

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal  
de Campina Grande

RAPHAEL VICTOR FREITAS DE ARAÚJO

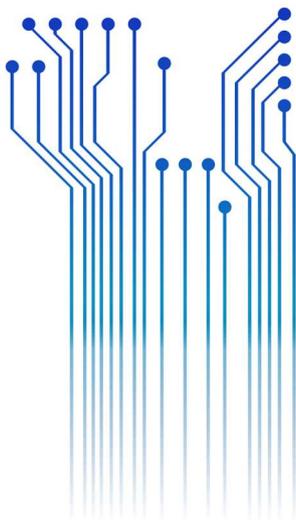


Centro de Engenharia  
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
SOLAR NOBRE



Departamento de  
Engenharia Elétrica



Campina Grande  
2021



RAPHAEL VICTOR FREITAS DE ARAÚJO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO: **SOLAR NOBRE**

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à  
Coordenadoria de Graduação em Engenharia  
Elétrica da Universidade Federal de Campina  
Grande como parte dos requisitos necessários  
para a obtenção do grau de Bacharel em  
Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Energias Renováveis e Instalações Elétricas

Orientador:

Professor Luis Reyes Rosales Monteiro

Campina Grande  
2021

RAPHAEL VICTOR FREITAS DE ARAÚJO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO: SOLAR NOBRE

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à  
Coordenadoria de Graduação em Engenharia  
Elétrica da Universidade Federal de Campina  
Grande como parte dos requisitos necessários  
para a obtenção do grau de Bacharel em  
Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Energias Renováveis e Instalações Elétricas

Aprovado em        /        /

**Roberto Silva de Siqueira**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Luis Reyes Rosales Monteiro**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

## RESUMO

Neste relatório são descritas as atividades realizadas pelo estagiário Raphael Victor Freitas de Araújo no estágio supervisionado realizado na empresa Solar Nobre durante o período de 15 de junho de 2021 e 01 de outubro de 2021. A empresa possui como principal atividade a instalação de sistemas fotovoltaicos *on-grid*, porém também elabora e executa projetos elétricos residenciais e prediais. O estágio foi realizado no setor de projetos da empresa sob supervisão técnica do engenheiro eletricista Eduardo Silva Fernandes. As principais atribuições do estagiário foram: desenvolvimento de projetos de geração fotovoltaica de acordo com as normas nacionais e específicas da concessionária, parametrização de inversores solares, elaboração de projetos elétricos residenciais, acompanhamento de visitas técnicas e vistorias.

**Palavras-chave:** Estágio Supervisionado, Geração Distribuída, Energia Solar, Sistemas Fotovoltaicos.

# ABSTRACT

This report describes the activities carried out by the intern Raphael Victor Freitas de Araújo in the supervised internship that took place at the company Solar Nobre during the period of June 15, 2021 and October 1, 2021. The company's main activity is the installation of on-grid photovoltaic systems, but also elaborates and executes residential and building electrical projects. The internship was held in the company's project sector under the technical supervision of electrical engineer Eduardo Silva Fernandes. The intern's main attributions were: development of photovoltaic generation projects in accordance with the national and specific standards of the local power distribution company, parameterization of solar inverters, elaboration of residential electrical projects, monitoring of technical visits and inspections.

**Keywords:** Supervised Internship, Distributed Generation, Solar Energy, Photovoltaic Systems.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Logomarca da Solar Nobre .....	14
Figura 2 – Fachada da Solar Nobre .....	15
Figura 3 – Ambiente Interno da Solar Nobre .....	15
Figura 4 – Etapas da execução de um projeto na empresa Solar Nobre.....	16
Figura 5 – Irradiação Horizontal Global.....	18
Figura 6 – Extrato da patente da primeira célula fotovoltaica.....	19
Figura 7 – Efeito fotovoltaico na junção PN .....	20
Figura 8 – Esquemático de uma célula fotovoltaica.....	20
Figura 9 – Arquitetura de um sistema fotovoltaico <i>off-grid</i> .....	21
Figura 10 – Arquitetura de um sistema fotovoltaico <i>on-grid</i> .....	22
Figura 11 – Curvas típicas IxV e PxV .....	24
Figura 12 – Influência da variação de intensidade e temperatura na curva IxV dos módulos .....	25
Figura 13 – Diagrama ilustrando as nomenclaturas utilizadas no setor de energia solar para se referir a um conjunto de módulos fotovoltaicos.....	25
Figura 14 – Possível forma de onda de saída de um inversor C.C-C.A. por modulação de largura de pulso (PWM) .....	26
Figura 15 – Certificado de Conformidade de acordo com as normas europeias IEC 61727:2004-12 e IEC 62116:2014, de inversores da marca Sofar .....	34
Figura 16 – Diagrama Unifilar do projeto 17 .....	46
Figura 17 – Vista Frontal do projeto 17 .....	47
Figura 18 – Vista Superior do projeto 17- Telhado.....	47
Figura 19 – Vista Superior do projeto 17 – Corte Superior.....	48
Figura 20 – Diagrama Unifilar do projeto 6.....	52
Figura 21 – Vista Frontal do projeto 6 .....	52
Figura 22 – Vista Superior do projeto 6 - Telhado.....	53
Figura 23 – Vista Superior do projeto 6 – Corte Superior.....	53
Figura 24 – Equipe realizando o alceamento dos módulos fotovoltaicos .....	55
Figura 25 – Instalação dos trilhos de suporte para os módulos .....	56
Figura 26 – Módulo Wifi da Growatt.....	57
Figura 27 – Interface para alteração de parâmetro de tensão e frequência.....	58
Figura 28 – Valores dos registradores e as informações contidas neles.....	58
Figura 29 – Interface para alteração do valor de registradores.....	59
Figura 30 – Placa de advertência colocada na residência, ao lado da exigida pela norma da Energisa .....	59
Figura 31 – Caixa do Medidor da residência.....	59
Figura 32 – Disjuntor Geral da Instalação.....	60
Figura 33 – Parâmetros de tensão e frequência do inversor .....	60
Figura 34 – Display do inversor indicando a tensão e frequência do sinal .....	60
Figura 35 – Foto dos estagiários realizando a parametrização do inversor.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de Módulos Fotovoltaicos utilizados pela empresa Solar Nobre.....	26
Tabela 2 – Lista de Inversores utilizados pela empresa Solar Nobre.....	27
Tabela 3 – Lista das stringboxes utilizados pela empresa Solar Nobre.....	29
Tabela 4 – Documentos obrigatórios para a solicitação de acesso de microgeração distribuída.....	32
Tabela 5 – Parametrização do Inversor .....	33
Tabela 6 – Descrição dos sistemas fotovoltaicos projetados durante o estágio .....	38
Tabela 7 – Orçamento do projeto 17 .....	43
Tabela 8 – Dados elétricos do módulo fotovoltaico modelo LR4-72HPH-450M da marca Longi.....	44
Tabela 9 – Dados elétricos inversor modelo MIC 3000TL-X da marca Growatt.....	44
Tabela 10 – Orçamento do projeto 6 .....	48
Tabela 11 – Dados elétricos do módulo fotovoltaico modelo RSM144-6-415M da marca Risen.....	49
Tabela 12 – Dados elétricos inversor modelo 15000TL-G2 da marca Sofar .....	49
Tabela 13 – Dados sobre o sistema de compensação para múltiplas unidades consumidoras do projeto 6.....	54
Tabela 14 – Orçamento do projeto 5 .....	54
Tabela 15 – Tabela com as luminárias utilizadas no projeto.....	62
Tabela 16 – Circuitos de Iluminação .....	63
Tabela 17 – Circuitos de Força - TUGs.....	63
Tabela 18 – Circuitos de Força - TUEs .....	64
Tabela 19 – Cálculo de demanda de iluminação e pequenos aparelhos.....	66
Tabela 20 – Padrão de entrada da edificação .....	68

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos
EMUC	Empreendimento de Múltiplas Unidades Consumidoras
GD	Geração Distribuída
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
NBR	Norma Brasileira
NDU	Norma de Distribuição Unificada
REN 482/2012	Resolução Normativa Nº 482 / 2012
REN 687/2015	Resolução Normativa Nº 687 / 2015
STC	<i>Standard Testing Conditions</i>
TUE	Tomada de Uso Específico
TUG	Tomada de Uso Geral
UC	Unidade Consumidora
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande

## LISTA DE SÍMBOLOS

$I_{sc}$	Corrente de Curto Circuito
$I_{MP}$	Corrente de Máxima Potência
$V_{OC}$	Tensão de Circuito Aberto
$V_{MP}$	Tensão de Máxima Potência

## SUMÁRIO

1	Introdução .....	12
1.1	Objetivos.....	12
1.2	Organização do Relatório .....	13
2	Empresa .....	14
3	Fundamentação Teórica.....	17
3.1	Energia Solar.....	17
3.2	Célula Fotovoltaica .....	18
3.3	Tipos de Sistemas Fotovoltaicos.....	21
3.3.1	Sistema Fotovoltaico <i>off-grid</i> .....	21
3.3.2	Sistema Fotovoltaico <i>on-grid</i> .....	22
3.4	Componentes de um Sistema Fotovoltaico.....	23
3.4.1	Módulos Fotovoltaicos.....	23
3.4.2	Inversores .....	26
3.4.3	Stringbox .....	28
3.5	Normas e Regulamentações.....	29
3.5.1	Energisa.....	30
4	Atividades Realizadas.....	35
4.1	Treinamento .....	35
4.2	Orçamento.....	36
4.3	Projetos de Sistema Fotovoltaicos .....	36
4.3.1	Projeto 17 – 3.15 kWp.....	43
4.3.2	Projeto 6 – 18.26 kWp.....	48
4.4	Acompanhamento de Obras.....	54
4.5	Parametrização de Inversores .....	56
4.6	Projetos Elétricos .....	61
4.6.1	Projeto Elétrico Residencial.....	62
4.6.1.1	Levantamento de Carga .....	62
4.6.1.2	Cálculo de Demanda.....	65
4.6.1.3	Ramal de Entrada.....	68
5	Conclusão.....	69
	Referências .....	70

ANEXO A – Formulários De Solicitação de Acesso .....	73
ANEXO B – Memorial Técnico para Projeto Elétrico de Geração Distribuída (GD) Solar.....	76
ANEXO C – Proposta Comercial.....	79
ANEXO D – Projeto Base da Instalação Residencial (Pontos de Luz e Tomada).....	91
APÊNDICE A – Projetos de Geração Fotovoltaica .....	94
APÊNDICE B – Projeto Elétrico Residencial.....	131

# 1 INTRODUÇÃO

Neste relatório serão descritas as atividades desenvolvidas durante o estágio realizado pelo aluno Raphael Victor Freitas de Araújo, discente do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no setor de projetos da Solar Nobre, empresa localizada na cidade de Campina Grande – PB. O estágio, realizado sob a supervisão do engenheiro eletricista Eduardo Silva Fernandes, ocorreu no período compreendido entre 15 de junho de 2021 e 01 de outubro de 2021, com carga horária semanal de 25 horas, totalizando uma carga horária total de 389 horas.

O estágio foi do tipo supervisionado e teve como objetivo cumprir a disciplina Estágio Curricular da grade curricular do curso de Engenharia Elétrica da UFCG. Sendo esta de fundamental importância para o estudante, pois nela tem-se a oportunidade de atuar no mercado de trabalho aplicando os conhecimentos técnicos adquiridos durante a graduação e tendo contato com a vivência de profissionais já formados e atuantes no setor. Enriquecendo assim a experiência do aluno e o ajudando no seu desenvolvimento pessoal e profissional.

As atividades realizadas durante o período de estágio focaram no aprendizado do desenvolvimento de projetos de sistemas fotovoltaicos *on-grid*. Para tal foi necessário aprofundar-se na base teórica que embasa o processo de transformação de energia solar em eletricidade, entender as arquiteturas dos sistemas disponíveis, compreender o papel de cada componente e estudar as normas que regem esses projetos, tais como: as Resoluções Normativas nº 482 e 687 da ANEEL e a NDU 13 da distribuidora Energisa.

Com base nessas normas e sob supervisão técnica foram realizados projetos solares *on-grid* para clientes visando a redução de gastos com contas de energia. Assim como, também foram realizadas atividades relacionadas a elaboração de projetos elétricos residenciais.

## 1.1 OBJETIVOS

Tendo em vista que a vivência acadêmica é diferente da experiência no mercado de trabalho, a realização de um estágio proporciona ao aluno a oportunidade de colocar

em prática os conhecimentos adquiridos na academia com o objetivo de solucionar problemas apresentados por clientes adquirindo assim experiência profissional.

Durante o estágio no setor de projetos da empresa Solar Nobre, foram realizadas as seguintes atividades:

- Elaboração de projetos de microgeração fotovoltaica;
- Acompanhamento de obras e vistorias;
- Elaboração de projetos elétricos residenciais.

## 1.2 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

O relatório está estruturado em 5 capítulos, incluindo este introdutório, conforme descrito a seguir.

No Capítulo 1 foi apresentada uma breve introdução, os objetivos do estágio e uma descrição da estrutura de organização do relatório.

No Capítulo 2, será apresentada a empresa Solar Nobre, a sede em que foi realizado o estágio e um pouco sobre a divisão de setores da empresa.

No Capítulo 3, é apresentada a fundamentação teórica sobre os temas pertinentes ao estágio, como os aspectos teóricos sobre sistemas fotovoltaicos e aspectos normativos que baseiam a realização destes.

No Capítulo 4, serão descritas as principais atividades realizadas durante o período de estágio.

Finalizando com o Capítulo 5, no qual é apresentado a conclusão versando sobre os principais conhecimentos e experiências adquiridos na realização do estágio

## 2 EMPRESA

O estágio foi realizado na empresa Solar Nobre, localizada na Rua Dom Pedro II, 250 – Loja 4, Prata – Campina Grande – PB, fundada em 2017 por Eduardo Silva Fernandes com a missão de promover o aumento na utilização de energia solar ofertando aos clientes a possibilidade de gerar sua própria energia elétrica e economizar nos gastos com energia elétrica fazendo uso do sistema de compensação.

Figura 1 – Logomarca da Solar Nobre



Fonte: SOLAR NOBRE, 2021.

Com mais de 5 anos de atuação no mercado a empresa já realizou a instalação de mais de 80 obras de microgeração distribuídas nos estados: Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande de Norte e Sergipe, sempre utilizando os equipamentos de maior credibilidade e confiabilidade disponíveis.

A empresa além de executar a instalação de sistemas fotovoltaicos, também realiza a manutenção de sistemas já existentes, e ainda disponibiliza aos clientes serviços de: planejamento e execução de projetos elétricos residenciais e prediais, padronização da entrada de energia, sistemas de automação residências e industriais e instalação de sistemas de aquecimento de piscina.

As figuras 2, 3 e 4 mostram o ambiente interno e externo da sede onde foi realizado o estágio.

Figura 2 – Fachada da Solar Nobre



Fonte: Próprio autor.

Figura 3 – Ambiente Interno da Solar Nobre



Fonte: Próprio autor.

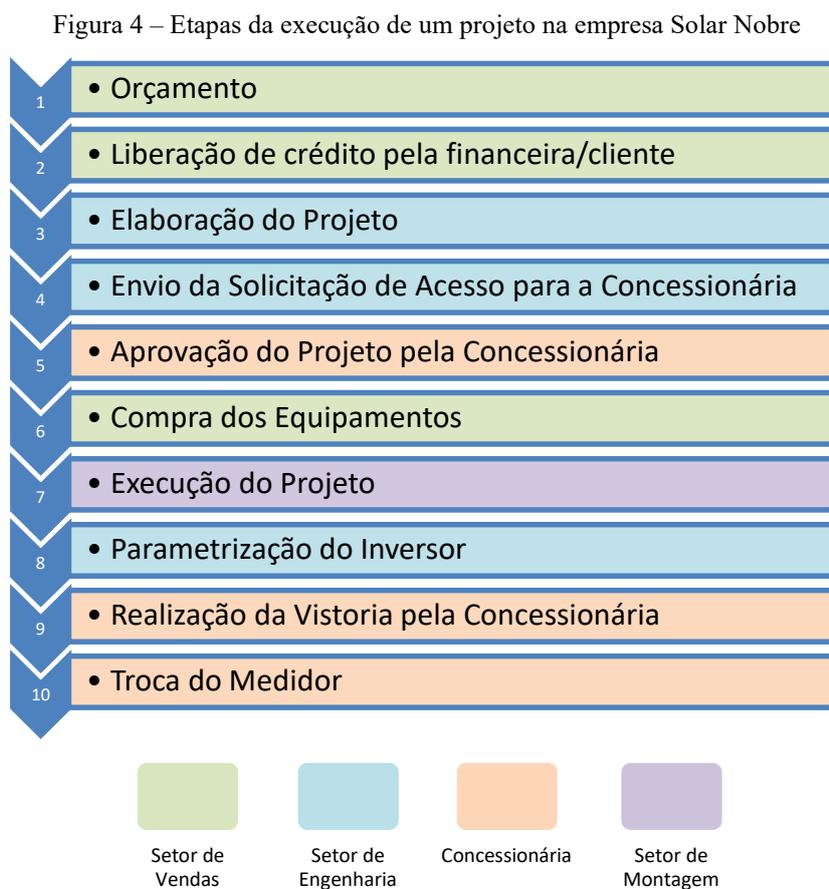
A Solar Nobre é uma empresa de pequeno porte e por isso não possui uma separação nominal das equipes, mas é possível identificar uma organização em três setores na empresa: o setor de vendas, o setor de projetos e o setor de montagem.

O **setor de vendas** é responsável por todo o contato com o cliente, desde a prospecção até o relacionamento com as financeiras para concessão de crédito. Também é responsável por elaborar propostas comerciais de acordo com a necessidade do cliente, dimensionando o sistema com base no consumo mensal. Estabelece um projeto básico inicial que se limita ao número e o modelo dos módulos fotovoltaicos, bem como a escolha da potência e modelo do inversor que será utilizado.

O **setor de engenharia** encarrega-se de elaborar os projetos técnicos detalhados que serão enviados a concessionária, atentando para o cumprimento de todas as normas nacionais, bem como as especificações particulares de cada distribuidora de energia. Sendo encarregado também de submeter estes projetos e aguardar o parecer final de aprovação, tendo que corrigir quaisquer erros que o projeto contenha. Esse setor também é encarregado de realizar a parametrização dos inversores para que seja realizada a vistoria pela concessionária.

O **setor de montagem** recebe do setor de projetos as especificações aprovadas pela concessionária e executa as instalações conforme o descrito, sendo encarregado da instalação das placas e dos inversores, passagem de eletrodutos e cabos, montagem dos quadros de proteção e realização de eventuais adequações no padrão de entrada.

A figura 4 mostra o fluxo dentro da empresa de um projeto de geração fotovoltaica do começo ao fim, codificado com cores correspondentes ao setor encarregado de executar cada etapa.



Fonte: Próprio autor.

## 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo discorrerá sobre aspectos importantes para o entendimento do trabalho exercido na empresa Solar Nobre. Começando com um breve apanhado histórico de como a geração fotovoltaica chegou ao estado atual, bem como o fenômeno físico base para que seja possível a conversão de energia solar em eletricidade.

Abordará também os tipos de sistema de geração fotovoltaica regulamentados no país, os componentes desses sistemas e um curto apanhado da regulamentação nacional e no estado da Paraíba que regem os projetos de energia solar.

Trazendo uma descrição do processo de solicitação de ligação de um sistema solar juntamente a concessionária Energisa, relatando a dinâmica do processo, os prazos, listando os documentos necessários para a solicitação e enumerando os requisitos de qualidade e segurança que devem ser seguidos pelo sistema que se pretende implementar.

### 3.1 ENERGIA SOLAR

O constante aumento da demanda de energia mundial, associado aos danos ambientais causados pelas principais fontes de energia (carvão, óleo e gás natural) vêm impulsionando os esforços para que a matriz energética mundial seja cada vez menos dependente de combustíveis fósseis.

Nesse contexto o Sol é visto como uma fonte de energia inesgotável, em escala humana, e não poluente. Sabe-se que a energia solar total que incide na superfície terrestre é mais do que o suficiente para suprir as necessidades energéticas mundiais, entretanto é necessário saber aproveitar essa energia.

Desde a antiguidade o ser humano tem aproveitado a energia solar térmica para aquecimento, entretanto com o advento da modernidade e a descoberta do efeito fotovoltaico foi possível converter a energia solar diretamente energia elétrica, abrindo assim uma nova era no aproveitamento da energia solar.

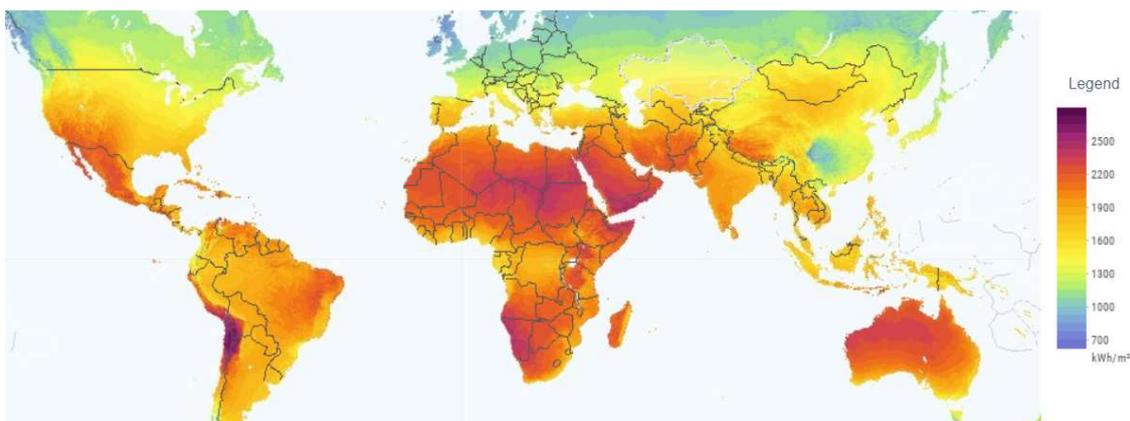
Inicialmente inviáveis economicamente, devido ao alto custo, os sistemas de geração de energia elétrica solar têm se tornado cada vez mais competitivos devido aos

avanços tecnológicos que vem tornando o custo de produção dos componentes dos sistemas cada vez menor.

O Brasil possui um papel de destaque na geração de energia solar, devido à alta incidência de irradiação solar sobre o território nacional, entretanto o principal fator que desperta interesse nesse setor são os incentivos fiscais e as linhas de crédito que são disponibilizadas aos interessados.

Como o Brasil sofre uma crise hídrica já há alguns anos é de extremo interesse governamental que haja a proliferação de outras fontes de energia no país, visto que nos períodos de estiagem é necessário o acionamento de usinas termoelétricas o que acaba elevando as taxas de energia para a população. Desta forma, é cada vez mais atrativo para o consumidor investir em sistemas fotovoltaicos para amenizar o gasto com energia elétrica.

Figura 5 – Irradiação Horizontal Global



Fonte: THE WORLD BANK GROUP, 2019.

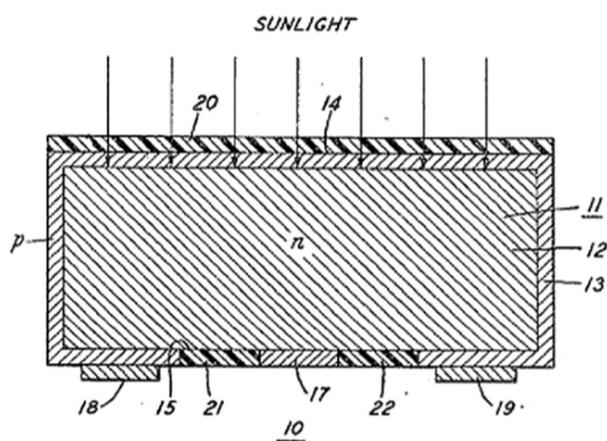
## 3.2 CÉLULA FOTOVOLTAICA

Historicamente o despertar para a transformação da energia solar em energia elétrica começa em 1839 quando Edmond Becquerel observa que placas metálicas, quando submersas em um eletrólito e expostas a luz, produzem uma pequena diferença de potencial entre elas (BECQUEREL 1839).

O próximo passo ocorre em 1877 quando dois inventores norte-americanos W. G Adams e R. E. Day pesquisam a exposição de selênio solidificado à luz e desenvolvem uma rudimentar célula fotovoltaica com eficiência na ordem de 0,5%.

A explicação fornecida por Albert Einstein em 1905 sobre o efeito fotoelétrico, que lhe rendeu o prêmio Nobel de física em 1921, juntamente com o desenvolvimento da teoria das bandas, física de semicondutores e o aperfeiçoamento das técnicas de purificação e dopagem, culminaram na produção da primeira célula fotovoltaica moderna (figura 6), em 1954 pela *Bell Labs*, situada em *New Jersey* nos Estados Unidos, atingindo uma eficiência de 6%.

Figura 6 – Extrato da patente da primeira célula fotovoltaica



Fonte: VALLÊRA, 2006.

Apesar de ser a primeira célula materializada o conceito teórico perdura nas versões mais atuais destas. As células são compostas da junção de materiais semicondutores dopados positivamente (tipo 'p') e negativamente (tipo 'n'). O processo de dopagem consiste na inserção de impurezas de forma uniforme no semicondutor.

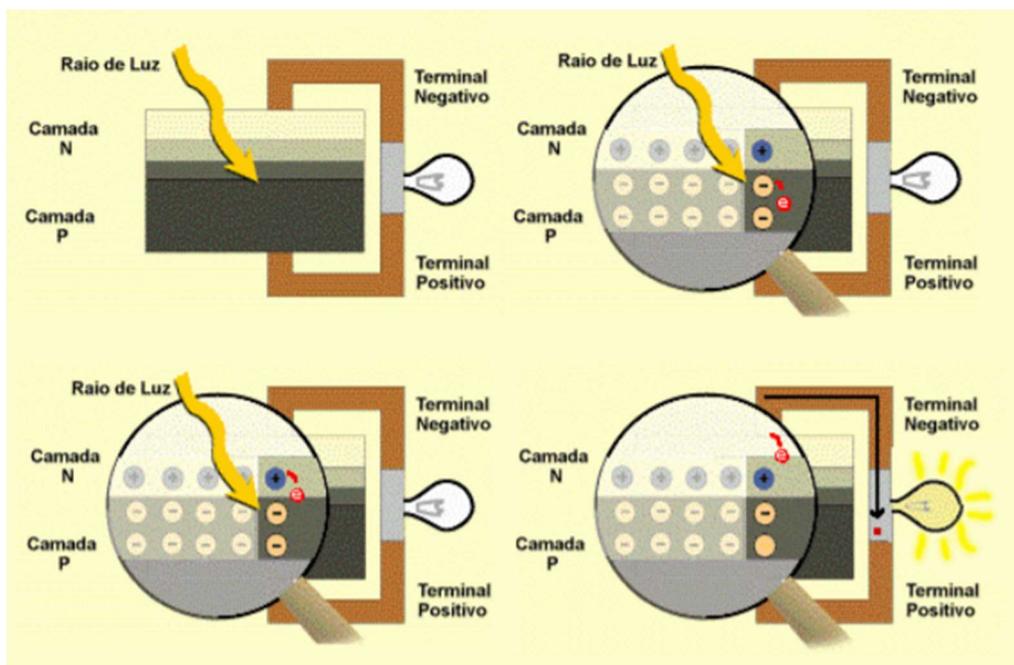
No material do tipo 'n' a impureza é introduzida de forma a se obter um material com excesso de elétrons livres, se tornando eletricamente **negativo**. Já no material do tipo 'p' outro elemento é acrescentado de forma a ser obter características inversas, ou seja, falta de elétrons (lacunas), se tornando assim eletricamente **positivo**.

A junção desses dois materiais cria uma região onde os elétrons livres do material do tipo 'n' preenchem as 'lacunas' no material do tipo 'p', de forma a criar um campo elétrico que estabiliza o processo.

Ao se incidir luz sobre a célula, fótons se chocam com elétrons fornecendo-lhes energia suficiente para romper a barreira de potencial (NASCIMENTO, 2004), esse movimento é organizado de forma a fluir da região 'p' para 'n'. Fazendo a conexão das duas regiões com um material condutor há então a circulação de corrente e,

consequentemente, energia elétrica que pode ser aproveitada. A esse fenômeno é dado o nome de efeito fotovoltaico, e está esquematizado na figura 7.

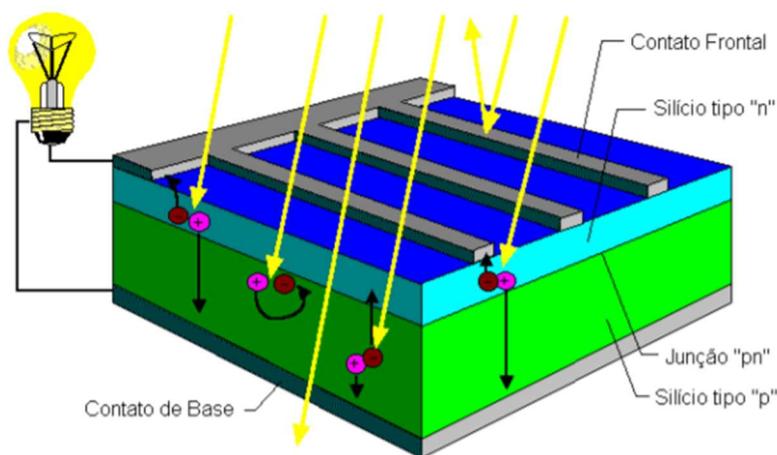
Figura 7 – Efeito fotovoltaico na junção PN



Fonte: CRESESB, 2006.

É importante ressaltar que esse movimento uniforme e contínuo de elétrons é, por definição, chamado de corrente contínua. Como o padrão mundial adotado para utilização de energia elétrica é a corrente alternada ainda é preciso realizar uma transformação para que seja feito o aproveitamento da energia gerada pelos consumidores.

Figura 8 – Esquemático de uma célula fotovoltaica



Fonte: CRESESB, 2006.

### 3.3 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Existem dois tipos de sistemas fotovoltaicos utilizados e regulamentados no país: sistemas conectados à rede (*on-grid*) e sistemas isolados (*off-grid*).

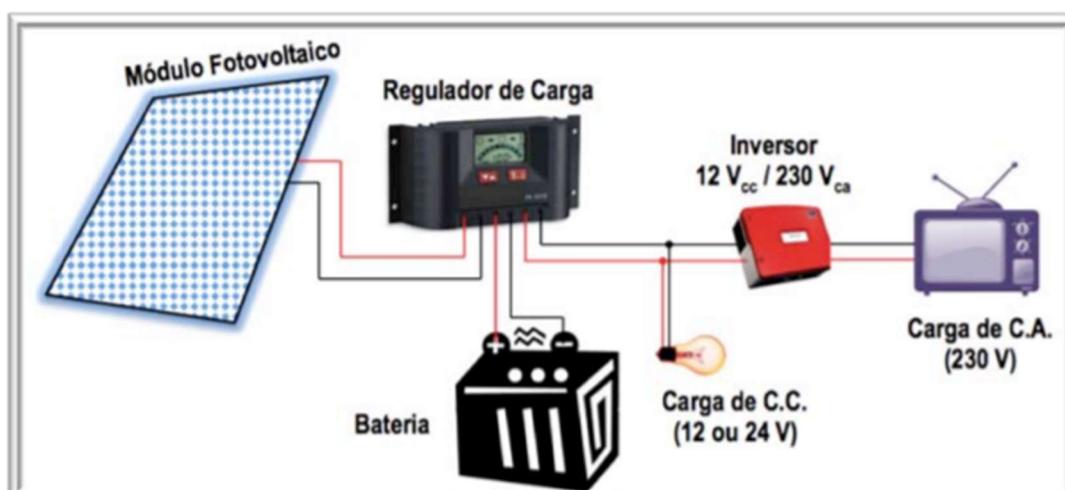
#### 3.3.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO *OFF-GRID*

Sistemas fotovoltaicos *off-grid* são sistemas nos quais, por escolha, ou por razões técnicas o consumidor não está conectado à rede de distribuição de uma concessionária.

Nestes sistemas a demanda do consumidor é suprida de forma totalmente independente, entretanto para que isso seja possível se faz necessário o uso de um sistema de armazenamento de energia, visto que a produção de energia depende da irradiação solar, sendo esta ínfima no período noturno.

Desta forma é necessário na arquitetura de sistemas *off-grid* o uso de bancos de baterias que realizam o armazenamento da energia gerada durante o dia e servem como fonte de energia no período noturno. É fundamental também a utilização de um controlador de cargas que será responsável de compensar os diferentes fluxos de energia no sistema e conservar da vida útil das baterias

Figura 9 – Arquitetura de um sistema fotovoltaico *off-grid*



Fonte: CARNEIRO, 2009.

