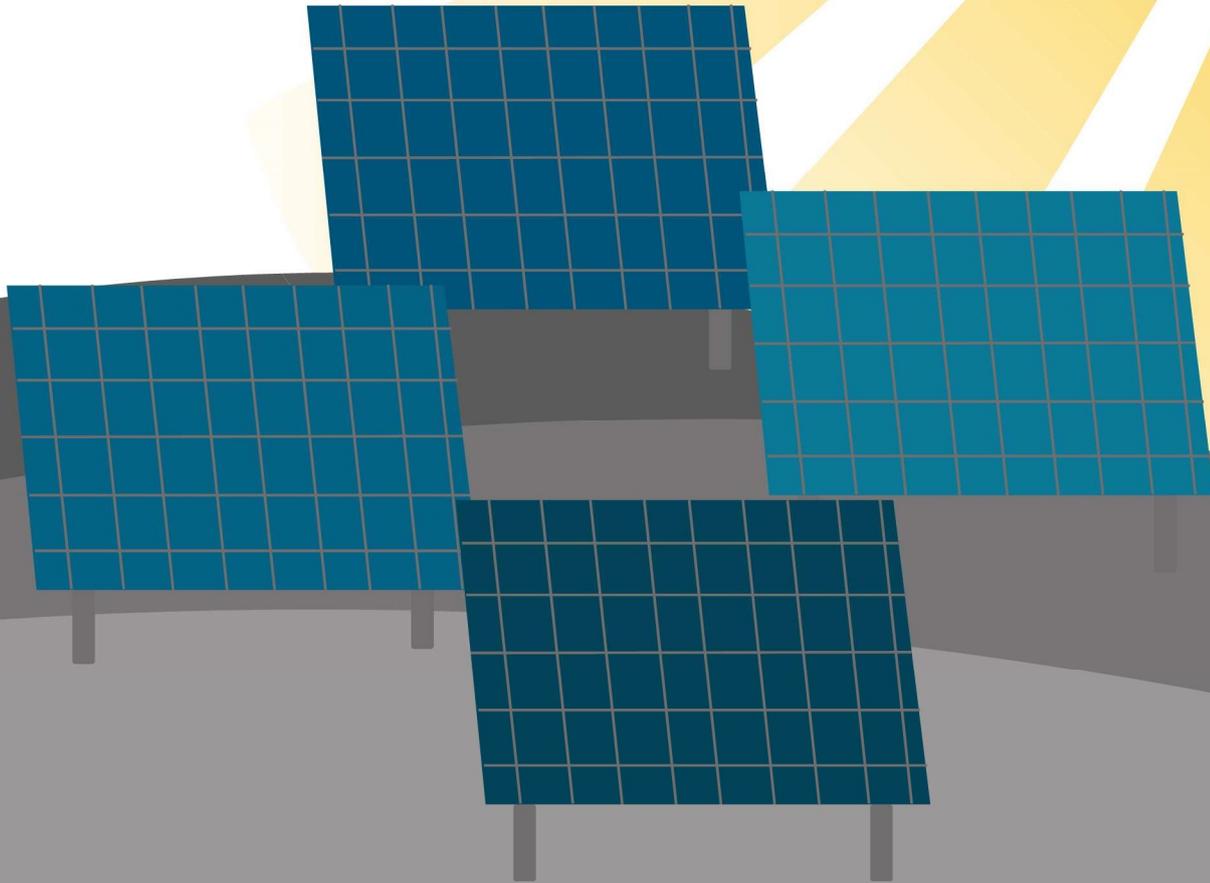


Universidade Federal de Viçosa - UFV
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - CCE
Departamento de Engenharia Elétrica - DEL



Projeto de um sistema fotovoltaico de 5 kW conectado à rede para a cidade de Franca, São Paulo

ELT 554 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aluno: Rafael Mateus Tischer

ORIENTADOR: Prof. Me. Rodrigo Cassio de Barros

Rafael Mateus Tischer

Projeto de um sistema fotovoltaico de 5 kW conectado à rede para a cidade de Franca, São Paulo

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Viçosa para a obtenção dos créditos referentes à disciplina ELT 554 do curso de Especialização em Sistemas Fotovoltaicos Isolados e Conectados à Rede Elétrica.

Orientador: Prof. Rodrigo Cassio de Barros

Viçosa, 03 de Janeiro de 2022.

ATA DE APROVAÇÃO

Rafael Mateus Tischer

Projeto de um sistema fotovoltaico de 5 kW conectado à rede para a cidade de Franca – São Paulo.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Viçosa para a obtenção dos créditos referentes à disciplina ELT 554 do curso de Especialização em Sistemas Fotovoltaicos Isolados e Conectados à Rede Elétrica.

Aprovada em 02 de Janeiro de 2022.

Presidente e Orientador: Prof. Me. Rodrigo Cassio de Barros

Universidade Federal de Viçosa

Membro Titular: Prof. Dr. Heverton Augusto Pereira

Universidade Federal de Viçosa

Membro Titular: Prof. Me. William Caires Silva Amorim

Universidade Federal de Viçosa

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai, que embaixo de um sol escaldante, assentando tijolos o dia todo, criou seus três filhos. Ensinou a lutar e que desistir não é uma opção. Pai, o senhor não está mais aqui comigo, mas te carrego junto ao coração sempre!

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pelo apoio de sempre, aos meus colegas de trabalho que tanto me ensinaram a prática, aos professores do curso de especialização em sistemas fotovoltaicos da UFV, pelo amplo material de apoio e conhecimento fornecido, e agradeço em especial

RESUMO

Atualmente, o aproveitamento da energia proveniente do sol, através de sistemas que utilizam o efeito fotovoltaico se multiplica exponencialmente. Isto se deve, principalmente devido ao alto custo da energia elétrica fornecida, a escassez desta, e uma maior preocupação com a geração energética a partir de fontes limpas. Este trabalho tem por objetivo realizar um estudo de caso para a implementação de um sistema de geração de energia fotovoltaica em uma residência na cidade de Franca-SP, instalação qual, deverá produzir créditos energéticos suficientes para zerar o consumo da UC da própria instalação, bem como de outra UC, do mesmo proprietário.

Palavras-chave: Resolução Normativa 482, Sistema Fotovoltaico, Efeito Fotoelétrico.

Lista de Figuras

Figura 1: Localização da instalação.....	Erro! Indicador não definido.	13
Figura 2: Face norte do telhado, à área prevista para instalação dos módulos.		14
Figura 3: Diagrama do caminho solar para o sol nascente		14
Figura 4: Diagrama do caminho solar para o sol poente.....		15
Figura 5: Diagrama do caminho solar voltado para o norte.		16
Figura 6: Módulo fotovoltaico Trina solar TSM-DE15M (II).		18
Figura 7: Inversor PHB5000T-DS.....		19
Figura 8: Fluxo de caixa previsto para o sistema fotovoltaico.		27
Figura 9: Viabilidade financeira do projeto.		27
Figura 10: Simbologia e legenda utilizada no projeto do sistema fotovoltaico.....		30
Figura 11: Diagrama unifilar do sistema fotovoltaico, simbologia conforme Figura		31
Figura 12: Diagrama multifilar da UC após a instalação do sistema FV, simbologia conforme Figura 9.....		32
Figura 13: Padrão de entrada com caixa de medição e medidor bidirecional.....		33
Figura 14: Placa de advertência que deve ser fixada (medidas 20 x 15 cm).....		33
Figura 15: Disjuntor de proteção na entrada da UC.....		35

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Energia consumida pelas duas unidades consumidoras	12
Tabela 2 –Especificações elétricas do módulo em STC	17
Tabela 3 –Características elétricas do inversor	20
Tabela 4 –Conta de energia antes da instalação do sistema fotovoltaico	26
Tabela 5 –Conta de energia após a instalação do sistema fotovoltaico	26
Tabela 6 –Especificações técnicas do módulo fotovoltaico	35
Tabela 7 –Especificações técnicas do inversor	36

