01			127	2,96	280	376
TOMADAS USO GERAL		360 CIRC 02		127	2,83	300	360
CANCELAS			1000 CIRC 3	127	7,87	1000	1000
CANCELAS	1000 CIRC 4			127	7,87	1000	1000
ILUMINAÇÃO EXTERNA		2826 CIRC 5	2826 CIRC 5	220	25,69	4800	5652
ILUMINAÇÃO EXTERNA	1884 CIRC 6			220	17,13	3200	3768
ILUMINAÇÃO EXTERNA	1884 CIRC 7		1884 CIRC 7	220	17,13	3200	3768
RESERVA						XX	XX
RESERVA						XX	XX
RESERVA						XX	XX
TOTAL	5144	5070	5710	220 TRIF	41,80	13780	15924

Fonte: Projeto elétrico do campus

A figura 18 ilustra a planta da guarita do IFMG campus Formiga:

Figura 18 - Planta elétrica da guarita do IFMG campus Formiga.



Fonte: Projeto elétrico do campus.

Na figura 19 podemos ver como foi realizado o quadro de distribuição de circuitos do Laboratório de elétrica 1 onde é possível visualizar o QDC do laboratório de elétrica 1, que é predominantemente de tomadas monofásicas, bifásicas e trifásicas:

Figura 19 - Tabela do QDC do laboratório de elétrica 1.

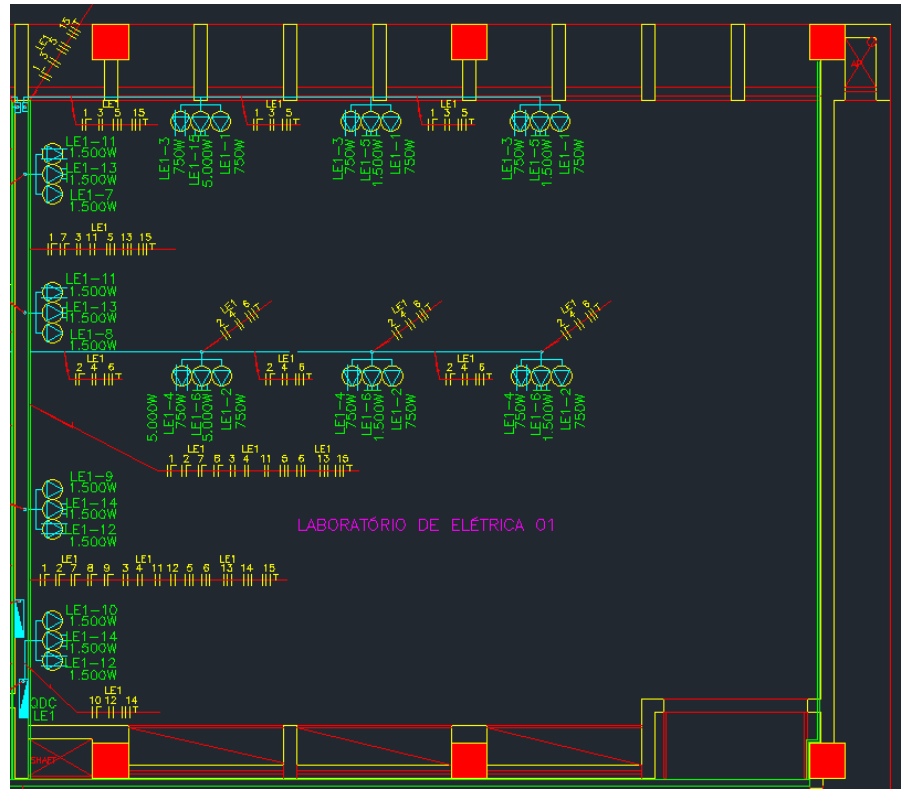
QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE CIRCUITOS – QDC LE1 (2ª PAV.)																
		TOMADAS E Pts. DE FORÇA						TENSO. CIRCUITO	CORR. CIRCUITO	EQUILIBRIO DE FASES			TOTAL		DESCRIÇÃO	
ESPECIE		100	300	500	750	1.200	2.100			3.000	VA + V	A	B	C		(W)
CARGA - W		150	300	500	750	1.200	2.100	3.000		(VA)		(VA)	(VA)			
FACTOR DE POTENCIA		0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00								
CARGA - VA		150	300	500	750	1.200	2.100	3.000								
CIRC.	COND. mm2	BSL (A)	INTER. DE QDC (A)	INTER. DE QDC (A)					(V)	(A)	(VA)	(VA)	(VA)			
01	2,5	1x20	xx	xx		03			127	17,72	2.250			2.250	PTS. FORÇA 127 V	
02	2,5	1x20	xx	xx		03			127	17,72		2.250		2.250	PTS. FORÇA 127 V	
03	2,5	2x16	xx	xx		03			220	10,23	1.125		1.125	2.250	PTS. FORÇA 220 V	
04	2,5	2x16	xx	xx		03			220	10,23		1.125	1.125	2.250	PTS. FORÇA 220 V	
05	2,5	2x16	xx	xx		02			220	8,82	750		750	1.500	PTS. FORÇA 220 V	
06	2,5	2x16	xx	xx		02			220	8,82	750		750	1.500	PTS. FORÇA 220 V	
07	2,5	1x16	xx	xx		01			127	11,81		1.500		1.500	PTS. FORÇA 127 V	
08	2,5	1x16	xx	xx		01			127	11,81		1.500		1.500	PTS. FORÇA 127 V	
09	2,5	1x16	xx	xx		01			127	11,81	1.500			1.500	PTS. FORÇA 127 V	
10	2,5	1x16	xx	xx		01			127	11,81		1.500		1.500	PTS. FORÇA 127 V	
11	2,5	2x16	xx	xx		02			220	13,84	1.500		1.500	3.000	PTS. FORÇA 220 V	
12	2,5	2x16	xx	xx		02			220	13,84	1.500	1.500		3.000	PTS. FORÇA 220 V	
13	2,5	3x16	xx	xx		02			220 TRIF.	7,87	1.000	1.000	1.000	3.000	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO	
14	2,5	3x16	xx	xx		02			220 TRIF.	7,87	1.000	1.000	1.000	3.000	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO	
15	2,5	3x16	xx	xx		01			220 TRIF.	13,12	1.667	1.667	1.666	5.000	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO	
16	2,5	3x16	xx	xx		01			220 TRIF.	13,12	1.667	1.667	1.666	5.000	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO	
	2,5	1x16	xx	xx										xx	RESERVA	
	2,5	1x16	xx	xx										xx	RESERVA	
	2,5	1x16	xx	xx										xx	RESERVA	
	2,5	1x16	xx	xx										xx	RESERVA	
020	25,0	3x70				18	12		220 TRIF.	104,99	13.209	13.209	13.562	40.080	40.000	TOTAL

CALCULO DA DEMANDA :					
DESCRIÇÃO	SUB-TOTAL QUANT.	POT.(VA)	TOTAL (VA)	CÁLCULO DE DEMANDA	DEMANDA (VA)
TOMADAS / PONTOS FORÇA		40,00 KVA	40,00 KVA	40,00 KVA x 0,70 =	28,00 KVA
DEMANDA TOTAL					28,00 KVA
PROTEÇÃO GERAL = TRIFÁSICO DE 70 A, I.c.e = 5 KA					
CONDUTORES #25mm2, TERRA #16mm2					

Fonte: Projeto elétrico do campus.

A figura 20 apresenta o laboratório de elétrica 1 representando seus circuitos e tomadas.

Figura 20 - Laboratório de elétrica 1.



Fonte: Projeto elétrico do campus.

Na figura 21, é apresentado o QDC (quadro de distribuição de circuitos) do laboratório de elétrica 2, compondo mais uma carga do bloco B do campus:

Figura 21 - QDC do laboratório de elétrica 2.

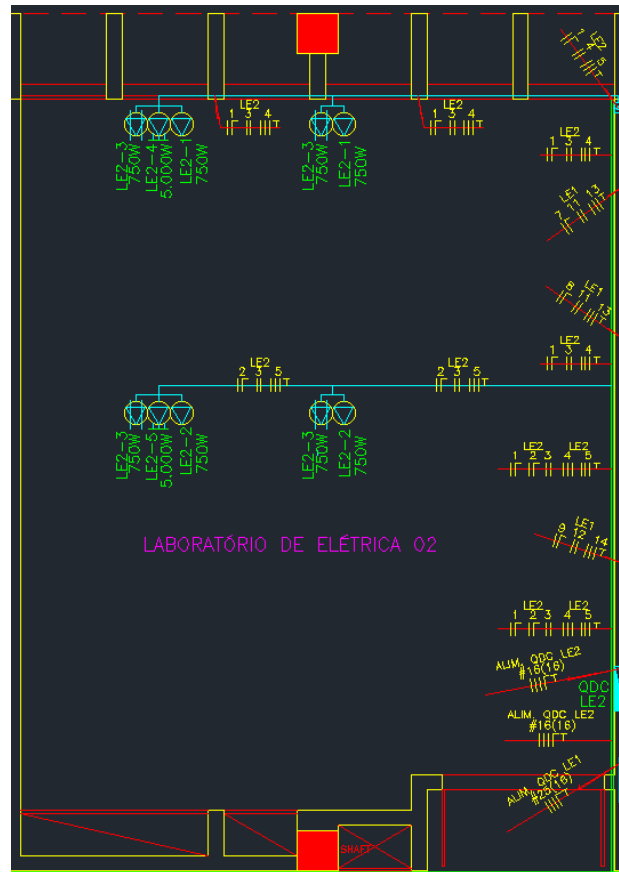
QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE CIRCUITOS – QDC LE2 (2º PAV.)																				
CIRC.	COND. mm ²	DISJ. (A)	INTER. OR CORR. (W)	SENSE (VA)	TOMADAS E PTS. DE FORÇA						TENSÃO CIRCUITO	CORR. CIRCUITO	EQUILIBRIO DE FASES			TOTAL		DESCRIÇÃO		
					100	300	500	750	1.500	2.100			5.000	VA ± V (A)	A (VA)	B (VA)	C (VA)		(W)	(VA)
					0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			(V)							
01	2,5	1x16	xx	xx				02			127	11,81	1.500				1.500	1.500	PTS. FORÇA 127 V	
02	2,5	1x16	xx	xx				02			127	11,81		1.500			1.500	1.500	PTS. FORÇA 127 V	
03	2,5	2x16	xx	xx				04			220	13,64	1.500		1.500		3.000	3.000	PTS. FORÇA 220 V	
04	2,5	3x16	xx	xx					01		220 TRIF.	13,12	1,667	1,667	1,666		5.000	5.000	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO	
05	2,5	3x16	xx	xx					01		220 TRIF.	13,12	1,667	1,667	1,666		5.000	5.000	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO	
	2,5	1x16	xx	xx												xx	xx	RESERVA		
	2,5	1x16	xx	xx												xx	xx	RESERVA		
	2,5	1x16	xx	xx												xx	xx	RESERVA		
	2,5	1x16	xx	xx												xx	xx	RESERVA		
TOTAL	16,0	3x60					08			02	220 TRIF.	41,99	6,334	4,834	4,832		16.000	16.000	TOTAL	