É um sistema com um custo elevado, visto que as baterias do sistema além de terem um alto custo, possuem vidas úteis, relativamente, baixas, em torno de 3 a 5 anos. Tornando-se economicamente inviável na grande maioria dos casos. Sendo utilizado, na grande maioria das vezes, em regiões remotas onde a ligação com a rede da concessionária é inviável.

### 3.3.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO *ON-GRID*

Nos sistemas fotovoltaicos *on-grid* o consumidor está conectado com a rede elétrica da concessionária, eliminando assim a necessidade de um sistema armazenador de energia. Visto que nos momentos que a geração solar não é suficiente para cobrir a demanda, a concessionária irá suprir esse déficit.

Desta forma, um componente essencial nestes sistemas é medidor bidirecional, o qual é capaz de medir a energia injetada na rede pelo sistema de geração, nos momentos de alta produção, e a energia fornecida pela concessionária, nos momentos de baixa produção.

Esse é o sistema mais utilizado atualmente, visto que a desobrigação do uso de baterias reduz consideravelmente o preço. E a necessidade de conexão com a rede da concessionária não é algo proibitivo, visto que na grande maioria dos casos os clientes que procuram instalar um sistema fotovoltaico, já estão recebendo energia de alguma concessionária.

Figura 10 – Arquitetura de um sistema fotovoltaico *on-grid*



Fonte: SEBRAE, 2021.

### 3.4 COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

As células fotovoltaicas não são a única parte de um sistema fotovoltaico, para que a energia produzida seja de fato aproveitada pelo consumidor é necessário componentes que convertem a energia gerada em algo utilizável e componentes para a proteção do sistema com incidentes.

Os componentes essenciais de um sistema fotovoltaicos são:

1. Módulos Fotovoltaicos;
2. Inversor
3. Stringbox

Outros componentes também podem ser utilizados, porém estes são os essenciais, sendo necessário em ambos sistemas *on-grid* e *off-grid*.

#### 3.4.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Os módulos fotovoltaicos, também conhecidos como placas fotovoltaicas, são associações de células fotovoltaicas de forma a se conseguir um valor de potência relevante para utilização (BLUESOL, 2016). As células individuais são sensíveis e necessitam de proteção, logo os módulos possuem uma estrutura rígida de vidro responsável pela sua proteção mecânica.

Existem diversos modelos no mercado, variando de acordo com a potência do módulo, tecnologia e material utilizados na construção das placas. Os módulos mais comumente encontrados são feitos à base de silício dopado, podendo estes serem mono ou policristalinos.

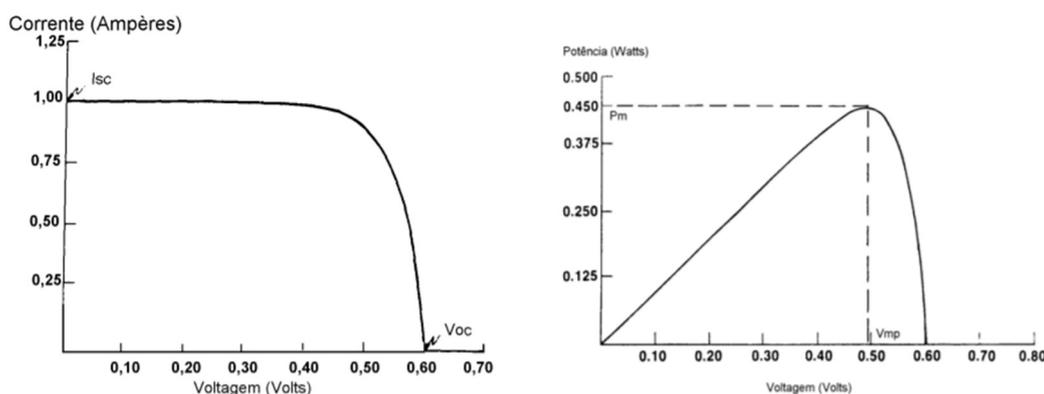
De acordo com Peruzzo (2021), os módulos policristalinos são comumente mais utilizados por possuírem preços mais baixos, entretanto são menos eficientes, logo necessitam de uma área maior para a geração. Já os monocristalinos devido a sua estrutura molecular performam melhor em condições de luminosidade reduzida, ou incidência de sombras, mas possuem um processo de fabricação mais complexo e oneroso, o que torna sua fabricação mais difícil o que é refletido em seu preço mais elevado.

Uma característica importante dos módulos fotovoltaicos são suas curvas I-V e P-V, como as mostradas na figura 11, nelas é possível prever como este se comportará para diferentes intensidades de irradiação solar. Essas curvas são levantadas em

laboratório sob condições controladas e com elas é possível determinar os principais parâmetros do módulo, segundo VILLALVA (2019), sendo eles:

1. Corrente de Curto Circuito ( $I_{SC}$ ) – Máxima corrente fornecida pelo módulo quando os terminais se encontram em curto circuito;
2. Tensão de Circuito Aberto ( $V_{OC}$ ) – Máxima tensão fornecida pelo módulo quando há ausência de carga;
3. Corrente de Máxima Potência ( $I_{MP}$ ) – Corrente produzida pelo módulo no ponto de máxima potência;
4. Tensão de Máxima Potência ( $V_{MP}$ ) – Tensão na qual o módulo opera no ponto de máxima potência;
5. Máxima Potência ou Potência de Pico ( $P_{MAX}$ ) – Maior potência que pode ser extraída do módulo, sob determinada condição.

Figura 11 – Curvas típicas IxV e PxV

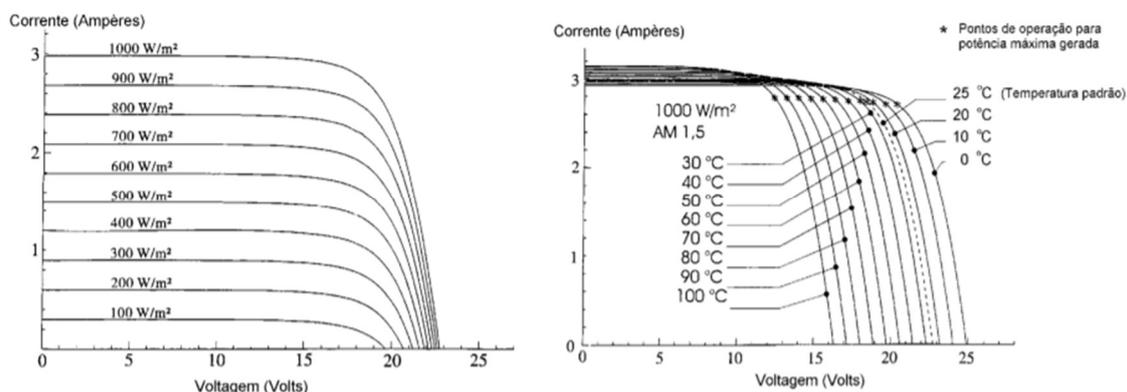


Fonte: CRESESB, 2006.

O ponto de máxima potência é o ponto máxima da curva P-V e possui um valor diferente para diferentes níveis de irradiação solar, sendo sensível também a mudanças de temperatura, como é mostrado na figura 12. Os valores nominais dos módulos vendidos comercialmente são para as condições STC (*Standard Testing Conditions*), onde a irradiância é de 1000 W/m e sob uma temperatura de 25 °C.

Em situações práticas dificilmente essas condições poderão ser replicadas, desta forma os painéis instalados operam com valores de potência menores que os nominais publicizados pelos fabricantes.

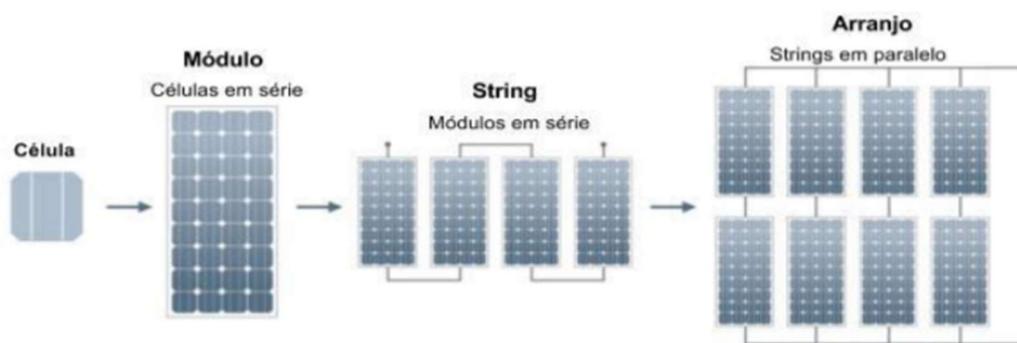
Figura 12 – Influência da variação de intensidade e temperatura na curva IxV dos módulos



Fonte: CRESESB, 2006.

É importante atentar para as nomenclaturas utilizadas no setor de energia solar para se referir a associações de módulos. Como já foi dito um conjunto de células fotovoltaicas formam o módulo fotovoltaico; módulos fotovoltaicos associados em série são chamados de *strings*; o conjunto total de strings em um projeto é denominado arranjo fotovoltaico, a figura 12 ilustra estes conceitos.

Figura 13 – Diagrama ilustrando as nomenclaturas utilizadas no setor de energia solar para se referir a um conjunto de módulos fotovoltaicos



Fonte: MASCARELLO, 2017.

A empresa Solar Nobre utiliza um catálogo variado de painéis fotovoltaicos selecionados de forma a se adequar as necessidades técnicas do cliente e suas limitações financeiras, a tabela 1 lista algumas placas utilizadas pela empresa.

Tabela 1 – Lista de Módulos Fotovoltaicos utilizados pela empresa Solar Nobre

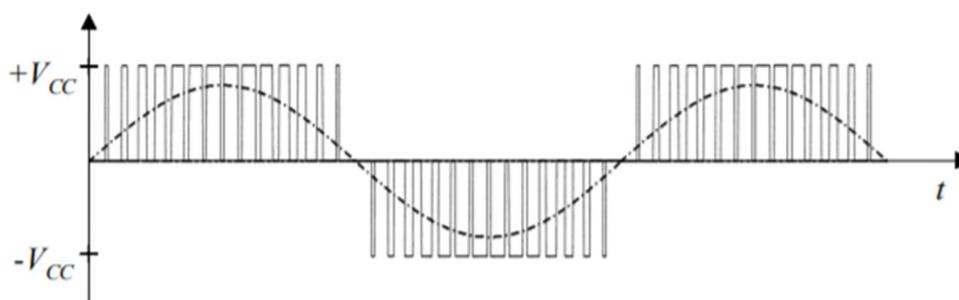
Marca	Modelo	Potência	Material
Canadian Solar	CS3W	395, 400, 405, 410 e 415	Silício Policristalino
Canadian Solar	CS3W	430, 435, 440, 445, 450 e 455	Silício Monocristalino
DAH Solar	HCM-78X9	435, 440 e 445	Silício Monocristalino
DAH Solar	DHM-72X10	520, 525, 530, 535, 540, 545 e 550	Silício Monocristalino
Longi	LR4-72HPH	430, 435, 440, 445, 450, 455 e 460	Silício Monocristalino
Phono Solar	M4H-24-TH	435, 440, 445, 450 e 455	Silício Monocristalino
Risen	RSM144-6	395, 400, 405, 410 e 415	Silício Monocristalino
Risen	RSM144-7	430, 435, 440, 445 e 450	Silício Monocristalino

Fonte: Próprio autor.

### 3.4.2 INVERSORES

Como os módulos fotovoltaicos produzem corrente contínua é necessário um dispositivo que realize a conversão desta em corrente alternada para ser de fato utilizada. Esse dispositivo é o inversor, que por meio de circuitos de eletrônica de potência realizam chaveamentos da entrada de forma a produzirem uma saída mais próxima possível de uma onda senoidal.

Figura 14 – Possível forma de onda de saída de um inversor C.C-C.A. por modulação de largura de pulso (PWM)



Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.

Os inversores modernos também possuem uma importante funcionalidade denominada Rastreamento do Ponto de Máxima Potência (*Maximum Power Point Tracking - MPPT*). O MPPT observa constantemente as modificações na curva I-V e atua na eletrônica do inversor de modo a mantê-lo na tensão correspondente a de

máxima potência, maximizando a transferência de potência e reduzindo as perdas (PINHO; GALDINO, 2014).

Em sistemas conectados à rede o inversor também é responsável pela sincronização do sinal gerado, com o sinal da concessionária, garantindo assim que não haverá interferência com o sinal da rede.

As características elétricas do inversor utilizado servem como condições de contorno na hora de definir o arranjo fotovoltaico que será utilizado. O inversor possui um valor máximo de potência de entrada que limita o número total de módulos fotovoltaicos que podem ser empregados no arranjo; um valor máximo de tensão por entrada, que delimita o número máximo de módulos fotovoltaicos que podem ser colocados na string e um valor de corrente máxima que limita o número de strings em paralelo por entrada.

A Solar Nobre tem como foco projetos *on-grid* e por isso seu catálogo contém somente inversores direcionados para esse tipo de sistema. A tabela 2 lista os inversores utilizados nos projetos da empresa, variando entre os mais populares para projetos de pequeno porte (linha MIC e MIN da Growatt) e os mais potentes para grandes projetos como o 50k da Solis.

Tabela 2 – Lista de Inversores utilizados pela empresa Solar Nobre

Marca	Modelo	Potência (kW)	Número de Fases
Fronius	Linha Primo	5	Monofásico
Fronius	Linha SYMO	12.5	Trifásico
Growatt	Linha MIC	2, 2.5 e 3	Monofásico
Growatt	Linha MIN	5 e 8	Monofásico
Sofar	Linha TL	3.3, 6 e 7.5	Monofásico
Sofar	Linha TL	12 e 15	Trifásico
Solis	3P15K-4G	15	Trifásico
Solis	50K	50	Trifásico

Fonte: Próprio autor.

Os inversores são equipamentos de elevado valor comercial, correspondendo a grande parte do valor investido em um sistema de geração fotovoltaica, sendo assim é necessário que este esteja protegido contra surtos de tensão e correntes, o equipamento responsável por essa atividade é chamado de stringbox.

### 3.4.3 STRINGBOX

A stringbox é uma caixa de proteção colocada entre o arranjo fotovoltaico e o inversor, esta abriga os componentes de proteção responsáveis pela preservação do inversor contra adversidades que possam vir a acontecer proveniente dos módulos, estando estes expostos às intempéries.

Essa caixa de proteção contém dispositivos de proteção contra surtos (DPS) específicos para circuitos de corrente contínua e chaves seccionadoras para que seja possível realizar a desconexão manual do arranjo.

Em alguns casos a stringbox pode servir de abrigo para a proteção da saída do inversor, dispondo de DPS para circuitos de corrente alternada e disjuntor com um polo a mais que o inversor, de forma que caso haja algum problema a desconexão elétrica é total entre o inversor e a rede. Entretanto é mais comum que seja utilizado um quadro de proteção a mais entre a saída do inversor e o quadro geral da instalação.

Os modelos disponíveis no mercado variam de acordo com o número de entradas e saídas, tensão limite dos DPS e corrente máxima da chave seccionadora. Deve-se atentar que o número de entradas deve ser, no mínimo, igual ao número de strings no arranjo, e o número de saída deve ser o mesmo do número de entradas do inversor. A tensão limite do DPS deve ser maior que a soma das tensões de circuito aberto de todos os módulos da string. E a corrente suportada pela chave seccionadora deve ser maior que a soma das correntes de todas as strings em paralelo, caso haja, no arranjo.

Alguns inversores de baixa potência já incluem estes componentes de proteção na entrada, como a linha MIC da Growatt, que tem como objetivo simplificar a instalação de sistemas geradores fotovoltaicos aos consumidores. Nesses casos pode-se dispensar a presença da StringBox, entretanto as proteções da saída do inversor devem estar presentes no projeto.

A empresa Solar Nobre tem como praxe em projetos de pequeno porte (até 3 kWp) utilizar os inversores da linha MIC da Growatt, dispensando assim a necessidade do uso da stringbox. Já para projetos mais robustos, mesmo que o inversor possua a proteção interna é convencionado o uso da stringbox para proporcionar maior segurança para os equipamentos do sistema. Na tabela 3 estão listadas algumas stringboxes utilizadas nos projetos da empresa.

Tabela 3 – Lista das stringboxes utilizados pela empresa Solar Nobre

Marca	Modelo	Nº de Entradas	Nº de Saídas
Brassunny	SB09-A	3	2
Clamper	SB 1000	1-2	2
Clamper	SB 100	4	2
Merz	MSB-244-16-1000-MDC-BC	4	2
Onesto	WDB9DS2-1000	2	1

Fonte: Próprio autor.

### 3.5 NORMAS E REGULAMENTAÇÕES

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é o órgão brasileiro responsável pela regulamentação das normas do setor elétrico nacional. Em 2012 esta promulgou a Resolução Normativa Nº 482/2012 (REN 482/2012) regulamentando no território brasileiro a geração distribuída.

O conceito de geração distribuída está associado a geração de energia junto ou próxima ao consumidor, independente da potência, tecnologia ou fonte de energia (INEE, 2021). Sendo a geração fotovoltaica um exemplo claro de geração distribuída, somente a partir da promulgação dessa resolução é que foi possível instalar sistemas fotovoltaicos devidamente regulamentados no país.

A REN 482/2012 obriga as concessionárias de energia elétrica a criarem meios para que seus clientes possam gerar a sua própria energia, incluindo um sistema que os bonifique por essa geração. É criado então o sistema de compensação, onde a energia injetada na rede pelo consumidor é transformada em créditos de energia que podem ser utilizados para reduzir os valores das contas de energia, tornando a geração fotovoltaica um investimento atrativo.

Em 2015 é lançada a Resolução Normativa Nº 687/2015 (REN 687/2015) visando ampliar as oportunidades no setor de geração distribuída. Vários conceitos definidos na REN 482/2012 são atualizados e novos são introduzidos, merecendo destaque os seguintes pontos:

- **Microgeração:** o valor limite de potência da microgeração é reduzido de 100 kW, para 75 kW. Entretanto é expandido para todas as fontes de energia renováveis e cogeração qualificada.
- **Minigerção:** os limites passam de 100 kW até 1 MW, para de 75 kW até 5 MW, também ampliando para todas as fontes de energia renovável.

- **Autoconsumo Remoto:** permite que unidades consumidoras que estejam sobre o mesmo nome, ou pessoa jurídica, participem do sistema de compensação. Os créditos excedentes da unidade principal são redistribuídos seguindo porcentagens estabelecidas pelo consumidor.
- **Geração Compartilhada:** permite aos consumidores a possibilidade de se unir em cooperativas ou consórcios e estabelecer uma unidade consumidora geradora cuja a energia excedente será compensada nas faturas dos membros de acordo com porcentagens estabelecidas pela associação.
- **Empreendimento de Múltiplas Unidades Consumidoras (EMUC):** permite que moradores de condomínios verticais, ou horizontais, se unam e estabeleçam a unidade de uso comum como sendo geradora. Nela será instalada a geração distribuída e o excedente será compensado de forma preestabelecida entre os condôminos.
- **Validade dos Créditos:** os créditos de energia passam a ter sua validade estendida de 36 meses para 60 meses

As concessionárias tiveram um tempo para se adequar as mudanças exigidas pela ANEEL, devendo todas elas criarem normativas que guiem a instalação de sistemas de geração distribuída.

### 3.5.1 ENERGISA

A concessionária que possui a concessão do sistema de distribuição na Paraíba é a Energisa, em suas duas pessoas jurídicas: Energisa Paraíba e Energisa Borborema. Sendo ela responsável pela produção das normas que regulamentam todos os projetos elétricos, que sejam conectados a sua rede de distribuição, instalados no estado.

A Energisa é então responsável pela elaboração de normas técnicas para regulamentar os projetos elétricos que serão atendidos pela concessionária, para isso foram redigidas as Normas de Distribuição Unificada (NDU), que são um conjunto de 42 normas que servem como base para a instalação de sistemas elétricos.

As NDU 01 e 02 são a base para projetos de instalação de novas unidades consumidoras, bem como manutenção destas. Todos os projetos elétricos residenciais, comerciais e industriais devem seguir as regras ditadas nestes documentos que detalham aspectos sobre padrão de entrada, dimensionamento do aterramento, sistemas de

proteção e os prazos que devem cumpridos tanto pela concessionária e quanto pelos clientes.

As NDU 13 e 15 foram criadas com o intuito de atender os requisitos das REN 482 e 687, regulamentando o acesso de sistemas de geração distribuída às redes de baixa e média tensão, respectivamente. Trazendo os prazos que devem ser seguidos tanto pela concessionária, quanto pelo cliente nas fases do processo; os formulários e documentos que devem ser entregues no ato da solicitação; bem como os parâmetros de qualidade e segurança que devem ser atendidos pelo sistema a ser instalado:

1. **Níveis de Tensão:** a tensão na saída do inversor deve estar entre 80% e 110% da tensão nominal da rede, caso contrário o sistema deve ser desconectado em até 0.2 segundos;
2. **Faixa de Frequência:** a frequência do sinal gerado pelo inversor deve está entre 57.5 Hz e 62 Hz, devendo, para valores fora dessa faixa, o sistema ser desconectado em até 0.2 segundos, retornando somente com uma frequência entre 59.9 e 60.5 Hz;
3. **Proteção de Injeção de Componente C.C. na Rede:** a componente c.c. do sinal injetado na rede não deve ser superior a 0.5% do valor nominal da corrente do sistema de geração distribuída, com um tempo de até 1s para desconexão do sistema;
4. **Harmônicos e Distorção da Forma de Onda:** o valor da distorção harmônica total não deve superara 5%;
5. **Proteção Anti-ilhamento:** em caso de queda da rede da concessionária o sistema deve ser desconectado em até 2s, só podendo ser reestabelecida a conexão após, no mínimo, 180s após a reenergização da rede;
6. **Sinalização de Segurança:** o medidor de energia deve conter uma sinalização indicando a presença de um sistema de geração própria.

O trâmite para a instalação de um sistema de geração distribuída começa com um pedido de solicitação de acesso, que deve ser acompanhado dos documentos descritos na tabela 4 dependendo do nível de potência do sistema:

Tabela 4 – Documentos obrigatórios para a solicitação de acesso de microgeração distribuída

Documentos Obrigatórios	Até 10 kW	Acima de 10 kW	Observações
1. Formulário de Solicitação de Acesso	SIM	SIM	
2. ART do Responsável Técnico	SIM	SIM	
3. Diagrama unifilar do sistema de geração, carga, proteção e medição	SIM	SIM	
4. Diagrama de blocos do sistema de geração, carga e proteção	NÃO	SIM	Até 10kW apenas o diagrama unifilar
5. Memorial Técnico Descritivo	SIM	SIM	
6. Projeto Elétrico, contendo:	NÃO	SIM	
6.1. Planta de Situação	Itens integrantes do Projeto Elétrico		
6.2. Diagrama Funcional			
6.3. Arranjos Físicos ou layout e detalhes de montagem			
6.4. Manual com Folha de Dados (datasheet) dos Inversores (fotovoltaica e eólica) ou dos geradores (hidrica, biomassa, resíduos, cogeração, etc)			
7. Certificados de Conformidade dos Inversores ou o número de registro de concessão do INMETRO para a tensão nominal de conexão com a rede	SIM	SIM	Inversor acima de 10 kW, não é obrigatória a homologação, apresentar apenas certificados de conformidade. Para inversores abaixo de 10 kW é obrigatório o registro no INMETRO.
8. Dados necessários para registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: <a href="http://www.aneel.gov.br/scg">www.aneel.gov.br/scg</a>	SIM	SIM	
9. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012	SIM, ver observação	SIM, ver observação	Apenas para os casos de autoconsumo consumo remoto, geração compartilhada e EMUC
10. Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os Integrantes	SIM, ver observação	SIM, ver observação	Apenas para EMUC e geração compartilhada.
11. Documento que comprove o reconhecimento pela ANEEL, no caso de cogeração qualificada	SIM, ver observação	SIM, ver observação	Apenas para cogeração qualificada
12. Contrato de aluguel ou arrendamento da unidade consumidora	SIM, ver observação	SIM, ver observação	Quando a UC geradora for alugada ou arrendada
13. Procuração	SIM, ver observação	SIM, ver observação	Quando a solicitação for feita por terceiros
14. Autorização de uso de área comum em condomínio	SIM, ver observação	SIM, ver observação	Quando uma UC individualmente construir uma central geradora utilizando a área comum do condomínio

Fonte: MONTERO, 2020.

Dentre os documentos exigidos estão o Formulário de Solicitação de Acesso e o Memorial Técnico Descritivo, o primeiro é uma exigência da ANEEL sendo padronizado para todas as concessionárias, já o segundo é um modelo de documento formulado pela Energisa com o intuito de padronizar a descrição dos sistemas que serão avaliados.

O Formulário de Solicitação de Acesso possui duas versões, uma para sistema com potência igual ou menor que 10 kW e outro para valores acima deste. Em síntese o

formulário contém informações sobre a unidade consumidora, tais como: titularidade, endereço, número de fases, tensão de atendimento e carga instalada; bem como informações básicas sobre o sistema fotovoltaico que será instalado, como: potência e tipo de fonte de geração. No anexo A é possível encontrar os formulários na íntegra da forma que são disponibilizados pela Energisa.

Já o Memorial Técnico Descritivo é um documento específico para sistemas GD solar, trazendo informações técnicas bem detalhadas sobre o padrão de entrada da unidade consumidora, como dimensionamento dos cabos, disjuntores, eletrodutos e aterramento; bem como informações completas do sistema fotovoltaico, como o modelo, potência, número e certificações dos módulos fotovoltaicos e do inversor. O modelo base está disponível no anexo B.

O Memorial Técnico também traz as informações de parametrização dos inversores que forem instalados de forma a seguirem todas as especificações de segurança e qualidade dispostas nas NDUs 13 e 15, estas podem ser vistas na tabela 5.

Tabela 5 – Parametrização do Inversor

<b><u>Descrição</u></b>	<b><u>Parâmetros</u></b>	<b><u>Tempo de Atuação</u></b>
<b><u>Tensão no ponto de Conexão:</u></b>	$V < 80\% (0,8 \text{ PU}) V_n$	Desligar em 0,2 s
<b><u>Tensão no ponto de Conexão:</u></b>	$V < 110\% (1,1 \text{ PU}) V_n$	Desligar em 0,2 s
<b><u>Regime Normal de Operação</u></b>	$80\% \leq V \leq 110\%$	Condições normais
<b><u>Subfrequência</u></b>	$f < 57,5 \text{ HZ}$	Desligar em até 0,2 s
<b><u>Sobrefrequência</u></b>	$f > 62,0 \text{ HZ}$	Desligar em 0,2 s
<b><u>Frequência Nominal da Rede</u></b>	$f = 60 \text{ HZ}$	Condições normais
<b><u>Após a perda da rede (ilhamento), deverá interromper o fornecimento de energia a rede:</u></b>	Ilhamento	Interromper em até 2s
<b><u>Após a retomada das condições normais de tensão e frequência da red, religar:</u></b>	Reconexão	Após 180s

Fonte: ENERGISA, 2021.

Os módulos fotovoltaicos e inversores que forem escolhidos para serem utilizados no projeto, devem possuir certificação homologada junto ao INMETRO, com

exceção de inversores de potência acima de 10 kW, os quais podem possuir somente um documento de certificação de conformidade válido, como o mostrado na figura 15.

Figura 15 – Certificado de Conformidade de acordo com as normas europeias IEC 61727:2004-12 e IEC 62116:2014, de inversores da marca Sofar

**SGS**

**CERTIFICATE OF CONFORMITY**

Certificate number No: 2619/0190 – IND/CER

License holder **Shenzhen SOFAR SOLAR Co., Ltd.**  
401, Building 4, AnTongDa Industrial Park, District 68, XingDong Community, XinAn Street, BaoAn District, Shenzhen City, Guangdong Province, P.R. China

Manufacturer **Dongguan SOFAR SOLAR Co., Ltd.**  
1F – 6F, Building E, No.1 JinQi Road, BiHu Industrial Park, Wulan Village, Fenggang Town, Dongguan, P.R. China.

Trademark **SOFAR SOLAR**

Type of generator **PV Inverter**

Models	SOFAR 10000TL-G2	SOFAR 12000TL-G2	SOFAR 15000TL-G2
Technical Data			
Nominal Power	10000 VA	12000 VA	15000 VA
Nominal Voltage	230 / 400 V	230 / 400 V	230 / 400 V
Nominal Frequency		50	
Firmware version		V0.21	
Number of phases		Three phases	
Isolation transformer		NO	

This certificate of conformity confirms that one sample of the above-mentioned product is in compliance with:

- IEC 60068-2-1:2007, Environmental testing, Part 2-1, Tests, Test Ae: Cold.
- IEC 60068-2-2:2007, Environmental testing, Part 2-2, Tests, Test Bc: Dry heat.
- IEC 60068-2-14:2009, Environmental testing, Part 2-14, Tests, Test Nc: Change of temperature.
- IEC 60068-2-30:2005, Environmental testing, Part 2-30, Tests, Test Db-Variant 1: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle).
- IEC 61883:1999, Photovoltaics systems - Power conditioners - Procedure for measuring efficiency.
- IEC 62116:2014, Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters
- IEC 61727:2004, Photovoltaics (PV) systems – Characteristics of the utility interface

This certificate of conformity is based upon the test results of the test reports number below detailed and is only valid when the product is manufactured in accordance with the tested sample.

- 2219/0190 – 1 for IEC 61727:2004
- 2219/0190 – 2 for IEC 62116:2014
- 2219/0190 – 3 for IEC 61883:1999
- 2219/0190 – 4 for IEC 60068-2-1:2007, IEC 60068-2-2:2007, IEC 60068-2-14:2009, IEC 60068-2-30:2005

This certificate will expire in 5 years from the release date of these test reports, issued the 19<sup>th</sup> of June of 2019.

Madrid, 05<sup>th</sup> of July 2019

Daniel Arranz Muñoz  
Certification Manager

**SGS**

SGS Technos, S.A. C/ Trespademe, 29 - 29042 Madrid  
TF: 91 313 80 90; Fax: 91 313 80 93 [www.sgs.es](http://www.sgs.es)  
This certificate is issued by SGS under its General Conditions for Product Certification at [www.sgs.com/terms\\_and\\_conditions](http://www.sgs.com/terms_and_conditions)  
This document cannot be reproduced partially

Nº 2619/0190 – IND/CER  
Page 1 of 1

Fonte: SOFAR, 2019.

Uma vez que todos os documentos forem enviados a Energisa é necessário esperar pelo parecer positivo da concessionária, aprovando a solicitação. A partir daí está habilitada a execução do projeto.

Após a execução deve ser solicitada uma vistoria, a qual deverá checar todas as exigências de segurança, o não cumprimento de alguma dessas é motivo para reprovação na vistoria. Caso a vistoria seja aprovada a Energisa possui um prazo de 7 dias para realizar a substituição do medidor convencional pelo bidirecional. Após essa etapa o sistema está plenamente instalado e pronto para começar a acumular créditos de energia.

## 4 ATIVIDADES REALIZADAS

### 4.1 TREINAMENTO

No início do estágio, os ingressantes passam por um breve processo de treinamento, para que possam estar aptos a desenvolverem os projetos que serão exigidos no decorrer do período.

É dada ênfase as normas específicas da concessionária Energisa, visto que esta é a concessionária que possui concessão sobre o sistema de distribuição em grande parte do território de atuação da empresa, entretanto é chamada atenção para a consulta das normas da concessionária local do projeto sempre que estes forem em outra área de concessão.

O principal foco é o entendimento do processo junto a concessionária para que seja possível a execução dos sistemas de geração fotovoltaica, entendendo-se bem quais são os documentos necessários para que o processo seja aprovado.

O treinamento se deu em um processo de mentoria na primeira semana do estágio, onde eram enviados ao estagiário projetos antigos da empresa e este deveria angariar todos os documentos necessários para a aceitação do projeto.

Atentando-se para o preenchimento correto dos formulários exigidos pela concessionária, como o Formulário de Solicitação de Acesso e o Memorial Descritivo, bem como a realização dos desenhos técnicos das plantas de situação, vista frontal e superior das residências, bem como o diagrama elétrico unifilar da instalação. Dando sempre atenção para o correto dimensionamento dos componentes do sistema, como: cabos CC e CA, disjuntores e DPS, seguindo sempre as regras da NBR 5410.

Ao todo foram feitos 3 projetos exemplo que foram discutidos com o supervisor a fim de sanar quaisquer dúvidas existentes no processo e sobre o dimensionamento dos componentes.

## 4.2 ORÇAMENTO

Os projetos na Solar Nobre começam com a elaboração de propostas de orçamento, sendo esta de responsabilidade do setor de vendas. O estagiário não atuou na elaboração dessas propostas, entretanto conseguiu adquirir informações sobre todo o processo durante o período de realização do estágio.