Lista de Abreviação

TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VPL	Valor Presente Líquido
TIR	Taxa Interna de Retorno
STC	Standard Test Condition
UC	Unidade Consumidora
FV	Fotovoltaica
MPPT	Maximum Power Point Tracker
SPMP	Seguidor do Ponto de Máxima Potência
DPS	Dispositivo de Proteção Contra Surtos

Lista de Símbolos

E	Energia elétrica produzida
N	Quantidade de módulos no sistema fotovoltaico
I_r	Irradiação solar média
A	Área útil do módulo fotovoltaico
η	Eficiência do módulo fotovoltaico
φ	Fator de perdas do sistema fotovoltaico
I_{sc}	Corrente de curto circuito
V_{oc}	Tensão de circuito aberto
I_{mp}	Corrente de máxima potência
V_{mp}	Tensão de máxima potência
$P_{max\ inversor}$	Potência máxima nominal do inversor
$P_{max\ arranjo}$	Potência máxima do arranjo fotovoltaico
$I_{sc\ arranjo}$	Corrente de curto circuito do arranjo fotovoltaico
$V_{max\ inversor}$	Tensão máxima de entrada CC do inversor
$V_{max\ arranjo}$	Tensão máxima de circuito aberto do arranjo
S	Área da seção transversal do condutor

Sumário

1-	Análise do Local da Instalação	12
1.1	ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA	12
1.2	LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	133
1.3	ANÁLISE DO EFEITO DE SOMBREAMENTO E PERDAS.....	144
2-	Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico.....	17
2.1	DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	17
2.2	DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR	199
2.3	DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO	21
2.4	DIMENSIONAMENTO DOS CABOS C.C.	21
2.5	DIMENSIONAMENTO DOS CABOS C.A.	22
2.6	ATERRAMENTO	22
2.7	ESTRUTURA DE FIXAÇÃO.....	22
3-	Análise de Viabilidade Econômica	24
3.1	PERCENTUAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO	24
3.2	ANÁLISE DE DESPESAS: MANUTENÇÃO, LIMPEZA, CONCESSIONÁRIA, TROCA DE EQUIPAMENTOS.....	26
3.3	FLUXO DE CAIXA E VIABILIDADE ECONÔMICA	26
4-	Projeto Elétrico	29
4.1	PROJETO ELÉTRICO: DIAGRAMA UNIFILAR	29
4.2	PROJETO ELÉTRICO: DIAGRAMA MULTIFILAR.....	31
4.3	MEMORIAL DESCRITIVO	33
5-	Referências Bibliográficas.....	36
6-	Anexos	37

1- Análise do Local da Instalação

O presente trabalho tem por objetivo realizar o estudo de caso, para o aproveitamento de energia solar fotovoltaica em uma residência localizada em área urbana, na cidade de Franca, São Paulo. O sistema a ser instalado nesta localidade, deverá ser dimensionado para atender duas unidades consumidoras do mesmo proprietário. O cliente deseja realizar a instalação nesta localidade, recém adquirida e ainda sob reformas, visto que em sua casa, há pouco espaço disponível, bem como devido a presença de inúmeros prédios em volta que ocasionam muito sombreamento.

No local da instalação do sistema fotovoltaico, o cliente dispõe de uma ligação residencial tipo B1 monofásica, 127 Volts. Tendo em sua entrada de serviço um disjuntor monofásico de 50 Amperes. A rede de distribuição, em baixa tensão, até o transformador abaixador, é formada por rede trifásica através de cabo de alumínio multiplexado de 70mm², inclusive neutro. O transformador abaixador responsável pelo fornecimento de energia da UC (Unidade Consumidora) é um transformador trifásico de 112,5 kVA, distante 60 metros da entrada de serviço da unidade consumidora.

1.1 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA

Conforme já abordado, o sistema fotovoltaico será dimensionado para gerar créditos energéticos suficientes para compensar o consumo de energia de duas unidades consumidoras do mesmo proprietário. O consumo de energia mensal, e a média de cada uma das UC e apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Energia consumida pelas duas unidades consumidoras.

Mês	UC 1 (Local da instalação) kWh.	UC 2
Dezembro/2020	174	341
Novembro	170	312
Outubro	146	339
Setembro	174	322
Agosto	169	308
Julho	138	314
Junho	144	323
Maior	169	336
Abril	189	352
Março	202	355
Fevereiro	171	347
Janeiro	175	324

Dezembro/2021	165	301
Média	168,15	328,77

Fonte: Elaborado pelo autor.

Somando-se a energia consumida pelas duas unidades consumidoras a serem compensadas, temos um total médio de **496,92 kWh**.

1.2 LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Inicialmente foi realizada uma visita ao local para a avaliação do local de instalação. A Figura 1 apresenta a localização da residência em imagem de satélite da residência em questão, apresentando também suas coordenadas geográficas.



Figura 1: Localização da instalação.

Fonte: *Google Maps*.

Conforme pode ser observado, a residência possui uma face de seu telhado voltada quase ao norte, tendo apenas leve desvio do mesmo com relação ao norte. Sua inclinação calculada é de 18° , portanto, quase ideal para uma latitude de $20,52^\circ$ Sul.

Desta forma, se conclui que a localização ótima dos painéis fotovoltaicos é a face do telhado da residência voltada ao norte. A Imagem desta face do telhado, bem como a indicação do local projetado para a instalação dos painéis e do inversor é apresentado na Figura 2. O inversor será fixado na parede da garagem, pois tem uma abertura que dá acesso à face norte do telhado, e também se encontra próximo ao padrão de entrada.



Figura 2: Face norte do telhado, área prevista para instalação dos módulos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

1.3 ANÁLISE DO EFEITO DE SOMBREAMENTO E PERDAS

Conforme pode ser observado, há ao leste uma pequena parede que poderá ocasionar algum sombreamento no período da manhã, este sombreamento pode ser verificado através dos diagramas do caminho do sol levantados. Cabe destacar, que o diagrama foi aferido em uma altura mais baixa que os módulos deverão estar, logo, a quantidade de horas de sombreamento será ligeiramente menor. A Figura 3 apresenta o diagrama do caminho do sol nascente (face leste).



Figura 3: Diagrama de caminho solar para o sol nascente.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme observado na Figura 3, haverá sombreamento nos módulos, durante o verão, entre a alvorada e aproximadamente 6:45 da manhã. Já durante o inverno, o sombreamento previsto nos painéis será entre a alvorada e aproximadamente as 8:00 da manhã.

Observando-se a face oeste, contata-se a presença de uma árvore, que incorrerá em sombreamento. O diagrama do caminho solar para a face oeste é apresentado na Figura 4.



Figura 4: Diagrama de caminho solar para o sol poente.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado na Figura 4, a árvore ocasionará sombreamento na região dos painéis majoritariamente durante o verão, causando a perda de cerca de uma hora e meia de luz solar.

Entretanto, este problema pode ser resolvido através de podas. Observando o norte, nenhuma obstrução é verificada, inclusive no período do solstício de inverno, em que o sol se encontra mais baixo. A Figura 5 apresenta o diagrama de caminho solar observando-se o norte, a partir do local de instalação planejado.



Figura 5: Diagrama do caminho solar voltado ao norte.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme observa-se na Figura 5, em nenhum momento, mesmo no solstício de inverno, o sol é bloqueado por qualquer obstáculo. As estimativas de sombreamento levantadas até o momento, conforme mencionado, tendem a estar superdimensionadas, uma vez que estes diagramas foram realizados na beira do telhado, e os painéis deverão ser instalados na parte mais elevada, evitando assim parte do sombreamento pela manhã.

As dimensões do telhado são 3,5 x 10 metros, totalizando 35 m² de área aproveitável. As telhas são do tipo cerâmico, e a fixação dos trilhos será feita nos caibros de madeira logo abaixo. A residência em questão foi recentemente adquirida pelo proprietário, e está passando por reformas.

2- Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Este capítulo tem objetivo, realizar o dimensionamento do sistema fotovoltaico, incluindo módulos, inversores, cabos CA e CC, aterramento e estruturas de fixação, de modo a gerar créditos energéticos suficientes para compensar o consumo das duas UCs do proprietário.

2.1 DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Conforme abordado no Capítulo 1, o sistema fotovoltaico em questão deve ser capaz de gerar 496,92 kWh de energia elétrica por mês. Este valor, para efeito de cálculo, será arredondado para 500 kWh/mês.

Inicialmente, deve-se decidir qual módulo fotovoltaico será utilizado. Para este projeto, optou-se pela utilização de um módulo da marca Trina Tallmax, modelo TSM-DE15M (II) de 410 Watt pico [1], apresentado na Figura 6, e cujas características elétricas em STC (Standar Test Condition) são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Especificações elétricas do módulo em STC.

Tensão de máxima potência (V_{mp})	40,7 V.
Corrente de máxima potência (I_{mp})	10,07 A.
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,4 V.
Corrente de circuito aberto (I_{sc})	10,59 A.
Eficiência do módulo (η)	20,4%
Área do módulo (A)	2,024 m x 1,004 m = 2,032 m ²

Fonte: Trina Solar.



Figura 6: Módulo fotovoltaico Trina solar TSM-DE15M (II).

Fonte: Trina solar.

Para calcular a quantidade de módulos fotovoltaicos necessários para a produção energética esperada, devemos saber o valor da irradiação solar média para a localidade onde será instalado o sistema. De acordo com o aplicativo Estimate, desenvolvido pelos pesquisadores do Gesesp/UFV, utilizando dados do INPE (Instituto nacional de pesquisas espaciais), na cidade de Franca, São Paulo, temos disponível em média 5,094 kWh/m² dia.

A quantidade de energia elétrica gerada, é definida pela equação

$$E = N \cdot I_r \cdot A \cdot \eta \cdot \varphi, \quad (1)$$

sendo E , a energia gerada pelos módulos, I_r o valor da irradiação solar média, A a área do módulo, η a sua eficiência, e φ o coeficiente de perdas do sistema, estimado em 0,8. Como o objetivo é calcular a quantidade de módulos necessários para a produzir certa quantidade de energia, isolamos N em (1), chegando a

$$N = \frac{E}{I_r \cdot A \cdot \eta \cdot \varphi}. \quad (2)$$

O valor de I_r é diário, logo devemos estimar a geração energia necessária por dia, em um mês de 30 dias, teremos 16,67 kWh/dia. Substituindo em (2) obtemos

$$N = \frac{16,67}{5,094.2,032.0,204.0,8} = 9,86. \quad (3)$$

Arredondando, teremos 10 módulos fotovoltaicos. Tendo em vista que o módulo sofre degradação com o tempo, e que o fabricante garante que a potência de pico após 25 anos é de apenas 83,3% da potência de pico original, este projetista optou pela utilização de 12 painéis.

A geração de energia diária, neste caso, será de 20,07 kWh/dia. Após 25 anos, considerando uma potência de 83,3% da potência original, o sistema ainda gerará 16,72 kWh, suficiente para atender ambas as unidades consumidoras. A potência total dos módulos será de 4920 Watt pico.

2.2 DIMENSIONAMENTO DOS INVERSORES

O inversor selecionado para o sistema, é um inversor de duas entradas SPMP, da marca PHB, modelo PHB5000T-DS [2]. A Figura 7 apresenta o inversor e suas características elétricas são apresentadas na Tabela 3.



Figura 7: Inversor PHB5000T-DS.

Fonte: PHB Solar.

Tabela 3: Características elétricas do inversor.

Parâmetro	Valor
Máxima tensão CC	600 V
Faixa de operação do SPMP	80 – 550 V
Tensão CC de partida	80 V
Corrente CC máxima por SPMP	13 A
Potência nominal CA	5000 W
Conexão CA	220 V Mono/bifásico

Fonte: PHB Solar.

Como teremos 12 módulos fotovoltaicos, e dois SPMP, decidiu-se pela divisão em dois arranjos de 6 módulos, cada arranjo conectado à um SPMP do inversor. Deste modo, a tensão de circuito aberto do arranjo será de $6 \times 49,4 = 296,4$ V. Sua corrente de curto circuito, será de 10,59 A. Deste modo, os critérios para a seleção do inversor são satisfeitos, adotando os critérios de segurança para corrente, potência e tensão máximos, sendo estas, para a corrente

$$I_{\max \text{ inversor}} < 1,1 \times I_{\text{sc arranjo}},$$

$$13 \text{ A} < 1,1 \times 10,59 \text{ A},$$

$$13 \text{ A} < 11,65 \text{ A}.$$

Para tensão de circuito aberto

$$V_{\max \text{ inversor}} < 1,2 V_{\text{oc arranjo}},$$

$$600 \text{ V} < 1,2 \times 296,4 \text{ V},$$

$$600 \text{ V} < 355,7 \text{ V}.$$

E para a potência máxima do arranjo fotovoltaico

$$P_{\max \text{ inversor}} < P_{\max \text{ arranjo}},$$

$$5000 \text{ W} < 4920 \text{ W}.$$

Verifica-se também, que a tensão máxima dos arranjos se encontra dentro da faixa de operação do SPMP, que permitirá que o mesmo opere em sua máxima eficiência.

2.3 DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO

Os sistemas de proteção, constituídos por uma *stringbox* DC e por uma caixa de proteção CA. Inicialmente, para a *stringbox* DC, teremos uma chave seccionadora mecânica de corrente contínua, com tensão nominal de 600 V, e capacidade de corrente nominal de 32 A. Um par de DPS CC, de tensão nominal de 600 V e corrente máxima de surto de 20 kA. Todo o sistema de proteção será abrigado em uma caixa elétrica plástica com grau de proteção IP65.

A proteção no lado CA, será realizada por um disjuntor termomagnético bipolar curva C, de 32 A, tendo em vista que a corrente máxima CA do inversor, no ponto de máxima potência será de 22,8 A. Bem como um par de DPS CA classe II, de tensão nominal de 275 V, e corrente nominal de surto de 20 kA. Novamente será empregado uma caixa plástica com grau de proteção IP65 para o sistema de proteção CA.

2.4 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS C.C.

Conforme abordado no Capítulo 1, o local de instalação do inversor foi escolhido de modo a reduzir o comprimento dos cabos CC e CA da instalação, reduzindo assim custos, bem como perdas por efeito Joule. A distância aproximada entre os arranjos no telhado e o inversor, é de aproximadamente 5 metros.

Como projetamos o arranjo para operar com fusíveis de proteção, o dimensionamento dos condutores CC será realizado pelo critério de queda de tensão, e a corrente de projeto é igual a corrente nominal. Admite-se uma queda de tensão máxima, no ponto de máxima potência do arranjo de 2%, sendo a tensão de máxima potência do arranjo $6 \times 40,7 = 244,2$ V.

A seção transversal mínima do cabo CC, deve ser

$$S = \frac{L \cdot I_b}{\sigma \cdot V_m}, \quad (4)$$

sendo L o comprimento total dos cabos CC, somando positivo e negativo, I_b a corrente de projeto do arranjo, σ a condutividade do cobre a 90 °C, e V_m a queda de tensão máxima admissível.

Substituindo os valores temos

$$S = \frac{10 \cdot 10,59}{44 \cdot 0,02 \cdot 244,2} = 0,492 \text{ mm}^2, \quad (5)$$

visto que os cabos de energia solar fotovoltaica são considerados circuitos de força, de modo a atender a norma NBR 5410 [3], deverá ser utilizado um cabo com área de seção transversal de $2,5 \text{ mm}^2$.

2.5 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS C.A.

Nesta seção serão dimensionados os condutores da parte CA da instalação fotovoltaica. O inversor está localizado a uma distância de três metros do medidor de energia da unidade consumidora. Esta por sua vez, encontra-se a 60 metros do posto transformador da distribuidora.