Fonte: Projeto elétrico do campus.

Assim como no laboratório de elétrica 1, o laboratório de elétrica 2 também apresenta seu QDC composto por tomadas.

Logo em seguida, na figura 22 é ilustrado o Laboratório de Elétrica 2:

Figura 22- Laboratório de elétrica 2



Fonte: Projeto elétrico do campus.

A figura 23 apresenta o quadro de distribuição de circuitos do laboratório de elétrica 3

Figura 23 - QDC do laboratório de elétrica 3

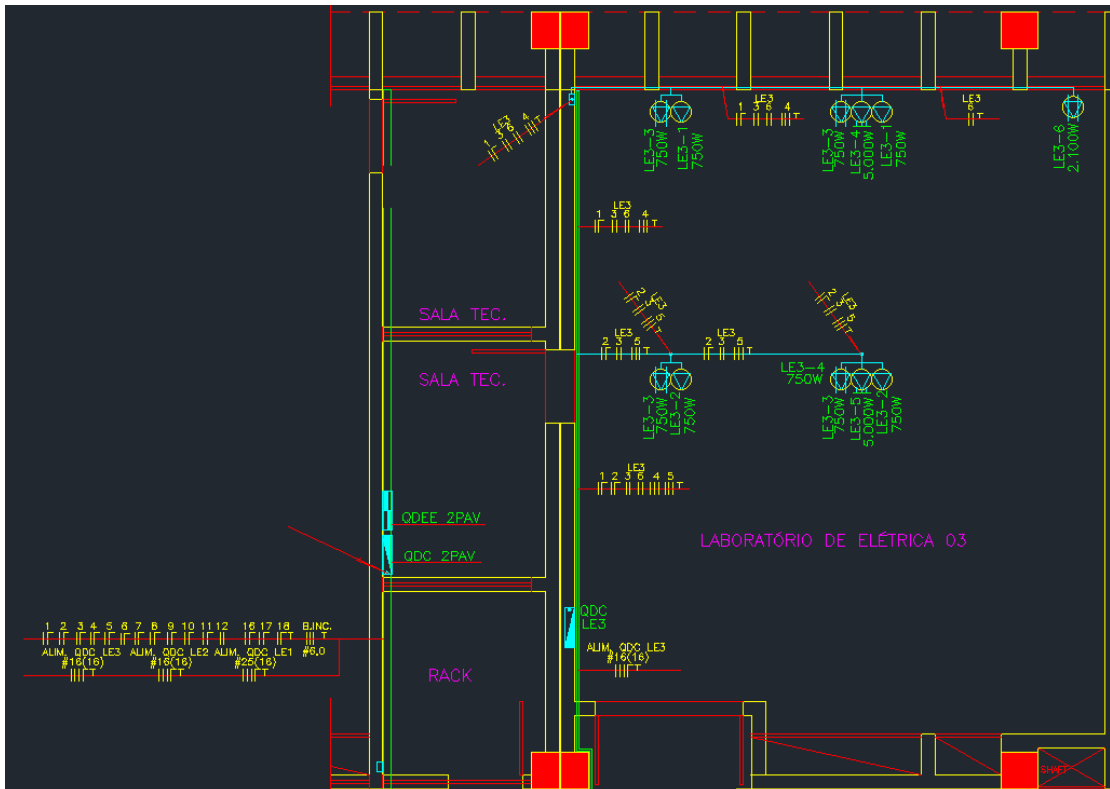
QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE CIRCUITOS – QDC LE3 (2ª PAV.)																		
ESPECIE	TOMADAS E PTS. DE FORÇA							TENSÃO CIRCUITO (V)	CORR. CIRCUITO (A)	EQUILIBRIO DE FASES			TOTAL		DESCRIÇÃO			
	100	300	500	750	1.500	2.100	5.000			VA - V (VA)	A (VA)	B (VA)	C (VA)	(W)		(VA)		
FATOR DE POTÊNCIA	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00											
CARGA - VA	120	300	500	750	1.500	2.100	5.000											
CIRC.	COND. mm2	DISJ. (A)	INTER. CORR. (A)	DR. BENS. (mm2)														
01	2,5	1x16	xx	xx				02	127	11,81	1.500			1.500	1.500	PTS. FORÇA 127 V		
02	2,5	1x16	xx	xx				02	127	11,81		1.500		1.500	1.500	PTS. FORÇA 127 V		
03	2,5	2x16	xx	xx				04	220	13,64	1.500		1.500	3.000	3.000	PTS. FORÇA 220 V		
04	2,5	3x16	xx	xx				01	220	13,12	1.667	1.667	1.666	5.000	5.000	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO		
05	2,5	3x16	xx	xx				01	220	13,12	1.667	1.667	1.666	5.000	5.000	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO		
06	2,5	2x16	xx	xx				01	220	9,55		1.050	1.050	2.100	2.100	PTS. FORÇA 220 V		
	2,5	1x16	xx	xx									xx	xx	RESERVA			
	2,5	1x16	xx	xx									xx	xx	RESERVA			
	2,5	1x16	xx	xx									xx	xx	RESERVA			
	2,5	1x16	xx	xx									xx	xx	RESERVA			
TOTAL	16,0	3x60						08	01	02	220 TRIF	47,51	6.334	5.884	5.882	18.100	18.100	TOTAL

Fonte: Projeto elétrico do campus.

De maneira análoga, o QDC do laboratório de elétrica 3 apresenta a relação de todas as cargas presentes e o balanceamento de fases.

A figura 24 ilustra o laboratório de elétrica 3

Figura 24 – Laboratório de elétrica 3.



Fonte: Projeto elétrico do campus.

A figura 25 ilustra a distribuição de circuitos do bloco B do laboratório de elétrica 04:

Figura - 25 - QDC do laboratório de elétrica 4.