O processo começa com o dimensionamento inicial, o qual é feito junto ao cliente fazendo um levantamento do consumo nos últimos 12 meses para então ser possível estimar a quantidade de energia que o consumidor necessita.

Deve-se conversar com o cliente sobre quaisquer anormalidades nos registros de consumo, como meses em que o consumo foi nulo ou muito elevado. Também sobre a disposição do cliente em aumentar a carga da UC, bem como futuras instalações de equipamentos de elevado consumo. A partir disso, determinar-se o quanto essas alterações interferem no valor estimado de energia necessária.

De posse dessa estimativa são utilizadas plataformas *online* de distribuidores que, de posse do consumo médio mensal, é possível realizar consultas por kits prontos que se encaixem na necessidade do cliente. Essas consultas são realizadas em diversas fornecedoras de modo a se obter três ofertas para o cliente. Uma oferta de custo mais elevado com equipamentos mais modernos e completo, uma oferta de preço intermediário e uma oferta de mais baixo custo com produtos de boa confiança, mas mais em conta.

É feito então um estudo de retorno financeiro, utilizando o método de payback simples, e emitida uma proposta final que será encaminhada ao cliente. O anexo C contém um exemplo de proposta comercial elaborado pelo setor durante o período do estágio.

## 4.3 PROJETOS DE SISTEMA FOTOVOLTAICOS

Após a liberação de crédito para o setor de vendas é enviado ao setor de projetos o orçamento da proposta aceita pelo cliente, juntamente com informações da unidade consumidora onde será instalado o sistema e informações relacionadas ao sistema de compensação para outras unidades, caso existam.

O engenheiro supervisor repassa essas informações para os estagiários que sob sua orientação realizam todo o projeto que será submetido a concessionária. Fazem parte dessa elaboração as seguintes etapas:

- Preenchimento do formulário de solicitação de acesso, padronizado pela ANEEL e fornecido pela Energisa, contendo informações sobre a unidade consumidora, tais como: titularidade, endereço, número de fases, tensão de atendimento e carga instalada; bem como informações básicas sobre o sistema fotovoltaico que será instalado, como: potência e tipo de fonte de geração;
- Procura dos certificados dos equipamentos utilizados no projeto, visto que estes devem ser enviados em anexo ao projeto para verificação da Energisa. Atentando para que os inversores de até 10 kW **devem** possuir certificados junto ao INMETRO, já os acima de 10 kW **devem** possuir certificados de conformidade de acordo com as normas brasileiras (ABNT NBR 16149, ABNT 16150 e ABNT IEC 62116) **ou** normas europeias (IEC 61727:2004-12, IEC 62116:2014) **ou** a norma americana IEEE 1547;
- Elaboração do diagrama unifilar, onde é descrito todos os componentes do sistema: placas solares, inversor, DPS, disjuntores, dimensionamento dos cabos utilizados, detalhes do ramal de entrada e aterramento;
- Desenho das vistas frontais e superior, detalhando a localização do ramal de entrada, localização das placas, do inversor e dos quadros de proteção;
- Preenchimento do memorial técnico descritivo disponibilizado pela Energisa em formato de planilha de Excel, nele é especificado, novamente, os dados da unidade consumidora e são acrescidos os dados completos do sistema de geração, descrevendo com detalhes todos os componentes, bem como todos os dispositivos de proteção que serão utilizados.

Após o término da elaboração desses documentos, estes são submetidos ao engenheiro supervisor que dará o *feedback* necessário, apontando erros e pontos de melhora, os quais são corrigidos. Esse processo se repete até que se tenha um projeto

em conformidade com todas os requisitos, então o supervisor é encarregado de realizar o envio desses projetos para a concessionária.

No decorrer do estágio foram elaborados 20 projetos, os quais são descritos de maneira breve na tabela 5 dando destaque à potência do sistema e aos modelos de placa e inversores utilizados.

Tabela 6 – Descrição dos sistemas fotovoltaicos projetados durante o estágio

Potência do Sistema (kWp)		Inversor		Módulo Fotovoltaico	
		Fabricante	Modelo	Fabricante	Modelo
1	4.5	Growatt	MIN 5000TL-X	Phono Solar	P450M4H-24THS
2	2.49	Sofar	3300TL-G3	Risen	RSM144-6-415M
3	2.70	Sofar	3300TL-G3	Risen	RSM144-7-450M
4	7.38	Sofar	6KTLM-G2	Canadian Solar	CS3W-410P
5	4.10	Sofar	3300TL-G3	Canadian Solar	CS3W-410P
6	18.26	Sofar	15000TL-G2	Risen	RSM144-6-415M
7	4.45	Sofar	3300TL-G3	Canadian Solar	CS3W-445MS
8	12.00	Sofar	12KTL-X	Canadian Solar	CS3W-400P
9	6.75	Growatt	MIN 5000TL-X	Trina Solar	TSM-375DE08M
10	2.25	Growatt	MIC 2000TL-X	Trina Solar	TSM-375DE08M
11	6.16	Fronius	Primo 5.0-1	Longi	LR4-72HPH-440M
12	6.00	Growatt	MIN 5000TL-X	Trina Solar	TSM-375DE08M
13	9.75	Growatt	MIN 8000TL-X (E)	Trina Solar	TSM-375DE08M
14	5.25	Growatt	MIN 5000TL-X	Trina Solar	TSM-375DE08M
15	6.00	Growatt	MIN 5000TL-X	Trina Solar	TSM-375DE08M
16	50.685	Solis	50K	DAH Solar	DHM-72X10
17	3.15	Growatt	MIC 3000TL-X	Longi	LR4-72HPH-450M
18	14.52	Solis	3P15K-4G	DAH Solar	HCM78X9-440W
19	11.25	2 x Growatt	MIN 5000-TLX	Longi	LR4-72HPH-450M
20	18.04	Solis	3P15K-4G	DAH Solar	HCM78X9-440W

Fonte: Próprio autor.

Com o intuito de não poluir o texto serão descritos todos os projetos com suas particularidades, entretanto os documentos elaborados pelo estagiário estarão no apêndice A. Este conterá os desenhos e diagramas finais que foram enviados para o engenheiro supervisor.

A atuação do estagiário na elaboração de projetos teve início no dia 21 de junho de 2021, quando o foi enviado o projeto 1 de uma unidade consumidora residencial trifásica localizada no residencial Monteville, na cidade de Campina Grande. O sistema dimensionado era de 4.5 kWp, sendo composto de 10 placas de 450 Wp cada e um inversor de 5 kW de potência. Foi escolhido um arranjo de 2 strings de 5 módulos cada, visto que o inversor possuía 2 entradas. O sistema foi aprovado pela Energisa, instalado e já está em funcionamento.

No dia 22 de junho foi enviado segundo projeto de uma unidade residencial trifásica, situada no bairro da Bela Vista, em Campina Grande. O projeto teve potência de 2.49 kWp, sendo 6 placas de 415 Wp e um inversor de 3.3 kW. Por se tratar de um projeto de baixo porte e com um inversor com uma única entrada o arranjo final contou com uma única string com todos os 6 módulos. O sistema foi aprovado pela concessionária, foi instalado e está em pleno funcionamento.

Dia 23 de junho foi recebido o projeto 3: uma residência monofásica, no condomínio Serraville, em Campina Grande. Contando com uma potência de 2.7 kWp, distribuídos entre 6 placas de 450 Wp e com um inversor de 3.3 kW. Devido as características do inversor o arranjo final foi de uma string com 6 módulos. O sistema foi aprovado, instalado e está em funcionamento.

A projeto 4 iniciou-se no dia 28 de junho, uma residência trifásica ainda em construção, no condomínio Monteville. A residência é de alto padrão com um consumo previsto elevado, logo o sistema projetado é mais robusto e conta com 7.38 kWp, provenientes de 18 módulos de 410 W e com um inversor de 7.5 kW. O arranjo final contou com 2 strings de 9 módulos. O sistema foi aprovado pela concessionária, entretanto está aguardando a finalização das obras para ser instalado.

No dia 18 de julho foi recebido o projeto 5, uma unidade consumidora residencial trifásica situada no residencial Serraville, em Campina Grande. O sistema projetado é para suprir somente o consumo próprio de uma residência de padrão mediano, sendo assim o projeto é de 4.10 kWp, sendo 10 módulos de 410 W e um inversor de 3.3 kW, operando com uma sobrecarga dentro dos limites previstos no datasheet no equipamento. Como o inversor só possui uma entrada foi utilizado somente uma string com todos os 10 módulos em série. O projeto foi aprovado pela concessionária, o estagiário teve a oportunidade de acompanhar a instalação dos módulos, no dia 19 de agosto de 2021, passou pela vistoria e está em funcionamento.

No dia 02 de agosto iniciou-se o projeto 6: um sistema de autoconsumo remoto, visando atender uma residência trifásica em Fagundes e mais 11 unidades consumidores distribuídas nas cidades de Queimadas e Fagundes. Um sistema com potência elevada de 18.26 kWp, formado de 44 placas de 410 Wp e um inversor de 15kW, com sobrecarga prevista no datasheet. O arranjo final foi de 2 strings de 15 módulos em paralelo e 1 string de 14 módulos, distribuídas nas duas entradas do inversor. O sistema foi aprovado pela Energisa, instalado, passou por vistoria e está na espera da troca do medidor.

O projeto 7 foi recebido no dia 04 de agosto, sendo um pequeno projeto de geração junto a carga de uma residência trifásica, localizada no residencial Serraville. O projeto prevê a instalação de 4.45 kWp, entre 10 placas de 410 Wp e um inversor de 3.3 kW. Como o inversor possui somente uma entrada ficou definido somente uma string de 10 módulos em série. O projeto se encontra instalado e funcionando.

No dia 10 de agosto foi recebido um projeto de uma unidade consumidora comercial trifásica localizada na cidade de Casserengue. O estabelecimento possui um alto consumo mensal, sendo assim o sistema projetado para atender esta demanda foi de 12 kWp, provenientes de 30 placas de 400 W e com um inversor de 12 kW. Foi escolhido um arranjo de 2 strings com 15 módulos cada. O sistema foi instalado e está em funcionamento.

No dia 24 de agosto, mais um projeto residencial trifásico para geração junto a carga no residencial Monteville foi iniciado. Sendo uma casa de médio porte, para atender a demanda foi escolhido um sistema com 6.75 kWp de potência de 18 módulos de 375 Wp, associado a um inversor de 5 kW. O projeto final conta com 2 string de 9 módulos cada. O projeto passou pela aprovação da Energisa, entretanto não foi instalado devido a problemas com a opção de financiamento do cliente.

O projeto 10 foi iniciado no dia 27 de agosto, sendo de uma pequena unidade consumidora no condomínio Terra Alphaville, em Campina Grande. O sistema possui uma potência de 2.25 kWp entre 6 placas de 375 W e conta com um inversor de 2 kW, por ser simples adotou uma única string com as 6 placas em série. Com a casa ainda não foi construída o projeto não foi enviado para a concessionária de forma a tentar evitar o vencimento dos prazos estabelecidos pela concessionária.

O projeto 11 foi iniciado no dia 30 de agosto sendo um projeto residencial trifásico ainda em fase de construção no residencial Alphaville, em Campina Grande. O projeto é de uma residência com um consumo, previsto, mediano, sendo projetado um sistema com 6.16 kWp, distribuídos entre 14 placas de 440 W e um inversor de 5 kW. Foi escolhido um arranjo com somente 1 string com todos os 14 módulos em série. O projeto, por estar com as obras mais adiantadas, foi enviado a concessionária e aprovado, esperando somente a conclusão das obras para ser instalado.

No dia 13 de setembro iniciou-se o projeto 12, referente a uma residência monofásica situada no bairro Mirante de Campina Grande. O projeto possui uma potência de 6 kWp, provenientes de 16 placas de 375 Wp e um inversor de 5 kW. O arranjo final do sistema contém 2 strings com 8 módulos cada. O projeto encontra-se

parado devido a necessidades de adequação do padrão de entrada, visto que o medidor da unidade se encontrava no poste, entretanto para a geração distribuída as normas da Energisa não aceitam essa configuração.

O projeto 13 foi encaminhado no dia 23 de setembro e se refere a uma unidade consumidora residencial trifásica localizada em Aracaju – SE. O projeto tem 9.75 kWp de potência oriundos de 26 painéis de 375 Wp e um inversor de 8 kW. Foi escolhido um arranjo de 2 strings com 13 módulos cada. No projeto foi necessário se atentar para a tensão de atendimento da Energisa no estado de Sergipe: 220/127. Desta forma o inversor deve ser instalado entre fases, não da fase para o neutro. O projeto está aguardando envio para a concessionária até que seja definida uma data para a ida à Aracaju.

No dia 24 de setembro iniciou-se o projeto 14 de uma residência trifásica no residencial Serraville, em Campina Grande. Tendo 5.25 kWp, proveniente de 14 placas de 375 Wp acompanhadas de um inversor de 5kW. O arranjo escolhido foi de 2 string com 7 módulos cada. O projeto ainda não foi enviado para a concessionária.

O projeto 15 foi iniciado no dia 27 de setembro refere-se a uma unidade consumidora residencial trifásica na cidade de Aracaju – SE, que se encontra ainda em construção. A potência do sistema projetado é de 6 kWp vindo de 16 painéis de 375 W acompanhados de um inversor de 5 kW. O arranjo adotado é de 2 strings com 8 módulos cada. Assim como o projeto 13, neste também foi necessário atentar para a tensão de atendimento na cidade, desta forma prevendo a instalação do inversor entre as fases da residência. O projeto não foi enviado a concessionária, pois a construção ainda se encontra no estado inicial.

Em paralelo a estes projetos a empresa Solar Nobre foi contatada pela empresa BE Solar, no dia 02 de setembro, para ser encarregada de realizar a parte técnica dos projetos desta empresa. Sendo responsável por agregar todos os documentos e conseguir a aprovação na Energisa, entretanto não se encarregando da execução destes projetos. Os projetos 16, 17, 18, 19 e 20 são projetos oriundos desta parceria.

O primeiro projeto da BE Solar (projeto 16) foi enviado no dia 08 de setembro corresponde a um projeto de autoconsumo remoto, onde a unidade consumidora principal é trifásica e localizada no bairro de Bodocongó em Campina Grande. O sistema de compensação deve atender a 7 outras UCs, localizadas em Capina Grande e João Pessoa. O projeto foi recebido detalhando uma potência de 50.685 kWp, sendo 93 placas de 545 Wp associadas a um inversor de 50 kW. O arranjo do projeto foi

idealizado como sendo 2 pares de strings de 19 módulos em paralelo e 1 string de 17 módulos, à parte. O projeto está paralisado, pois o cliente quando soube que deveria subir de categoria e realizar a troca do trafo que atende o estabelecimento, optou por dividir o projeto em duas unidades. Entretanto a BE Solar já havia realizado a compra do inversor Solis 50k, e está esperando a troca deste por 2 inversores de menor porte.

O projeto 17 foi recebido no dia 10 de setembro sendo relativo a uma unidade consumidora residencial monofásica no bairro do Bodocongó, em Campina Grande. O projeto tem 3.15 kWp, distribuídos entre 7 painéis de 450 Wp, associados a um inversor de 3 kW. Como o inversor possui somente 1 entrada, o arranjo estava limitado a 1 string com os 7 módulos em série. O projeto foi aprovado, instalado pela BE Solar e está aguardando o processo de vistoria.

O projeto 18 foi iniciado, também, no dia 10 de setembro sendo do tipo autoconsumo remoto, para ser instalado em uma unidade consumidora comercial e atender também a demanda de uma residência, ambos na cidade de Campina Grande. O projeto teve 14.52 kWp partindo de 33 placas de 440 Wp cada e um inversor de 15 kW. Foi escolhido um arranjo com 2 strings de 11 módulos em paralelo e 1 string de 11 módulos, à parte. O projeto foi aprovado, instalado pela BE Solar e está aguardando o processo de vistoria.

O projeto 19 foi encaminhado pela BE Solar no dia 15 de setembro, visando atender uma unidade consumidora comercial trifásica. O sistema conta com 11.25 kWp provenientes de 25 placas de 450 Wp, estas associadas a 2 inversores de 5 kW. Essa configuração foi escolhida pela própria BE Solar, como forma de baratear o sistema para o cliente. No arranjo final tem-se 3 strings de 6 e uma de 7 módulos, distribuídas entre as 4 entradas dos 2 inversores. O projeto foi aprovado, instalado pela BE Solar e está aguardando o processo de vistoria.

O mais recente projeto feito em conjunto com a BE Solar, projeto 20, foi enviado no dia 16 de setembro referente o planejamento de um sistema de autoconsumo remoto, onde a unidade consumidora principal na cidade de Campina Grande e o participante do sistema de compensação outras 2 UCs, uma em João Pessoa e a outra em Campina Grande. O projeto prevê uma potência total de 18.04 kWp oriundos de 41 placas de 410 Wp e um inversor de 15 kW. No arranjo final foi decidido por 2 strings de 14 módulos em paralelo e 1 string de 13 módulos, à parte. O projeto foi aprovado, instalado pela BE Solar e está aguardando o processo de vistoria.

Com o objetivo de demonstrar o trabalho realizado pelo estagiário na execução de cada um dos projetos no qual este atuou foram escolhidos os projetos 8 e 17 para descrever com detalhe todo o processo decisório técnico que é repetido em todos os outros projetos.

Estes foram escolhidos por possuírem perfis distintos: o projeto 17 atende a uma única residência, com consumo relativamente baixo; já o projeto 8 trata-se de um autoconsumo remoto que deve atender 12 unidades consumidoras, no total, tendo assim uma potência considerável, para qual existe uma documentação específica exigida pela concessionária.

#### 4.3.1 PROJETO 17 – 3.15 KWP

O projeto 17 corresponde a uma unidade consumidora residencial monofásica situada no bairro do Bodocongó na cidade de Campina Grande – PB. Foi repassado ao estagiário as informações pertinentes a unidade consumidora e que não havia necessidade de realizar compensação para outra unidade.

Foi passado também a tabela 6 que contém os dados dos componentes elétricos do projeto base aceito pelo cliente, contando com 7 módulos fotovoltaicos de 450 W e um inversor com potência de 3kW.

Tabela 7 – Orçamento do projeto 17

KIT FOTOVOLTAICO – 165.557			
TIPO	CÓDIGO	PRODUTO	QUANTIDADE
PAINEIS	IMO00026	LONGI   LR4-72HPH 450M	7
INVERSORES	IIN00078	GROWATT   MIC3000TL-X 3KW 220V 1 MPPT	1
CABOS	ICA00013	CABO SOLAR 4 MM <sup>2</sup>   PRETO COM PROTEÇÃO UV	30
CABOS	ICA00014	CABO SOLAR 4 MM <sup>2</sup>   VERMELHO COM PROTEÇÃO UV	30

Fonte: Próprio autor.

De posse dos dados pessoais do cliente e os dados da unidade consumidora o Formulário de Solicitação de Acesso é de fácil preenchimento, se reduzindo a meramente preencher a planilha com estes dados.

Parte-se então para a procura dos certificados das placas solares e do inversor, os quais estão disponíveis em vários sites, e são confirmados no site oficial do INMETRO. Tem-se que o registro da placa da Longi modelo LR4-72HPH 450M é 002317/2020 e do inversor Growatt MIC3000TL-X é 002823/2020.

É feita a pesquisa sobre os dados técnicos desses equipamentos, os quais são essenciais para a determinação do arranjo fotovoltaico que será utilizado e dos dispositivos de proteção que devem ser empregados na instalação. Nas tabelas 8 e 9 estão descritas as principais características elétricas do módulo fotovoltaico e do inversor, respectivamente.

Tabela 8 – Dados elétricos do módulo fotovoltaico modelo LR4-72HPH-450M da marca Longi

Longi - LR4-72HPH-450M	
Potência Máxima	450 W
Tensão de Circuito Aberto	49.3 V
Corrente de Curto Circuito	11.6 A
Tensão de Operação	41.5 V
Corrente de Operação	10.85 A

Fonte: LONGI, 2021.

Tabela 9 – Dados elétricos inversor modelo MIC 3000TL-X da marca Growatt

Growatt – MIC 3000TL-X	
<b>Dados de Entrada</b>	
Máxima Potência Fotovoltaica	4200 W <sub>p</sub>
Máxima Tensão CC	550 V
Tensão de Partida	80 V
Máxima Corrente de Entrada	13 A
Máxima Corrente de Curto Circuito	16 A
Número de MPPTs	1
<b>Dados de Saída</b>	
Potência Nominal	3000 W
Máxima Corrente de Saída	14.3 A
Tensão Nominal de Saída	230 V (180 Vac – 280 Vac)
Frequência de Saída	50 Hz / 60 Hz (+-5 Hz)
THDI	< 3%
Conexão CA	Fase única
<b>Dispositivos de Proteção</b>	
Chave seccionadora	Sim
Proteção de Surtos CC	Sim

Fonte: GROWATT, 2021.

Com bases nesses dados é então possível determinar o arranjo fotovoltaico que será adotado no projeto. Foi seguida a seguinte ordem:

1. **Número de MPPTs:** como o inversor possui somente uma entrada MPPT todos os módulos do projeto devem ser colocados nessa entrada;
2. **Tensão de Partida:** o inversor necessita de no mínimo 80 V na entrada para poder realizar a conversão, desta forma a entrada deve possuir no mínimo 2 módulos em série ( $2 \times 41.5 \text{ V} > 80 \text{ V}$ )

3. **Tensão Máxima de Entrada:** a tensão de circuito aberto dos módulos é de 49.3 V e a tensão máxima na entrada do inversor é de 550 V, desta forma tem-se o inversor consegue suportar, no máximo,  $\frac{550}{49.3} \cong 11$  módulos em série na entrada;
4. **Corrente Máxima da Entrada:** máxima corrente de entrada do inversor é de 13 A, impedindo que sejam utilizadas 2 strings em paralelo, visto que  $2 \times 10.85 A > 13 A$ .

Com essas condições de contorno para a escolha do arranjo, decide-se que este será de **1 string, com 7 módulos em série**. A partir da escolha do arranjo e dos dados das tabelas 7 e 8 é possível partir para o dimensionamento dos cabos e dos dispositivos de proteção C.A.

Os cabos C.C. não necessitam ser dimensionados, pois o orçamento enviado pelo setor de vendas já os definiu como sendo cabos solares de **4mm<sup>2</sup>**, isso é comum nos projetos, dado que os orçamentos são baseados em *kits* ofertados pelos distribuidores, logo o cabeamento C.C. correto já está incluso no *kit*.

O DPS também não precisa ser dimensionado, dado que se está utilizando a linha MIC de inversores da Growatt, os quais já incluem os dispositivos de proteção necessários.

Os cabos C.A. devem conseguir conduzir a corrente máxima de saída do inversor: 14.3 A. Seguindo a tabela 37 da NBR 5410 que versa sobre capacidade de condução de condutores de cobre com isolamento XLPE e como se trata de um circuito de força, foi escolhido um cabo de **2.5mm<sup>2</sup>**.

Para o dimensionamento do disjuntor de proteção C.A foi utilizado o critério apresentado pela NBR 5410 para dimensionamento de disjuntores:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Onde:

$I_B$  : Corrente de projeto, neste caso a corrente máxima do inversor

$I_N$  : Corrente nominal do disjuntor

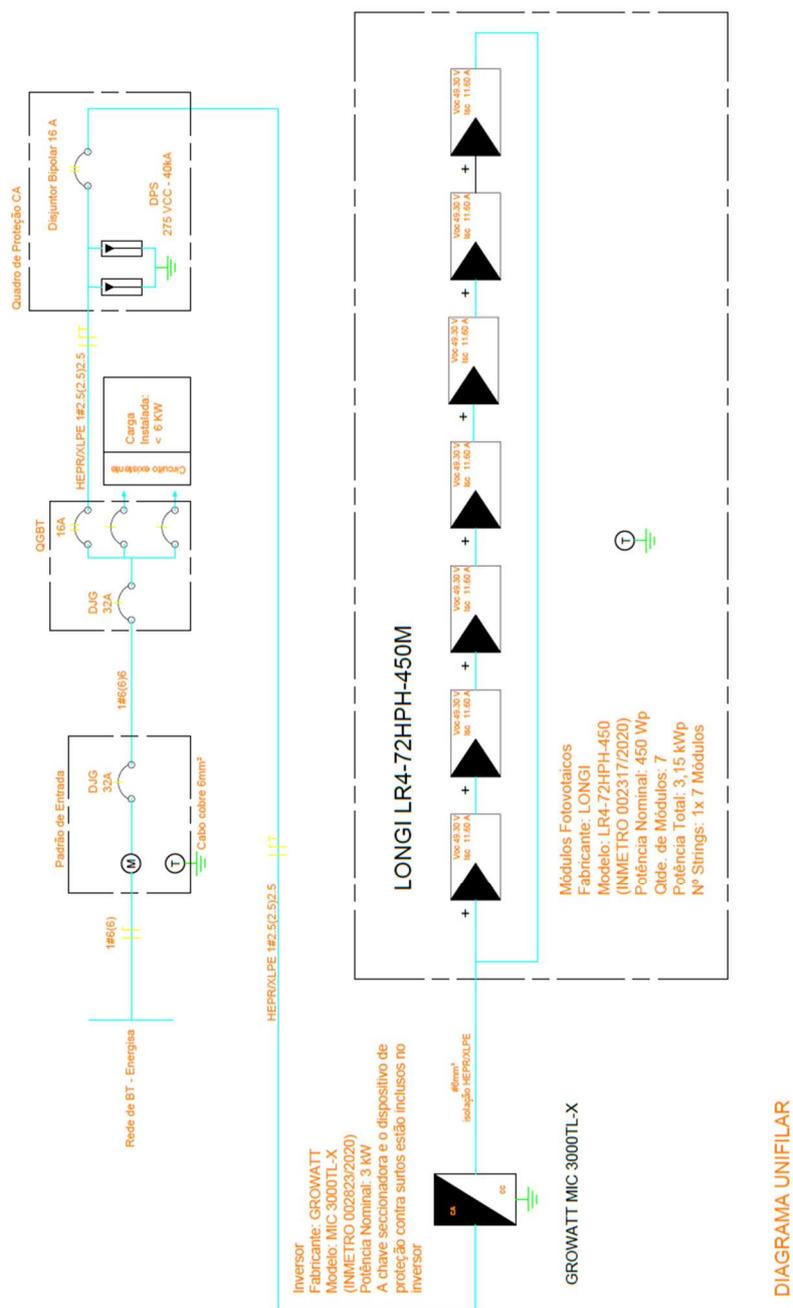
$I_Z$  : Corrente máxima de condução do cabo

Sendo assim, foi escolhido um disjuntor **bipolar** de corrente nominal de **16 A**, já que  $14.3 \leq 16 \leq 25$ , que obedece também ao critério de seletividade, visto que o disjuntor geral da unidade é de 32 A, sendo atendida na categoria M1.

Para o dimensionamento dos DPS CA que serão utilizados, tem-se como referência a tabela 49 da NBR 5410, que especifica os valores mínimos de tensão máxima contínua, nesse caso devem ser de, no mínimo,  $1.1 U_0 = 242 V$ . Sendo o valor comercial mais próximo de **275 V**.

Após a definição de todos esses parâmetros é possível passar para o desenho do diagrama unifilar, feito no *software* AUTOCAD. A figura 16 mostra a versão final.

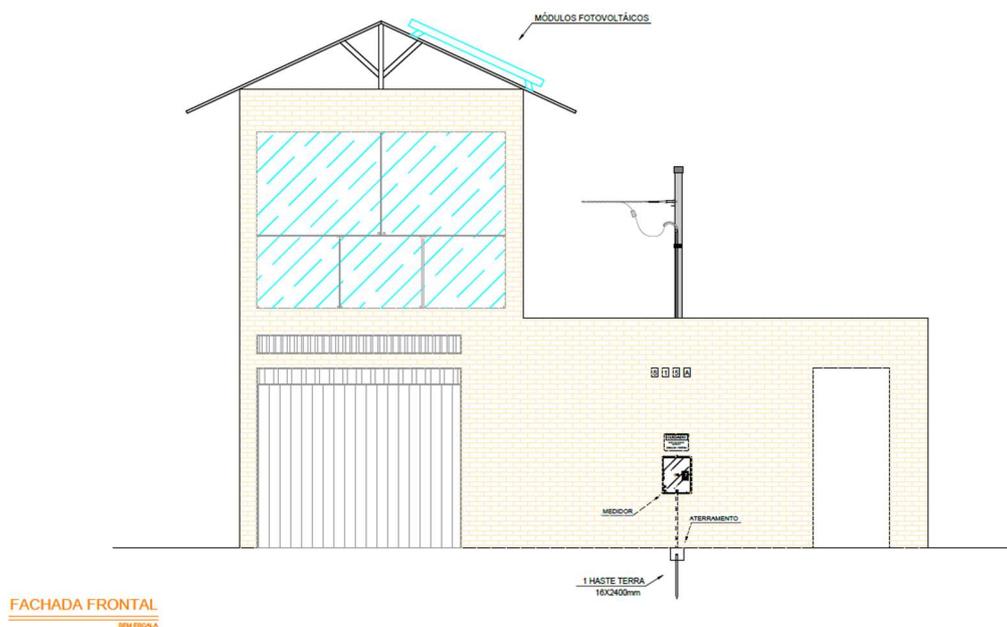
Figura 16 – Diagrama Unifilar do projeto 17



Fonte: Próprio autor.

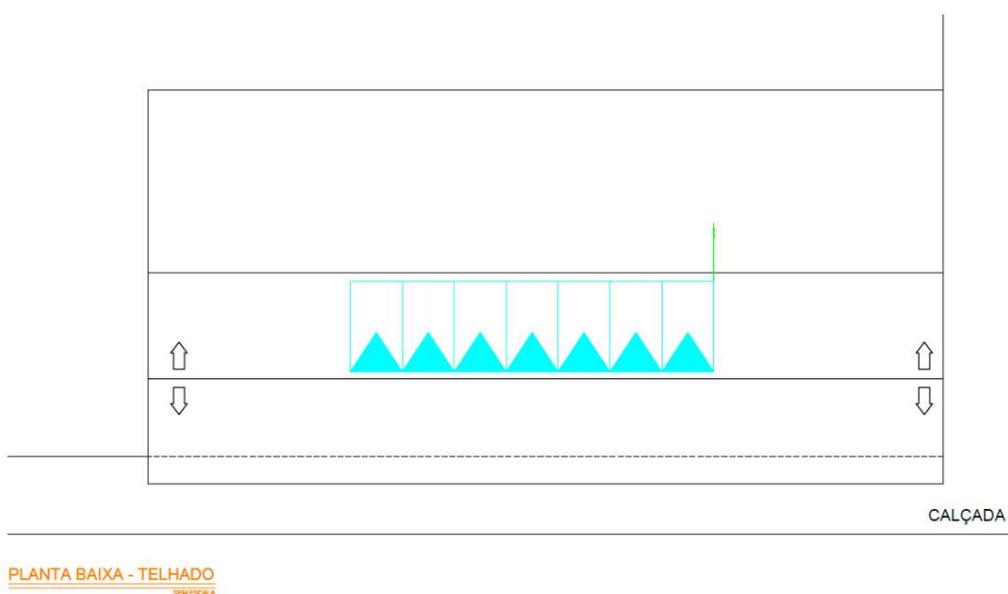
Parte-se para o desenho das vistas frontal vistas frontais e superior, detalhando a localização do ramal de entrada, localização das placas, do inversor e dos quadros de proteção, as versões finais podem ser vistas nas figuras 17, 18 e 19. A planta de situação não está inclusa para proteger os dados do cliente.

Figura 17 – Vista Frontal do projeto 17



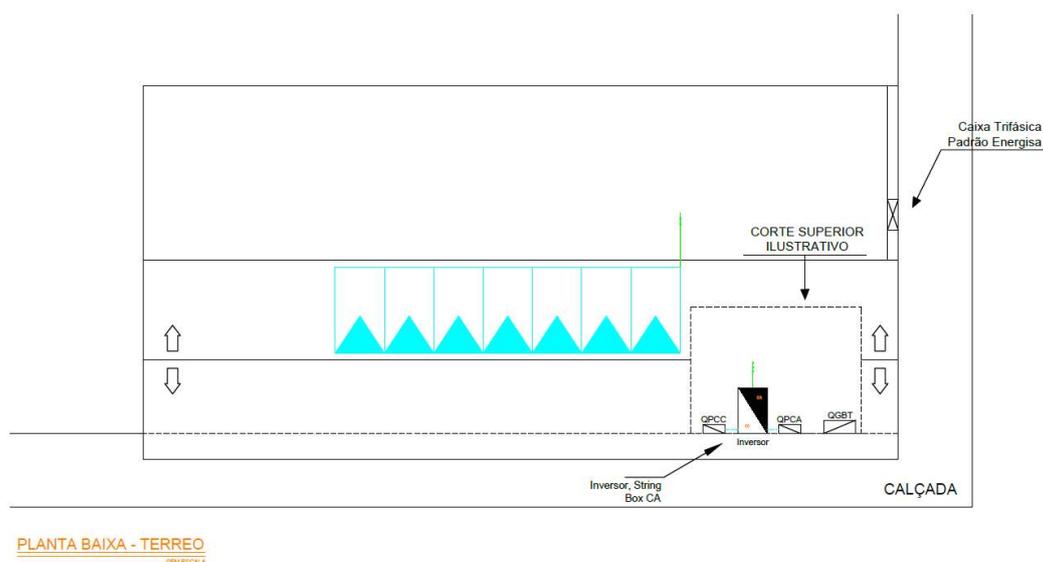
Fonte: Próprio autor.