Utilizando as planilhas de dimensionamento disponibilizadas, considerando a distância do inversor até o transformador de 63 metros, e uma queda de tensão máxima admissível no ponto de entrega, de acordo com a NBR 5410 de 4%, chegamos a uma área da seção transversal mínima de 4 mm^2 .

2.6 ATERRAMENTO

O sistema de aterramento mais indicado para instalações fotovoltaicas é a do tipo TT. Neste sistema de aterramento, os inversores, painéis, trilhos e sistemas de proteção são diretamente aterrados, em uma malha de aterramento própria, independente do aterramento no ponto de entrega.

Para a implementação deste sistema, estão previstas três hastes de aterramento de aço cobreado, de 2 metros de comprimento, interligadas por condutor de aço cobreado com bitola de 50 mm^2 . Deverá ser puxado um condutor distinto, de 4 mm^2 , partindo diretamente das hastes e da malha de aterramento, para o inversor, para os sistemas de proteção e para as placas.

2.7 ESTRUTURA DE FIXAÇÃO

O telhado, no qual será realizada a instalação, utiliza telhas cerâmicas. Deste modo, sua fixação deverá ser realizada através de trilhos. O projeto prevê instalar 12 módulos, em duas fileiras de 6, estando os mesmos na orientação tipo retrato.

Para a fixação dos módulos, deverão ser utilizados de 4 pares de trilhos de 3,1 metros. Cada par de trilhos, deverá ser parafusado nos caibros do telhado através de suas respectivas estruturas de fixação. Cada par de trilhos utilizará 4 estruturas de fixação, e cada estrutura será presa por três parafusos para madeira, totalizando 16 estruturas de fixação e 48 parafusos.

Os módulos serão fixados aos trilhos através de grampos. Deverão ser instalados 8 grampos nos finais dos trilhos, e entre os módulos, deverão ser 20 grampos intermediários.

3- Análise de Viabilidade Econômica

Este capítulo tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica do projeto, estimar a redução no valor da conta de energia após a instalação do sistema, bem como estimar o tempo para retorno do capital.

3.1 PERCENTUAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO

Na conta de energia elétrica da CPFL Paulista, são cobrados a tarifa de energia (TE), e a tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD). A TE se refere ao custo da energia elétrica fornecida, que, considerando os tributos incidentes é de R\$ 0,3622 /kWh. A tarifa da TUSD, por sua vez é de R\$ 0,3577/kWh.

Conforme as normas da CPFL paulista para micro geração distribuída, sobre a parcela referente à TUSD da energia elétrica fornecida, são cobrados tributos. Entretanto, para a parcela da TUSD da energia elétrica injetada, não incidem tributos, o que leva a uma diferença de preço entre a TUSD injetada e fornecida, que deve ser levada em consideração. A tarifa TUSD com tributos, conforme mencionado acima, é de R\$ 0,3577/kWh. Já a tarifa sem os tributos, é de R\$ 0,2997 /kWh.

Como o sistema foi projetado para compensar toda a energia consumida nas duas residências do proprietário, o saldo de energia a pagar será zero, restando a pagar apenas o custo de disponibilidade, a contribuição sobre a iluminação pública, e o saldo de tributos referente à TUSD injetada.

O consumo médio das duas residências, conforme calculado no Capítulo 1, é de aproximadamente 500 kWh por mês, sendo uma instalação monofásica, cujo custo de disponibilidade é de 30 kWh/mês, e uma instalação bifásica, cujo custo de disponibilidade é de 50 kWh/mês. Após a instalação do sistema fotovoltaico, ambas as unidades consumidoras serão bifásicas, com custo de disponibilidade de 50 kWh/ mês.

Deste modo, a tarifa de energia média mensal de ambas as residências somadas, antes da instalação do sistema fotovoltaico é apurado na Tabela 4.

Tabela 4: Conta de energia antes da instalação do sistema fotovoltaico.

Item	Quantidade	Valor unitário	Valor total
TE	500 kWh	R\$ 0,3622/kWh	R\$ 181,10
TUSD	500 kWh	R\$ 0,3577/kWh	R\$ 178,85
Contribuição iluminação pública	2	R\$ 25,00/UC	R\$ 50,00
Total			R\$ 409,95

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a instalação do sistema fotovoltaico, o consumo de energia será totalmente compensado, logo, o custo final para o cliente é apurado na Tabela 5.

Tabela 5: Conta de energia após instalação do sistema fotovoltaico.

Item	Quantidade	Valor unitário	Valor total
TE fornecida	500 kWh	R\$ 0,3622/kWh	R\$ 181,10
TUSD fornecida	500 kWh	R\$ 0,3577/kWh	R\$ 178,85
TE injetada	500 kWh	R\$ 0,3622/kWh	R\$ -181,10
TUSD injetada	500 kWh	R\$ 0,2997/kWh	R\$ - 149,85
TUSD disponibilidade	2 x 50kWh	R\$ 0,3622/kWh	R\$ 36,22
TE disponibilidade	2 x 50 kWh	R\$ 0,3577/kWh	R\$ 35,77
Contribuição iluminação pública	2	R\$ 25,00/UC	R\$ 50,00
Total			R\$ 150,14

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando as Tabelas 4 e 5, podemos calcular o percentual de redução na conta de energia elétrica considerando ambas as unidades consumidoras através de

$$\text{Redução percentual} = 1 - \frac{R\$ 150,14}{R\$ 409,95} \times 100\%. \quad (6)$$

O resultado é uma economia na conta de energia elétrica de 63,37%.

3.2 ANÁLISE DE DESPESAS: MANUTENÇÃO, LIMPEZA, CONCESSIONÁRIA, TROCA DE EQUIPAMENTOS

Considerando a instalação em telhado, e que a manutenção prevista para o sistema fotovoltaico consiste na limpeza dos módulos, que deverá ser realizada a cada dois meses durante o período de seca na região, entre Abril e Setembro, totalizando 3 limpezas anuais. Eventuais análises mais específicas, como dos conectores, cabos, estruturas de fixação, e integridade dos módulos deverão ser feitas anualmente, na estação seca.

A limpeza dos módulos será realizada por uma empresa especializada na própria cidade, cujo custo é definido pela quantidade de módulos, bem como pelo local da instalação, telhado ou solo.

Para estruturas de telhado, a empresa cobra R\$ 180 por limpeza. A inspeção detalhada por sua vez tem o custo de R\$ 150,00. Assim, o custo anual de manutenção será de R\$ 690,00 por ano.

3.3 FLUXO DE CAIXA E VIABILIDADE ECONÔMICA

Para elaborar o fluxo de caixa do projeto, e conseqüentemente sua viabilidade econômica, inicialmente devemos calcular o investimento total no sistema.

Os módulos fotovoltaicos serão comprados junto a um lote maior, de modo a reduzir o custo unitário, sendo que os 12 módulos terão custo de R\$ 13930,00. O inversor PHB5000T-DS comprado em conjunto com as caixas de proteção montadas para o lado DC e AC, deste modo, o conjunto inversor, stringbox CA, CC e estrutura de fixação terá um custo de R\$ 6220,00

Os custos estimados com condutores CA, condutores CC, dutos elétricos, hastes e malha de aterramento, e a alteração necessária no padrão de entrada são estimados em R\$ 1000,00. O custo de instalação, por sua vez, é estimado em R\$ 0,25 por Watt, totalizando R\$ 1230,00.

Desta forma, somando-se os custos estimados, teremos um total aproximado de R\$ 22328,00, com o serviço de instalação. Inserido estes dados na planilha de dimensionamento para micro geração, fornecida na disciplina ELT567, obtemos o fluxo de caixa apresentado na Figura 9.