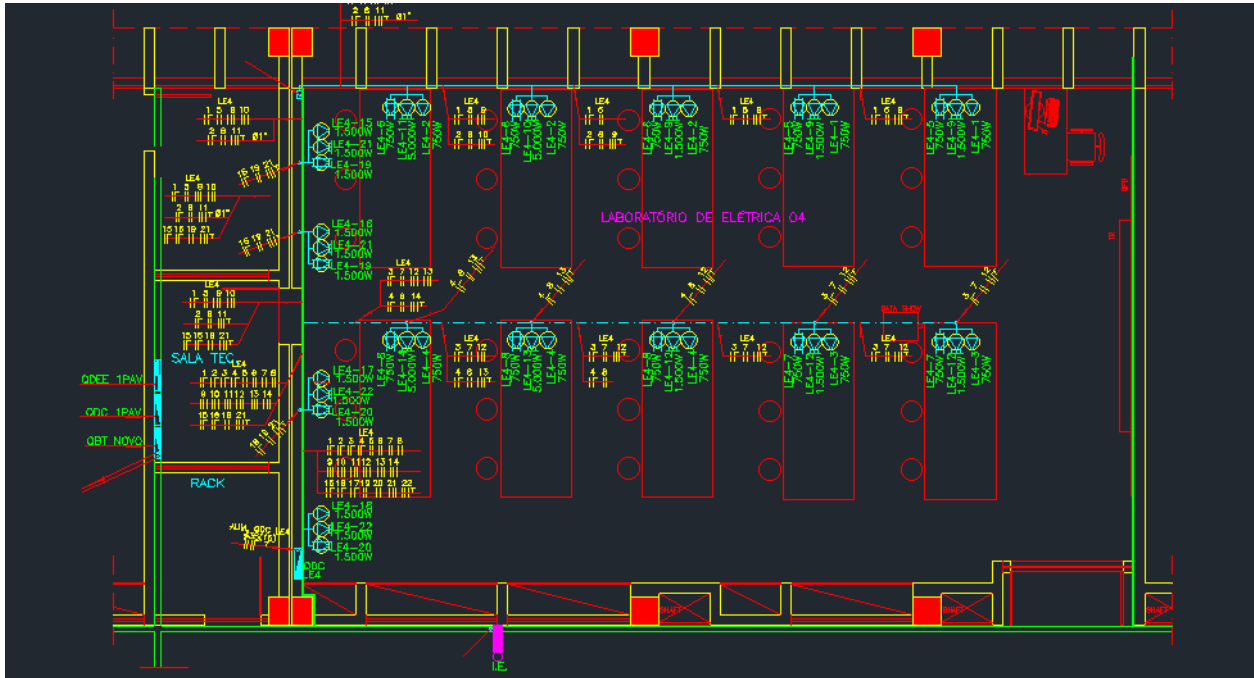
QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE CIRCUITOS – QDC LE4 (1ª PAV.)																
		TOMADAS E Pts. DE FORÇA						TENSÃO CIRCUITO	CORR. CIRCUITO	EQUILIBRIO DE FASES			TOTAL		DESCRIÇÃO	
		100	300	500	750	1.500	2.100			3.000	W + V (VA)	A	B	C		(W)
CARGA - W																
FACTOR DE POTENCIA		0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00								
CARGA - VA		120	300	500	750	1.500	2.100	3.000								
CIRC.	COND. mm2	DISJ. (A)	INTER. (A)	DR. (A)				(V)	(%)	(VA)	(VA)	(VA)	(W)	(VA)		
01	2,5	1x1B	xx	xx			02		127	11,81			1.500	1.500	PTS. FORÇA 127 V	
02	2,5	1x20	xx	xx			03		127	17,72		2.250		2.250	PTS. FORÇA 127 V	
03	2,5	1x1B	xx	xx			02		127	11,81			1.500	1.500	PTS. FORÇA 127 V	
04	2,5	1x20	xx	xx			03		127	17,72	2.250			2.250	PTS. FORÇA 127 V	
05	2,5	2x16	xx	xx			02		220	6,82		750	750	1.500	1.500	PTS. FORÇA 220 V
06	2,5	2x16	xx	xx			03		220	10,23	1.125	1.125		2.250	2.250	PTS. FORÇA 220 V
07	2,5	2x16	xx	xx			02		220	6,82		750		1.500	1.500	PTS. FORÇA 220 V
08	2,5	2x16	xx	xx			03		220	10,23		1.125	1.125	2.250	2.250	PTS. FORÇA 220 V
09	2,5	3x16	xx	xx			03		220 TRIF.	11,81	1.500	1.500	1.500	4.500	4.500	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO
10	2,5	3x16	xx	xx			01		220 TRIF.	13,12	1.667	1.667	1.666	5.000	5.000	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO
11	2,5	3x16	xx	xx			01		220 TRIF.	3,94	500	500	500	1.500	1.500	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO
12	2,5	3x16	xx	xx			03		220 TRIF.	11,81	1.500	1.500	1.500	4.500	4.500	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO
13	2,5	3x16	xx	xx			01		220 TRIF.	13,12	1.667	1.667	1.666	5.000	5.000	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO
14	2,5	3x16	xx	xx			01		220 TRIF.	3,94	500	500	500	1.500	1.500	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO
15	2,5	1x1B	xx	xx			01		127	11,81	1.500			1.500	1.500	PTS. FORÇA 127 V
16	2,5	1x16	xx	xx			01		127	11,81		1.500		1.500	1.500	PTS. FORÇA 127 V
17	2,5	1x16	xx	xx			01		127	11,81			1.500	1.500	1.500	PTS. FORÇA 127 V
18	2,5	1x16	xx	xx			01		127	11,81	1.500			1.500	1.500	PTS. FORÇA 127 V
19	2,5	2x16	xx	xx			02		220	13,64		1.500	1.500	3.000	3.000	PTS. FORÇA 220 V
20	2,5	2x16	xx	xx			02		220	13,64	1.500	1.500		3.000	3.000	PTS. FORÇA 220 V
21	2,5	3x16	xx	xx			02		220 TRIF.	7,87	1.000	1.000	1.000	3.000	3.000	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO
22	2,5	3x16	xx	xx			02		220 TRIF.	7,87	1.000	1.000	1.000	3.000	3.000	PTS. FORÇA 220 V – TRIFÁSICO
	2,5	1x1B	xx	xx										xx	xx	RESERVA
	2,5	1x16	xx	xx										xx	xx	RESERVA
	2,5	1x16	xx	xx										xx	xx	RESERVA
	2,5	1x16	xx	xx										xx	xx	RESERVA
RESERVA	35,0	3x1 DC			120	300	500	750	1.500	2.100	3.000					
					20	20	—	02	220 TRIF.	104,98	17.998	19.084	17.957	55.000	55.000	TOTAL
CÁLCULO DA DEMANDA :																
DESCRIÇÃO		SUB-TOTAL QUANT.		POT.(VA)	TOTAL (VA)		CÁLCULO DE DEMANDA				DEMANDA (VA)					
TOMADAS / PONTOS FORÇA				55,00 KVA	55,00 KVA		55,00 KVA x 0,70 =				38,50 KVA					
DEMANDA TOTAL											38,50 KVA					
PROTEÇÃO GERAL = TRIFÁSICO DE 100 A, i.e.e = 5 KA										CONDUTORES #35mm2, TERRA #16mm2						

Fonte: Projeto elétrico do campus.

O QDC do laboratório de elétrica 4 ilustra a quantidade de cargas presentes, onde é possível observar uma maior quantidade de tomadas. De forma análoga a outros quadros, está indicado o balanceamento de fases.

Logo em seguida, a figura 26 mostra o laboratório de elétrica 04

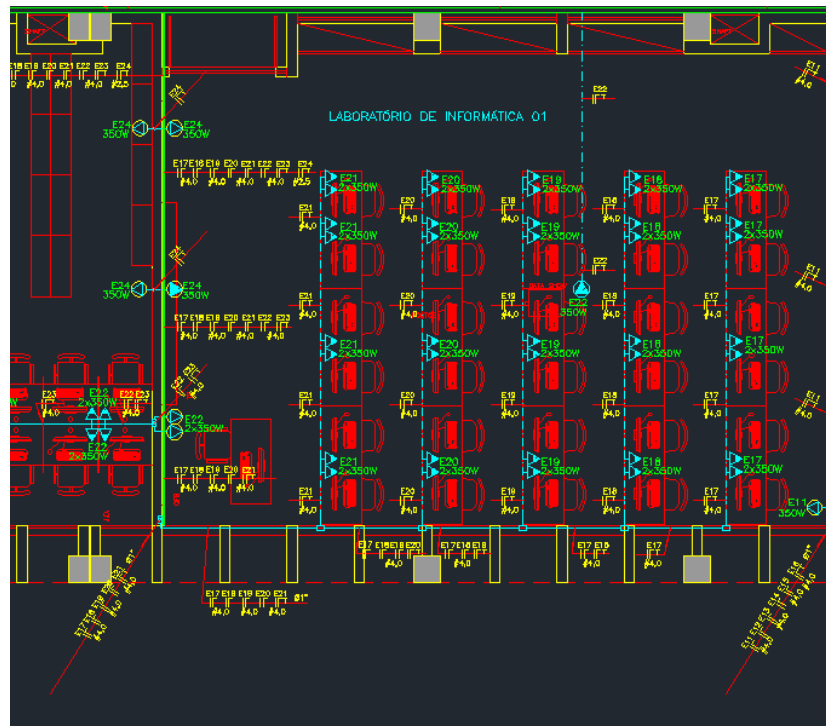
Figura 26 - Laboratório de elétrica 4.



Fonte: Projeto elétrico do campus.

A Figura 27 ilustra o laboratório de informática 1 do campus

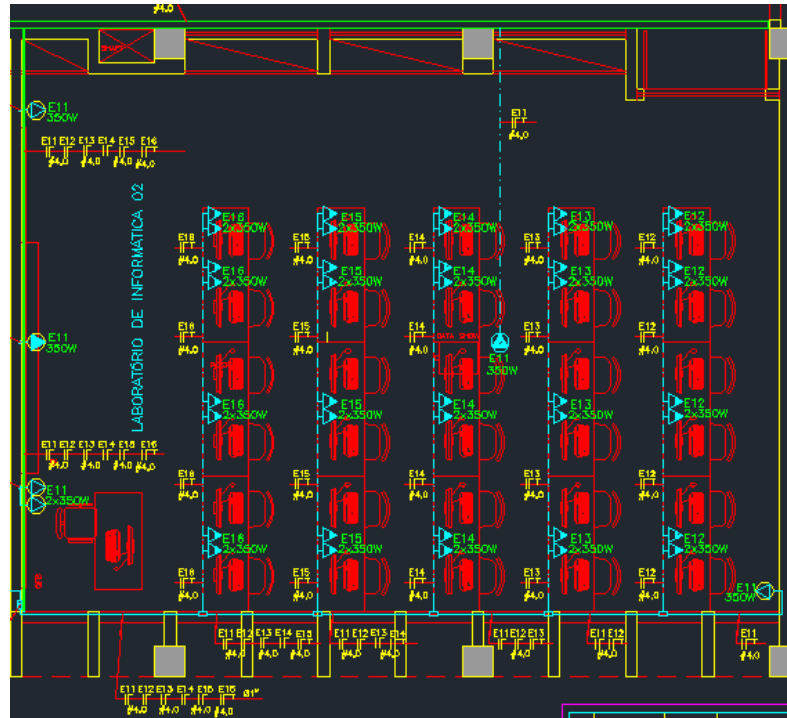
Figura 27 – Laboratório de informática 1.



Fonte: Projeto elétrico do campus.