Figura 18 – Vista Superior do projeto 17- Telhado



Fonte: Próprio autor.

Figura 19 – Vista Superior do projeto 17 – Corte Superior



Fonte: Próprio autor.

Finaliza-se o projeto preenchendo o modelo de memorial descritivo disponibilizado pela Energisa, no qual são descritos todos os componentes elétricos e de proteção utilizados no projeto.

#### 4.3.2 PROJETO 6 – 18.26 KWP

O projeto 6 é referente a um sistema de autoconsumo remoto, onde a unidade principal será uma unidade consumidora residencial trifásica localizada no centro de Fagundes – PB. Fazendo parte do sistema de compensação outras 11 unidades consumidoras, nas cidades de Queimadas e Fagundes.

Foi repassado ao setor a tabela 10 que contém os dados dos componentes elétricos do projeto base aceito pelo cliente, contando com quarenta e quatro módulos fotovoltaicos de 415 W e um inversor com potência de 15kW.

Tabela 10 – Orçamento do projeto 6

PRODUTO	QUANTIDADE
MONO-PERC RISEN 415W HALF-CELL	44
SOFAR 15000TL-G2	1
STRINGBOX BRASSUNNY SB09B – 4E/4S (SECCIONADORA NO INVERSOR)	1
CABO SOLAR 6MM – 1800 V PRETO	50
CABO SOLAR 6MM – 1800 V VERMELHO	50

Fonte: Próprio autor.

De posse dos dados pessoais do cliente e os dados da unidade consumidora o formulário de solicitação de acesso é de fácil preenchimento, se reduzindo a meramente preencher a planilha com estes dados.

Partiu-se então para a procura dos certificados das placas solares e do inversor. Tem-se que o registro das placas é 002533/2017. O inversor por ter potência maior que 10 kW não necessita de registro no INMETRO, entretanto deve ser apresentado um certificado de conformidade válido que obedeçam às normas brasileiras, ou europeias, ou americanas. No site oficial da fabricante Sofar foi possível encontrar um certificado válido seguindo as normas europeias IEC 61727:2004-12 e IEC 62116:2014, o qual cumpre os requisitos da NDU 13.

Compilou-se então os dados técnicos das placas e do inversor para a definição do arranjo fotovoltaico que seria utilizado, esses dados estão descritos nas tabelas 11 e 12.

Tabela 11 – Dados elétricos do módulo fotovoltaico modelo RSM144-6-415M da marca Risen

Risen – RSM144-6-415M	
Potência Máxima	415 W
Tensão de Circuito Aberto	49 V
Corrente de Curto Circuito	10.8 A
Tensão de Operação	40.7 V
Corrente de Operação	10.2 A

Fonte: RISEN, 2021.

Tabela 12 – Dados elétricos inversor modelo 15000TL-G2 da marca Sofar

Sofar – 15000TL-G2	
<b>Dados de Entrada</b>	
Máxima Potência Fotovoltaica	19950 Wp
Máxima Potência CC por MPPT	11000 W/7500 W
Máxima Tensão CC	1000 V
Tensão de Partida	200 V
Máxima Corrente de Entrada	21 A / 11 A
Máxima Corrente de Curto Circuito	30 A / 15 A
Número de MPPTs	2
Número de Entradas DC	3
<b>Dados de Saída</b>	
Potência Nominal	15000 W
Máxima Corrente de Saída	3 * 24 A
Tensão Nominal de Saída	380/220 Vac, 440/230 Vac, 415/240 Vac
Frequência de Saída	50 / 60 Hz
THDI	< 3%
Conexão CA	Trifásica

Dispositivos de Proteção	
Chave seccionadora	Sim
Proteção de Surtos CC	Não

Fonte: SOFAR, 2021.

A partir daí é possível partir para a definição do arranjo fotovoltaico que será utilizado no projeto, seguiu-se os seguintes passos:

1. **Número de MPPTs:** pela leitura do datasheet é possível identificar que o inversor possui 2 MPPTs, porém 1 deles possui duas entradas DC, logo as placas poderão ser divididas em até 3 strings;
2. **Tensão de Partida:** o inversor necessita de no mínimo 200 V na entrada para poder realizar a conversão, desta forma a entrada deve possuir no mínimo 5 módulos em série ( $5 \times 40.7 \text{ V} > 200 \text{ V}$ )
3. **Tensão de Máxima de Entrada:** a tensão de circuito aberto dos módulos é de 49 V e a tensão máxima na entrada do inversor é de 1000 V, desta forma tem-se o inversor consegue suportar, no máximo,  $\frac{1000}{49} \cong 20$  módulos em série na entrada;
4. **Máxima Potência por MPPT:** a máxima potência de entrada do MPPT que possui 2 entradas é de 11000 W, limitando a utilização de no máximo 26 módulos não importando a configuração elétrica destes; a máxima potência do MPPT com somente 1 entrada é de 7500 W, limitando a utilização de 18 módulos no total nesta entrada;
5. **Corrente Máxima da Entrada:** a máxima corrente de entrada do MPPT que possui 2 entradas é de 21 A, sendo possível a utilização de 2 strings em paralelo, já que  $2 \times 10.4 \text{ A} < 24 \text{ A}$  (atentando para a necessidade que ambas as strings possuam o mesmo número de módulos); a máxima corrente do MPPT com somente 1 entrada é de 11 A, limitando a utilização de somente 1 string;

Considerando a necessidade do sistema de comportar 44 placas e optando pelo uso de 3 strings, chega-se ao seguinte conjunto de equações:

$$\begin{cases} S_1 + S_2 + S_3 = 44 \\ 5 \leq S_1, S_2, S_3 \leq 20 \\ S_1 + S_2 \leq 26 \\ S_3 \leq 18 \\ S_1 = S_2 \end{cases}$$

Onde  $S_n$  corresponde ao número de módulo na string n.

Com auxílio de uma ferramenta computacional chamada WolframAlpha, chega-se a única solução:  $S_1 = S_2 = 13$  e  $S_3 = 18$ . Logo o arranjo fotovoltaico final será de **duas strings de 13 módulos em paralelo e uma string de 18 módulos.**

Os cabos C.C. não necessitam ser dimensionados, pois o orçamento enviado pelo setor de vendas já os definiu como sendo cabos solares de **6mm<sup>2</sup>**.

O inversor escolhido no projeto já apresenta chave seccionadora, logo a stringbox que será utilizada deverá possuir apenas os DPS CC, como a maior string apresenta 18 módulos em série, tem-se uma tensão de circuito aberto total de 882 V, define-se então o DPS de valor comercial de **1040 V**.

Os cabos C.A. devem conseguir conduzir a corrente máxima de saída do inversor: 24 A por fase. Seguindo a tabela 37 da NBR 5410, foi escolhido um cabo de **4mm<sup>2</sup>**, para que haja uma folga considerável na capacidade de condução.

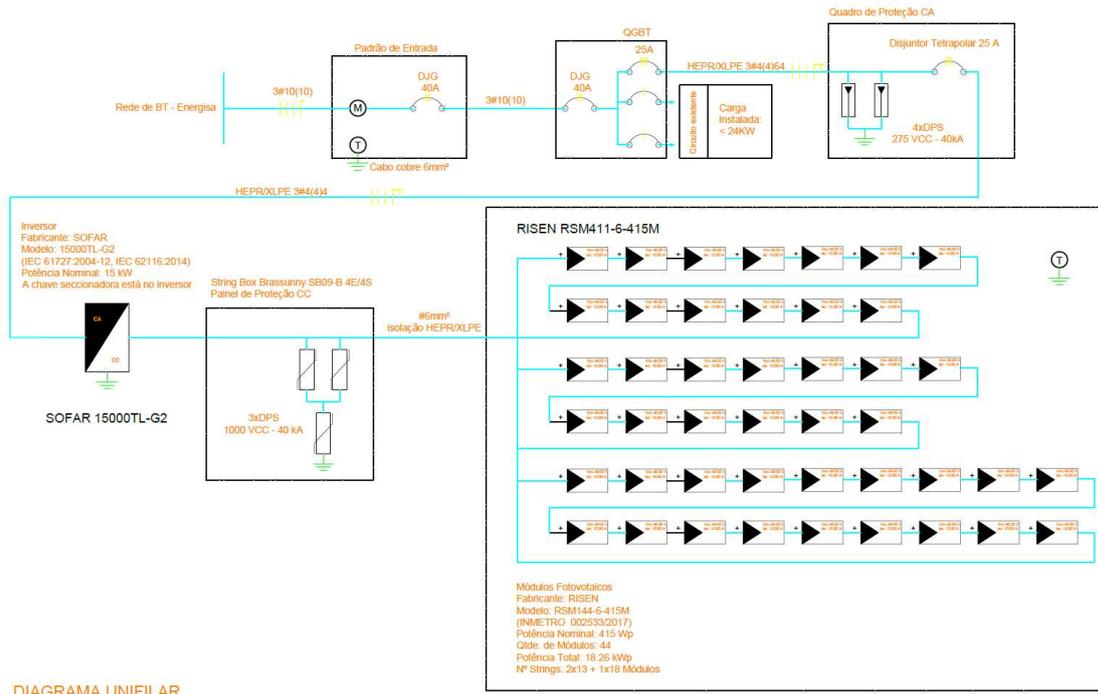
Para o dimensionamento do disjuntor de proteção C.A foi utilizado o critério apresentado pela NBR 5410 para dimensionamento de disjuntores, já explanado anteriormente. Define-se então um disjuntor **tetrapolar** de corrente nominal de **25 A**.

Para o dimensionamento dos DPS CA que serão utilizados, tem-se como referência a tabela 49 da NBR 5410, que especifica os valores mínimos de tensão máxima contínua, nesse caso devem ser de, no mínimo,  $1.1 U_o = 242 V$ . Sendo o valor comercial mais próximo de **275 V**.

Após a definição de todos esses parâmetros é possível passar para o desenho do diagrama unifilar, feito no *software* AUTOCAD. A figura 20 mostra a versão final.

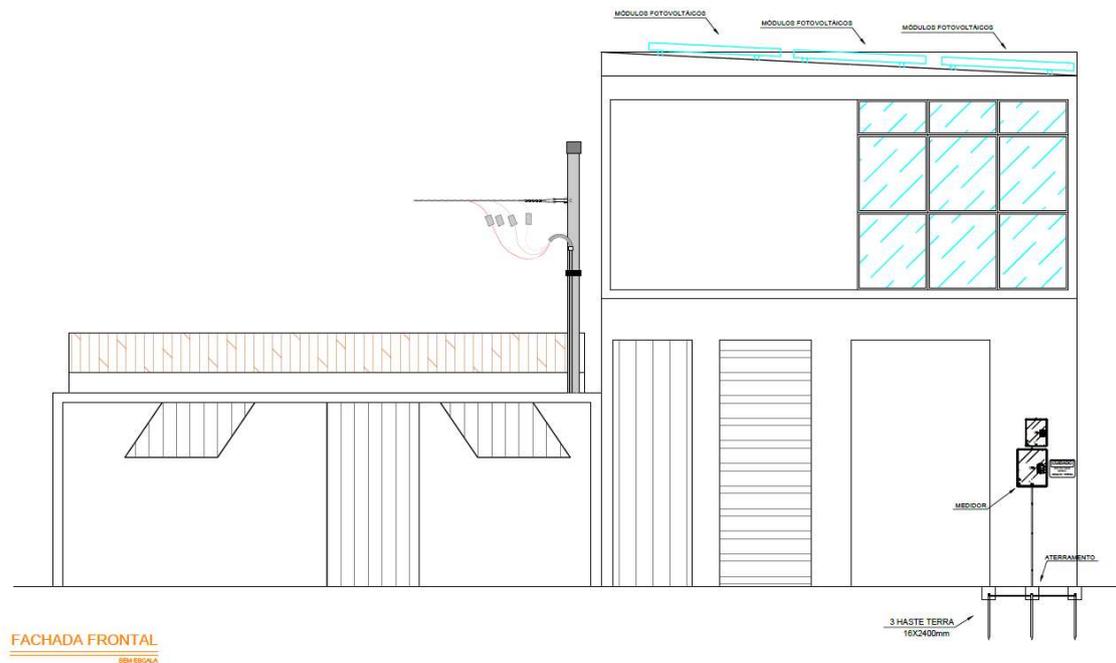
Parte-se para o desenho das vistas frontal vistas frontais e superior, detalhando a localização do ramal de entrada, localização das placas, do inversor e dos quadros de proteção, as versões finais podem ser vistas nas figuras 21, 22 e 23. A planta de situação não está inclusa para proteger os dados do cliente.

Figura 20 – Diagrama Unifilar do projeto 6



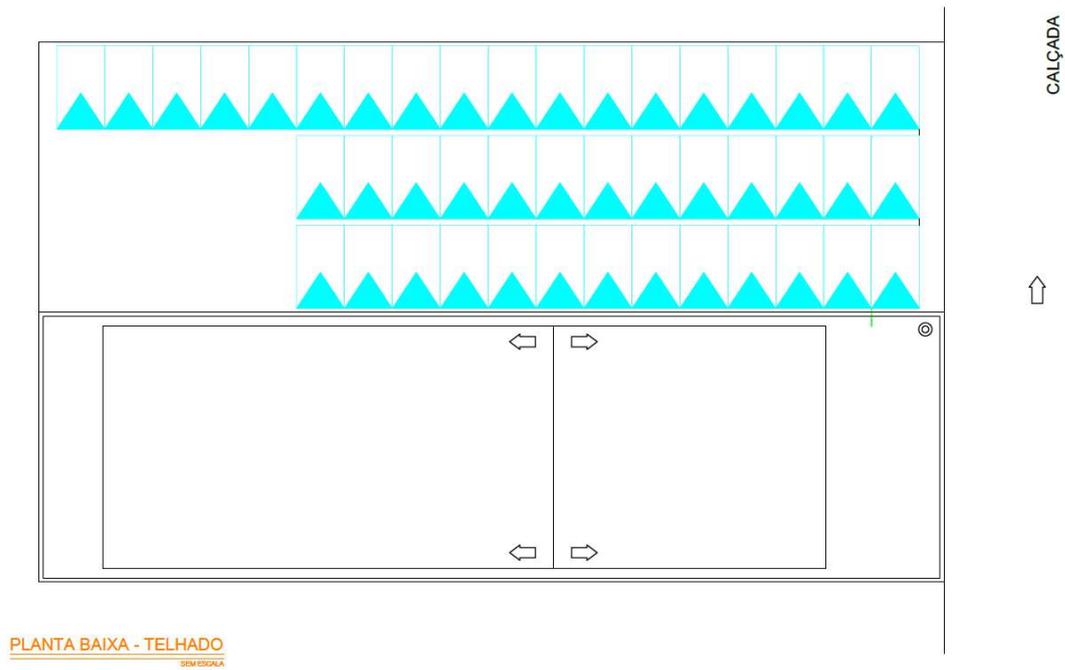
Fonte: Próprio autor.

Figura 21 – Vista Frontal do projeto 6



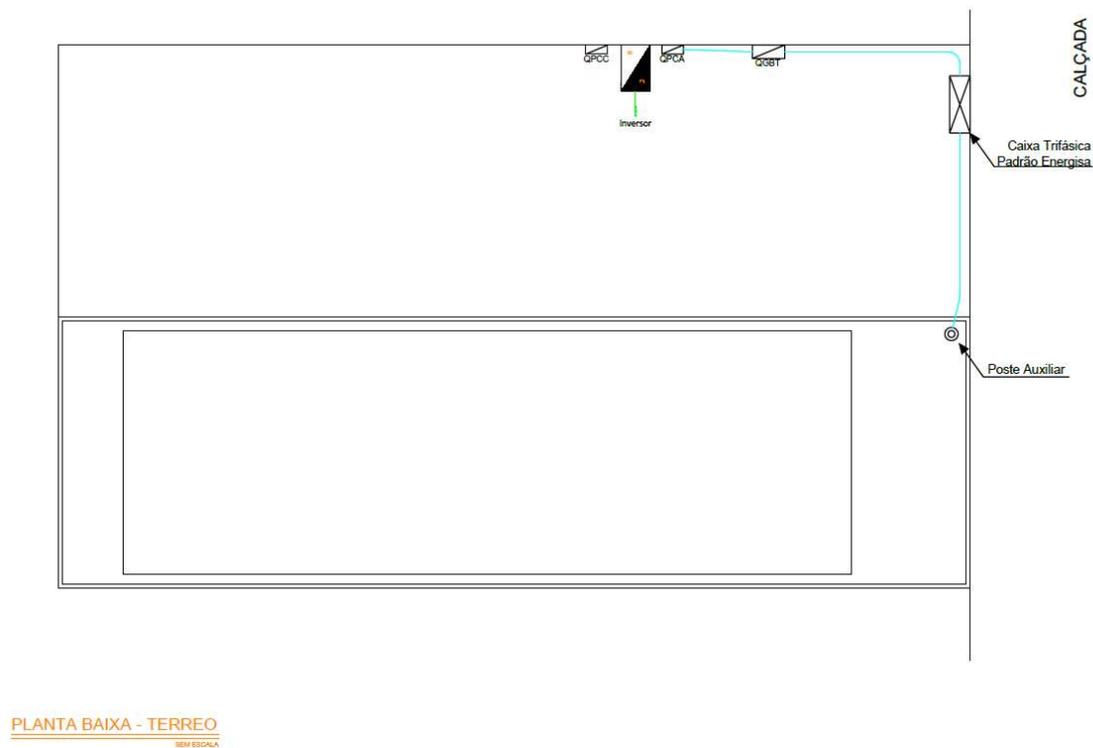
Fonte: Próprio autor.

Figura 22 – Vista Superior do projeto 6 - Telhado



Fonte: Próprio autor.

Figura 23 – Vista Superior do projeto 6 – Corte Superior



Fonte: Próprio autor.

Para finalizar o projeto resta o preenchimento do memoria técnico descritivo disponibilizado pela Energisa, contendo todos os dados do cliente, da unidade consumidora, do sistema fotovoltaico e do sistema de compensação. Esse último é preenchido com base na tabela 13, onde os números das unidades consumidoras foram trocados para proteger os dados do cliente. Estes valores foram calculados pelo setor de vendas de acordo com o consumo das unidades e com a geração estimada do sistema.

Tabela 13 – Dados sobre o sistema de compensação para múltiplas unidades consumidoras do projeto 6

Sistema de Compensação de Múltiplas Unidades		
UC	Consumo Mensal Médio (kWh)	Porcentagem de Rateamento
1	83	9.71 %
2	112	13.11 %
3	130	15.21 %
4	61	7.14 %
5	21	2.46 %
6	45	5.27 %
7	15	1.76 %
8	226	26.42 %
9	59	6.88 %
10	58	6.75 %
11	45	5.29 %

Fonte: Próprio autor.

#### 4.4 ACOMPANHAMENTO DE OBRAS

No dia 19 de agosto de 2021 o estagiário teve a oportunidade de acompanhar o processo de instalação dos módulos fotovoltaicos, acompanhando o processo decisório in loco.

O projeto 5, em questão, refere-se a uma unidade consumidora residencial trifásica localizada no condomínio Serraville, no bairro do Serrotão em Campina Grande – PB. Foi projetado o uso de uma string com 10 módulos e um inversor monofásico com potência de 3.3 kW, conforme a tabela 14 que demonstra os elementos do orçamento do projeto.

Tabela 14 – Orçamento do projeto 5

PRODUTO	QUANTIDADE
HIKU CANADIAN 410 W POLY-PERC	10
SOFAR 3300TL-G3	1
STRINGBOX BRASSUNNY SB07-A 1E/1S	1

Fonte: Próprio autor.

O engenheiro supervisor atentou que a caixa de água da residência iria causar sombreamento em parte dos módulos no local em que se pretendia realizar a fixação dos módulos, essa informação havia passado despercebida na hora da concepção do projeto pelo estagiário.

Em loco foi feito um breve estudo de sombreamento levando em consideração os desvios realizados pelo Sol durante o ano, de 23° para o norte durante o verão e 23° para o sul durante o inverno (no hemisfério sul).

Foi possível achar uma configuração que reduzisse o sombreamento provocado pela caixa de água, possibilitando a instalação dos módulos. O que foi feito na configuração projetada, 1 string com 10 módulos em série. Totalizando uma tensão de aproximadamente 500 V.

Figura 24 – Equipe realizando o alceamento dos módulos fotovoltaicos



Fonte: Próprio autor.

Figura 25 – Instalação dos trilhos de suporte para os módulos



Fonte: Próprio autor.

#### 4.5 PARAMETRIZAÇÃO DE INVERSORES

Como parte das atribuições do setor de engenharia, foi feito no dia 30 de setembro a parametrização de um inversor na residência de um cliente, entretanto o estagiário não foi responsável pelo projeto desse sistema, sendo apenas informado das informações necessárias para a realização do trabalho. Como o número de placas: 7 módulos de 400 W e o inversor utilizado: Growatt MIC 2500TL-X.

Para a parametrização do inversor foi utilizado como guia o material disponibilizado pela fabricante: Growatt. Este mostra o passo a passo do processo de alteração e leitura dos parâmetros do inversor.

Para iniciar o processo é preciso realizar conexão com o módulo wifi inserido no inversor, figura 26. Isso é feito utilizando um aplicativo, disponível na PlayStore, chamado ShinePhone. Nele é feito um pré-cadastro informando as características do sistema e criando um login e senha, os quais são informados ao cliente para que este possa ter acesso a relatórios de geração que são produzidos pelo aplicativo.

Em seguida é feita a conexão com o módulo utilizando o QR Code que fica na parte frontal deste, é importante ressaltar é necessário estar conectado à rede wifi na qual o inversor ficará conectado permanentemente.

Figura 26 – Módulo Wifi da Growatt



Fonte: Growatt, 2021.

Uma vez realizado o cadastramento do módulo na conta, a parametrização pode ser feita pelo aplicativo, ou na interface web disponibilizada pelo fabricante (<https://server.growatt.com/>). Os parâmetros disponíveis para configuração no aplicativo são limitados, então foi utilizada a interface web para realizar os ajustes.

O site possui uma interface de simples uso e nele é possível realizar alterações nos parâmetros de frequência, tensão e tempo de atuação. Para tal foi seguida a tabela de parâmetros disponibilizada pela Energisa em seu modelo de memorial descritivo.

Os parâmetros de frequência e tensão são de fácil configuração, pois possuem uma interface que permite sua modificação de forma simples, mostrada na figura 35. Foram adotados valores máximos e mínimos de tensão de 242 V e 176 V, já que a unidade consumidora é atendida em 220 V. E valores limítrofes de frequência de 57.5 e 62, por estarem expressamente escritos na tabela 14.

Figura 27 – Interface para alteração de parâmetro de tensão e frequência

Grid parameters ▲

High Grid Voltage Limit 242.0

Low Grid Voltage Limit 176.0

High Grid Frequency Limit 62.0

Low Grid Frequency Limit 57.5

Fonte: GROWATT, 2021.

Outro parâmetro que dever ser modificado é o tempo de reconexão em casos de desligamento, entretanto não há uma interface intuitiva para realizar essa modificação. Recorrendo ao guia da Growatt percebe-se que para alteração desse parâmetro é necessário alterar o valor direto no registrador. O registrador que deve ser alterado depende do modelo do inversor, a figura 36 nos mostra os valores dos registradores e quais informações são contidas neles para os inversores das linhas MIN, MIC e MID.

Figura 28 – Valores dos registradores e as informações contidas neles

## MIN/ MIC/ MID



Valor de Registro	Nome	Unidade	Multiplicador
2	Memorizar Configuração		
3	Porcentagem de Potência de saída	%	
5	Fator de Potência		
18	Tempo de Início	Seg	
19	Atraso para Reinício após falta	Seg	
45	Ano		
46	Mês		
47	Dia		
48	Hora		
49	Minuto		
52	Subtensão R1	V	0,1
53	Sobretensão R1	V	0,1
54	Subfrequencia R1	Hz	0,01
55	Sobrefrequencia R1	Hz	0,01
56	Subtensão R2	V	0,1
57	Sobretensão R2	V	0,1
58	Subfrequencia R2	Hz	0,01
59	Sobrefrequencia R2	Hz	0,01

64	Tensão mínima para reconexão	V	0,1
65	Tensão máxima para reconexão	V	0,1
66	Freq. mínima para reconexão	Hz	0,01
67	Freq. máxima para reconexão	Hz	0,01
68	Tempo de atuação subtensão R1	Ciclo	
69	Tempo de atuação sobretensão R1	Ciclo	
70	Tempo de atuação subtensão R2	Ciclo	
71	Tempo de atuação sobretensão R2	Ciclo	
72	Tempo de atuação subfrequencia R1	Ciclo	
73	Tempo de atuação sobrefrequencia R1	Ciclo	
74	Tempo de atuação subfrequencia R2	Ciclo	
75	Tempo de atuação sobrefrequencia R2	Ciclo	

Fonte: GROWATT, 2021.

Percebe-se também pela figura 36 que os parâmetros de tensão e frequência também podem ser alterados por esse método. O registrador que dever ser alterado é o 18 ('Tempo para Reinício após falta') e deve possuir o valor '180', que correspondem a 180 segundo, extraído diretamente da tabela 14.

Figura 29 – Interface para alteração do valor de registradores



Fonte: GROWATT, 2021.

Como seria também realizada a vistoria logo em seguida, foi colocada uma placa de advertência, próxima ao medidor de energia, de maneira visível, feita com material policarbonato com proteção anti-UV com espessura mínima de 1mm, conforme é mostrado na figura 30.

Figura 30 – Placa de advertência colocada na residência, ao lado da exigida pela norma da Energisa



Fonte: ENERGISA, 2021 e próprio autor.

Em seguida, acompanhou-se o processo de vistoria, o qual teve que ser realizado de forma virtual por conta da política de controle de contágio da COVID-19 implementada pela Energisa.

O técnico da Energisa solicitou o envio de fotos do disjuntor geral da instalação, do medidor, dos parâmetros do inversor e da tensão na saída do inversor, estas podem ser vistas nas figuras 31, 32, 33 e 34.

Figura 31 – Caixa do Medidor da residência



Fonte: Próprio autor.

Figura 32 – Disjuntor Geral da Instalação



Fonte: Próprio autor.

Figura 33 – Parâmetros de tensão e frequência do inversor

Grid parameters ▲

High Grid Voltage Limit

242.0

Low Grid Voltage Limit

176.0

High Grid Frequency Limit

62.0

Low Grid Frequency Limit

57.5

Fonte: Próprio autor.

Figura 34 – Display do inversor indicando a tensão e frequência do sinal



Fonte: Próprio autor.

O técnico da Energia também realizou uma videochamada para conferir o tempo de religamento, isso foi feito simulando uma falta ao desarmar e armar o disjuntor na saída no inversor. Dessa forma foi conferido que somente após 180 segundos o inversor foi reconectado a rede.

A vistoria do projeto foi aprovada e em um prazo de 7 dias a Energisa deve se dirigir a unidade consumidora para realizar a troca do medidor, por um bidirecional capaz de aferir a energia injetada na rede pelo sistema fotovoltaico.

Figura 35 – Foto dos estagiários realizando a parametrização do inversor



Fonte: Próprio autor.

## 4.6 PROJETOS ELÉTRICOS

Apesar da Solar Nobre se especializar em projetos de geração fotovoltaica, a empresa também atende outras demandas de projetos elétricos. Embora em número menor, também são realizados projetos elétricos internos residenciais e prediais, ou projetos relacionados a estes.

Durante o período de estágio um projeto elétrico que não era de geração distribuída solar foi realizado, sendo este um projeto elétrico interno residencial.

#### 4.6.1 PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL

No dia 02 de julho o setor de engenharia recebeu o pedido para a realização de um projeto elétrico residencial de uma unidade consumidora localizada na região rural da cidade de Barra de São Miguel – PB. O projeto base já havia sido realizado por uma arquiteta, que definiu a localização de todos os pontos de luz e tomadas. Entretanto não havia projetado a parte elétrica dos circuitos internos e nem realizado cálculos de demanda para a residência, estas pranchas estão disponíveis no anexo D.

##### 4.6.1.1 LEVANTAMENTO DE CARGA

- Iluminação

A tabela 15 traz uma descrição dos tipos de luminárias utilizadas no projeto, suas respectivas potências e a quantidade utilizada, todas estas foram definidas pela arquiteta em conjunto com o cliente.

Tabela 15 – Tabela com as luminárias utilizadas no projeto

Luminária	Potência Unitária	Quantidade	Potência Total
Spot LED	10 W	47	470
K8 LED	20 W	9	180
Pendente LED	20 W	1	20
Arendela LED	10 W	2	20
Embutido no piso LED	10 W	8	80
Espeto de Jardim LED	10 W	10	100
Subaquático LED	10 W	10	100
Fita de LED	10 W/ m	160 metros	1600
Perfil Linear Embutido LED	25 W/m	34 metros	850
Refletor LED	150 W	2	300
		Total	3720 W

Fonte: Próprio autor.

Adotando um fator de potência de 0,92 para a iluminação, tem-se que a potência total relaciona a iluminação é:

$$S_{ilum} = \frac{3720}{0,92} \cong 4.043,48 \text{ VA}$$

Foram designados 6 circuitos para as cargas de iluminação, dimensionados abaixo:

Tabela 16 – Circuitos de Iluminação

Nº do Circuito	Iluminação (W)					Total		Corrente (A)		Condutores (mm <sup>2</sup> )		Disjuntor
	10	20	50	150	1600	W	VA	I <sub>carga</sub>	I <sub>trans</sub>	Vivos	PE	
1	18	-	-	2	-	480	522	2,37	2,96	1,5	1,5	16
3	8	2	1	-	-	170	185	0,84	1,05	1,5	1,5	16
8	10	7	10	-	-	740	804	3,66	4,57	1,5	1,5	16
9	10	-	-	-	-	100	109	0,49	0,62	1,5	1,5	16
10	2	-	-	-	1	1620	1761	8,00	1,00	1,5	1,5	16
15	29	1	6	-	-	610	663	3,01	3,77	1,5	1,5	16
TOTAL	77	10	17	2	1	3720	4044					

Fonte: Próprio autor.

- TUGs

Para o dimensionamento das tomadas de uso geral foi utilizada a NBR 5410 que em seu item 9.5.2.2.2 dita as regras para a potência que deve ser atribuída em projeto para os pontos de tomada.

Ao todo foram definidos 9 circuitos para as tomadas de uso geral, detalhadas abaixo (onde considerou-se o fator de potência igual 0,92):

Tabela 17 – Circuitos de Força - TUGs

Nº do Circuito	TUGs (VA)		Total		Corrente (A)		Condutores (mm <sup>2</sup> )		Disjuntor
	100	600	W	VA	I <sub>carga</sub>	I <sub>trans</sub>	Vivos	PE	
4	6	2	1656	1800	8,18	10,23	2,5	2,5	16
6	10	2	2024	2200	10,00	12,50	2,5	2,5	16
7	13	-	1196	1300	5,91	7,39	2,5	2,5	16
11	28	2	3680	4000	18,18	22,73	2,5	2,5	25
16	10	2	2024	2200	10,00	12,50	2,5	2,5	16
19	10	2	2024	2200	10,00	12,50	2,5	2,5	16
22	9	1	1380	1500	6,82	8,52	2,5	2,5	16
24	9	1	1380	1500	6,82	8,52	2,5	2,5	16
26	13	-	1196	1300	5,91	7,39	2,5	2,5	16
TOTAL	108	12	16560	18000					

Fonte: Próprio autor.

Tem-se então a potência total relacionada as TUGs de:

$$P_{TUGs} = 16560W \text{ ou } S_{TUGs} = 18000 VA$$

- Tomadas de Uso Especifico - TUEs

O projeto conta com 11 equipamentos com potência maior que 1000 VA, os quais de acordo com NBR 5410 devem possuir circuitos exclusivos.