Fluxo de Caixa	Saldo Acumulado	Fluxo Descont.	Fluxo Descont.	Ano
- 19.329	- 19.329	- 19.329	- 19.329	0
3.147	- 16.182	2.887	- 16.442	1
3.413	- 12.769	2.873	- 13.569	2
3.701	- 9.068	2.858	- 10.711	3
4.013	- 5.055	2.843	- 7.869	4
4.350	- 706	2.827	- 5.042	5
4.715	4.010	2.811	- 2.230	6
5.110	9.120	2.796	566	7
5.538	14.658	2.779	3.345	8
6.001	20.660	2.763	6.108	9
1.616	22.275	682	6.791	10

Figura 8: Fluxo de caixa previsto para o sistema fotovoltaico proposto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para chegar a este resultado, considerou-se um reajuste na conta de energia na ordem de 8% ao ano, mais condizente com a atual realidade, a tarifa de energia inicial de R\$ 0,72, TMA e taxa de juros de financiamento de 9%.

Deste modo, chegamos à conclusão que o tempo de retorno simples será de 5,1 anos, o tempo de retorno descontado, de 6,8 anos. O VPL será de R\$6791,00 e a TIR, 15,94%, conforme exposto na Figura 9.

VPL (TMA = 9%)	R\$ 6.791
TIR	15,94%
Payback Simples	5,1
Payback Descontado	6,8

Figura 9: Viabilidade financeira do projeto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Estes valores permitem considerar o projeto do sistema fotovoltaico proposto economicamente viável.

4- Projeto Elétrico

Este capítulo tem por objetivo apresentar o projeto elétrico do sistema fotovoltaico, através de seus diagramas unifilar e multifilar, bem como o memorial descritivo do mesmo.

4.1 PROJETO ELÉTRICO: DIAGRAMA UNIFILAR

Nesta seção, será apresentado o diagrama unifilar do projeto fotovoltaico, bem como a legenda que contém a simbologia necessária para sua correta interpretação. A Figura 10 apresenta a legenda que contém a simbologia utilizada no diagrama unifilar.

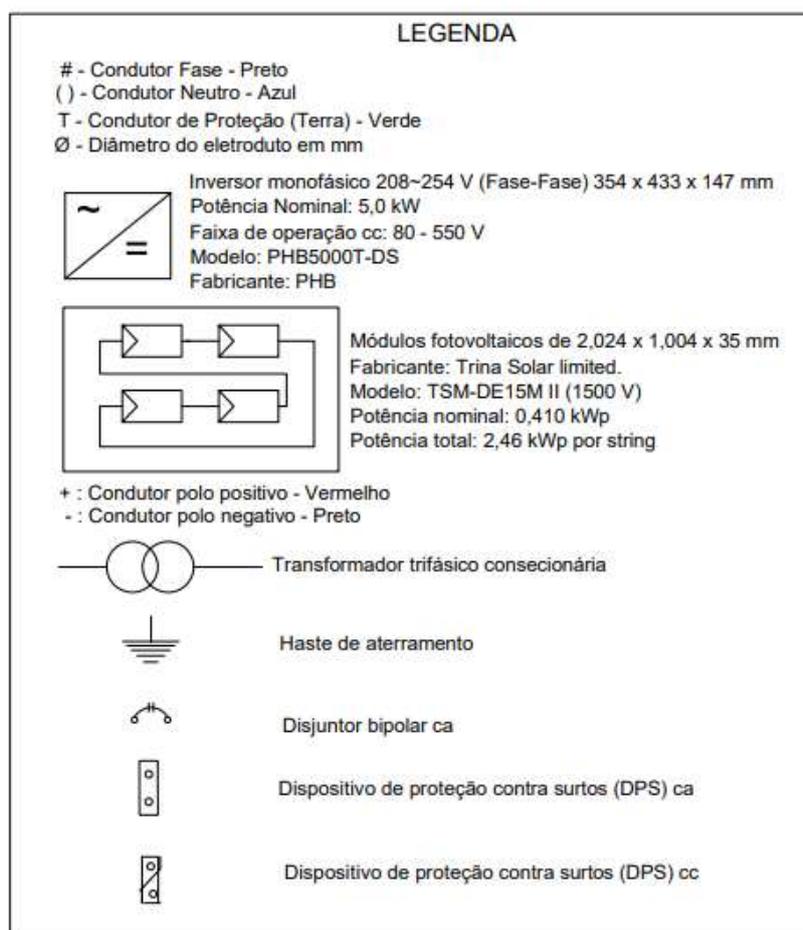


Figura 10: Simbologia e legenda utilizada no projeto do sistema fotovoltaico.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 11, por sua vez, apresenta o diagrama unifilar do sistema fotovoltaico projetado.

DIAGRAMA UNIFILAR

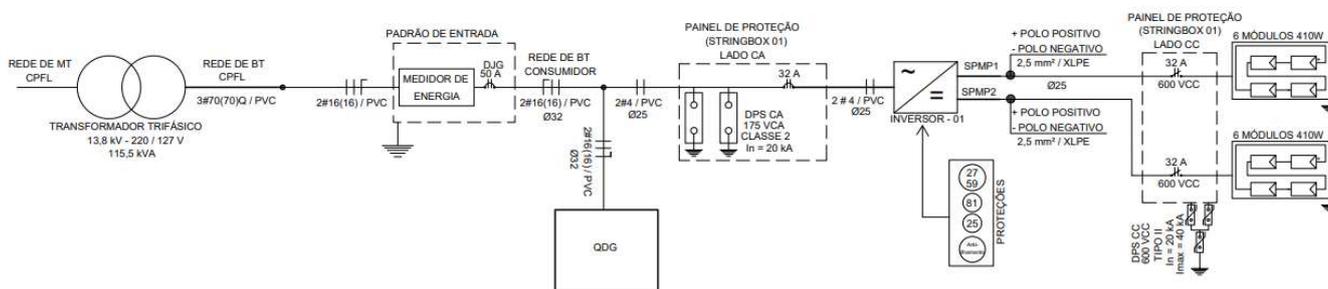


Figura 11: Diagrama unifilar do sistema fotovoltaico, simbologia conforme Figura 10.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado na Figura 11, temos o digrama unifilar da instalação elétrica bifásica (2F+N). Uma usina solar fotovoltaica é conectada a esta UC, de onde as seguintes características elétricas do sistema podem ser enumeradas:

- ✓ Disjuntor bipolar CA de 50 A do padrão de entrada.
- ✓ Carga instalada existente na unidade consumidora de 10 kW.
- ✓ Condutores ca fase de bitola 16 mm² e neutro 16 mm², isolação PVC 500 V em eletrodutos de 32 mm, no padrão de entrada.
- ✓ Medidor de energia bidirecional.
- ✓ Dispositivo de proteção contra surtos de 175 V (fase-terra), classe 2, corrente nominal (corrente projetada, na qual é capaz de desviar para o aterramento de proteção) de 20 kA;
- ✓ Condutores CA fase de bitola 4 mm², isolação PVC 500V, dispostos em eletroduto de 25 mm de diametro (conecta a saída CA do inversor ao quadro geral da instalação);
- ✓ Disjuntor CA de 32 A no lado CA da string box;
- ✓ Condutores CC polos positivo e negativo de bitola 2,5 mm², isolação XLPE 1000V (conecta o arranjo FV à entrada CC do inversor);
- ✓ Dispositivo de seccionamento CC de 16 A, tensão máxima de 600 V de isolação no lado CC da string box;
- ✓ Dispositivo de proteção contra surtos CC de 600 V, classe 2, corrente nominal (corrente projetada, na qual é capaz de desviar para o aterramento de proteção) de 20 kA;
- ✓ Inversor Fotovoltaico 5 kW CA, 220V CA, e faixa de operação CC 80-550V, com dois MPPTs;
- ✓ Módulos fotovoltaicos 410 Wp dispostos em duas strings de 6 módulos FV cada, totalizando 4,92 kWp de potência CC instalada.

4.2 PROJETO ELÉTRICO: DIAGRAMA MULTIFILAR

A Figura 12 apresenta o diagrama multifilar da UC, com enfoque nas ligações elétricas entre os componentes da usina solar fotovoltaica. Este diagrama traduz fielmente as conexões efetuadas no ato da instalação física do sistema.