A figura 28 mostra o laboratório de informática 2, no bloco B do campus

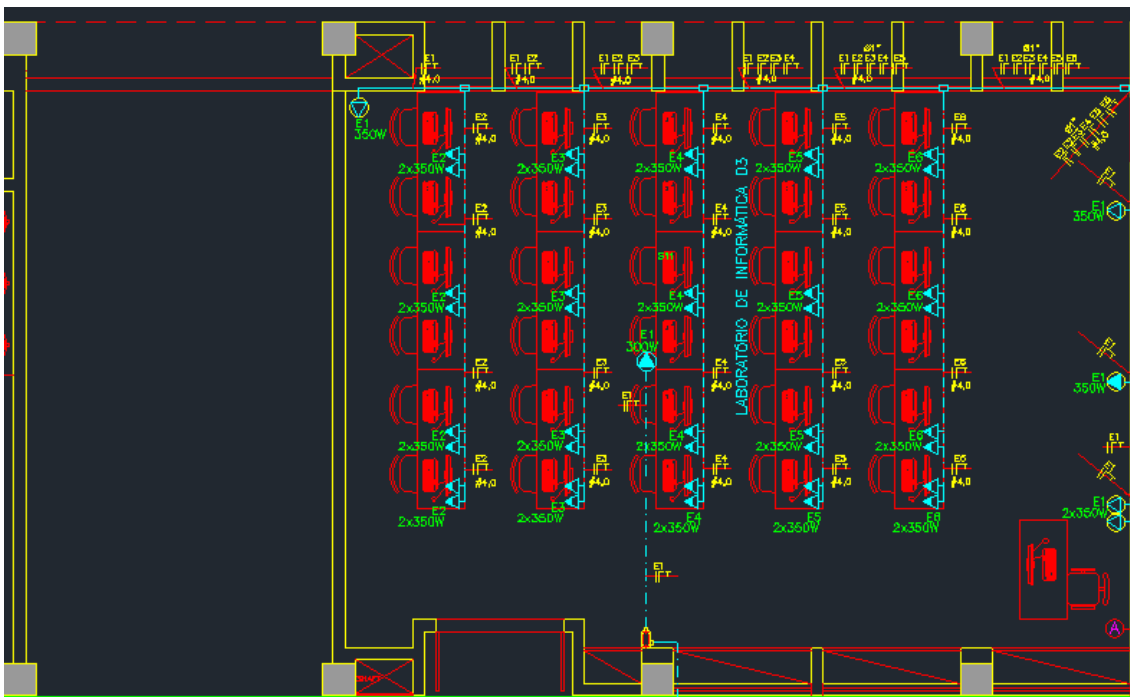
Figura 28 - Laboratório de informática 2.



Fonte: Projeto elétrico do campus.

A figura 29 ilustra o laboratório de informática 3

Figura 29 - Laboratório de informática 3.



Fonte: Projeto elétrico do campus.

A figura 30 indica todas as cargas do bloco B do 1º pavimento

Figura 30 - QDC do 1º pavimento do bloco B.

QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE CIRCUITOS – QDC 1PAV																					
		ILUMINAÇÃO								TOMADAS E Ptas. DE FORÇA				TENSÃO CIRCUITO	CORR. CIRCUITO	EQUILIBRIO DE FASES			TOTAL		DESCRIÇÃO
ESPECIE		28	2x16	2x32	100	100	300	500	1.500	195V	9.860	VA + V (A)	A			B	C	(W)	(VA)		
DADOS - W		28	32	64	100	100	300	500	1.500	1.000	1.000										
FATOR DE POTENCIA		0,85										-									
DADOS - VA		31	36	75	100	120	300	500	1.500	10.760											
QDC.	COND. mm2	DES. (A)	INTER. DE FASES	DESCRIÇÃO																	
01	2,5	1x16	xx	xx								127	9,45	1.200			1.024	1.200	ILUMINAÇÃO		
02	2,5	1x18	xx	xx	01	04	18					127	11,48		1.458		1.242	1.458	ILUMINAÇÃO		
03	2,5	1x18	xx	xx								127	9,45			1.200	1.024	1.200	ILUMINAÇÃO		
04	2,5	1x16	xx	xx			05	04				127	3,86	480			416	480	ILUMINAÇÃO		
05	2,5	1x18	xx	xx					04			127	9,45		1.200		1.200	1.200	VENTILADORES		
06	2,5	1x18	xx	xx					04			127	9,45			1.200	1.200	1.200	VENTILADORES		
07	2,5	1x16	xx	xx					04			127	6,45	1.200			1.200	1.200	VENTILADORES		
08	2,5	1x18	xx	xx					02			127	4,72		800		800	800	VENTILADORES		
09	2,5	1x18	xx	xx					04			127	9,45			1.200	1.200	1.200	VENTILADORES		
10	2,5	1x16	xx	xx					04			127	6,45	1.200			1.200	1.200	VENTILADORES		
11	2,5	1x16	xx	xx					04			127	6,45		1.200		1.200	1.200	VENTILADORES		
12	2,5	1x18	xx	xx					11			127	10,39			1.320	1.100	1.320	TOMADAS DE USO GERAL		
13	2,5	1x18	xx	xx					13			127	12,29	1.580			1.300	1.580	TOMADAS DE USO GERAL		
14	2,5	2x16	xx	xx					05			220	6,62		750	750	1.500	1.500	TOMADAS ESPECIAIS 220 V		
15	2,5	1x18	xx	xx					05			127	11,81	1.500			1.500	1.500	TOMADAS ESPECIAIS 127 V		
16	2,5	2x16	xx	xx					05			220	6,62		750	750	1.500	1.500	TOMADAS ESPECIAIS 220 V		
17	2,5	3x16	xx	xx					01			220 TRIF.	3,94	500	500	500	1.500	1.500	TOMADAS ESPECIAIS 127 V		
18	2,5	1x16	xx	xx					02			127	7,87	1.000			1.000	1.000	BEBEDOUROS		
19	2,5	1x18	xx	xx					02			127	7,87		1.000		1.000	1.000	BEBEDOUROS		
20	2,5	1x16	xx	xx					05			127	11,81			1.500	1.500	1.500	TOMADAS ESPECIAIS 127 V		
21	2,5	2x16	xx	xx					05			220	6,62	750	750		1.500	1.500	TOMADAS ESPECIAIS 220 V		
22	2,5	3x16	xx	xx					02			220 TRIF.	2,62	333	333	334	1.000	1.000	TOM. ESPECIAIS 220 V/TRIF.		
23	2,5	1x18	xx	xx					12			127	9,45			1.200	1.024	1.200	ILUMINAÇÃO EMERGENCIA		
24	10,0	3x40	xx	xx								220 TRIF.	26,24	3.587	3.587	3.586	9.680	10.760	ELEVADOR		
	2,5	1x16	xx	xx													xx	xx	RESERVA		
	2,5	1x18	xx	xx													xx	xx	RESERVA		
	2,5	1x16	xx	xx													xx	xx	RESERVA		
	2,5	1x16	xx	xx													xx	xx	RESERVA		
	2,5	1x18	xx	xx													xx	xx	RESERVA		
TOTAL	35,0	3x100			31	36	75	100	120	300	500	1.500	10.760	220 TRIF.	100,33	13.320	12.128	13.540	36.610	38.968	TOTAL

CALCULO DA DEMANDA :				
DESCRIÇÃO	SUB-TOTAL		TOTAL (VA)	DEMANDA (VA)
	QUANT.	POT.(VA)		
ILUMINAÇÃO	5.823	VA	5,83	KVA
TOMADAS	23.180	VA	23,18	KVA
BEBEDOUROS	04	0,50	KVA	2,00
ELEVADOR	01	10,76	KVA	10,76
DEMANDA TOTAL				31,88
PROTEÇÃO GERAL = TRIFÁSICO DE 100 A, I.c.e = 10 KA				CONDUTORES #35mm2, TERRA #16mm2

Fonte: Projeto elétrico do campus.

A figura 30 apresenta o QDC do 1º pavimento do bloco B do campus. É observado uma predominância de cargas de iluminação.

Na figura 31 é ilustrado o quadro de distribuição de circuitos do bloco B segundo pavimento

Figura 31 - QDC do 2º pavimento do bloco B.

QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE CIRCUITOS – QDC 2PAV																					
		ILUMINAÇÃO				TOMADAS E P.Ts. DE FORÇA						EQUILIBRIO DE FASES			TOTAL		DESCRIÇÃO				
ESPECIE		2ø	2x1ø	2x3ø	10ø	10ø	30ø	50ø	TENSÃO CIRCUITO	CORR. CIRCUITO				(W)	(VA)						
CARGA – W		2ø	3ø	8ø	10ø	10ø	30ø	50ø	(V)	VA + V (A)	A	B	C								
FATOR DE POTENCIA		0,85	0,85	0,85	1,00	0,85	1,00	1,00			(W)	(VA)	(VA)	(VA)							
CARGA – VA		3ø	3ø	7ø	10ø	12ø	30ø	80ø				(W)	(VA)								
CIRC.	COND. mm ²	DISL. (A)	INTER. DE 200V	DR. SOB TELA																	
01	2,5	1x1ø	xx	xx					1ø	9,45	1,200				1,024	1,200	ILUMINAÇÃO				
02	2,5	1x1ø	xx	xx		0ø	1ø			11,76		1,494			1,280	1,494	ILUMINAÇÃO				
03	2,5	1x1ø	xx	xx					1ø	9,45			1,200		1,024	1,200	ILUMINAÇÃO				
04	2,5	1x1ø	xx	xx	0ø	0ø	1ø			7,85	9,71				826	971	ILUMINAÇÃO				
05	2,5	1x1ø	xx	xx					0ø	1ø	9,45		1,200		1,200	1,200	VENTILADORES				
06	2,5	1x1ø	xx	xx					0ø	1ø	9,45			1,200	1,200	1,200	VENTILADORES				
07	2,5	1x1ø	xx	xx					0ø	1ø	9,45	1,200			1,200	1,200	VENTILADORES				
08	2,5	1x1ø	xx	xx					0ø	1ø	9,45		1,200		1,200	1,200	VENTILADORES				
09	2,5	1x1ø	xx	xx					0ø	1ø	9,45			1,200	1,200	1,200	VENTILADORES				
10	2,5	1x1ø	xx	xx					0ø	1ø	9,45	1,200			1,200	1,200	VENTILADORES				
11	2,5	1x1ø	xx	xx					1ø	14,17		1,800			1,500	1,800	TOMADAS USO GERAL 127V				
12	2,5	2x1ø	xx	xx					0ø	2ø	9,45	600		600	1,200	1,200	TOMADAS USO GERAL 220V				
13	2,5	1x1ø	xx	xx					0ø	1ø	7,09		900		900	900	TOMADAS ESPECIAIS 127 V				
14	2,5	2x1ø	xx	xx					0ø	2ø	4,09	450		450	800	800	TOMADAS ESPECIAIS 220 V				
15	2,5	3x1ø	xx	xx					0ø	2ø	2ø	2ø	2ø	2ø	2ø	2ø	TOMADAS ESPECIAIS 220 V/TRIF.				
16	2,5	1x1ø	xx	xx					0ø	1ø	7,87			1,000	1,000	1,000	BEBEDOUROS				
17	2,5	1x1ø	xx	xx					0ø	1ø	7,87			1,000	1,000	1,000	BEBEDOUROS				
18	2,5	1x1ø	xx	xx					1ø	11,02	1,400				1,400	1,400	BEBEDOUROS				
	2,5	1x1ø	xx	xx											xx	xx	RESERVA				
	2,5	1x1ø	xx	xx											xx	xx	RESERVA				
	2,5	1x1ø	xx	xx											xx	xx	RESERVA				
	2,5	1x1ø	xx	xx											xx	xx	RESERVA				
	2,5	1x1ø	xx	xx											xx	xx	RESERVA				
TOTAL	16,0		3x8ø	3ø	0ø	0ø	8ø	1ø	1ø	3ø	0ø	2ø	2ø	2ø	55,56	7,321	6,894	6,960	20,154	21,165	TOTAL