Tabela 18 – Circuitos de Força - TUEs

Nº do Circuito	Equipamento	Total		Corrente (A)	Condutores (mm <sup>2</sup> )		Disjuntor
		W	VA	I <sub>carga</sub>	Vivos	PE	
2	Bomba- Piscina (2cv)	1472	1732	7,87	2,5	2,5	16
5	Chuveiro Externo	4500	4500	20,45	4,0	4,0	25
12	Chuveiro – Quarto 1	4500	4500	20,45	4,0	4,0	25
13	Ar Condicionado – Quarto 1 (120000 BTU)	1700	1900	8,64	2,5	2,5	16
14	Jacuzzi – Quarto 1 (3cv)	2208	2598	11,81	2,5	2,5	16
17	Chuveiro – Quarto 2	4500	4500	20,45	4,0	4,0	25
18	Ar Condicionado – Quarto 2 (10000BTU)	1400	1650	7,50	2,5	2,5	16
20	Chuveiro – Quarto 3	4500	4500	20,45	4,0	4,0	25
21	Ar Condicionado – Quarto 3 (10000BTU)	1400	1650	7,50	2,5	2,5	16
23	Chuveiro – Quarto 4	4500	4500	20,45	4,0	4,0	25
25	Chuveiro – Quarto 5	4500	4500	20,45	4,0	4,0	25
TOTAL		35180	36530				

Fonte: Próprio autor.

Os valores utilizados como referência para potência foram extraídos das tabelas 2 e 7 da NDU 001 disponibilizada pela Energisa.

Tem-se então a potência total relacionada as TUEs de:

$$P_{TUEs} = 36530VA \text{ ou } S_{TUEs} = 35180 VA$$

- Carga Instalada Total

Chega-se ao valor total da carga instalada

$$P_t = P_{itum} + P_{TUGs} + P_{TUEs}$$

$$P_t = 3720 + 16560 + 35180$$

$$\underline{P_t = 55460 \text{ W}}$$

#### 4.6.1.2 CÁLCULO DE DEMANDA

De acordo com o item 16 da NDU 001, tem-se que o cálculo de demanda é feito por meio da seguinte equação:

$$d(\text{kW}) = (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7)$$

Sendo:

- D = Demanda total, em quilowatts (kW);
- d1 = Demanda de iluminação e tomadas, calculada conforme fatores de demanda da Tabela 3, em quilowatts (kW);
- d2 = Demanda dos aparelhos para aquecimento de água (chuveiros, aquecedores, torneiras etc.), calculada conforme Tabela 4, em quilowatts (kW);
- d3 = Demanda secador de roupa, forno de micro-ondas máquina de lavar louça e hidromassagem, calculada conforme Tabela 5, em quilowatts (kW);
- d4 = Demanda de fogão e forno elétrico, calculada conforme Tabela 6, em quilowatts (kW);
- d5 = Demanda dos aparelhos de ar-condicionado tipo janela ou centrais individuais, calculada conforme Tabelas 8 e 9, respectivamente, para as residências e não residências, em quilowatts (kW);
- d6 = Demanda dos motores elétricos e máquinas de solda tipo motor gerador, em quilowatts (kW), conforme Tabelas 10 e 11.
- d7 = Demanda de máquinas de solda a transformador e aparelhos de raios-x, calculadas conforme Tabela 12, em quilowatts (kW).

Para ter-se uma ideia da demanda da residência é necessário aplicar o fator de demanda relacionado ao consumo. Estes fatores estão disponíveis na NDU 001. Tem-se que o projeto se trata de uma unidade consumidora residencial, e por tanto deve utilizar os fatores de demanda específicos.

- Fator de demanda para iluminação e Pequenos Aparelhos

De acordo com a tabela 3 da NDU 001, o fator de demanda para iluminação e pequenos aparelhos (TUGs) é o mesmo. Como a carga instalada de iluminação e TUGs é de:  $C_1 = 3720 + 16560 = 20280W$ , tem-se:

Tabela 19 – Cálculo de demanda de iluminação e pequenos aparelhos

Descrição	Carga Instalada	Fator de Demanda	Carga Instala Total	Demanda
	(kW)	(%)	(kW)	(kW)
Residência	$0 < C \leq 1$	86	1	0,86
	$1 < C \leq 2$	75	1	0,75
	$2 < C \leq 3$	66	1	0,66
	$3 < C \leq 4$	59	1	0,59
	$4 < C \leq 5$	52	1	0,52
	$5 < C \leq 6$	45	1	0,45
	$6 < C \leq 7$	40	1	0,40
	$7 < C \leq 8$	35	1	0,35
	$8 < C \leq 9$	31	1	0,31
	$9 < C \leq 10$	27	1	0,27
	$10 < C \leq 75$	24	10280	2467,2
	Total		20280	2472,36

Fonte: Próprio autor.

Desta forma tem-se que a demanda de iluminação e de pequenos aparelhos é:

$$d_1 = 2472,36W$$

- Fator de demanda para aparelhos aquecedores de água

São previstos 6 chuveiros de 4500kW no projeto, totalizando uma carga instalada de  $C_3 = 6 * 4500 = 27000kW$ .

De acordo com a tabela 4 da NDU 001, o fator de demanda para uma unidade consumidora com 6 aparelhos de aquecimento de água é de 59%, logo tem-se a demanda:

$$d_2 = 27000 * 0,59$$

$$d_2 = 15,93 \text{ kW}$$

- Fator de demanda para aparelhos de ar condicionado residencial

No projeto são previstas 3 unidades de ar condicionado, 2 de 10000 BTU e 1 de 120000 BTUs. Totalizando uma carga instalada de  $C_5 = 1400 + 1400 + 1700 = 4500 \text{ kW}$ .

De acordo com a tabela 8 da NDU 001, o fator de demanda para uma unidade consumidora residencial com 3 aparelhos de ar condicionado é de 82%, logo tem-se a demanda:

$$d_5 = 4500 * 0,82$$

$$d_5 = 3690 \text{ W}$$

- Fator de demanda para motores elétricos

No projeto constam 2 motores elétricos monofásicos, um para o acionamento da bomba de piscina e 1 para o comando de uma Jacuzzi, tendo como potência  $C_{4a} = 1472 \text{ W}$  e  $C_{4b} = 2208 \text{ W}$ .

Sendo motores monofásicos deve-se utiliza a tabela 10 da NDU 001, e desta pode-se extrair que o fator de demanda para cada motor individual é de 100%. Concluindo-se que a demanda é:

$$d_6 = 1472 * 1 + 2208 * 1$$

$$d_6 = 3680 \text{ W}$$

- Cálculo Final

Chega-se então que a demanda total da unidade consumidora é:

$$d(\text{kW}) = (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7)$$

$$d = 2472,36 + 15930 + 3690 + 3680$$

$$d = 25.772,36 \text{ kW} \text{ ou } d = 28.013,43 \text{ kVA}$$

#### 4.6.1.3 RAMAL DE ENTRADA

Devido a carga instalada de 55460 W, a categoria de atendimento deve ser a **T**, e dada a demanda de 25,772.36 kW, define-se a categoria **T2** de acordo com a tabela 17 da NDU 001. Segundo a norma o ramal de entrada deve ser caracterizado de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 20 – Padrão de entrada da edificação

Condutores		Aterramento		Disjuntor Magnético	Eletroduto		Poste		Pontalete
Ramal de Ligação	Ramal de Entrada embutido e subterrâneo	Condutor Aterramento	Haste para aterramento		PVC rígido	Aço galvanizado	Concreto duplo T	Aço galvanizado	
(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )		(A)	(mm)		(daN)		(mm)
<b>3x1x16+16</b>	<b>3#10(10)</b>	<b>10</b>	<b>3H</b>	<b>50</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>50</b>

Fonte: Próprio autor.

O apêndice B possui as tabelas de levantamento de carga final (com todos os circuitos) e de balanceamento de fases, bem como o diagrama do quadro de cargas.

## 5 CONCLUSÃO

Diante das experiências vividas no decorrer do estágio é inegável a importância desse componente curricular na grade da graduação do curso de Engenharia Elétrica, pois por meio dele é possível ter um contato direto com problemas reais enfrentados no dia a dia dos profissionais da área.

Foram executadas atividades que colocaram em práticas diversas habilidades desenvolvidas durante o curso, principalmente as relacionadas à eletrotécnica. Disciplinas como Geração de Energia, Sistemas Elétricos e, principalmente, Instalações Elétricas foram fundamentais para que o estagiário pudesse ter uma base sólida de conhecimentos que o permitiu superar os desafios enfrentados.

A possibilidade de ampliar o conhecimento na área de energia solar, com um grande potencial de crescimento nos próximos anos e em constante desenvolvimento, foi sem dúvidas uma oportunidade extremamente edificante e que agregou uma experiência muito positiva para o desenvolvimento profissional do estagiário.

No estágio foi adquirido conhecimentos sobre como desenvolver projetos de geração solar distribuída tendo contato direto com clientes e com a concessionária, podendo assim oferecer ao estagiário vivências complementares a aquelas vividas na universidade.

Em síntese, a experiência estagiando na Solar Nobre foi de extrema importância na formação profissional do estagiário, fornecendo a ele contato com o mercado profissional e contribuindo para *networking*. Com isso é possível dizer que os objetivos foram cumpridos com excelência possibilitando o crescimento profissional do aluno.

## REFERÊNCIAS

ANEEL. (2012). Resolução Normativa Nº 482, 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 05/10/2021.

ANEEL. (2015). Resolução Normativa Nº 687, 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 05/10/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2004). NBR 5410 – Instalações elétricas e baixa tensão. Rio de Janeiro.

BECQUEREL, E. (1839). Memoires sur les effets electriques produits sous l'influence des rayons.

BLUESOL. (2016). Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica. Livro digital de Introdução aos Sistemas Solares. Disponível em: <<https://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>>. Acesso em: 05/10/2021.

CARNEIRO, J. (2009). Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos. Universidade do Minho, Portugal. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16965/1/DIMENSIONAMENTO%20DE%20SISTEMAS%20FOTOVOLTAICOS.pdf>>. Acesso em: 10/10/2021

CRENTO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO (CRESESB). (2006). Energia Solar, Princípios e Aplicações. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial\\_solar\\_2006.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf)>. Acesso em : 12/10/2021

1  
ENERGISA. (2012). Norma de Distribuição Unificada - 01. Fornecimento de Energia Elétrica a edificações individuais ou agrupadas até 3 unidades consumidoras. Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/Documents/Normas%20t%C3%A9cnicas/NDU-002%20Fornecimento%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20em%20Tens%C3%A3o%20Prim%C3%A1ria%20-%20V5.2.pdf>>. Acesso em: 12/10/2021.

ENERGISA. (2019). Norma de Distribuição Unificada - 13. Critérios para a Conexão em Baixa Tensão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição. Disponível em: <[https://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/NDU%20013%20-%20Crit%C3%A9rios%20para%20a%20Conex%C3%A3o%20de%20Acessantes%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%adda\\_%20V4.1.pdf](https://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/NDU%20013%20-%20Crit%C3%A9rios%20para%20a%20Conex%C3%A3o%20de%20Acessantes%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%adda_%20V4.1.pdf)>. Acesso em: 05/10/2021.

ENERGISA. (2021). Memorial descritivo para Micro/Mini geração solar. Disponível em:

<<https://www.energisa.com.br/Documents/Normas%20t%20c3%a9cnicas/Modelo%20de%20Micro.Mini%20Gera%20Vers%20a3o%203.1.xlsx>>. Acesso em: 05/10/2021.

GREENPRO. (2004). Energia Fotovoltaica. *Manual sobre tecnologias, projecto e instalação*. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/downloads/guia-tecnico-manual-energia-fotovoltaica.pdf>>. Acesso em: 10/10/2021

GROWATT. (2021). Catálogo de produtos. Disponível em: <<https://www.ginverter.pt/list-7.html>>. Acesso em: 05/10/2021.

LONGI. (2021). Catálogo de produtos. Disponível em: <<https://en.longi-solar.com/home/products/modules.html>>. Acesso em: 05/10/2021.

MASCARELLO, M. C. (2017). Análise da viabilidade técnica e financeira de instalação fotovoltaica em indústria. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/169300/001046323.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05/10/2021.

MERZ. (2021). Catálogo de produtos. Disponível em: <<https://www.merz-schaltgeraete.de/pt-BR/#products>>. Acesso em: 05/10/2021.

MONTERO, L. R. R. (2020). Metodologia para aprovação de um projeto de microgeração distribuída utilizando um sistema energia fotovoltaica conectado à rede de energia elétrica de baixa tensão para residências, prédios, comercio e micro indústrias.

NASCIMENTO, Cassio Araújo do. (2004). Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica. Disponível em: <[https://www.solenerg.com.br/files/monografia\\_cassio.pdf](https://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf)>. Acesso em: 05/10/2021.

NEOENERGIA. (2017). NOR.DISTRIBU-ENGE-0022 - Fornecimento de Energia Elétrica à Edificações com Múltiplas Unidades Consumidoras - REV 01. Disponível em <<https://servicos.neoenergiapernambuco.com.br/residencial-rural/Documents/NOR.DISTRIBU-ENGE-0022%20-%20Fornecimento%20de%20Energia%20El%20C3%A9trica%20C3%A0%20Edifica%20C3%A7%20C3%B5es%20com%20M%20C3%BAltiplas%20Unidades%20Consumidoras%20-%20REV%2001.pdf>>. Acesso em: 12/10/2021.

PERUZZO, E. S. (2021). Qual a diferença entre o módulo monocristalino e o policristalino. Disponível em: <<https://blog.solarinove.com.br/qual-a-diferenca-entre-o-modulo-monocristalino-e-o-policristalino/>>. Acesso em: 05/10/2021.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (2014). Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>>. Acesso em: 05/10/2021.

RISEN. (2021). Catálogo de produtos. Disponível em: <<https://risenenergy.com/index.php?c=category&id=2>>. Acesso em: 05/10/2021.

SEBRAE. (2020). Energia Solar: Qual a Diferença entre sistemas On Grid e Off Grid?. Disponível em: <<https://respostas.sebrae.com.br/energia-solar-qual-a-diferenca-entre-sistemas-on-grid-e-off-grid/>>. Acesso em: 05/10/2021.

SOFAR. (2021). Catálogo e produtos. Disponível em: <<https://www.sofarsolar.com/products>>. Acesso em: 05/10/2021.

THE WORLD BANK GROUP. (2019). Global Solar Atlas. Disponível em: <<https://globalsolaratlas.info/>>. Acesso em: 05/10/2021

TRINA SOLAR. (2021). Catálogo de produtos. Disponível em: <<https://www.trinasolar.com/us/product>>. Acesso em: 05/10/2021.

VALLÊRA, A. M. (2006). Meio século de história fotovoltaica. Disponível em: <<<http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>>>. Acesso em: 05/10/2021.

VILLALVA, M. (2019). Entendendo as curvas IV e PV dos módulos fotovoltaicos. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/entendendo-as-curvas-iv-e-pv-dos-modulos-fotovoltaicos/>>. Acesso em: 05/10/2021.

ANEXO A – FORMULÁRIOS DE SOLICITAÇÃO DE  
ACESSO

SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM POTÊNCIA IGUAL OU INFERIOR A 10kW						
1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC						
Código da UC:			Classe:			
Titular da UC:						
Logradouro:						
N°:	Bairro:			Cidade:		
E-mail:				UF:	CEP:	
Telefone:				Celular:		
CNPJ/CPF:						
2. DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC						
Potência Instalada (kW):			Tensão de Atendimento:			
Tipo de Conexão:	Monofásica	<input type="checkbox"/>	Bifásica	<input type="checkbox"/>	Trifásica	<input type="checkbox"/>
Tipo de Ramal:	Aéreo		<input type="checkbox"/>	Subterrâneo		<input type="checkbox"/>
3. DADOS DA GERAÇÃO						
Potência Instalada de Geração (kWp):						
Tipo da Fonte de Geração:	Solar	<input type="checkbox"/>	Eólica	<input type="checkbox"/>	Biomassa	<input type="checkbox"/>
	Cogeração	<input type="checkbox"/>	Outra (Especificar):			
4. DOCUMENTAÇÕES A SEREM ANEXADAS						
<input type="checkbox"/>	1. ART do Responsável Técnico pelo Projeto Elétrico e instalação do sistema de Microgeração;					
<input type="checkbox"/>	2. Diagrama Unifilar contemplando Geração/Proteção (Inversor, se for o caso)/Medição e Memorial Descritivo da instalação;					
<input type="checkbox"/>	3. Certificado de conformidade do(s) Inversor(es) ou número de Registro da concessão do INMETRO do(s) inversor(es) para a tensão Nominal de conexão com a rede;					
<input type="checkbox"/>	4. Dados necessários ao Registro da Central Geradora conforme disponível no site da ANEEL: <a href="http://www.aneel.gov.br/scg">www.aneel.gov.br/scg</a>					
<input type="checkbox"/>	5. Lista de Unidades Consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI e VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012;					
<input type="checkbox"/>	6. Cópia de documento que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver);					
<input type="checkbox"/>	7. Documento que comprove o reconhecimento pela ANEEL da cogeração qualificada (se houver).					
5. CONTATOS NA DISTRIBUIDORA (PREENCHIDO PELA DISTRIBUIDORA)						
Responsável/Área:						
Endereço:						
Telefone:				E-mail:		
6. DADOS DO SOLICITANTE						
Nome/Procurador Legal:						
Telefone:				E-mail:		
Local:						
Data:	Assinatura do Responsável					

SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO DISTRIBUIDA COM POTÊNCIA MAIOR QUE 10kW						
1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC						
Código da UC:			Classe:			
Titular da UC:						
Logradouro:						
N°:	Bairro:			Cidade:		
E-mail:				UF:	CEP:	
Telefone:			Celular:			
CNPJ/CPF:						
2. DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC						
Potência Instalada (kW):			Tensão de Atendimento:			
Tipo de Conexão:	Monofásica	<input type="checkbox"/>	Bifásica	<input type="checkbox"/>	Trifásica	<input type="checkbox"/>
Tipo de Ramal:	Aéreo		<input type="checkbox"/>	Subterrâneo		<input type="checkbox"/>
3. DADOS DA GERAÇÃO						
Potência Instalada de Geração (kWp):						
Tipo da Fonte de Geração:	Solar	<input type="checkbox"/>	Eólica	<input type="checkbox"/>	Biomassa	<input type="checkbox"/>
	Cogeração	<input type="checkbox"/>	Outra (Especificar):			
4. DOCUMENTAÇÕES A SEREM ANEXADAS						
<input type="checkbox"/>	1. ART do Responsável Técnico pelo Projeto Elétrico e instalação do sistema de Microgeração;					
<input type="checkbox"/>	2. Projeto elétrico das Instalações de Conexão, Memorial descritivo;					
<input type="checkbox"/>	3. Diagrama Unifilar e de Blocos do sistema de geração, carga e proteção;					
<input type="checkbox"/>	4. Certificado de conformidade do(s) Inversor(es) ou número de Registro da concessão do INMETRO do(s) inversor(es) para a tensão Nominal de conexão com a rede;					
<input type="checkbox"/>	5. Dados necessários ao Registro da Central Geradora conforme disponível no site da ANEEL: <a href="http://www.aneel.gov.br/scg">www.aneel.gov.br/scg</a>					
<input type="checkbox"/>	6. Lista de Unidades Consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI e VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012;					
<input type="checkbox"/>	7. Cópia de documento que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver);					
<input type="checkbox"/>	8. Documento que comprove o reconhecimento pela ANEEL da cogeração qualificada (se houver).					
5. CONTATOS NA DISTRIBUIDORA (PREENCHIDO PELA DISTRIBUIDORA)						
Responsável/Área:						
Endereço:						
Telefone:			E-mail:			
6. DADOS DO SOLICITANTE						
Nome/Procurador Legal:						
Telefone:			E-mail:			
Local:						
Data:	Assinatura do Responsável					

ANEXO B – MEMORIAL TÉCNICO PARA PROJETO  
ELÉTRICO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD) SOLAR



MEMORIAL TÉCNICO PARA PROJETO ELÉTRICO DE GERAÇÃO DISTRIBUIDA (GD) SOLAR			
<u>Informações Das Placas</u>			
<u>Fabricante dos Módulos</u>		<u>Modelo dos Módulos</u>	
<u>Potência Individual dos Módulos (Wp):</u>		<u>Quantidade de Módulos</u>	
<u>Potência Total da Geração (kWp)</u>		<u>Área Total dos Arranjos (m<sup>2</sup>)</u>	
<u>Localização da instalação das placas:</u>			
<u>Informações Dos Inversores</u>			
<u>Fabricante do Inversor</u>		<u>Modelos dos Inversores</u>	
<u>Potência Individual dos Inversores (kW):</u>		<u>Quantidade de Inversores</u>	
<u>Potência Total dos Inversores(kW):</u>		<u>Localização dos Inversores:</u>	
<u>Altura do Inversor - Do topo do visor até o piso acabado</u>		<u>Certificações:</u>	
<u>Dimensionamento dos equipamentos de proteções</u>			
<b>Ajustes Recomendados das Proteções - Parametrização do Inversor</b>			
<u>Descrição</u>	<u>Parâmetros</u>	<u>Tempo de Atuação</u>	
<u>Tensão no ponto de Conexão:</u>	$V < 80\% (0,8 \text{ PU}) V_n$	Desligar em 0,2 s	
<u>Regime Normal de Operação</u>	$80\% \leq V \leq 110\%$	Condições normais	
<u>Subfrequência</u>	$f < 57,5 \text{ HZ}$	Desligar em até 0,2 s	
<u>Sobrefrequência</u>	$f > 62,0 \text{ HZ}$	Desligar em 0,2 s	
<u>Frequência Nominal da Rede</u>	$f = 60 \text{ HZ}$	Condições normais	
<u>Após a perda da rede (ilhamento), deverá interromper o fornecimento de energia a rede:</u>	Ilhamento	Interromper em até 2s	
<u>Após a retomada das condições normais de tensão e frequência da red, religar:</u>	Reconexão	Após 180s	
<u>NOTAS:</u>			
1. Os inversores deverão ser instalados em local de fácil e permanente acesso, onde o visor do inversor deverá ficar a uma altura máxima de 1,50m do piso acabado ao seu topo.			
2. Próximo à caixa de medição deverá ser instalada uma placa de advertência com os seguintes dizeres: "CUIDADO – RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA".			
3. A placa de advertência deverá ser confeccionada em PVC ou acrílico com espessura mínima de 1mm e conforme modelo apresentado no desenho 16, emanexo à Norma Técnica 013.			
4. Para o ramal de entrada monofásico deverá ser instalado a caixa de medição trifásica, pois a monofásica não suporta o medidor bidirecional.			
<u>Observações do projetista:</u>			
<b>PARECER ENERGISA:</b>			
ESPAÇO PARA INSERIR LOGOTIPO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PROJETO			

## ANEXO C – PROPOSTA COMERCIAL



ENERGIA SOLAR  
SERVIÇOS ELÉTRICOS

### ITENS INCLUSOS NA PROPOSTA:

**Equipamentos do sistema de Geração fotovoltaica**

**Estrutura de Fixação**

**Equipamentos de proteção**

**Projeto elétrico fotovoltaico com  
planta de situação**

**Homologação com a concessionária local**

**Instalação do sistema fotovoltaico**

**Sistema de Monitoramento Wifi**

@SOLARNOBRE





ENERGIA SOLAR  
SERVIÇOS ELÉTRICOS



CONFORTO PARA A SUA FAMÍLIA  
ECONOMIA PARA SEU NEGÓCIO



Proposta comercial N°83  
Sistema Fotovoltaico de 4.50 kWp

Matriz: DOM PEDRO II, LOJA4 , 250- CENTRO. Campina Grande - PB • ( 83 ) 999460497

Filial: Avenida deputado américo Maia, nº 45 centro - Catolé do Rocha - PB

@SOLARNOBRE



## ENERGIA SOLAR SERVIÇOS ELÉTRICOS

### DADOS DO CLIENTE

<b>Nome:</b>	
<b>CPF/CNPJ:</b>	
<b>Telefone:</b>	
<b>Email:</b>	

### APRESENTAÇÃO

Este documento tem como objetivo tratar sobre a descrição, garantia e vida útil, geração de energia, reforma e adequação, equipamentos, análise financeira, fluxo de caixa e condições comerciais de um projeto de um Sistema gerador de energia elétrica através da fonte solar fotovoltaica de alta performance, conectado à rede elétrica da Distribuidora local (on Grid Tie) em Campina Grande – PB.

### DESCRIÇÃO

Sistema gerador de energia elétrica através da fonte solar fotovoltaica de alta performance, conectado à rede elétrica da Distribuidora local (on Grid Tie), composto por módulos solares fotovoltaicos, inversores de corrente contínua para corrente alternada, caixa de proteção de CC e CA, estruturas de suporte em alumínio, cabos próprios para sistemas solares e conectores originais MC4.

### GARANTIA E VIDA ÚTIL

Módulos solares fotovoltaicos policristalinos de 360/425 Watts pico, ou monocristalinos de 380/385 Watts pico, certificados pelo Inmetro com nível “A” em eficiência energética, com Garantia de 25 anos com geração mínima de 86% de energia elétrica (Garantia Linear, conforme Ficha Técnica anexo), 12 anos contra defeito de fabricação e vida útil aproximada de 30 anos. Inversor fotovoltaico com garantia de 5 anos contra defeitos de fabricação, 7 anos de garantia quando registrado. Estruturas de suporte, cabos e conectores feitos para durar toda a vida útil do sistema (30 anos). Caixa de proteção com garantia de fábrica de 1 ano.

@SOLARNOBRE





## ENERGIA SOLAR SERVIÇOS ELÉTRICOS

### Geração de Energia

Potência: 5.0 kWp

Estimativa de geração anual: 6.627 kWh

Geração média mensal: 626 kWh

Estimativa mensal de geração	
Janeiro	630 kWh
Fevereiro	590 kWh
Março	620 kWh
Abril	579 kWh
Maio	560kWh
Junho	497 kWh
Julho	520 kWh
Agosto	600 kWh
Setembro	602 kWh
Outubro	700 kWh
Novembro	720 kWh
Dezembro	690 kWh

@SOLARNOBRE



## ENERGIA SOLAR SERVIÇOS ELÉTRICOS

### REFORMA E ADEQUAÇÃO:

Para a instalação do sistema, o local precisará passar por algumas reformas para que o sistema atinja o padrão de qualidade e de funcionamento previsto pela empresa. A reforma acontecerá desde o quadro de distribuição, onde serão instalados dispositivos de proteção AC, até a estrutura de fixação, seja ela em telhado ou laje. O projeto conta ainda com a adequação do local para a instalação dos inversores de frequência e a passagem do cabeamento do quadro de distribuição até o quadro de proteção AC/DC (string Box), tal reforma já encontra-se inclusa no valor final do sistema.

Toda e qualquer reforma não mencionada acima, como eletrodutos embutidos, reformas estruturais em telhado e trocas de rede elétrica do local, assim como seus respectivos dispositivos de proteção, são de total responsabilidade do cliente. Caso seja desejado, será acordado, à parte, as reformas necessárias.

Em caso de estrutura de solo, é necessário um investimento sobre a segurança da estrutura com a formação de bases em concreto para garantir a melhor fixação das treliças em alumínio ou aço galvanizado. Tal investimento não está incluso no orçamento acima.





## ENERGIA SOLAR SERVIÇOS ELÉTRICOS

### Equipamentos

#### KIT PREMIUM

Título	Descrição	Qte
<b>Módulos</b>		
	MÓDULO FV TRINA MONO PERC 375WP HALFCELL	14
<b>String Boxes</b>		
	STRING BOX SICES_ONESTO - 2 CORDAS E 2 SAIDAS - 23ONE2C2S011	1
<b>Estruturas</b>		
	SICES SOLAR PERFIL CERAMIC ROOFTOP 2,10MT - 9PI000000000053	10
	SICES SOLAR PERFIL CERAMIC ROOFTOP 1,57MT	1
	Terminal Final Sices 2.0 40mm	4
	Terminal Intermediário Sices 2.0 40mm	18
	SICES SOLAR PARAFUSO ESTRUTURAL - AISI 316 - M10X250 - ROSCA SEM FIM	16
	SICES SOLAR 2.0 JUNÇÃO CERAMIC ROOFTOP	10
	SICES SOLAR PORCA M10 INOX A2 - 2606SSP108	16
	SICES SOLAR PARAFUSO CABECA MARTELO M10 28/15 - 2605SSPCM106	16
<b>Variedades</b>		
	CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC PT ABNT NBR 16612	60
	CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC VM ABNT NBR 16612	60
	PAR CONECTORES FV FEMEA/ MACHO	4
<b>Inversores</b>		
	GROWATT 5KW-10 ANOS DE GARANTIA	1
<b>SERVIÇOS</b>		
	PROJETO, INSTALAÇÃO E HOMOLOGAÇÃO	1
<b>VALOR FINAL</b>		
	A VISTA	25614,00
	BV FINANCEIRA 60X R\$	

@SOLARNOBRE



## ENERGIA SOLAR SERVIÇOS ELÉTRICOS Equipamentos

### KIT GOLD

Título	Descrição	Qte
<b>Módulos</b>		
	MÓDULO FV CANADIAN SOLAR 455 WP MONO	11
<b>String Boxes</b>		
	STRING BOX SICES_ONESTO - 2 CORDAS E 2 SAIDAS - 23ONE2C2S011	1
<b>Estruturas</b>		
	SICES SOLAR PERFIL CERAMIC ROOFTOP 2,10MT - 9PI00000000053	10
	SICES SOLAR PERFIL CERAMIC ROOFTOP 1,57MT	1
	Terminal Final Sices 2.0 40mm	4
	Terminal Intermediário Sices 2.0 40mm	18
	SICES SOLAR PARAFUSO ESTRUTURAL - AISI 316 - M10X250 - ROSCA SEM FIM	16
	SICES SOLAR 2.0 JUNÇÃO CERAMIC ROOFTOP	10
	SICES SOLAR PORCA M10 INOX A2 - 2606SSP108	16
	SICES SOLAR PARAFUSO CABECA MARTELO M10 28/15 - 2605SSPCM106	16
<b>Variedades</b>		
	CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC PT ABNT NBR 16612	60
	CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC VM ABNT NBR 16612	60
	PAR CONECTORES FV FEMEA/ MACHO	4
<b>Inversores</b>		
	INVERSOR SOFAR 4KW- KTLG2 – WIFI	1
<b>SERVIÇOS</b>		
	PROJETO, INSTALAÇÃO E HOMOLOGAÇÃO	1
<b>VALOR FINAL</b>		
	A VISTA	25914,00
	BV FINANCEIRA 60X R\$	

### Condições comerciais

- Prazo para entrega dos equipamentos: 30 dias após o fechamento do pedido
- Projetos de grande porte dependemos do trâmite de importação: 45 a 60 dias.
- Proposta válida por 30 dias.

@SOLARNOBRE



## ENERGIA SOLAR SERVIÇOS ELÉTRICOS

### Equipamentos

### KIT STANDART GERAÇÃO 500KWH COM CAPACIDADE DE EXPANSÃO

Título	Descrição	Qte
<b>Módulos</b>		
	MÓDULO FV TRINA SOLAR MONO 375WP	11
<b>Estruturas</b>		
	SICES SOLAR PERFIL CERAMIC ROOFTOP 2,10MT - 9PI000000000053	10
	SICES SOLAR PERFIL CERAMIC ROOFTOP 1,57MT	1
	Terminal Final Sices 2.0 40mm	4
	Terminal Intermediário Sices 2.0 40mm	18
	SICES SOLAR PARAFUSO ESTRUTURAL - AISI 316 - M10X250 - ROSCA SEM FIM	16
	SICES SOLAR 2.0 JUNÇÃO CERAMIC ROOFTOP	10
	SICES SOLAR PORCA M10 INOX A2 - 2606SSP108	16
	SICES SOLAR PARAFUSO CABECA MARTELO M10 28/15 - 2605SSPCM106	16
<b>Variedades</b>		
	CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC PT ABNT NBR 16612	60
	CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC VM ABNT NBR 16612	60
	PAR CONECTORES FV FEMEA/ MACHO	4
<b>Inversores</b>		
	INVERSOR GROWATT 4KW- WIFI 10 ANOS DE GARANTIA	1
<b>SERVIÇOS</b>		
	PROJETO, INSTALAÇÃO E HOMOLOGAÇÃO	1
<b>VALOR FINAL</b>		
	A VISTA	22.900,00
	BV FINANCEIRA 60X R\$	

### Condições comerciais

- Prazo para entrega dos equipamentos: 30 dias após o fechamento do pedido
- Projetos de grande porte dependemos do trâmite de importação: 45 a 60 dias.
- Proposta válida por 30 dias.