DIAGRAMA MULTIFILAR

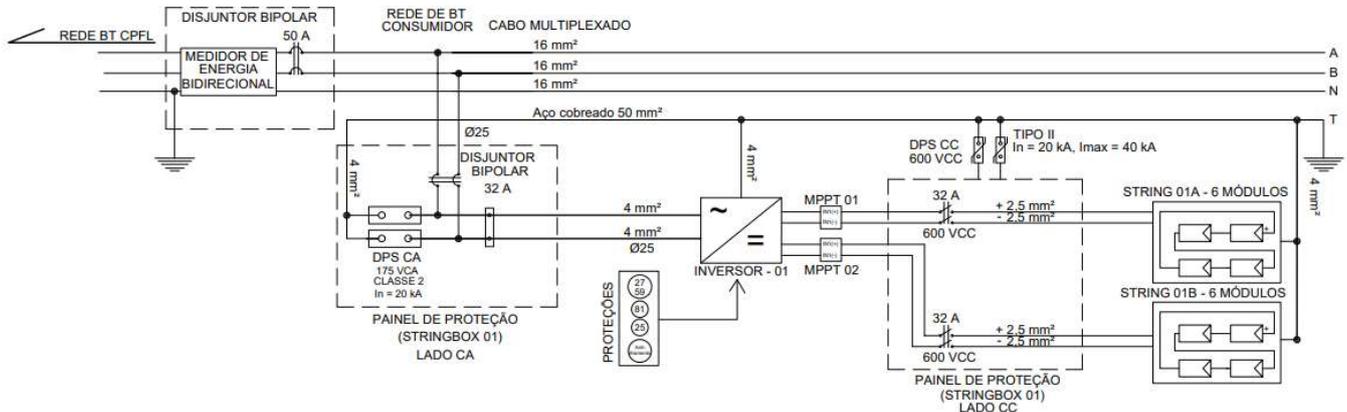


Figura 12: Diagrama multifilar da UC após a instalação do sistema FV. Simbologia adotada conforme 10.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O sistema de medição de energia deve ser bidirecional para as unidades consumidoras (UC) que aderirem ao sistema de compensação de energia. A energia ativa injetada e a consumida da rede são apuradas, para gerar descontos e créditos na fatura de energia da UC.

Antes da adesão ao sistema de compensação de energia, o padrão de entrada da unidade consumidora deve estar de acordo com as normas das concessionárias competentes.

No caso da CPFL, a GED 13 [4], e a cartilha para geração distribuída [5], estabelecem que, para um consumidor residencial, o padrão de entrada deverá ser voltado para a calçada. Devendo também possuir uma cavidade para a inspeção da haste de aterramento. No caso da UC onde será realizada a instalação do sistema fotovoltaico, o acesso será realizado de acordo com a Figura 12.

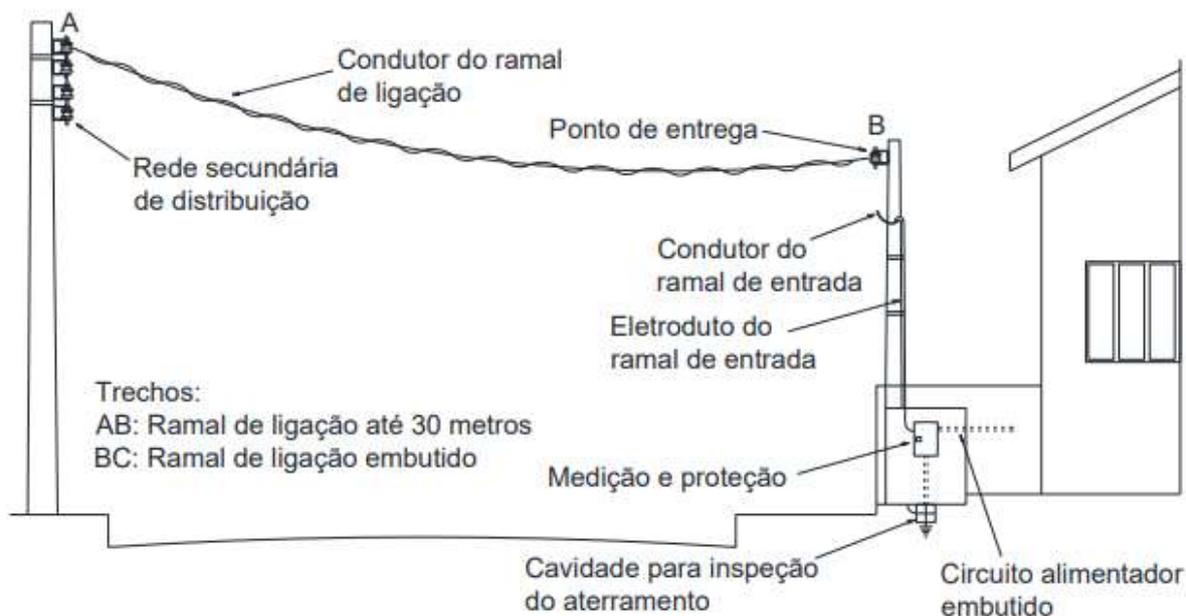


Figura 13 :Padrão de entrada com caixa de medição e medidor bidirecional.

Fonte: GED 13, CPFL Paulista.

É possível notar a caixa de medição e proteção, onde será instalado o medidor bidirecional. Além disso, a cartilha de orientações para a geração distribuída estabelece que, deverão ser afixadas pelo menos duas placas de advertência, confeccionadas em aço inoxidável, ou alumínio anodizado, na tampa da caixa de medição, sendo esta de fixada de forma permanente através de rebites.

E no poste, ou na parede, voltada para via pública, através de parafusos ou cintas metálicas. A placa de advertência é apresentada na Figura 13.



Figura 14: Placa de advertência que deve ser fixada (medidas 20 x 15 cm).

Fonte: Cartilha para geração distribuída – CPFL Paulista.

4.3 MEMORIAL DESCRITIVO

Projeto Elétrico do Sistema de Geração Distribuída da UC 116061430	
Dados do Responsável Técnico	
Nome:	RAFAEL MATEUS TISCHER
CREA	12345/78 – SP
Endereço profissional:	AV. PAULO IV 773, FRANCA, SÃO PAULO.
Telefone:	(16) 99999 9999
E-mail:	rafael.tischer@hotmail.com
Dados do Contratante	
Nome:	Roberto Mário França
Endereço:	Rua Hortêncio Mendonça Ribeiro 1310
Latitude:	-20,51°
Longitude:	-47,39°
Telefone:	(16) 99999 9998
E-mail:	email@emailserver.com
Características do Projeto:	
Tipo de Projeto:	Microgeração Distribuída
Classe/Subclasse:	Urbana
UC Existente:	116061430
Carga total instalada da UC (kW):	12 kW
Carga Total de Geração (kWp):	4,92 kWp
Tipo de Geração:	Autoconsumo/ Autoconsumo Remoto
Previsão de ligação:	20/03/2022

Na unidade consumidora referente ao projeto, tem-se no momento uma ligação monofásica tipo residencial B1, com disjuntor de entrada de 50 Amperes. A ligação será alterada para bifásica 220/127 Volt, entretanto, o disjuntor permanecerá com corrente nominal de 50 Amperes. A Figura 14 apresenta o disjuntor atual no padrão de entrada da UC.