Fonte: Projeto elétrico do campus.

A figura 31 apresenta o QDC do 2º pavimento do campus, com cargas similares ao do 1º pavimento. Da mesma forma, também está indicado o balanceamento de fases.

A figura 32 mostra o remanescente de cargas do 2º pavimento do bloco B

Figura 32 - Remanescente de cargas do 2º pavimento do bloco B.

QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE CIRCUITOS – QDEE 2PAV													
		TOMADAS			TENSÃO		EQUILIBRIO			TOTAL		DESCRIÇÃO	
		P.T. FORÇA			CIRCUITO		DE FASES						
ESPECIE		330			V		A B C			(W) (VA)			
CARGA – W		330			V		VA + V						
FATOR DE POTENCIA		1,00											
CARGA – VA		330											
CIRC.	COND. mm2	DSL (A)	INTER. DE DPG (K)	DSL (A)	DISJ. (A)	TENSÃO (V)	TENSÃO (V)	A (VA)	B (VA)	C (VA)	(W)	(VA)	
E1	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04	2.800			2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E2	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04		2.800		2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E3	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04			2.800	2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E4	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04	2.800			2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E5	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04		2.800		2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E6	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04			2.800	2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E7	2.5	1x16	xx	xx	05	127	13,77	1.750			1.750	1.750	TOMADAS INFORMÁTICA
E8	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04		2.800		2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E9	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04			2.800	2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E10	2.5	1x16	xx	xx	05	127	13,77	1.750			1.750	1.750	TOMADAS INFORMÁTICA
E11	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04		2.800		2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E12	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04			2.800	2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E13	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04	2.800			2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E14	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04		2.800		2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E15	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04			2.800	2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E16	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04	2.800			2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E17	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04		2.800		2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E18	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04			2.800	2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E19	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04	2.800			2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E20	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04		2.800		2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E21	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04			2.800	2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E22	2.5	1x20	xx	xx	07	127	19,29	2.450			2.450	2.450	TOMADAS INFORMÁTICA
E23	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04		2.800		2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E24	2.5	1x16	xx	xx	05	127	13,77			1.750	1.750	1.750	TOMADAS INFORMÁTICA
E25	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04	2.800			2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
E26	4.0	1x25	xx	xx	08	127	22,04			2.800	2.800	2.800	TOMADAS INFORMÁTICA
													RESERVA
													RESERVA
													RESERVA
TOTAL	85,0		3x200	198		220 TRIF.	181,38	22.750	22.400	24.150	69.300	69.300	TOTAL
CALCULO DA DEMANDA :													
DESCRIÇÃO		SUB-TOTAL QUANT.		POT.(VA)		TOTAL (VA)		CÁLCULO DE DEMANDA			DEMANDA (VA)		
TOMADAS INFORMÁTICA		198		0,39 KVA		69,30 KVA		69,30 KVA x 1,00 =			69,30 KVA		
DEMANDA TOTAL											69,30 KVA		

Fonte: Projeto elétrico do campus.

Na figura 32, são ilustradas as cargas remanescentes do Bloco B, advindas dos laboratórios de informática 1, 2 e 3, além do respectivo balanceamento de fases.

4.2 Local para instalação da tomada do carro elétrico:

Após analisar os diagramas elétricos do bloco B, assim como os dados referentes a carga instalada, foi constatado que o local ideal para a instalação da tomada elétrica será na guarita, pois ao observar o seu QDC, a carga instalada é baixa e, portanto, pode receber o sistema fotovoltaico sem a possibilidade de sobrecarregar algum disjuntor de proteção existente neste circuito.

4.3 Autonomia dos carros elétricos:

De acordo com *Green V*, a autonomia média dos veículos elétricos no Brasil é de 500 km (GREEN V, 2023). Outro fator importante a ser considerado é a quilometragem média percorrida anualmente pelos condutores do estado de Minas Gerais. Atualmente este valor é de 12.900 km, o que representa 1075 km mensais. (KBB, 2019).

4.4 Dimensionamento do sistema fotovoltaico para alimentar a tomada do carro elétrico:

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico utilizando o método HSP, foi utilizado o site da CRESESB para verificar o nível de irradiação solar média em Formiga – MG. O resultado obtido foi de: 5,29 kWh/m² dia, com uma inclinação de 21°. Com essa inclinação é pleiteado a maior média mensal de horas de sol a pico. A figura 33, ilustra o valor encontrado após a consulta:

Figura 33 – Consulta no site do CRESESB.

Estação: Formiga
Município: Formiga , MG - BRASIL
Latitude: 20,5° S
Longitude: 45,449° O
Distância do ponto de ref. (20,461667° S; 45,432778° O): 4,6 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,63	5,86	4,92	4,80	4,22	4,01	4,26	5,18	5,33	5,49	5,17	5,63	5,04
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	20° N	5,14	5,60	5,02	5,35	5,09	5,07	5,30	6,05	5,65	5,36	4,79	5,08	5,29
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	21° N	5,11	5,58	5,02	5,36	5,12	5,11	5,34	6,08	5,65	5,34	4,77	5,04	5,29

Fonte:(CRESESB, 2024).

Para se definir a quantidade mensal de recargas, é necessário conhecer a quilometragem mensal percorrida, assim como a autonomia da bateria. Na equação 6 é calculado a quantidade mensal de recargas do carro elétrico:

$$\text{Quantidade de recargas} = \frac{\text{Quilômetros percorridos}}{\text{Autonomia da bateria}} = \frac{1075}{500} = 2,15 \cong 3. \quad (6)$$

Assim será necessário recarregar o veículo 3 vezes mensalmente. Para calcular a energia gasta mensalmente, multiplicamos o número de recargas pela energia da bateria. A energia média da bateria dos veículos elétricos no Brasil é de 100 kWh (TUPINAMBÁ ENERGIA, 2023).

A equação 7, ilustra como foi calculado o gasto de energia mensal:

$$\begin{aligned} \text{Energia gasta mensalmente} &= \text{Número de recargas} \times \text{Energia da bateria} = \\ &3 \times 100 = 300 \text{ kWh mês.} \end{aligned} \quad (7)$$

Para calcular a energia média diária, basta pegar a energia gasta mensalmente e dividir por 30. A equação 8, ilustra como foi calculado a demanda diária de energia:

$$EMD = \frac{\text{Energia média mensal}}{30} = \frac{EMM}{30} = \frac{300}{30} = 10 \text{ kWh/dia.} \quad (8)$$

Com esses dados já podemos determinar a potência de pico do sistema fotovoltaico, esta será a potência do inversor. (PORTAL SOLAR, 2024).

Na equação 9, determina-se a potência de pico do sistema:

$$P_{pico} = \frac{EMD}{HSP} = \frac{10}{5,29} = 1,89 \cong 2 \text{ kWp.} \quad (9)$$

O inversor selecionado é um Tie Growatt 2 kW MIC 2000TL - X monofásico. Este inversor foi selecionado devido ao seu baixo custo e por atender a demanda de pico do sistema fotovoltaico.

Desta forma, após obter a potência de pico do sistema, podemos determinar a quantidade mínima e máxima de módulos fotovoltaicos, considerando o modelo do inversor. O módulo escolhido foi um Rene Solar modelo RS6-555M-E3 de 555 W e possui eficiência de 21,48 % de silício monocristalino. Esse modelo foi utilizado pois possui uma produção de 555 W, com uma potência maior de produção de energia, a quantidade de módulos a serem utilizados é menor.

A quantidade de módulos utilizada será calculada considerando a potência do módulo fotovoltaico corrigida pela temperatura e potência de pico do sistema fotovoltaico, a temperatura média calculada em Formiga – MG é de 26° de acordo com com a figura 34:

Figura 34 – Temperatura na cidade de Formiga.