@SOLARNOBRE



## ENERGIA SOLAR SERVIÇOS ELÉTRICOS

R\$ 2.364,31 mês 12 parcelas	R\$ 1.290,35 mês 24 parcelas	R\$ 941,35 mês 36 parcelas
R\$ 767,12 mês 48 parcelas	R\$ 664,83 mês 60 parcelas	R\$ 605,98 mês 72 parcelas

### Fluxo de caixa

Caixa acumulado: 844.017,14  
 Valor presente líquido: 149.235,04  
 Taxa interna de retorno (TIR): 33  
 Payback Simples: 3 Anos e 8 Meses

Ano	Valor
1	R\$ -24.614,80
2	R\$ -18.704,16
3	R\$ -12.235,73
4	R\$ -5.157,07
5	R\$ 2.589,19
6	R\$ 11.065,78
7	R\$ 20.341,30
8	R\$ 30.490,78
9	R\$ 41.596,25
10	R\$ 53.747,41
11	R\$ 67.042,35
12	R\$ 81.588,31
13	R\$ 97.502,55
14	R\$ 114.913,26
15	R\$ 133.960,59
16	R\$ 154.797,76
17	R\$ 177.592,27
18	R\$ 202.527,21
19	R\$ 229.802,73
20	R\$ 259.637,59
21	R\$ 292.270,90

@SOLARNOBRE



## ENERGIA SOLAR SERVIÇOS ELÉTRICOS

22	R\$ 327.964,00
23	R\$ 367.002,52
24	R\$ 409.698,61
25	R\$ 456.393,40

### ANALISE FINANCEIRA

O sistema acima possui um custo final de 24.614,80 para a implantação. Contudo, uma vez que avaliado as condições de pagamento é importante explicitar o retorno financeiro que tal sistema irá refletir em sua conta de energia, além da sua importante contribuição para o meio ambiente.

Desta forma, calculando o *payback* composto com base na inflação anual, no valor do kWh/mês, e no investimento proposto, chega-se à conclusão dada na tabela abaixo:

Valor da Proposta	24.614,80
Tempo de Vida do projeto	30
Inflação anual	10
Perda de Eficiência ao longo da vida	15
Preço atual kWh + Impostos	0,83
Caixa Acumulado	844.017,14
Valor Presente Líquido	149.235,04
Taxa de Retorno	33
Payback Simples	3 Anos e 8 Meses

### GRÁFICO DE PAYBACK E RETORNO FINANCEIRO





## ENERGIA SOLAR SERVIÇOS ELÉTRICOS



Retorno sustentável



Geração compartilhada



Durabilidade resistência (garanti de 25 anos) e vida útil de 30 anos



valorização do imóvel



Energia excedente é convertida em créditos



instalação rápida



Tendo sido esclarecido sobre todos os pontos do orçamento acima, confirmo o desejo de realizar a instalação solar fotovoltaica do meu estabelecimento, e de acordo com o orçamento acima, autorizo a Solar Nobre - Energia Solar e Serviços Elétricos, a dar andamento sobre o projeto acima, seja pela forma de pagamento a vista ou cartão de crédito ou pelo processo de financiamento, onde a mesma se responsabiliza por solucionar toda e qualquer burocracia junto a financeira para a viabilidade da implantação do mesmo.

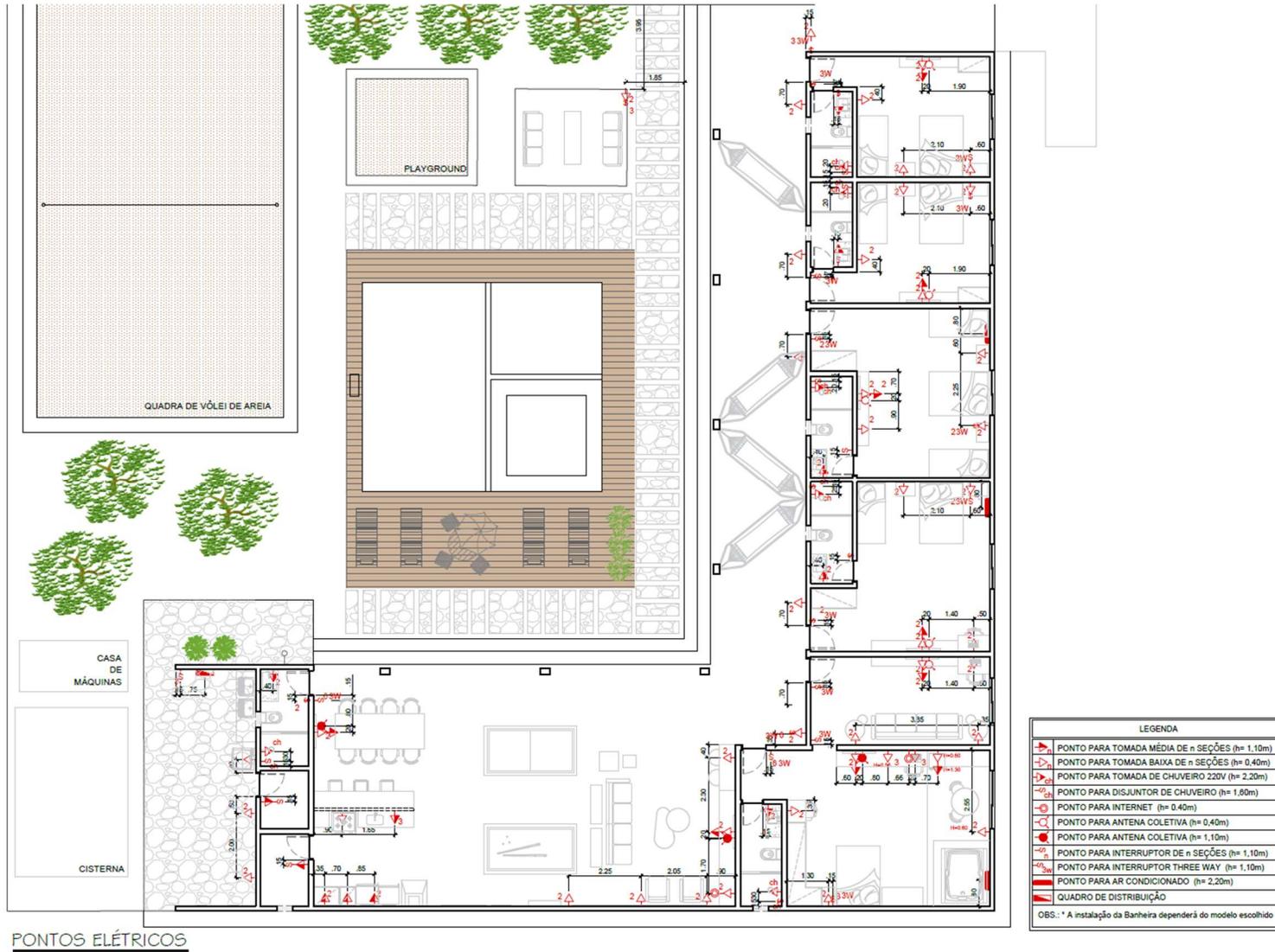
**Eduardo Silva Fernandes**

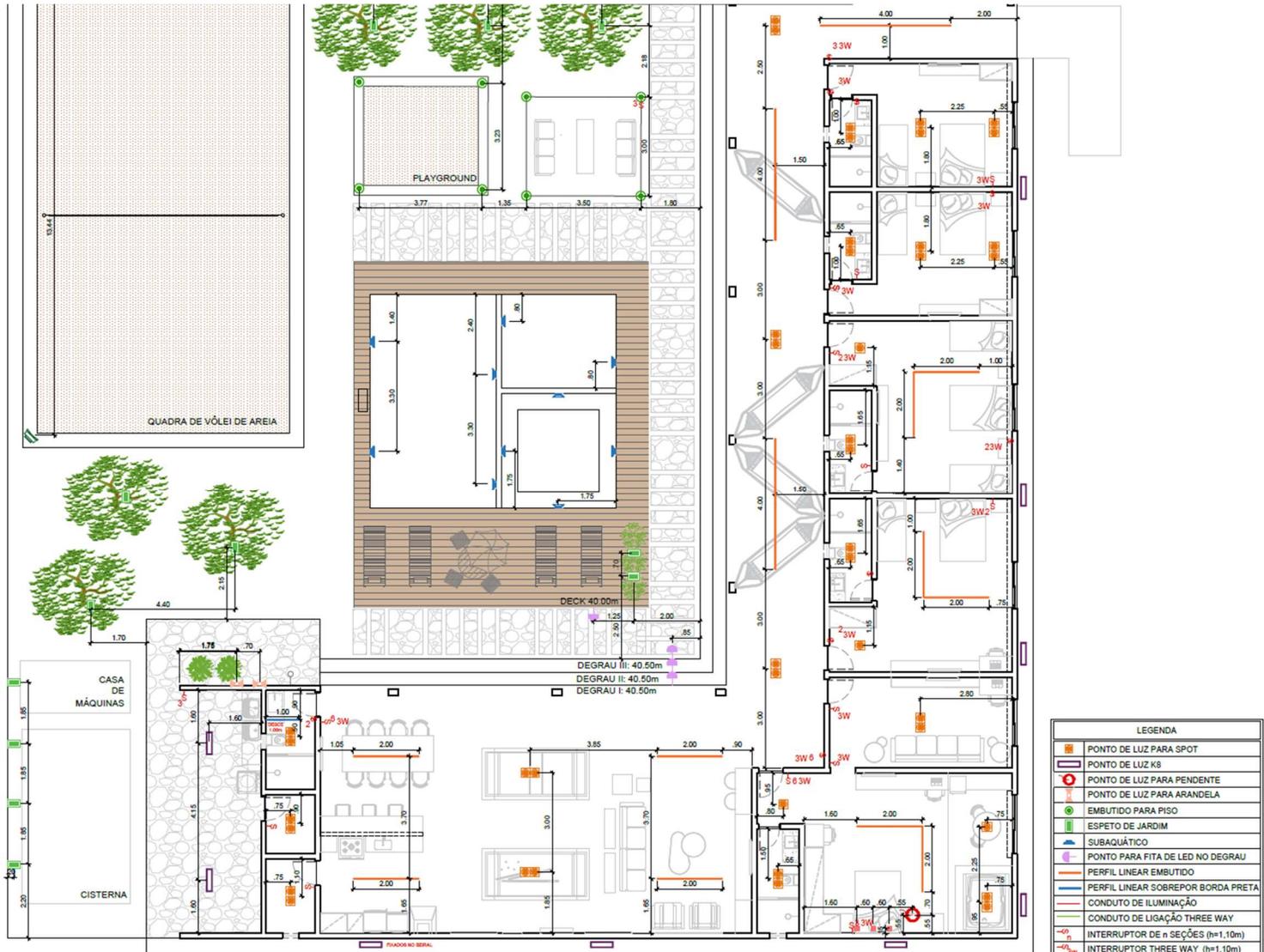
**Diretor Geral - CEO SOLAR NOBRE**

**Cliente**

@SOLARNOBRE

ANEXO D – PROJETO BASE DA INSTALAÇÃO  
RESIDENCIAL (PONTOS DE LUZ E TOMADA)





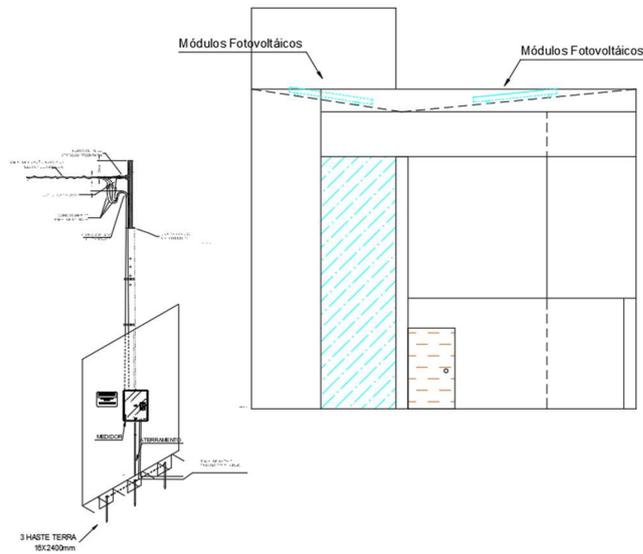
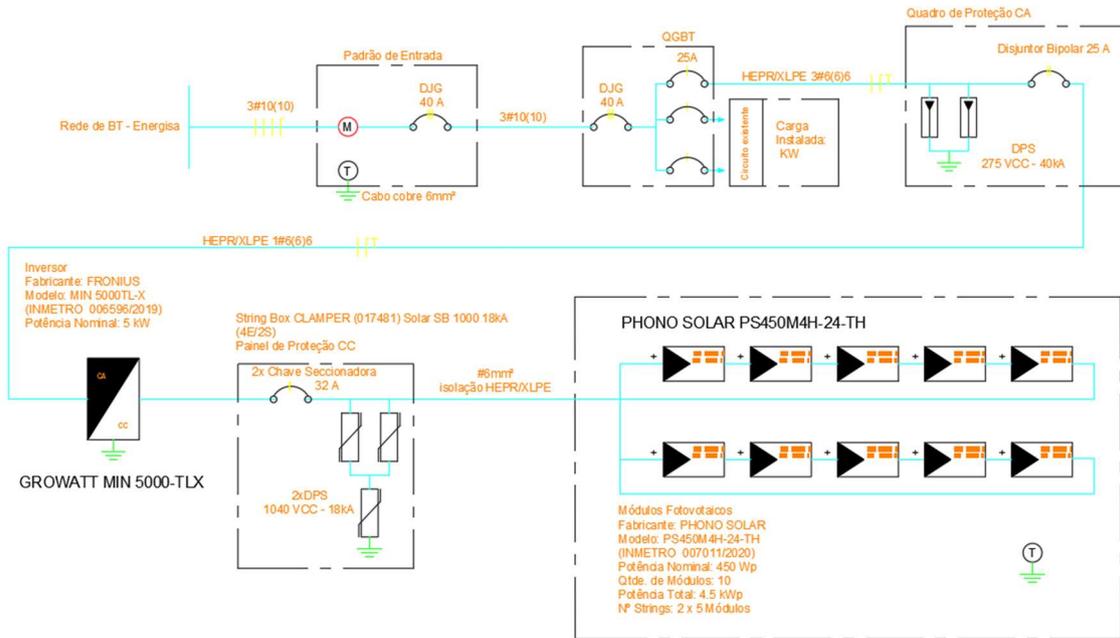
PONTOS DE LUZ

LEGENDA	
	PONTO DE LUZ PARA SPOT
	PONTO DE LUZ K8
	PONTO DE LUZ PARA PENDENTE
	PONTO DE LUZ PARA ARANDELA
	EMBTUDO PARA PISO
	ESPETO DE JARDIM
	SUBAQUÁTICO
	PONTO PARA FITA DE LED NO DEGRAU
	PERFIL LINEAR EMBUTIDO
	PERFIL LINEAR SOBREPOR BORDA PRETA
	CONDUTO DE ILUMINAÇÃO
	CONDUTO DE LIGAÇÃO THREE WAY
	INTERRUPTOR DE n SEÇÕES (n=1,10m)
	INTERRUPTOR THREE WAY (n=1,10m)

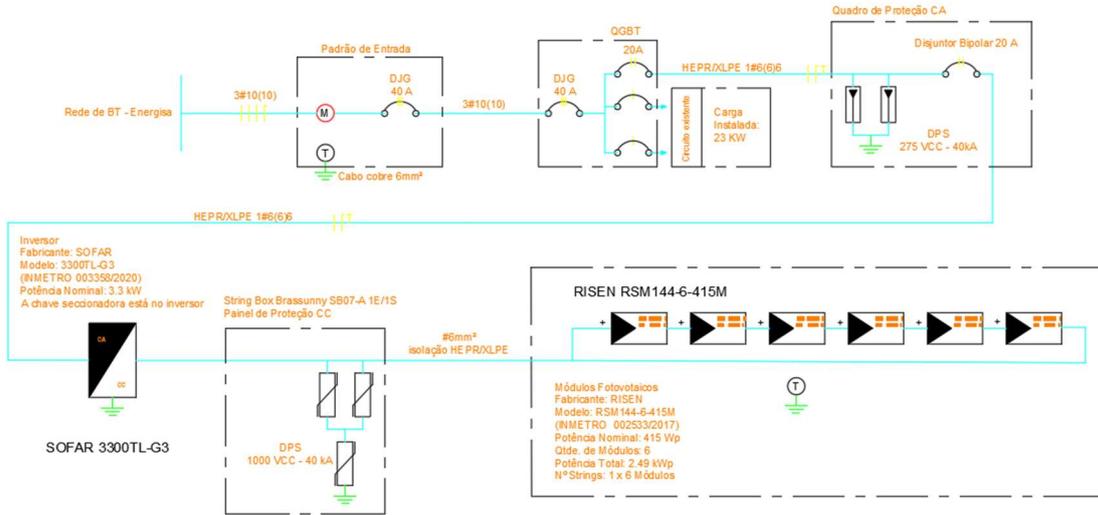
## APÊNDICE A – PROJETOS DE GERAÇÃO

### FOTOVOLTAICA

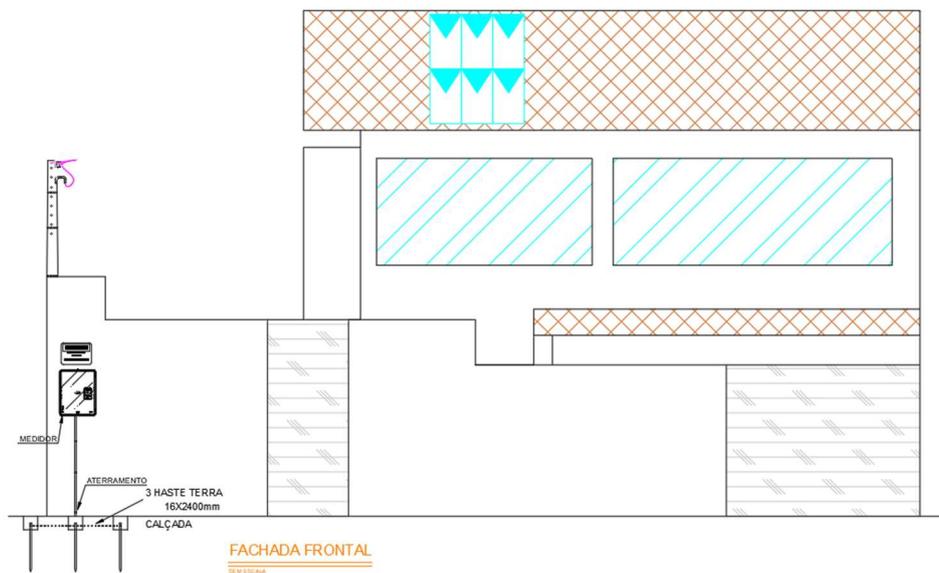
• Projeto 1



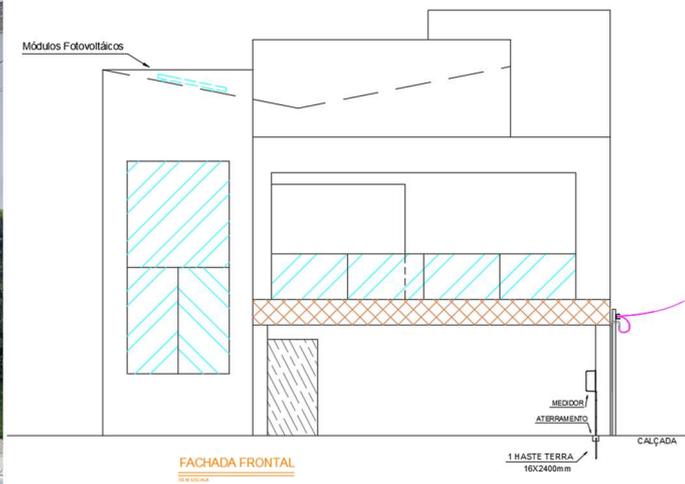
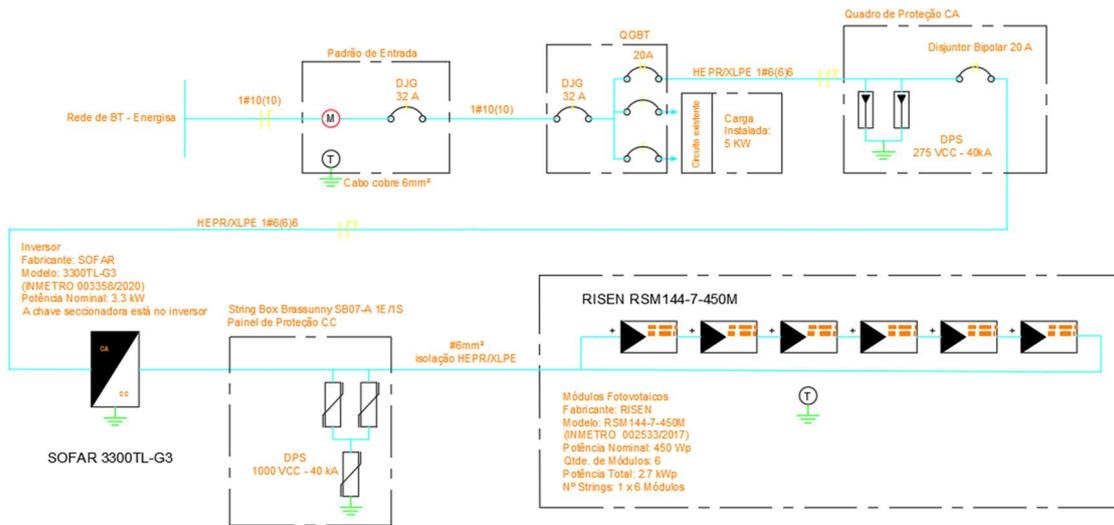
• Projeto 2



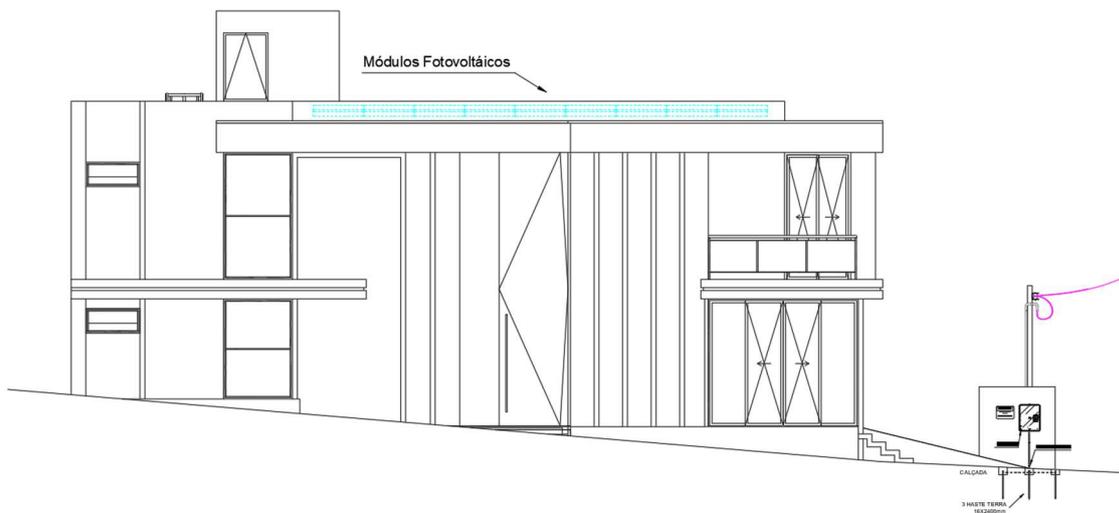
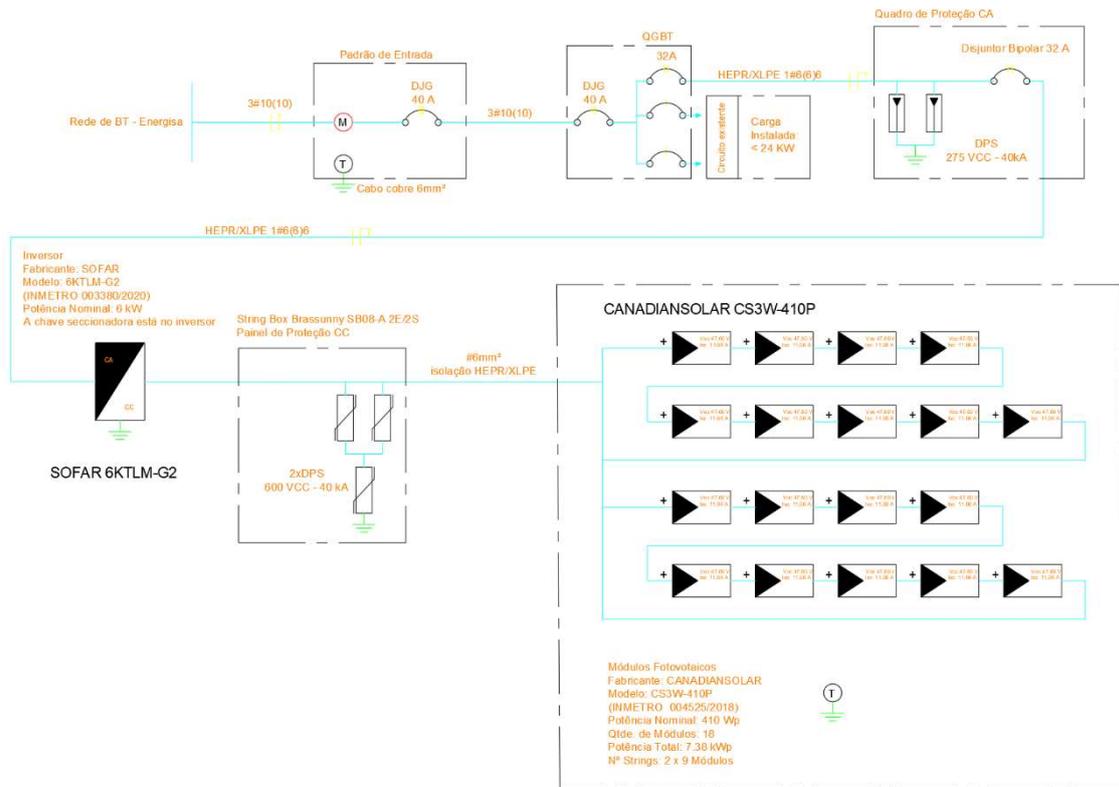
Módulos Fotovoltaicos



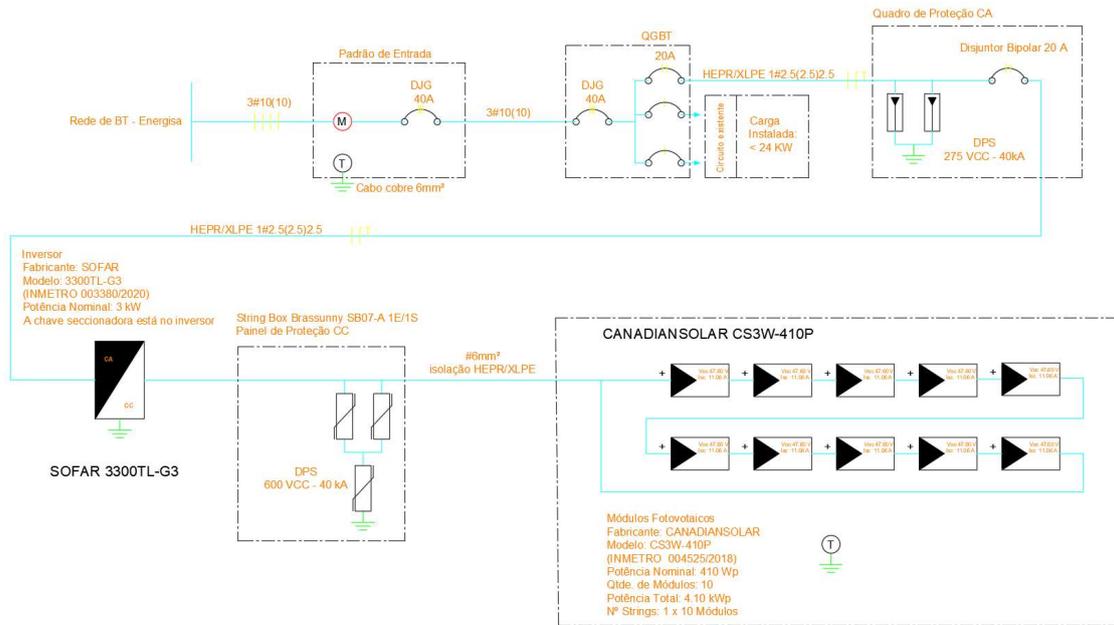
• Projeto 3



• Projeto 4

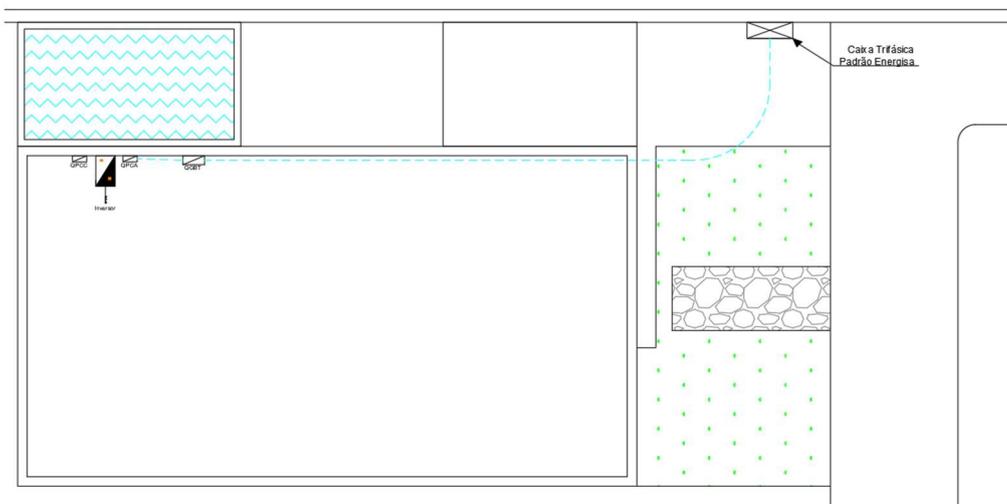
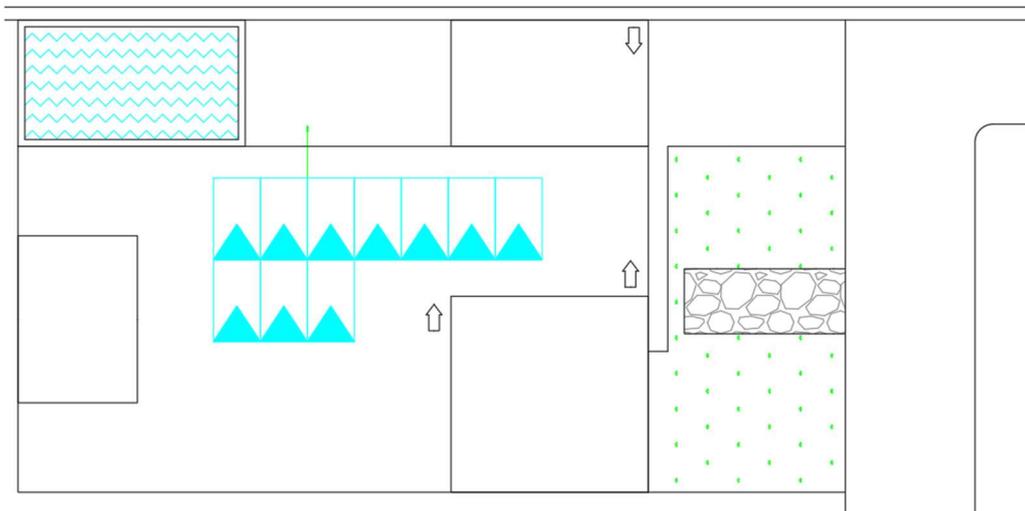