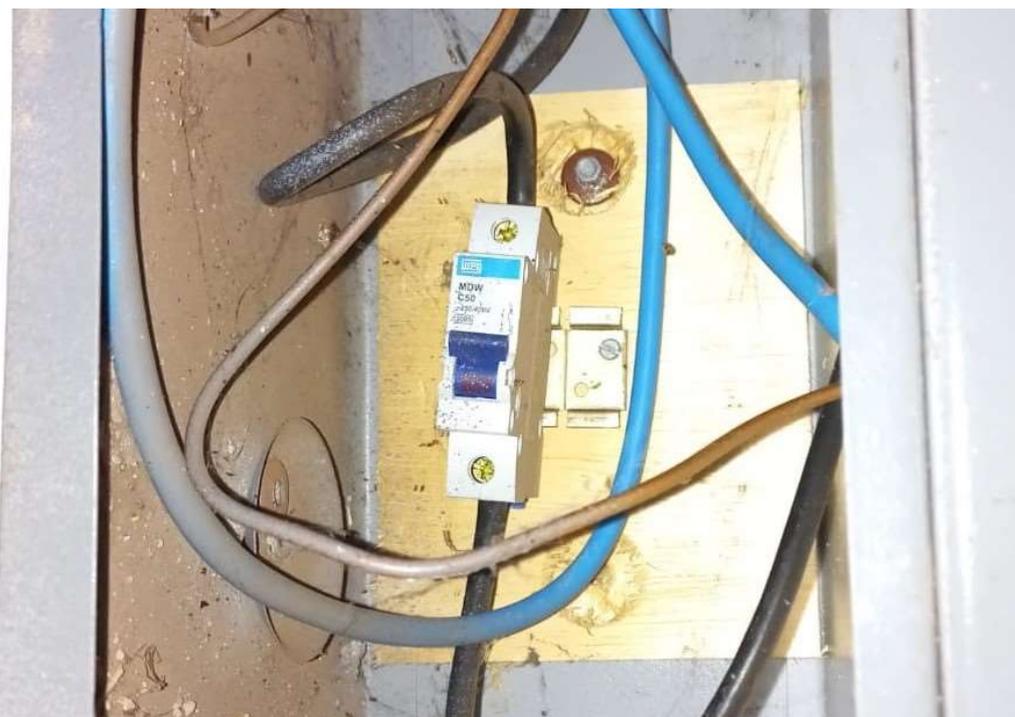


Figura 15: Disjuntor de proteção na entrada da UC.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os módulos fotovoltaicos a serem instalados, conforme já mencionado, são os Trina TSM-DE15M II de 410 Wp. As características técnicas detalhadas deste módulo são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Especificações técnicas do módulo fotovoltaico

Módulo fotovoltaico	
Modelo	TSM-DE15M II
Potência de pico	410 Wp
Tecnologia da célula	Silício monocristalino
Garantia de produtividade	10 anos
Garantia de perda de produção linear	25 anos
Tensão de máxima potência	40,7 V
Corrente de máxima potência	10,07 A
Tensão de circuito aberto	49,4 V
Corrente de curto-circuito	10,59 A
Número de células	144
Eficiência	20,4 %
Massa	22 kg
Dimensão	2015 x 996 x 35 mm

Fonte: Trina Solar.

O inversor utilizado no projeto, é um inversor mono/bifásico, com saída em 220 volts, e potência nominal de 5000 W. É fabricado pela empresa brasileira PHB, seu modelo é PHB5000T-DS. Suas especificações técnicas detalhadas são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7: Especificações técnicas do inversor.

Inversor Fotovoltaico	
Número de inversores utilizados	1
Modelo	PHB5000T-DS
Máxima potência fotovoltaica de entrada	7800 W
Máxima tensão c.c.	600 V
Faixa de operação MPPT	80 – 520 V
Tensão c.c. de partida	80 V
Corrente c.c. máxima	13 A por MPPT
Número de MPPTs	2
Potência c.a. nominal	5000 W
Máxima corrente c.a	22,8 A
Saída c.a. nominal	220 V, 60 Hz
Taxa de distorção harmônica	< 3%
Eficiência máxima	97,8%
Massa	13 kg
Dimensões	354 x 433 x 147 mm

Fonte: PHB Solar.

Utilizando os componentes projetados, a energia que a usina fotovoltaica deverá gerar, ao longo de um ano, pode ser obtida através de (1). Considerando $N = 12$ módulos, $I_r = 5,094$ kWh/m²/dia, η a eficiência do módulo, e φ o coeficiente de perdas do sistema, chegamos a uma produção anual de aproximadamente 7300 kWh. Abaixo anexadas as folhas de dados do módulo fotovoltaico, bem como do inversor utilizado no projeto.

5- Referências Bibliográficas

- [1] Trina Solar, [Online]. Available:
https://static.trinasolar.com/sites/default/files/EU_TSM_DE15M%28II%29_datasheet_B_2019.pdf
- [2] PHB Solar, [Online]. Available: <https://www.energiasolarphb.com.br/produto/inversor-phb5000t-ds/>
- [3] ABNT NBR 5410, [Online]. Available:
<https://docente.ifrn.edu.br/jeangaldino/disciplinas/2015.1/instalacoes-eletricas/nbr-5410>
- [4] CPFL GED 13. [Online]. Available: <http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-13.pdf>
- [5] CPFL Cartilha para geração distribuída. [Online]. Available:
https://www2.cpfl.com.br/sites/cpfl/files/2021-12/Cartilha_Geracao_Distr.pdf



Coordenadoria de
Educação Aberta e a Distância

TALLMAX^M

TSM-DE15M(II)

144 HALF-CUT
MONOCRYSTALLINE CELLS

390-415W
POWER OUTPUT RANGE

20.7%
MAXIMUM EFFICIENCY

0/+5W
POSITIVE POWER TOLERANCE

Founded in 1997, Trina Solar is the world's leading comprehensive solutions provider for solar energy. We believe close cooperation with our partners is critical to success. Trina Solar now distributes its PV products to over 60 countries all over the world. Trina Solar is able to provide exceptional service to each customer in each market and supplement our innovative, reliable products with the backing of Trina Solar as a strong, bankable partner. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaboration with installers, developers, distributors and other partners.

Comprehensive Product And System Certificates

IEC61215/IEC61730/UL1703
IEC61701 Salt Mist Corrosion
IEC62716 Ammonia Corrosion
IEC60068 Blowing Sand
ISO9001; ISO14001; OHSAS18001



High power output

- Multi busbar technology combined with mono PERC cells
- Reduced BOS costs with higher power bins and 1,500V system voltage
- Consistently high bankability ratings by BNEF, banks and investors



Half-cut cell design brings higher efficiency

- Optimized power output under inter-row shading conditions
- Low thermal coefficients for higher energy yield at elevated operating temperatures
- Reduced interconnection losses



Highly reliable due to stringent quality control

- Over 30 in-house tests (UV, TC, HF, and many more)
- In-house testing goes well beyond certification requirements
- PID resistant
- 2x 100% inline EL inspection

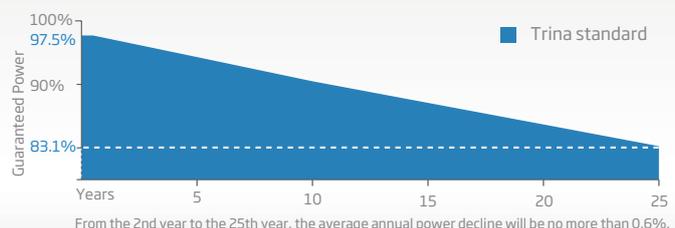


Certified to withstand challenging environmental conditions

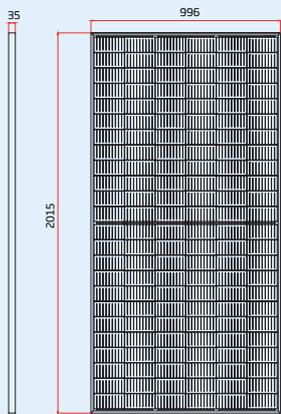
- Salt Mist Corrosion
- Ammonia Corrosion
- Blowing Sand

PERFORMANCE WARRANTY

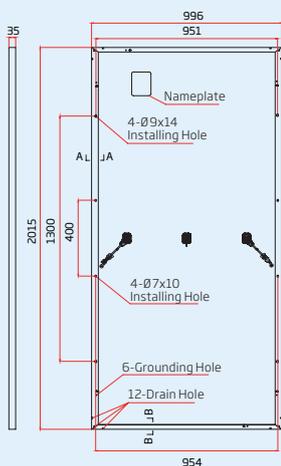
10 Year Product Warranty · 25 Year Power Warranty