Mês	Minima (°C)	Máxima (°C)
Janeiro	19°	27°
Fevereiro	19°	26°
Março	19°	27°
Abril	17°	26°
Maio	15°	24°
Junho	13°	23°
Julho	13°	23°
Agosto	14°	25°
Setembro	16°	27°
Outubro	18°	28°
Novembro	18°	26°
Dezembro	19°	27°

Fonte:(CLIMATEMPO, 2024).

E o coeficiente de temperatura no pico de potência, de acordo com o *datasheet* do módulo é de -0,35 % /C°. A equação 10, ilustra o cálculo da potência do módulo corrigida pela temperatura:

$$\text{Potência do módulo corrigida} = \text{TOP} - \text{Temperatura ambiente} \times \text{CT no pico de potência} \quad (10)$$

Onde:

TOP = Temperatura de operação obtida no *data sheet* do módulo.

$$\text{Potência do módulo corrigida} = (47 - 26) \times 0,35 = 21 \times 0,35 = 7,35 \% \quad (11)$$

Após calcular a potência do módulo corrigida, a equação 12, determina a potência do módulo corrigida pela temperatura:

$$\text{Potência do módulo corrigida pela temperatura} = 555 - 7,35 \% = 514,20 \text{ W} \quad (12)$$

Após determinar a potência dos módulos corrigida pela temperatura, a equação 14, ilustra o dimensionamento dos módulos em função da correção da potência:

$$\text{Número de módulos} = \frac{P_{\text{pico}}}{\text{Potência do módulo corrigida pela temperatura}} = \frac{2\text{kW}}{514,20} \cong 3,88 = 4 \text{ módulos} \quad (13)$$

4.4.1 Dimensionamento das proteções para o inversor:

Os disjuntores responsáveis pela proteção deverão suportar uma sobre corrente de até 20% do equipamento protegido. De acordo com o *datasheet* do inversor a sua corrente de saída é de 9,5 A. A equação 14, ilustra como é dimensionado o disjuntor:

$$\text{Disjuntor} = \text{Corrente nominal do inversor} \times 20\% = 9,5 \times 0,2 = 11,4 \text{ A.} \quad (14)$$

Os fusíveis são dimensionados para trabalhar com 90% da corrente nominal do equipamento protegido. A Equação 15, mostra como foi dimensionado o fusível para o inversor:

$$\text{Fúsvível} = \text{Corrente nominal do inversor} \times 0,9 = 9,5 \times 0,9 = 8,5 \text{ A.} \quad (15)$$

4.4.2 Dimensionamento da bitola do cabo para o inversor dev acordo com a NBR 5410 de 2004 para instalações elétricas de baixa tensão:

No dimensionamento da bitola do cabo para o inversor, será utilizado um espaço reserva no QDC da guarita, ou seja, a instalação está preparada para receber um novo circuito. Sendo assim, será utilizado um eletroduto exclusivo para o lado CA do inversor e não será necessário aplicar nenhum fator de correção. A bitola será dimensionada através do método de condução de corrente utilizando a tabela 37 da norma NBR 5410 com um cabo com isolação de PVC (Policloreto de vinila) da marca COBRECOM modelo FLEXICOM Antichamas. Esse modelo de cabo foi escolhido devido ao seu custo benefício. Além disso, será considerado o fator de temperatura ambiente de 25 °, pois é a temperatura média do ambiente no qual ele será instalado. A queda de tensão não será calculada, pois a distância entre o inversor e o QDC é muito pequena.

Consultando a tabela 36 e 47 da NBR 5410, a bitola a ser utilizada é a de $2,5 \text{ mm}^2$. O mínimo exigido para circuitos de força.

4.4.3 Dimensionamento da bitola do cabo para os módulos fotovoltaicos:

Serão utilizados 4 módulos ligados em série formando assim uma única *string* do arranjo fotovoltaico. De acordo com o *data sheet* do módulo, a sua corrente de curto circuito é de 14,04 A. Como os módulos estão ligados em série, esta será a corrente que irá passar por toda *string*. Para o dimensionamento adequado da bitola para os módulos fotovoltaicos, não poderá ser utilizado o cabo com isolamento de PVC, pois os cabos ficarão expostos, sendo assim sofrerão um maior stress térmico. Logo, deverão ser utilizados cabos com isolamento EPR ou XLPE. Neste caso será utilizado o cabo com isolamento XLPE.

Os cabos de $2,5 \text{ mm}^2$ são os cabos com a bitola mínima exigidas para circuitos de força de acordo com a tabela 47 da norma NBR 5410, e concomitantemente é a bitola dimensionada para conectar o inversor com os módulos fotovoltaicos. Entretanto, no âmbito econômico, e também de disponibilidade, é mais fácil encontrar um cabo de 4 mm^2 para conectar os módulos ao inversor. Portanto, esta será a bitola utilizada. Porém, a queda de tensão ultrapassa os 4 % definidos pela norma NBR 5410 no item 6.2.7.1 para cabos com 4 mm^2 . Assim, será utilizado o cabo FREN04-3 de 6 mm^2 da FR Cable. Devido também ao seu custo benefício.

Assim, será necessário calcular a queda de tensão para assegurar que seja de até 4 % que é o permitido pela norma. A equação 16, ilustra como foi calculado a queda de tensão:

$$\Delta V \% = \frac{2 \times IP \times L \times Rc}{\text{Tensão mínima de funcionamento do inversor}} \times 100 = \frac{2 \times 14,04 \times 15 \times 0,00339}{50} \times 100 = 2,85\% \quad (16)$$

Onde:

IP = Corrente de curto circuito dos módulos.

L = comprimento do cabo do inversor até os módulos.

Rc = Resistência do cabo.

4.4.4 Dimensionamento das proteções dos módulos fotovoltaicos:

O fusível para proteger a *string* e o arranjo fotovoltaico, é calculado através da equação 17:

$$1,5 \times I_{sc} < I_n < 2,4 \times I_{sc}$$

$$1,5 \times 14,04 = 21,06 \text{ A}$$

$$2,4 \times 14,04 = 33,69 \text{ A}$$

$$21,06 < I_n < 33,69. \quad (17)$$

Onde: I_{sc} = Corrente de curto circuito.

I_n = Corrente nominal do fusível.

Sendo assim o fusível a ser utilizado é de 30 A da Solarson classe gPV pois atende o intervalo proposto pela Equação 17. A figura 35 ilustra o fusível utilizado:

Figura 35 – Fusível utilizado para os módulos.



Fonte: (Solarson, 2024)

4.4.5 Disposição dos módulos fotovoltaicos.

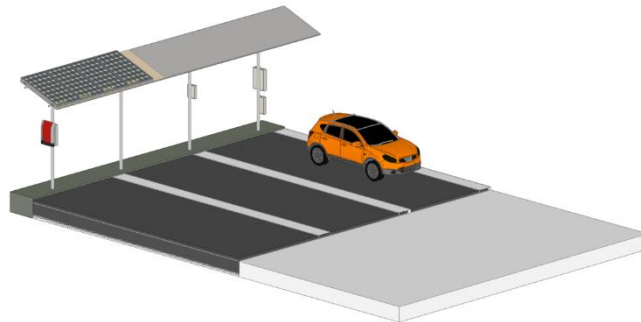
Os módulos utilizados neste Trabalho de Conclusão de Curso possuem as seguintes dimensões 2,27 m x 1,13 m. Portanto, um módulo possui uma área de 2,56 m^2 . Como serão utilizados 4 módulos, a área total ocupada será de 10,24 m^2 .

4.4.6 Representação do sistema fotovoltaico utilizando o software

Solaris:

A figura 36 ilustra o projeto fotovoltaico no estacionamento do campus:

Figura 36 - Representação do sistema fotovoltaico.



Fonte: Autor.

Nesta figura é possível visualizar o inversor na parte superior da extrema esquerda. Na extrema direita superior, encontra-se o quadro geral. Logo abaixo, o quadro CA. A esquerda dos dois quadros visualiza-se o quadro CC.

4.5 Resultados da viabilidade econômica do projeto fotovoltaico:

Nesta seção são apresentados os resultados referentes a viabilidade econômica do projeto fotovoltaico, utilizando as ferramentas da matemática financeira como *payback*, VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno). Os valores monetários dos equipamentos foram obtidos através do site do fabricante. A tabela 4, ilustra os custos dos equipamentos utilizados no projeto fotovoltaico:

Tabela 4 - Custo dos equipamentos envolvidos no projeto.

Equipamentos	Preço
Módulo modelo RS6-555M-E3	R\$ 2316,00
Inversor <i>Tie Growatt</i>	R\$ 2600,00
Mão de obra	R\$ 1800,00
Cabos	R\$ 234,74
Disjuntor Geral e proteções	R\$ 110,00
Total	R\$ 7060,74

Fonte: Autor.