• Projeto 5

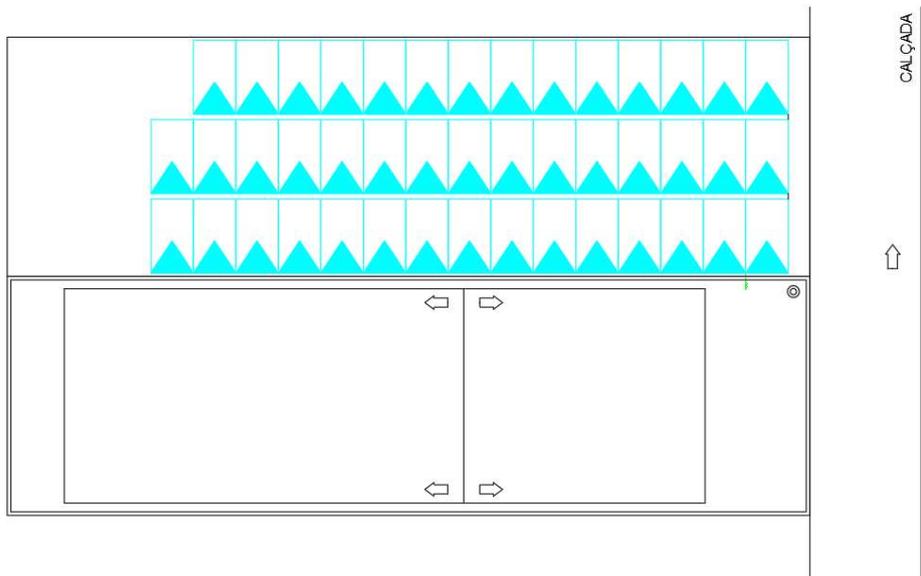
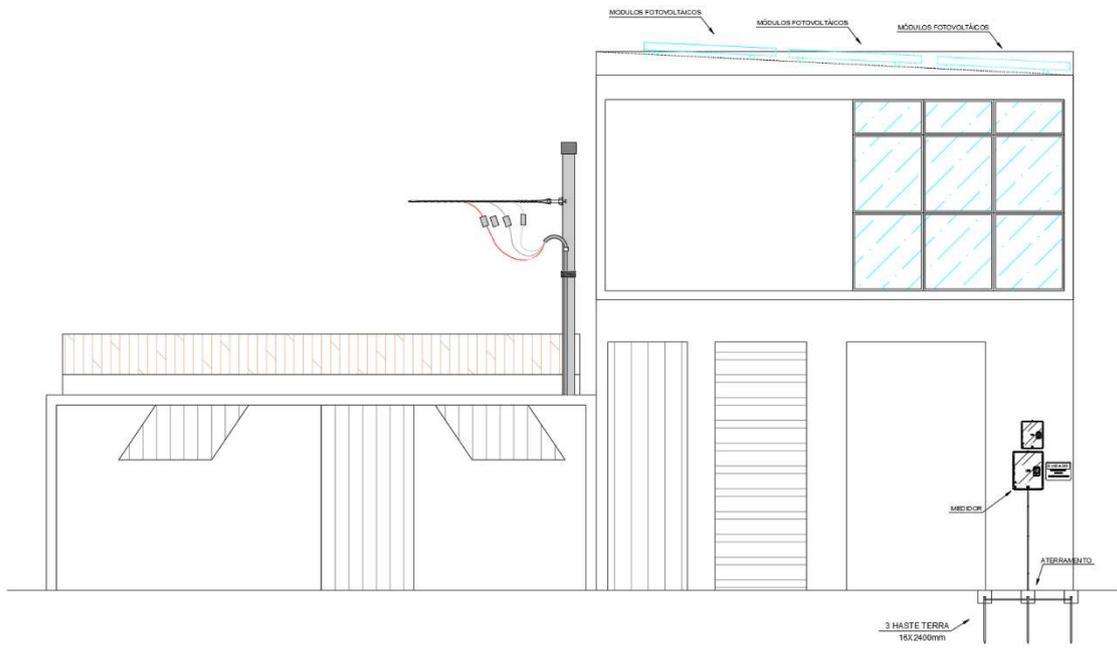




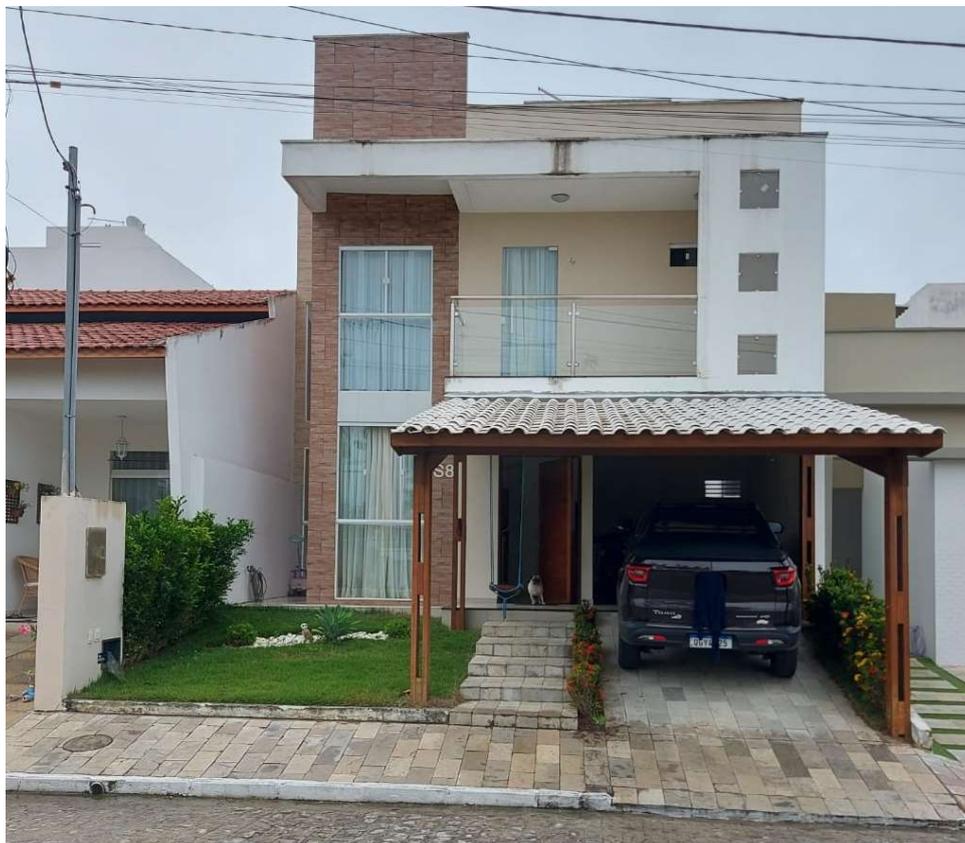
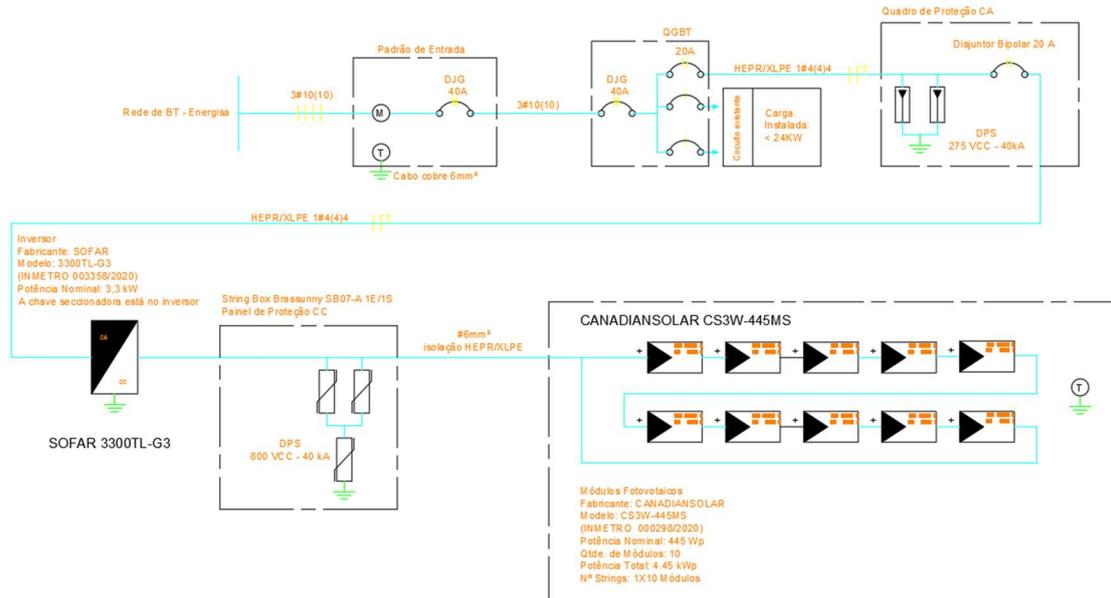
FACHADA FRONTAL

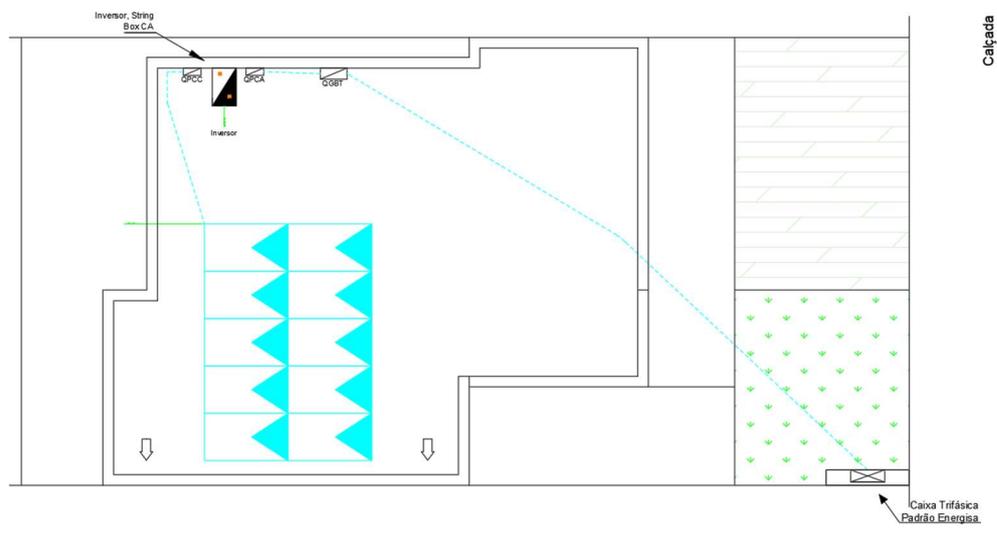
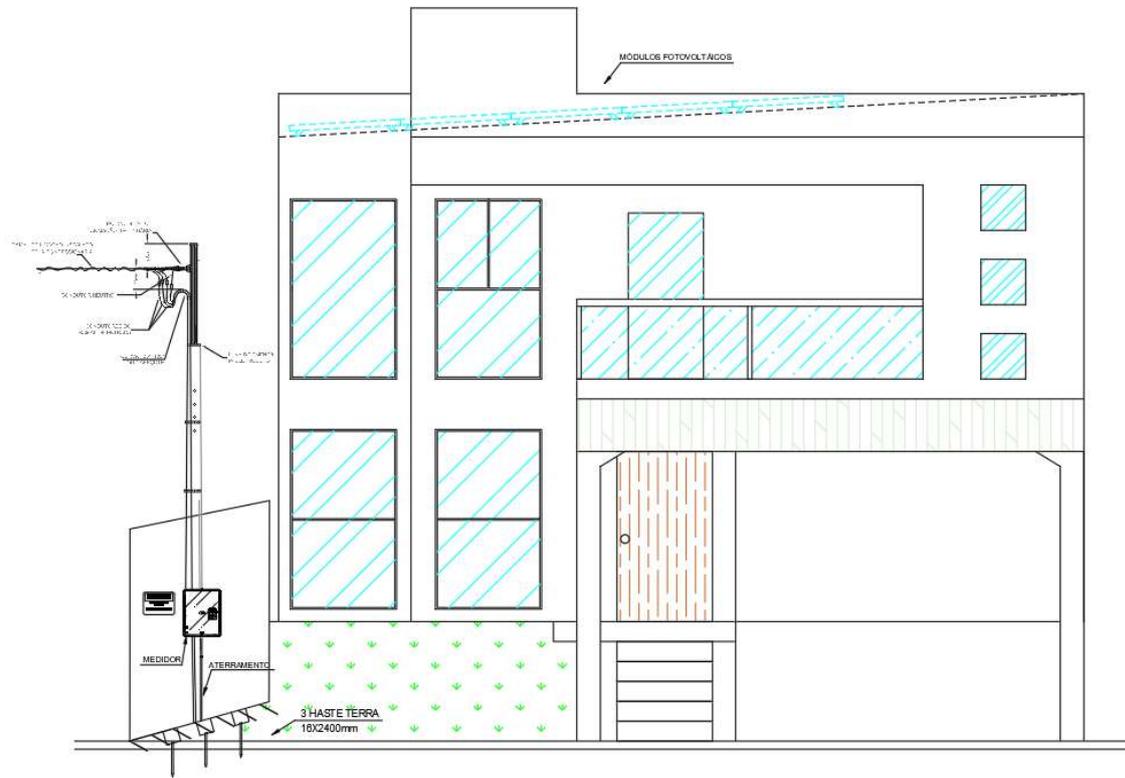




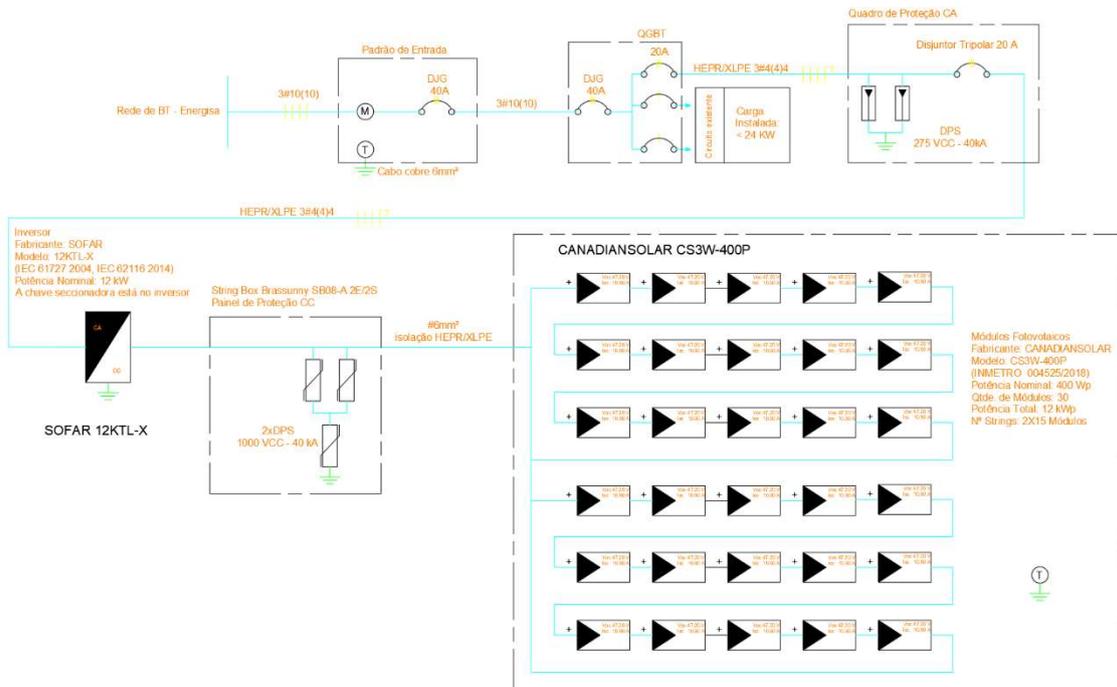


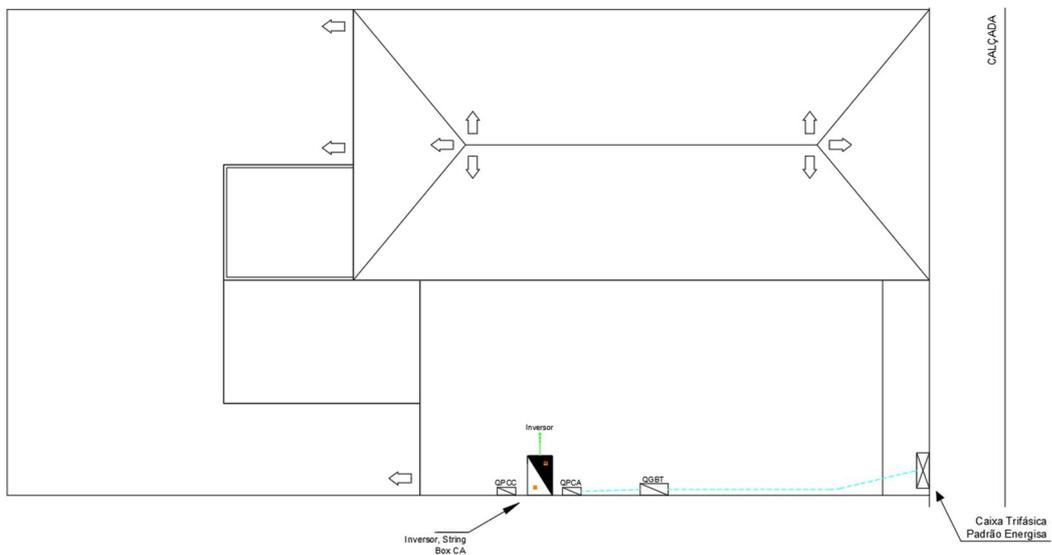
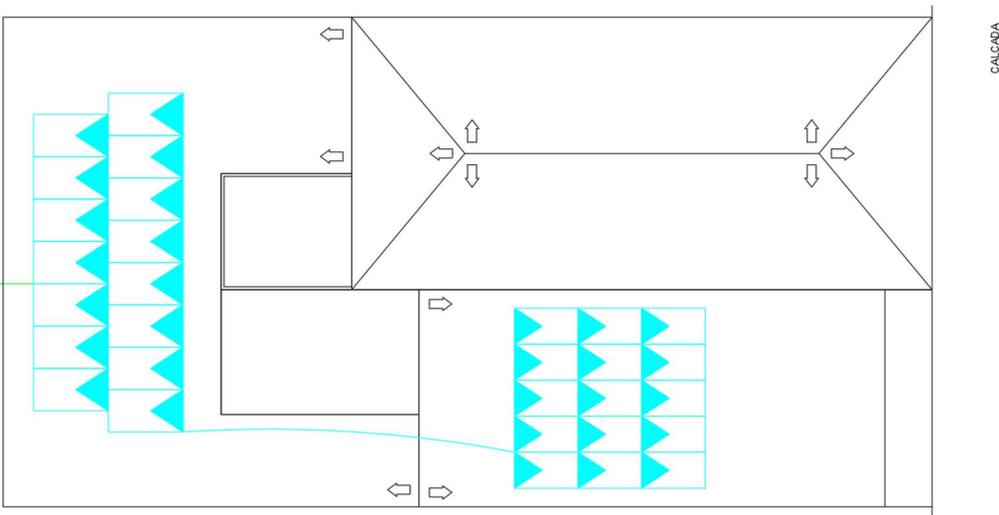
• Projeto 7



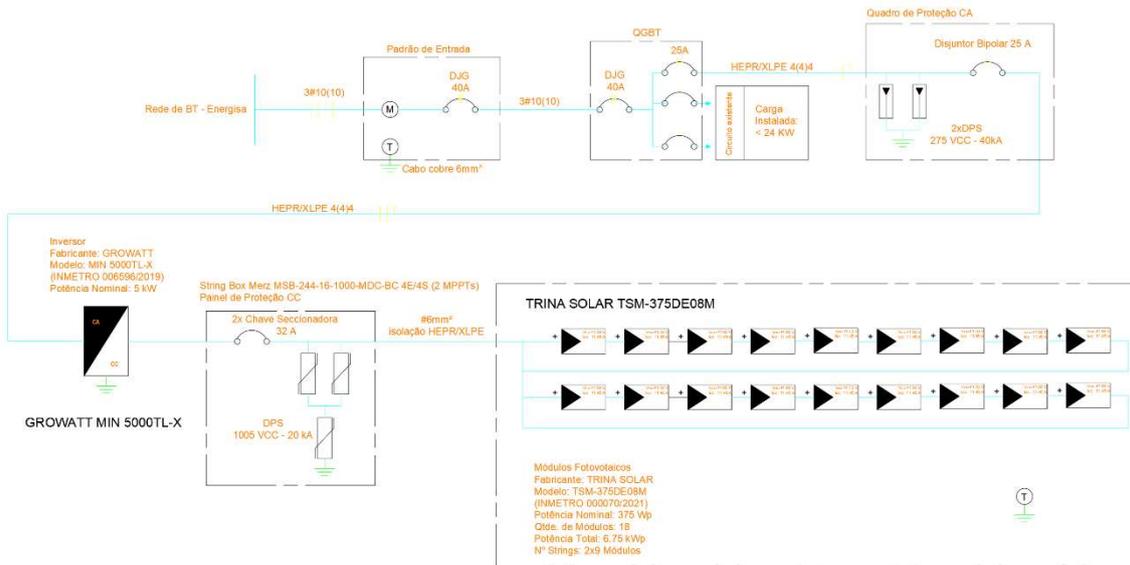


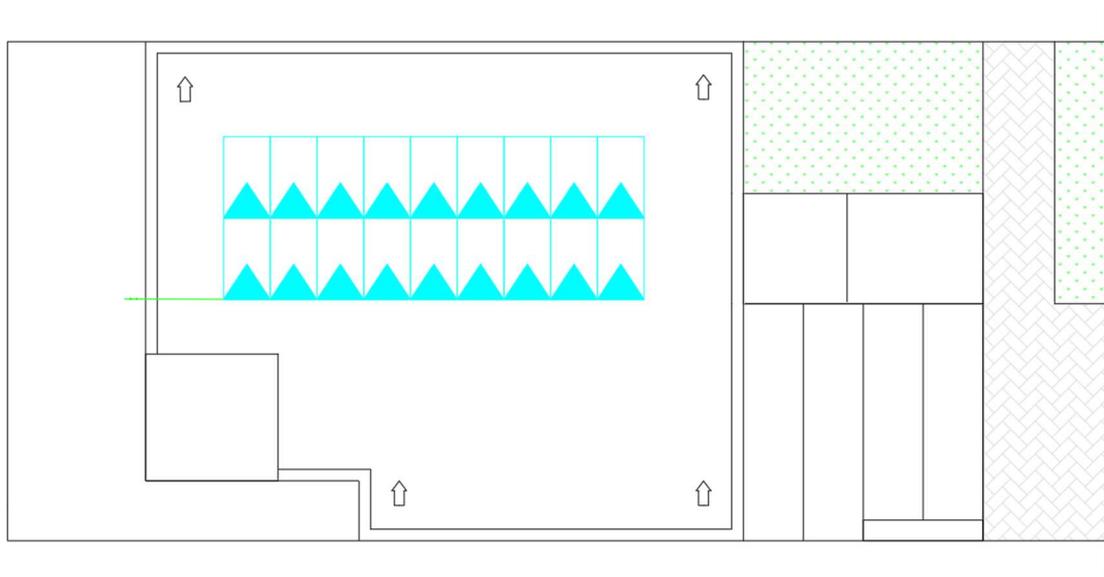
• Projeto 8



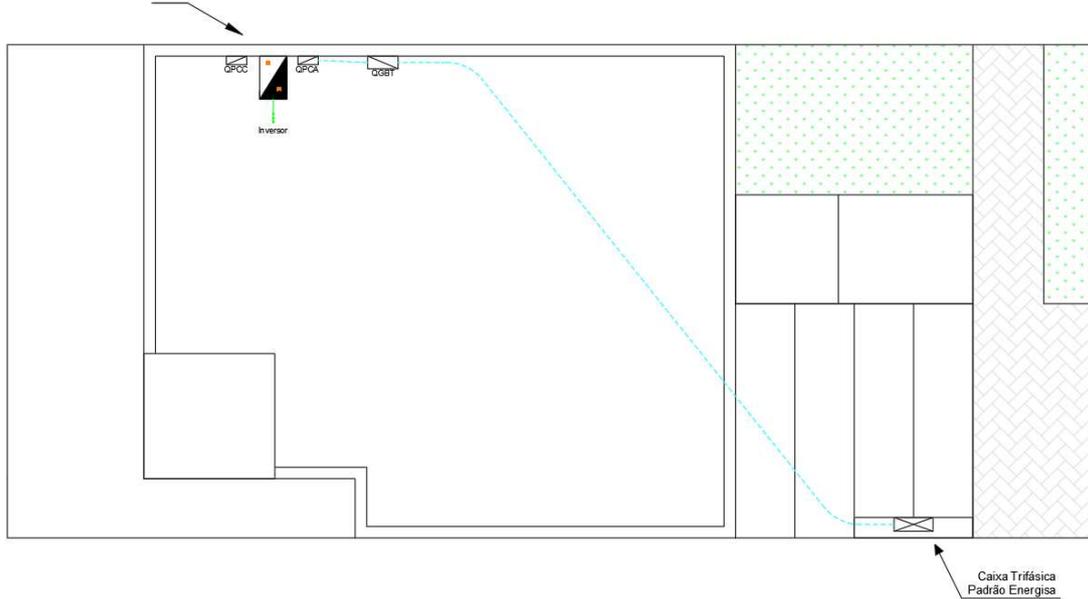


• Projeto 9

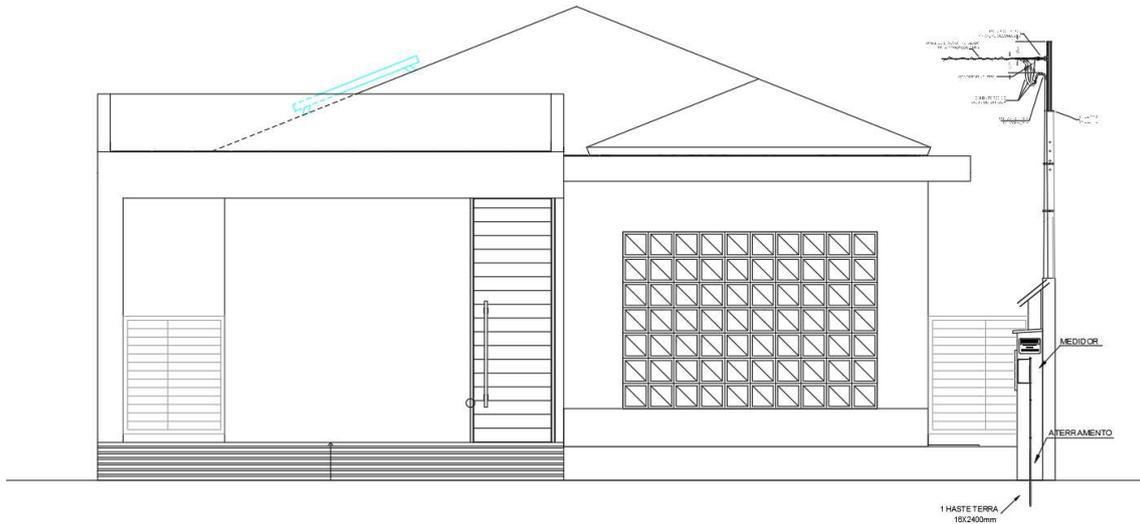
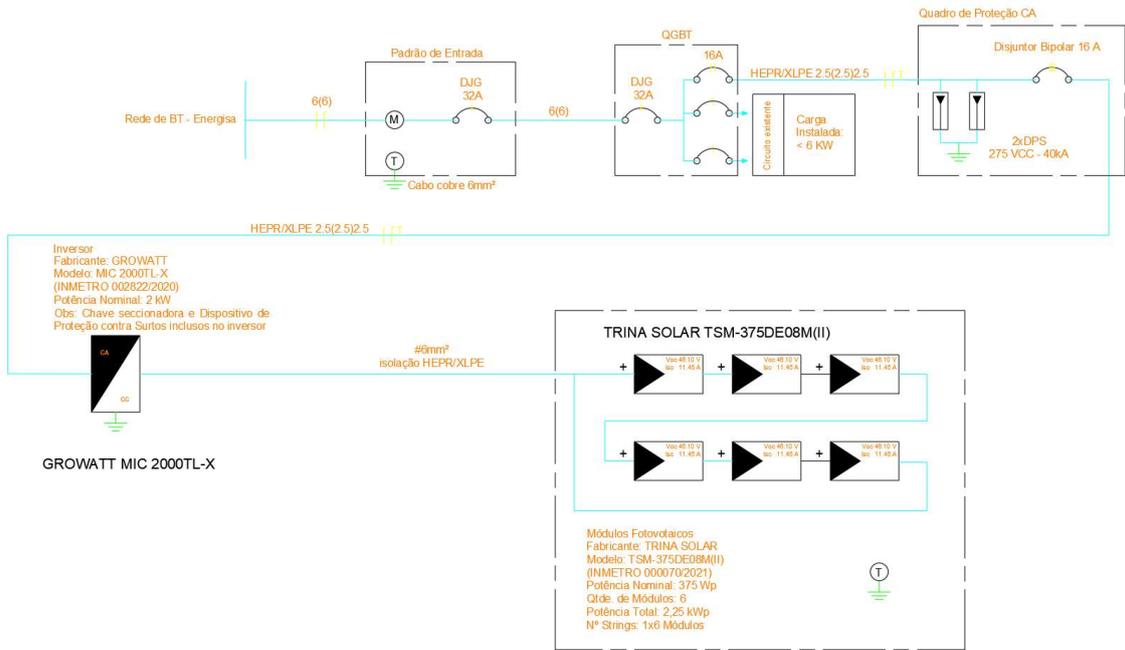


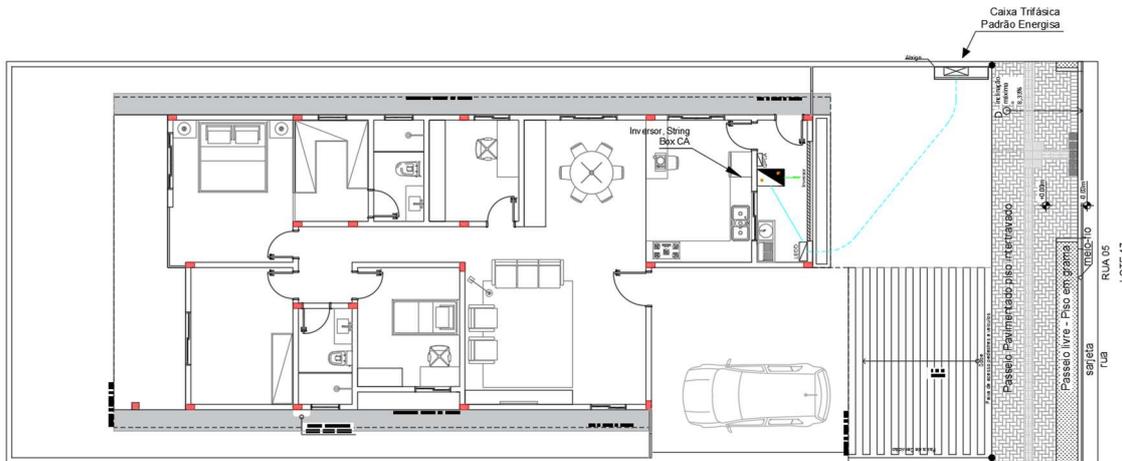
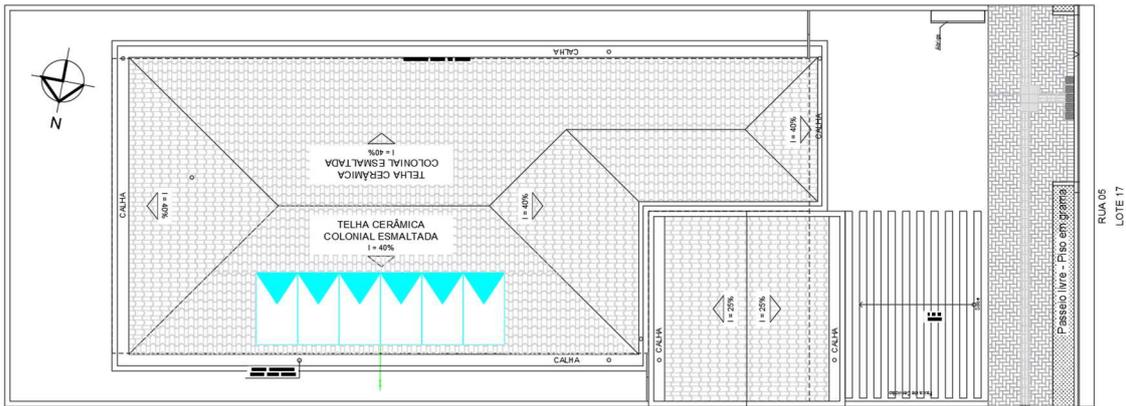