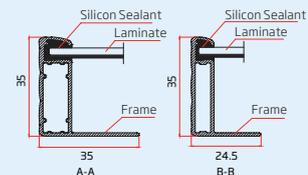
DIMENSIONS OF PV MODULE TSM-DE15M(II) (unit: mm)



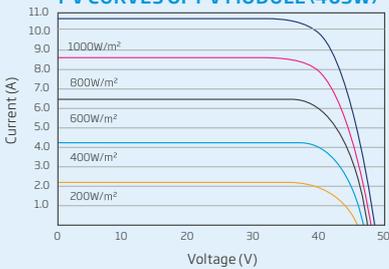
Front View



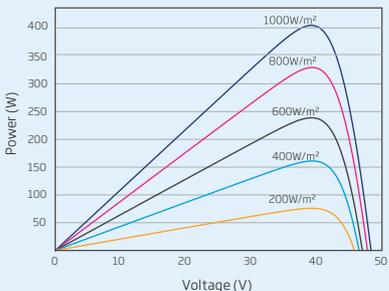
Back View (Portrait)



I-V CURVES OF PV MODULE (405W)



P-V CURVES OF PV MODULE (405W)



ELECTRICAL DATA @ STC	TSM-390 DE15M(II)	TSM-395 DE15M(II)	TSM-400 DE15M(II)	TSM-405 DE15M(II)	TSM-410 DE15M(II)	TSM-415 DE15M(II)
Peak Power Watts- P_{MAX} (W)*	390	395	400	405	410	415
Power Output Tolerance- P_{MAX} (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Maximum Power Voltage- U_{MPP} (V)	40.0	40.1	40.3	40.5	40.7	40.9
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	9.75	9.86	9.92	10.0	10.07	10.15
Open Circuit Voltage- U_{OC} (V)	48.5	48.7	49.0	49.2	49.4	49.6
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	10.30	10.37	10.45	10.52	10.59	10.66
Module Efficiency η_m (%)	19.4	19.7	19.9	20.2	20.4	20.7

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25 °C, Air Mass AM1.5
* Measuring tolerance: ±3%

ELECTRICAL DATA @ NMOT	TSM-390 DE15M(II)	TSM-395 DE15M(II)	TSM-400 DE15M(II)	TSM-405 DE15M(II)	TSM-410 DE15M(II)	TSM-415 DE15M(II)
Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	295	299	302	306	310	314
Maximum Power Voltage- U_{MPP} (V)	37.6	37.8	38.0	38.2	38.4	38.6
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	7.84	7.90	7.95	8.01	8.07	8.13
Open Circuit Voltage- U_{OC} (V)	45.7	45.9	46.2	46.4	46.6	46.8
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	8.30	8.36	8.42	8.47	8.53	8.58

NMOT: Irradiance 800 W/m², Ambient Temperature 20 °C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	144 cells (6 x 24)
Module Dimensions	2015 × 996 × 35 mm
Weight	22.0 kg
Glass	3.2 mm, High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Cable 4.0mm ² , Portrait: N 140mm/P 285mm, Landscape: N 1400 mm /P 1400 mm
Connector	TS4

TEMPERATURE RATINGS

NMOT (Nominal Module Operating Temperature)	41°C (±3K)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.36%/K
Temperature Coefficient of U_{OC}	-0.26%/K
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/K

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 to +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	20 A
Snow Load	5400 Pa (3600 Pa*)
Wind Load	2400 Pa (1600 Pa*)

*design load with safety factor 1.5
(DO NOT connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

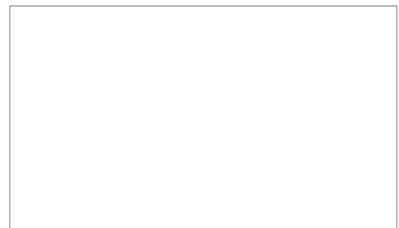
PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box:	30 pieces
Modules per 40' container:	660 pieces

WARRANTY

10 year Product Workmanship Warranty
25 year Linear Performance Warranty

(Please refer to product warranty for details)



INVERSOR SOLAR FOTOVOLTAICO MONOFÁSICO PHB

5000W (220V)



Adequado para sistemas residenciais e comerciais. Possui design moderno e inovador que facilita o manuseio e instalação.

PHB5000T-DS INVERSOR FOTOVOLTAICO

Atende as Normas: ABNT NBR 16149; ABNT NBR 16150; ABNT NBR IEC 62116.

Possui a garantia de 7 anos* para defeito de fabricação. (consulte o termo de garantia).

Características Principais:

- ✓ Alta Eficiência;
- ✓ Monitoramento incorporado;
- ✓ Design de baixo ruído e sem ventilador;
- ✓ String Box integrada, reduzindo tempo e área de instalação.

**Válido para aquisição a partir de julho de 2021.*

EXCELENTE DESEMPENHO

- ✓ Eficiência máxima de até 97,8%
- ✓ Eficiência do MPPT > 99,9%
- ✓ THDi menor que 3%
- ✓ Tensão de partida 80V
- ✓ Duplo MPPT
- ✓ Compatível com módulos bifaciais

ALTA SEGURANÇA

- ✓ IP65 anti-poeira e à prova d'água
- ✓ Atende as normas brasileiras
- ✓ Atende as tensões módulo 8 PRODIST
- ✓ Registro do Inmetro:
PHB5000T-DS – 002100/2021

PROJETO ORIENTADO PARA O CLIENTE

- ✓ LCD em português
- ✓ Fácil e rápida instalação
- ✓ Peso 13 kg
- ✓ Adequado para instalações, residenciais e comerciais
- ✓ Interface de comunicação: RS485, USB e WI-FI
- ✓ String Box Integrada



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br



Dados técnicos

A PHB Solar mantém uma estrutura de equipamentos calibrados, "setups" de testes e técnicos treinados, para proporcionar aos seus clientes um rápido serviço de reparo.

Dados da Entrada CC

Modelos	PHB5000T-DS
Max. Tensão CC [V]	600
Faixa de Operação SPMP [V]	80~550
Tensão CC de Partida [V]	80
Corrente CC Máxima [A]	13/13
Número de Strings / MPPT	2 / 2
Conector CC	MC4
String Box integrada	Interruptor/ Seccionador CC (IEC60947-1 e IEC60947-3) e DPS CC Classe II (EN50539-11)

Dados de Saída CA

Potência CA Nominal [W]	5000
Max. Corrente CA [A]	22,8
Saída Nominal CA	208, 220, 230, 240 e 254Vca; 60Hz
Faixa de Operação CA	166,4~279,4Vca; 57,5~62Hz
THDi	<3%
Fator de Potência	Unitário (0.8 Capacitivo. / 0.8 Indutivo)
Conexão CA	Monofásico /Bifásico

Eficiência

Max. Eficiência	97,8%
Eficiência SPMP	>99,9%

Segurança do Equipamento

Monitoramento de corrente de fuga	Integrado
Proteção Anti-ilhamento	AFD
NBR (Normas Brasileiras)	ABNT NBR 16149, 16150 e ABNT NBR IEC 62116

Normas de Referência

EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4
Segurança	IEC 62109-1, AS3100

Dados Gerais

Dimensões (L*A*P) [mm]	354*433*147
Peso Líquido [kg]	13
Ambiente de Operação	Interno ou Externo
Montagem	Fixado na parede
Temperatura de Operação	-25~60°C
Umidade relativa	0~100%
Altitude [m]	<4000m
Grau de Proteção IP	IP65
Topologia	Sem Transformador
Ventilação	Convecção Natural
Display	LCD (Português)
Comunicação	USB / RS485 / Wi-Fi
Cor	Vermelho
Garantia [anos]	7/10/15/20/25 (opcional)



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br