Na tabela 5 são exibidos os resultados da análise de viabilidade econômica do projeto. Para os cálculos de viabilidade econômica foi utilizado o valor de 0,70 de kWh. O valor gasto em energia sem os painéis é de:

$$\text{Valor gasto mensalmente} = \text{Consumo energético sem os painéis} \times \text{Preço do KW} = 300 \times 0,70 = \text{R\$ 210,00} \quad (18).$$

Os módulos de acordo com seu *data sheet*, produzem individualmente, o valor de 69,37 KWh mensais. Como são 4 módulos, a produção mensal total é de 277,48 KWh. Portanto, a energia consumida da rede elétrica utilizando os painéis fotovoltaicos de acordo com a equação 19 será de:

$$\begin{aligned} \text{Energia consumida da rede elétrica} &= \text{Energia gasta mensalmente} - \\ &\text{Energia produzida pelos módulos} = 300 - 277,48 = \\ &22,52 \text{ kW}. \end{aligned} \quad (19)$$

De acordo com a equação 20 a energia consumida da rede é de:

$$\begin{aligned} \text{Valor gasto com a energia elétrica consumida da rede} &= 22,52 \times 0,70 = \\ &\text{R\$ 15,76}. \end{aligned} \quad (20)$$

Lucro mensal ao utilizar os módulos fotovoltaicos de acordo com a equação 21 é portanto:

$$\begin{aligned} \text{Lucro mensal ao utilizar módulos fotovoltaicos} &= \\ \text{Gasto energético sem os painéis} - \text{Gasto energético com os painéis} &= 200 - 15,76 = \\ \text{R\$ 194,24}. \end{aligned} \quad (21)$$

O lucro anual calculado de acordo com a equação 22 será de:

$$\begin{aligned} \text{Lucro anual} &= \text{Lucro mensal ao utilizar os módulos fotovoltaicos} \times 12 = \\ &194,24 \times 12 = \text{R\$ 2330,88}. \end{aligned} \quad (22)$$

Este é o valor anual obtido ao se utilizar os módulos fotovoltaicos e usado no Excel para calcular os valores de *Payback* e TIR.

Tabela 5 - Análise de viabilidade econômica do projeto.

VPL	TIR	Payback
R\$ 1663,41	19,42%	3 anos

Fonte: Autor.

Ao analisar a tabela 5, é possível inferir que a análise de viabilidade econômica para este projeto fotovoltaico é satisfatória, devido a TIR ser superior a TMA, que neste projeto foi baseada na taxa SELIC e que está em 10,50% para o mês de Junho de 2024. A diferença entre o gasto energético com o painel e sem o painel fotovoltaico é o que se ganhou no mês ao utilizar painéis fotovoltaicos. O VPL apresenta valor positivo em consequência das receitas serem maiores que as despesas.

5 CONCLUSÕES

Diante do cenário brasileiro atual, é possível notar a gradual ascensão dos veículos elétricos no Brasil, seja veículos híbridos ou 100 % elétricos. Além disso, é possível observar pouco incentivo no âmbito de infraestrutura, pois ainda não há um número considerável de pontos de abastecimentos em todo território nacional.

Considerar uma nova legislação a favor dos carros elétricos, no que diz respeito a implementação de novos pontos de abastecimento, isenção do imposto de IPVA em todos os estados, entre outros, poderá contribuir para consolidar o uso do carro elétrico no país.

É possível concluir também que o IFMG *campus* Formiga possui uma boa infraestrutura no que concerne ao seu projeto elétrico, pois foi possível dimensionar o sistema fotovoltaico em conjunto com a tomada do carro elétrico, e sem grandes problemas inseri-lo no QDC da guarita, evidenciando a importância de um bom dimensionamento do projeto elétrico. Para evitar a incidência de sombras nos painéis fotovoltaicos devido a sua localização foi necessário instalá-los a uma altura mais elevada.

Foi observado um investimento considerável para se obter os equipamentos necessários no dimensionamento de todo sistema, algo que acontece com tecnologias relativamente recentes, e que com o passar do tempo tendem a atingir um valor acessível. O projeto foi considerado viável no âmbito econômico pois utilizando as ferramentas de matemática financeira (TIR, *payback* e VPL), é evidenciado a predominância das receitas monetárias.

O projeto diante do cenário em que se encontra a concessionária de energia do estado no qual o projeto foi instalado no âmbito técnico, não seria possível a inserção de mais módulos ou inversores devido ao problema de fluxo reverso, onde há uma geração que ultrapassa a demanda dos usuários e pode levar a problemas de sobrecarga e até mesmo interrupções no fornecimento de energia elétrica.

Por fim, este TCC enfatiza a importância dos estudos acerca do carro elétrico e sua implementação no Brasil, além de pleitear uma infraestrutura cada vez melhor para esta tecnologia. Assim, é essencial a continuidade de pesquisas para

implementar da melhor forma possível a utilização de energias renováveis e inofensivas ao meio ambiente em conjunto com a tecnologia de carro elétrico.

REFERÊNCIAS

1. PINHO, João Tavares ; GALDINO, Marco Antonio. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro – RJ: CEPEL- CRESESB Edição 2014.
2. VILLAUVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e aplicações**. Ed. Érica. 2 ed. Jun. 2012.
3. IBERDROLA. **História do carro elétrico no Brasil**. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/historia-carro-eletrico#:~:text=Em%201888%2C%20surgiu%20na%20Alemanha,chegar%20a%2015%20km%2Fh>. Acesso em: 27 Set. 2023.
4. NEOCHARGE. **Tipos de carros elétricos**. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/tipos-veiculos-eletricos>. Acesso em: 15 Out. 2023.
5. ENERGES. **Novo Formato de Compensação de Energia da Lei 14.300/22**.
6. Disponível em: <https://energes.com.br/novo-formato-de-compensacao-de-energia/#:~:text=Dessa%20forma%2C%20a%20mudan%C3%A7a%20que,so bre%20toda%20a%20energia%20produzida>. Acesso em 15 Mai. 2024.
7. SENAI. **Serviço de Aprendizagem Industrial. Instalação de sistema de microgeração solar fotovoltaica**. São Paulo : SENAI-SP Editora, 2019.
8. CARVALHO Junior Roberto de Instalações elétricas e o projeto de arquitetura/ Roberto de carvalho Junior – 8.ed. – São Paulo: Blucher, 2017.
9. ASSAF NETO, A.; **Matemática Financeira e suas aplicações**. 11. Ed. Atlas, SP. 2009.
10. LEIAUTDICAS. **Associação de painéis solares**. Disponível em: <https://leiautdicas.wordpress.com/2016/01/28/3ocapitulo-associacao-de-paineis-solares/>. Acesso em: 09 Abr 2024.
11. CANAL SOLAR. **Brasil será 5º maior mercador de energia solar do mundo em menos de 10 anos**. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/brasil-sera-5o-maior-mercado-de-energia-solar-do-mundo-em-menos-de-10-anos/>. Acesso em: 28 Set 2023.
12. BNDES Setorial. Rio de Janeiro, n.33. Mar 2011.
13. BNDES Setorial Rio de Janeiro n. 41 Mar 2015.
14. DARGAY et al , J., GATELY, D. E SOMMER, M. *Vehicle Ownership and Income Growth WorldWide: 1960 – 2030*. *Energy Journal*, 2007.

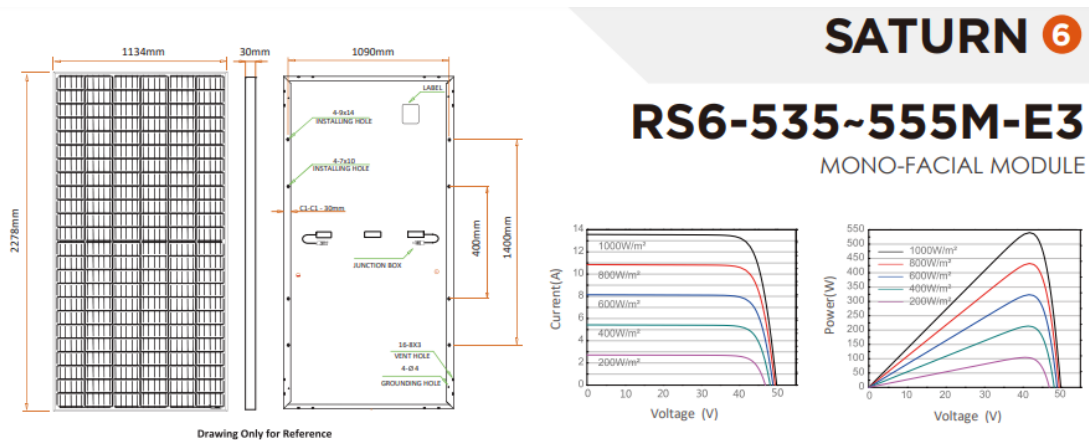
15. BORBA, B. S. M. C., Modelagem Integrada da Introdução de Veículos Leves Conectáveis à Rede Elétrica no Sistema Energético Brasileiro. Tese de D.Sc, PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
16. CONSTRU FACIL. **O que é e para que serve um disjuntor?** Disponível em: <https://construfacilrj.com.br/para-que-serve-um-disjuntor/>. Acesso em: 17 Nov 2023.
17. AGENCIA BRASIL. **Geração de Energia Distribuída aumenta no país e reduz valor de contas de energia.** Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2023-08/geracao-distribuida-aumenta-no-pais-e-reduz-valor-de-contas-de-energia>. Acesso em: 3 Out 2023.
18. COTRIM, Ademaro Alberto Machado Bittencourt. **Instalações Elétricas.** 5 ed. Pearson Education, 2009.
19. PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S.L. e RÜTHER, R. Atlas Brasileiro de Energia Solar. INPE, 2006.
20. VOBI. **Projeto elétrico: guia com as melhores práticas para um bom planejamento.** Disponível em: <https://www.vobi.com.br/blog/projeto-eletrico-guia-com-as-melhores-praticas-para-um-bom-planejamento>. Acesso em: 9 Jan 2024.
21. REVISTA CARRO. **Carregador de carro elétrico: conheça os tipos e conectores.** Disponível em: <https://revistacarro.com.br/carregador-de-carro-eletrico-conheca-os-tipos-e-conectores/>. Acesso em: 9 Jan 2024.
22. ZLETRIC. **Conheça os diferentes tipos de carregadores para veículos elétricos.** Disponível em: <https://www.zletric.com.br/post/conheca-os-diferentes-tipos-de-carregadores-para-veiculos-eletricos>. Acesso em: 8 Jan 2024.
23. ALDO BLOG. **Conheça mais sobre o medidor bidirecional.** Disponível em: <https://www.aldo.com.br/blog/conheca-mais-sobre-o-medidor-bidirecional/>. Acesso em: 03 Ago.
24. SIEMENS. **Quadro de distribuição: o que é, como funciona e como instalar.** Disponível em: <https://www.siemens.com/br/pt/empresa/stories/energia/quadro-de-distribuicao-o-que-e-como-funciona-e-como-instalar.html>. Acesso em: 13 Ago 2024.
25. BLOG INTELBRAS. **Tudo o que você precisa saber sobre potência de placas solares.** Disponível em: <https://blog.intelbras.com.br/potencia-de-placas-solares/>. Acesso em 14 Ago 2024.

26. BLOG GET POWER. **Qual a potência das placas solares?**. Disponível em: <https://getpowersolar.com.br/blog/qual-a-potencia-das-placas-solares/>. Acesso em 04 Ago 2024.

27. PORTAL SOLAR. **Placa solar: modelos, onde comprar e o valor das placas solares.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/placa-solar>. Acesso em 04 Ago.

28. INSIDE EVS. **Carros elétricos mais vendidos no Brasil no 1º semestre de 2024.** Disponível em: <https://insideevs.uol.com.br/news/725681/carros-eletricos-mais-vendidos-1semestre2024/#:~:text=Mais%20de%2079%20mil%20eletrificados,o%20mesmo%20per%C3%ADodo%20de%202022>. Acesso em 11 Ago.

ANEXO A – Data sheet do módulo fotovoltaico.



Electrical Characteristics STC	RS6-535M-E3	RS6-540M-E3	RS6-545M-E3	RS6-550M-E3	RS6-555M-E3
Maximum Power (Pmax)	535W	540W	545W	550W	555W
Power Tolerance	0~+5W	0~+5W	0~+5W	0~+5W	0~+5W
Module Efficiency	20.71%	20.90%	21.10%	21.29%	21.48%
Maximum Power Current (Imp)	12.90A	12.97A	13.04A	13.12A	13.19A
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.50V	41.65V	41.80V	41.95V	42.10V
Short Circuit Current (Isc)	13.78A	13.85A	13.92A	13.98A	14.04A
Open Circuit Voltage (Voc)	49.35V	49.50V	49.65V	49.80V	49.95V

Values at Standard Test Conditions STC(AM1.5, Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C)

Electrical Characteristics NMOT	RS6-535M-E3	RS6-540M-E3	RS6-545M-E3	RS6-550M-E3	RS6-555M-E3
Maximum Power (Pmax)	399.9W	403.6W	407.4W	411.1W	414.8W
Maximum Power Current (Imp)	10.38A	10.43A	10.49A	10.56A	10.61A
Maximum Power Voltage (Vmp)	38.55V	38.69V	38.83V	38.97V	39.11V
Short Circuit Current (Isc)	11.14A	11.20A	11.25A	11.31A	11.35A
Open Circuit Voltage (Voc)	46.40V	46.54V	46.68V	46.82V	46.97V

NMOT(Nominal module operating temperature) , Irradiance of 800W/m², AM1.5, Ambient Temperature 20 °C, wind Speed 1m/s.

Mechanical Characteristics	
Cell Type	Monop-Type, 182x182(±1)mm, 144(6x24)Half-Cut cells
Glass	3.2mm,High Transmission,Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP68 Rated, With Bypass Diodes
Dimension	2278×1134×30mm
Output Cable	4 mm ² (EU),300 mm,length can be customized
Weight	28kg
Installation Hole Location	See Drawing Above

Packing Information	
Container	40' HQ
Pallets per Container	20
Pieces per Container	720

Characteristics	
Temperature Coefficient of Voc	-0.27%/°C
Temperature Coefficient of Isc	+0.048%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.35%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C ± 2°C

Remark:Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

Maximum Ratings	
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage	1500VDC
Maximum Series Fuse Rating	30A

ANEXO B – Data sheet do inversor

Ficha de dados	MIC 1000TL-X	MIC 1500TL-X	MIC 2000TL-X	MIC 2500TL-X	MIC 3000TL-X
Dados de entrada					
Máxima potência fotovoltaica recomendada (para módulo STC)	1400W	2100W	2800W	3500W	4200W
Máxima tensão CC	500V	500V	500V	550V	550V
Tensão de partida	50V	50V	50V	80V	80V
Faixa de tensão MPPT/Tensão nominal	50V-500V /180V	50V-500V /250V	50V-500V /360V	65V-550V /360V	65V-550V /360V
Máxima corrente de entrada por trackers MPP	13A				
Máxima corrente curto-circuito por trackers MPP	16A				
Número de MPPT / strings por MPPT	1/1				
Saída (CA)					
Potência nominal de saída	1000W	1500W	2000W	2500W	3000W
Potência aparente máxima de CA	1000VA	1500VA	2000VA	2500VA	3000VA
Máxima corrente de saída	4,8A	7.1A	9.5A	11.9A	14.3A
Tensão nominal de saída(Faixa)	230V(180Vac-280Vac)				
Frequência da rede CA(Faixa)	50Hz/60Hz, ± 5Hz				
Fator de potência ajustável	0.8i-0.8c				
THDI	<3%				
Conexão CA	Fase única				
Eficiência					
Máx. eficiência	97.4%	97.4%	97.4%	97.6%	97.6%
Euro-eta	96.5%	97.0%	97.0%	97.0%	97.1%
Dispositivos de proteção					
Proteção de polaridade reversa de CC	Sim				
Interruptor CC	Sim				
Varistor para proteção de surtos CC	Sim				
Monitoramento de resistência de Isolação	Sim				
Varistor para proteção de surtos CA	Sim				
Monitoramento de falha de terra	Sim				
Monitoramento de rede	Sim				
Proteção anti-ilhamento	Sim				
Unidade de monitoramento de corrente residual	Sim				
Dados Gerais					
Dimensões (L/A/P)	274/254/138mm				
Peso	6.0kg	6.0kg	6.0kg	6.2kg	6.2kg
Faixa de temperatura operacional	- 25°C ... +60°C (>45°C Derating)				
Emissão de ruído	≤25 dB(A)				
Altitude	4000m(13123ft)				
Consumo noturno	< 0.5 W				
Topologia	Sem transformador				
Resfriamento	Convenção natural				
Grau de proteção	IP65				
Humidade relativa	100%				
Características					
Conexões CC	H4/MC4				
Conexões CA	Conector				
Exibição	OLED				
Interfaces: RS485 / USB / WI-FI	Sim/Sim/Sim				
Garantia : 5 anos	Sim				

ANEXO C – Data sheet cabo Cobrecom modelo flexicom anti-chamas

Produto	Cabo Flexível
Seção Bitola	2,5 mm
Produto Acompanha Embalagem	Sim
Tipo de Embalagem	Rolo
Altura da Embalagem	6,00 mm
Largura da Embalagem	23,00 mm
Profundidade da Embalagem	6,00 mm
Peso do Produto na Embalagem	3,00 Kg
Conteúdo da Embalagem	Cabo Flexicom Antichama 450/750 V DESCRIÇÃO: Para tensões nominais até 450/750 V, formado por fios de cobre nu, eletrolítico, tempera mole, encordoamento Classes 4 e 5 (flexíveis), isolado com Policloreto de Vinila (PVC), tipo PVC/A para 70 °C, antichama (BWF-B). NORMAS BÁSICAS APLICÁVEIS: NBR NM-247-3 e NBR NM 280 da ABNT/Mercosul. APLICAÇÃO: São indicados para instalações internas fixas, industriais, comerciais e residenciais de luz e força, painéis de comando, sinalização e nas instalações elétricas de automóveis e veículos motorizados, embutidos em eletrodutos, bandejas ou canaletas.
Metragem por Embalagem	100,00 m
Cor	Preto
Tonalidade	Preto
Tipo do Condutor	Fase
Material do Condutor	Cobre
Marca	Cobrecom
Linha	Cabo Flexicom
Característica Adicional do Cabo	Antichamas
Formato da Venda	Rolo
Local de Instalação do Cabo	Embutido, Industrial e Interno
Classe	4
Quantidade de Condutores	1 condutor(es)
Temperatura de Operação Ideal	20,00 a 90,00 °C
Tensão Elétrica Máxima	750V
Possui Isolamento	Sim
Possui Cobertura	Não
Regulamentado pelo Inmetro	Sim
Certificação do Inmetro	Nº DE REGISTRO DE OBJETO INMETRO 004020/2017
Registro	NBR NM-247-3 e NBR NM 280 da ABNT/Mercosul
Garantia do Fabricante	60 mes(es)

ANEXO D – Data sheet Cabo FREN04-3 Fr Cable

Article Number	Color	conductor cross-section(mm ²)	N/mm	Insulation Thickness(mm)	Jacket Thickness(mm)	OD.(mm)	Max. mΩ/m	Ca. mΩ/m	Ampacity(A)
FREN01	B/R	1*1.5	30/0.25	0.9	1.1	5.58	13.7	13.7	30
FREN02-2	B/R	1*2.5	49/0.25	0.85	0.9	5.54	8.21	7.5	41
FREN03-4	B/R	1*4.0	56/0.28	0.90	0.7	5.6	5.09	4.85	55
FREN04-3	B/R	1*6.0	84/0.28	1.02	0.7	6.5	3.39	3.28	70

ANEXO E – Tabela 36 da NBR 5410

Tabela 36 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652

ANEXO F – Tabela 47 da NBR 5410

Tabela 47 — Seção mínima dos condutores¹⁾

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força ²⁾	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ³⁾
	Condutores nus	Circuitos de força	10Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Linhas flexíveis com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu ⁴⁾
		Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu

¹⁾ Seções mínimas dadas por razões mecânicas
²⁾ Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força.
³⁾ Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².
⁴⁾ Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².