Inversor, String  
Box CA

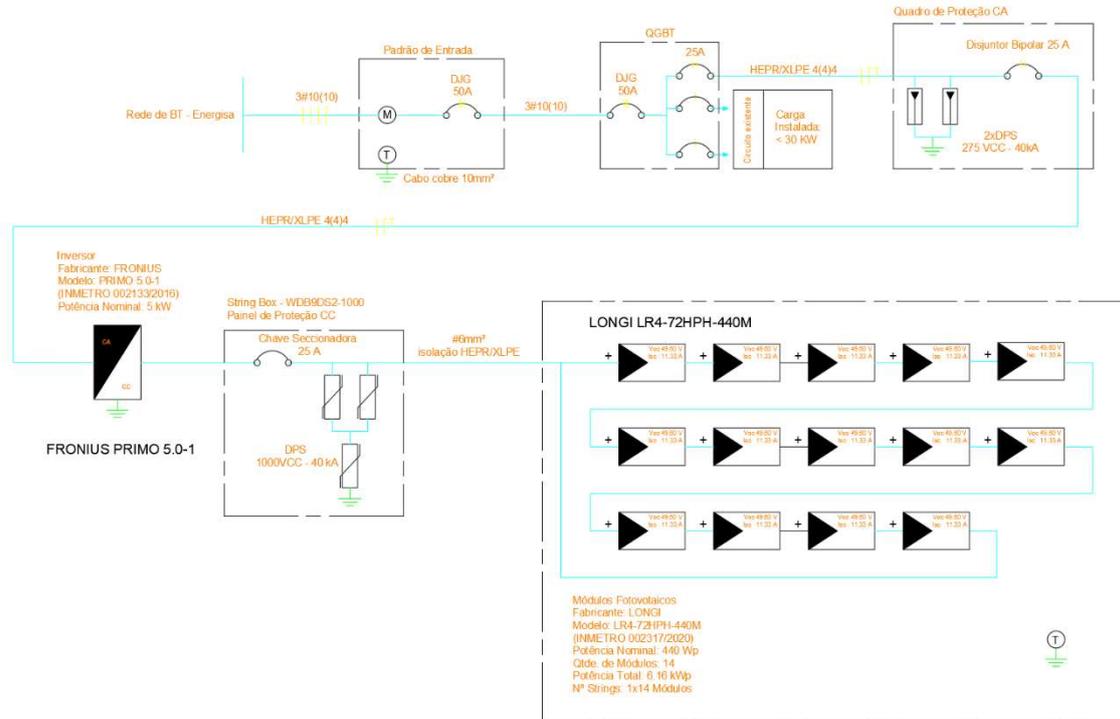


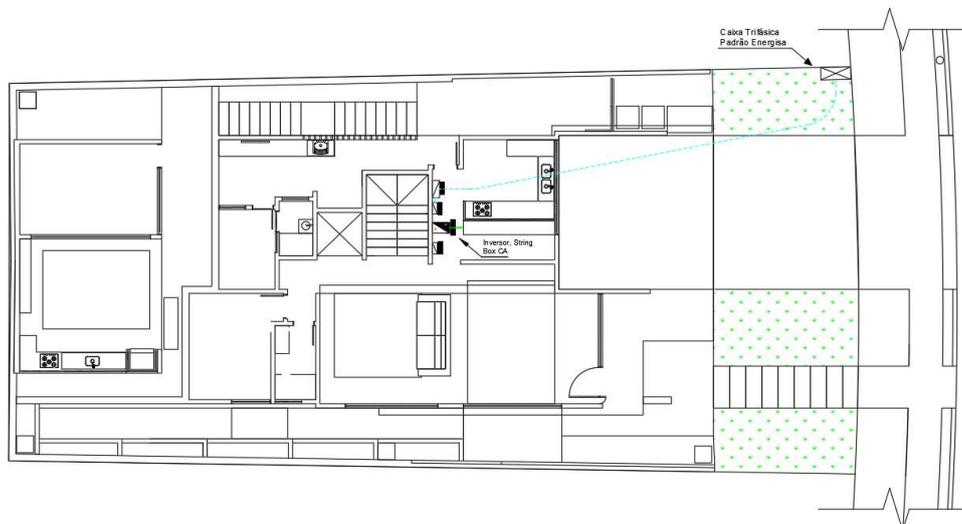
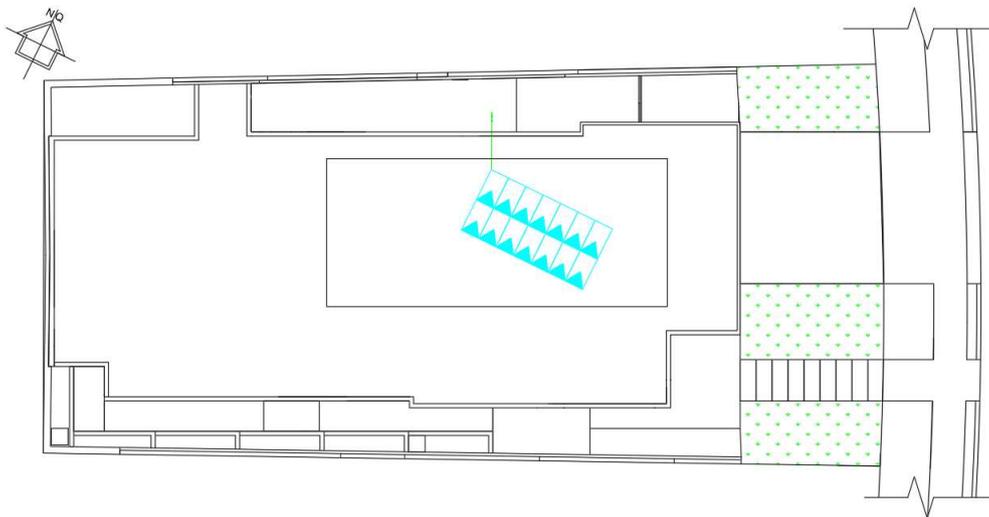
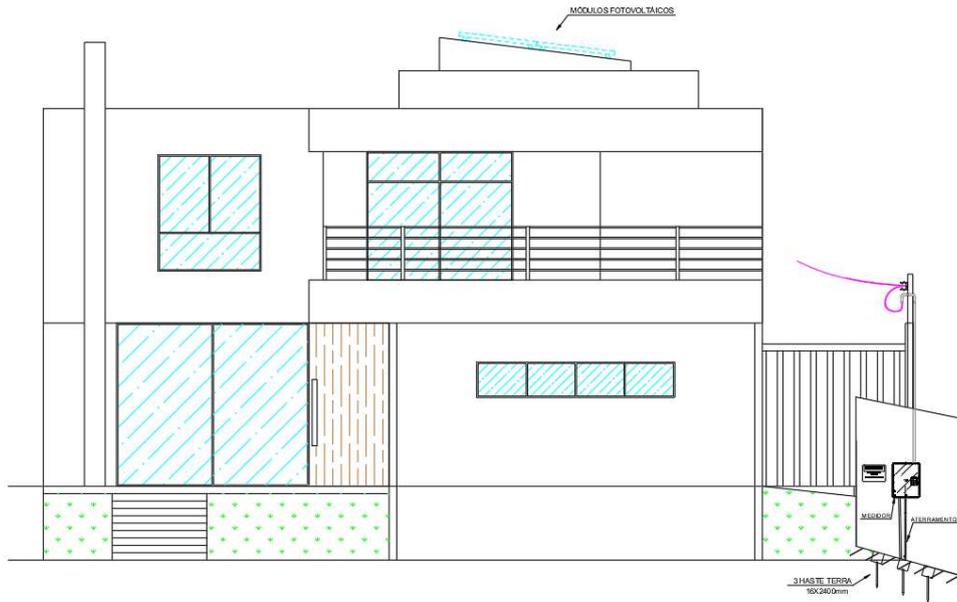
• Projeto 10



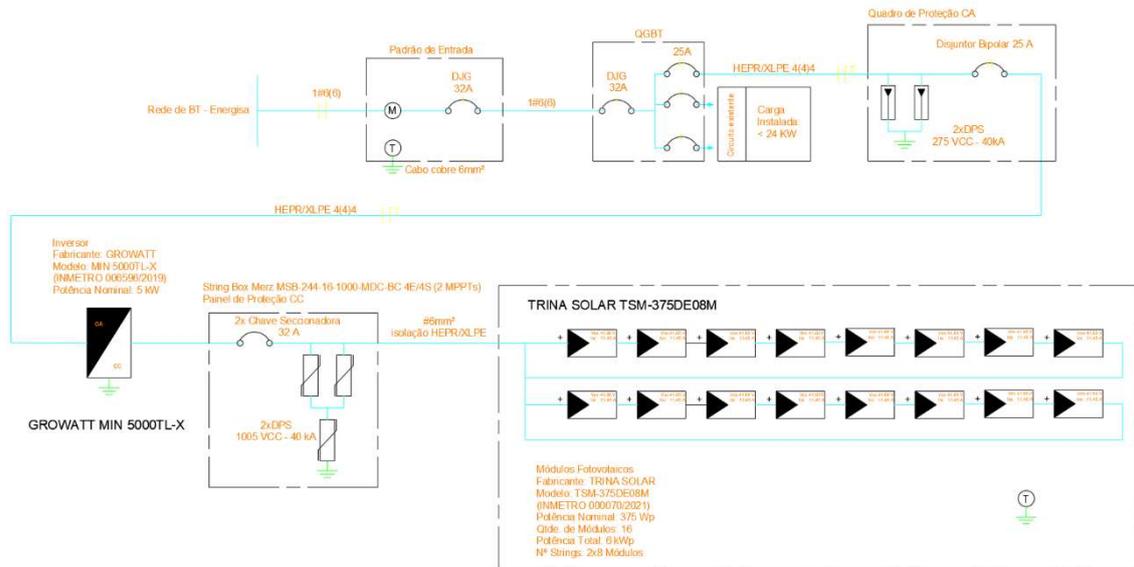


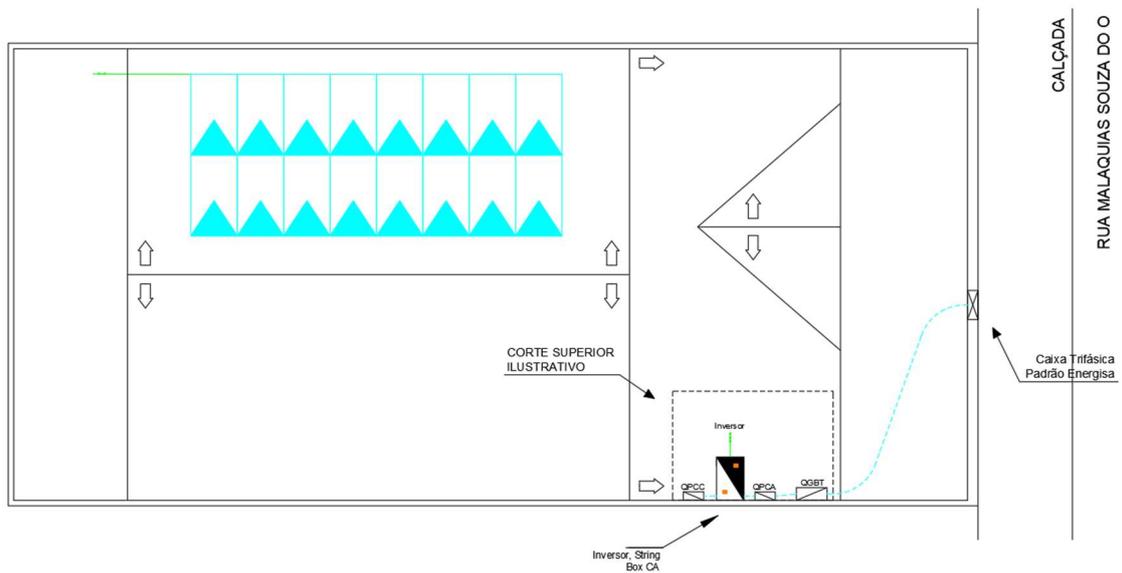
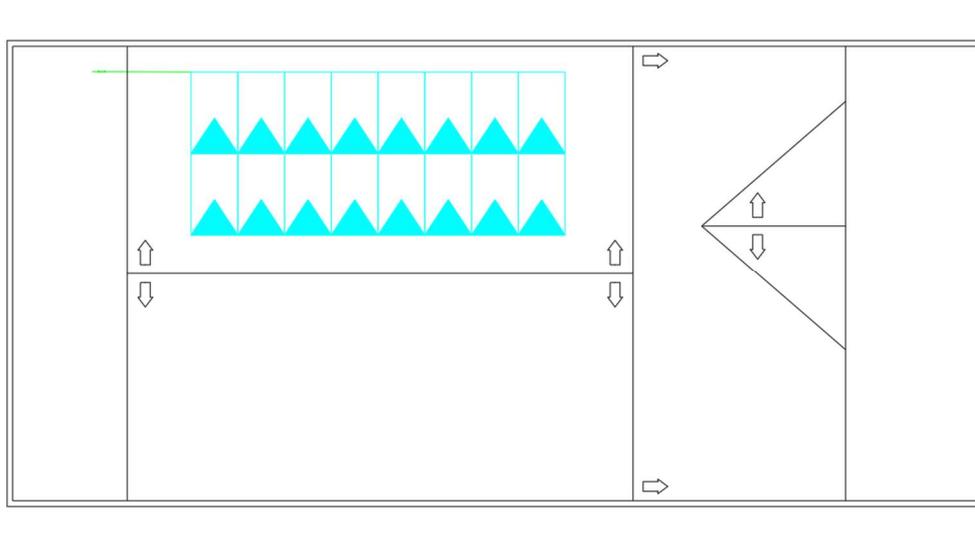
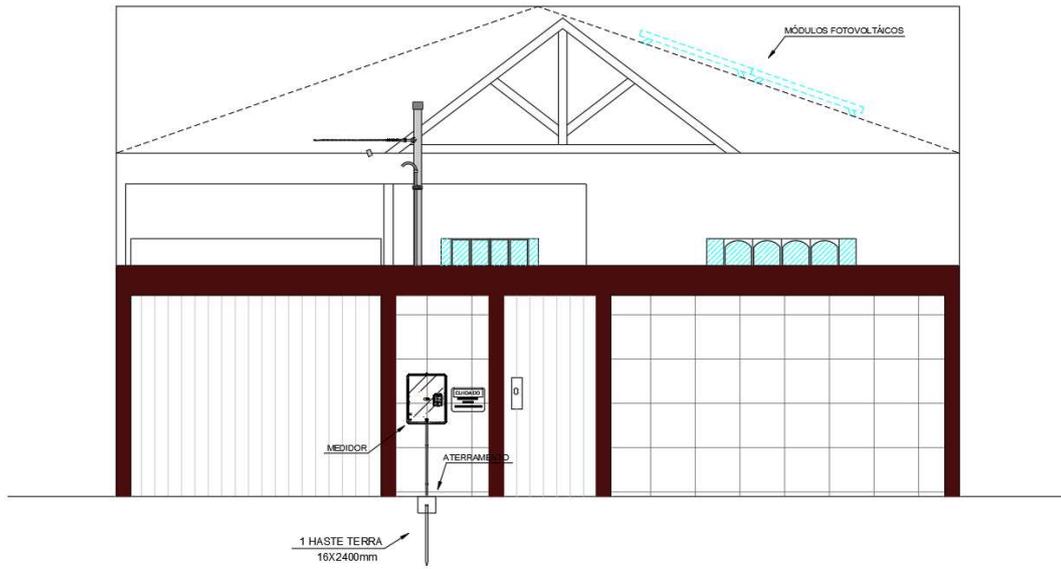
• Projeto 11



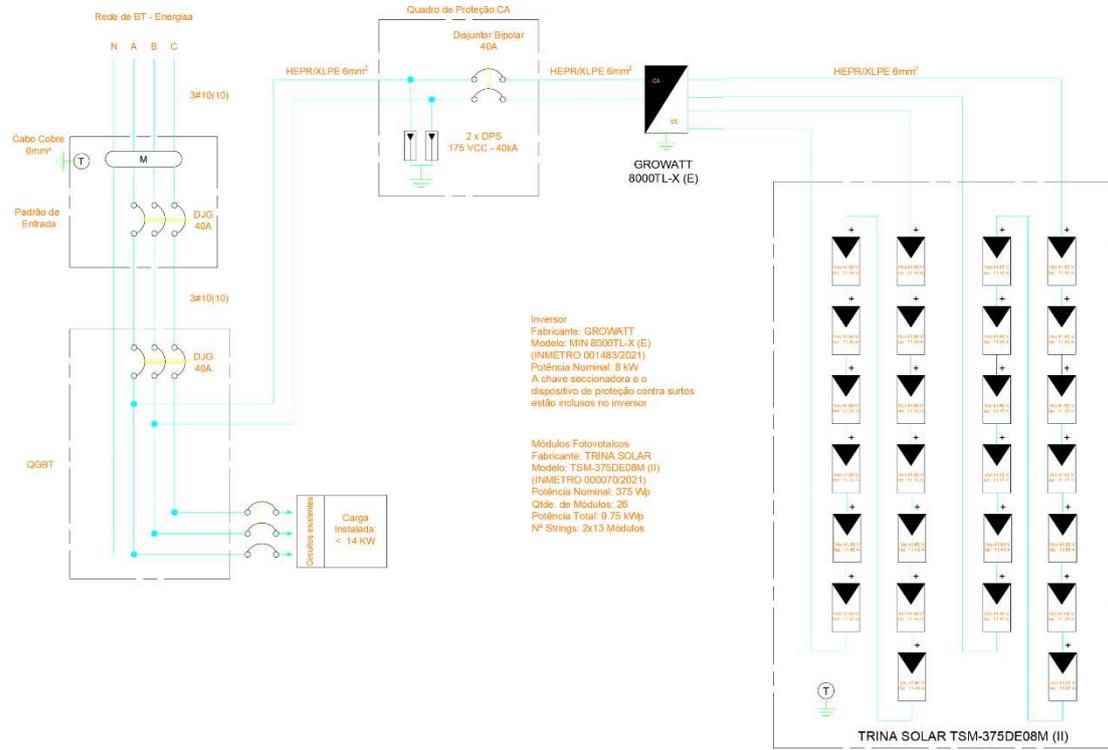


• Projeto 12



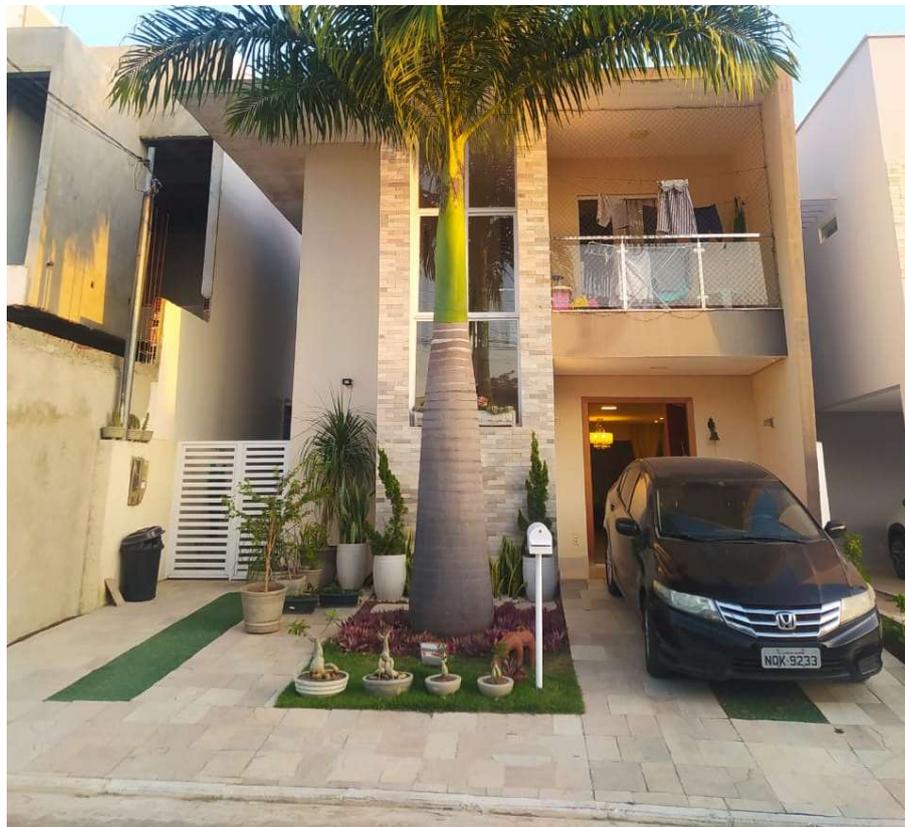
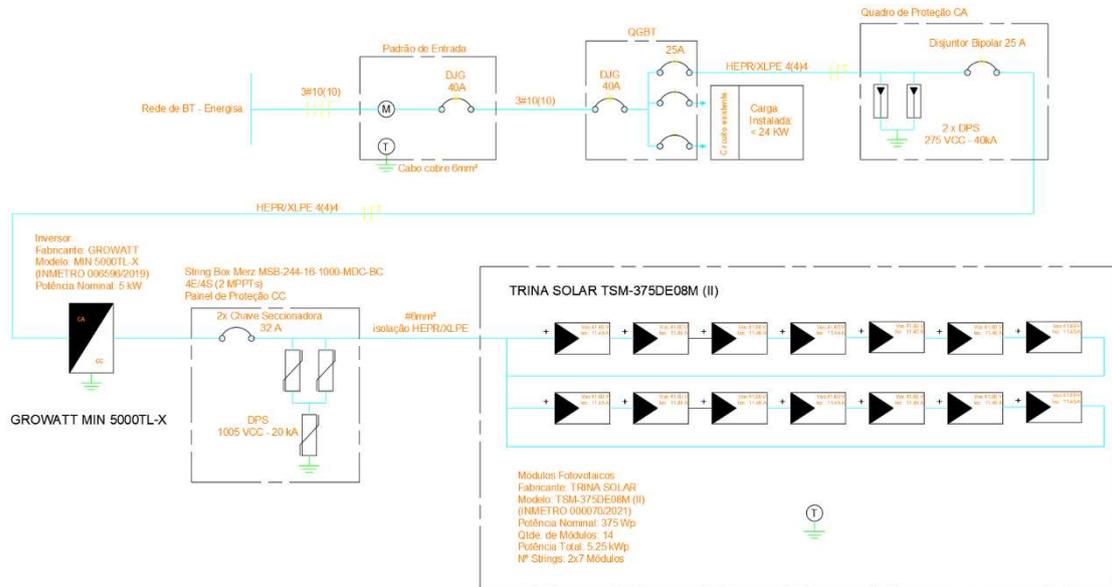


• Projeto 13



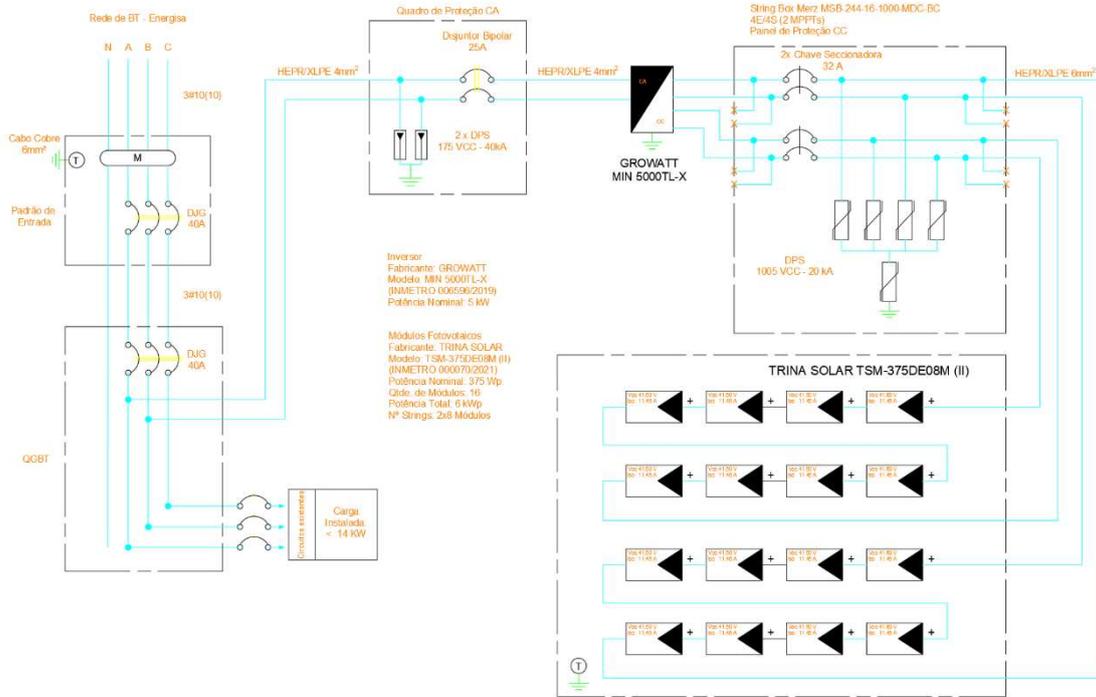


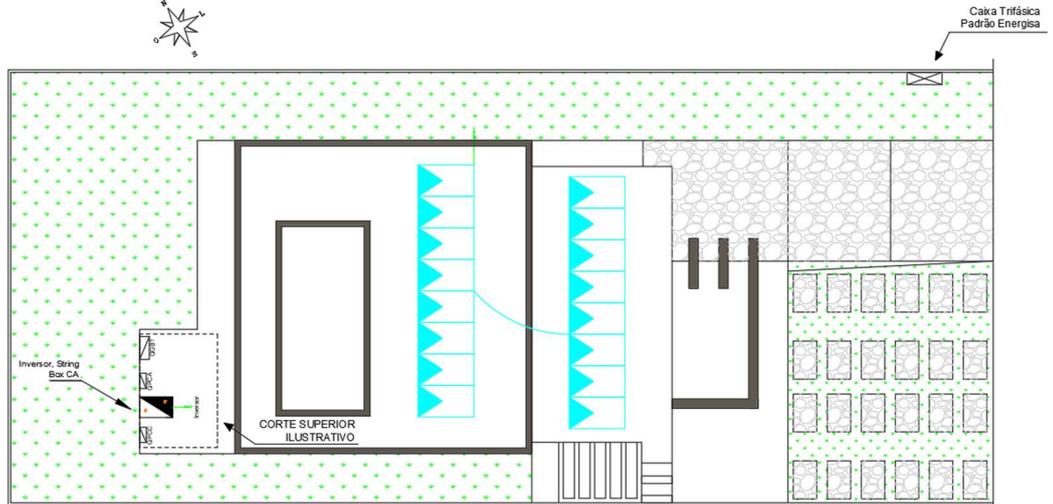
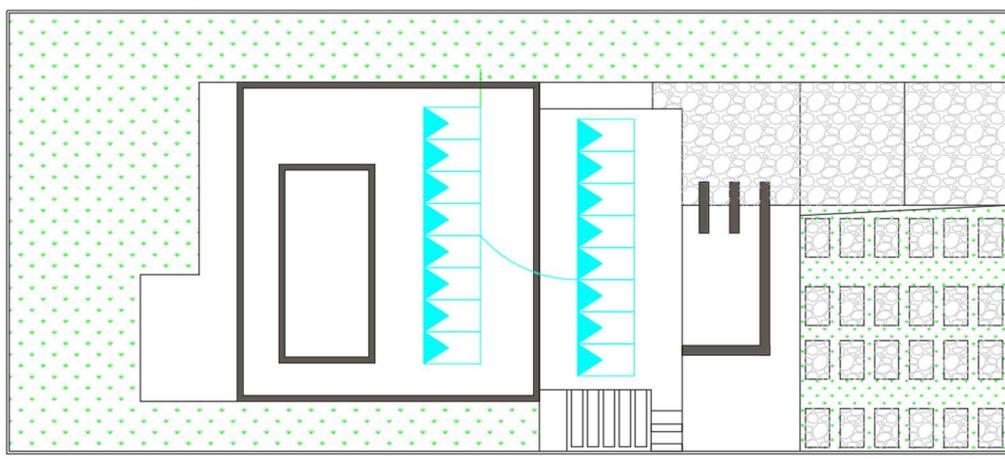
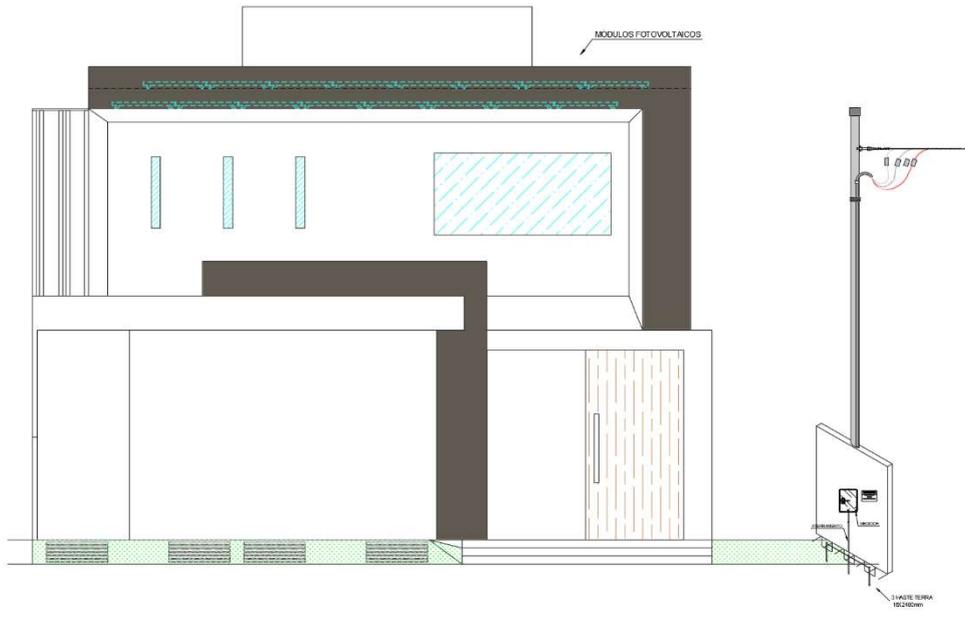
• Projeto 14



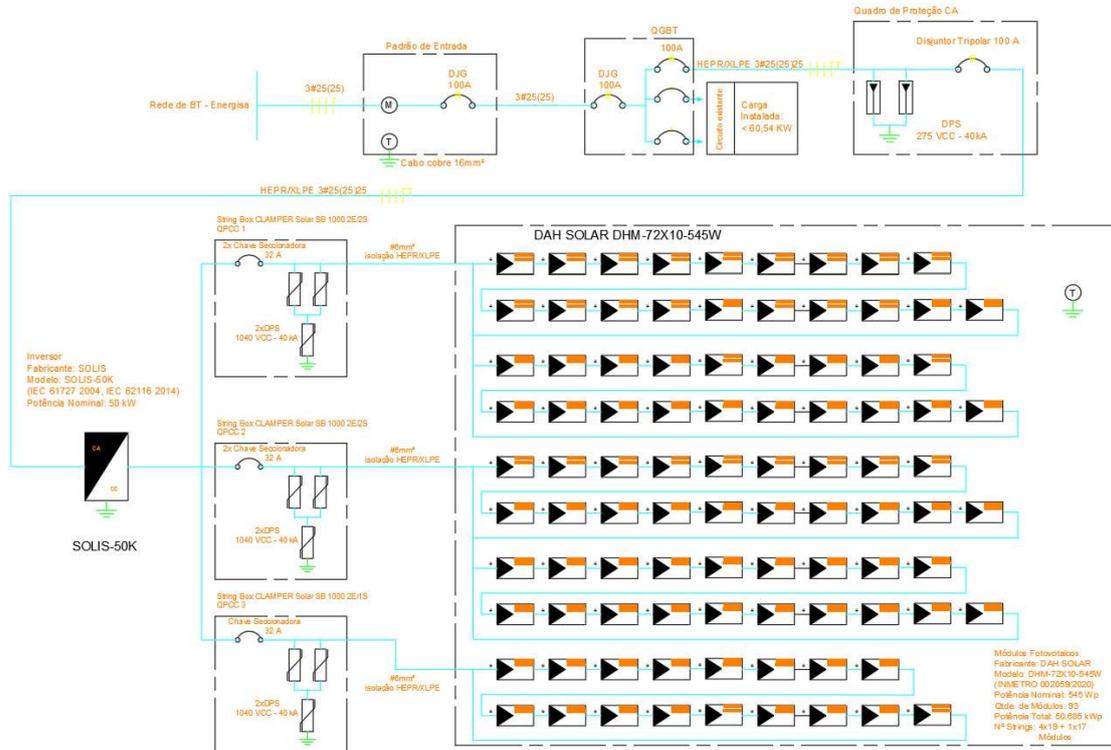


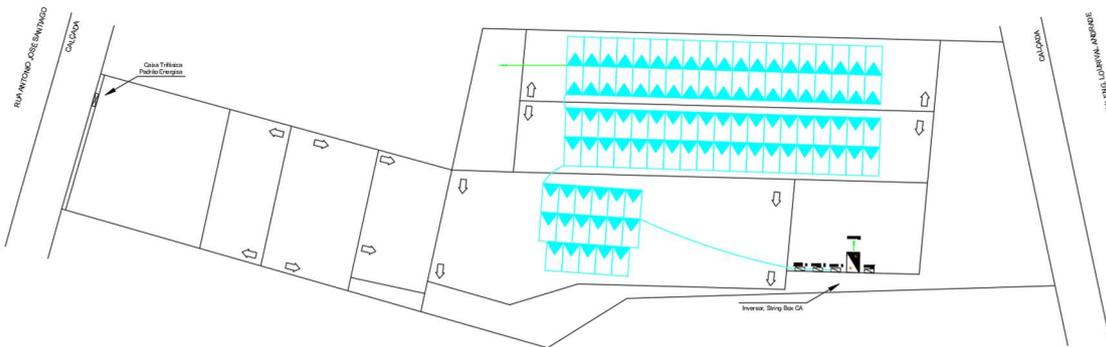
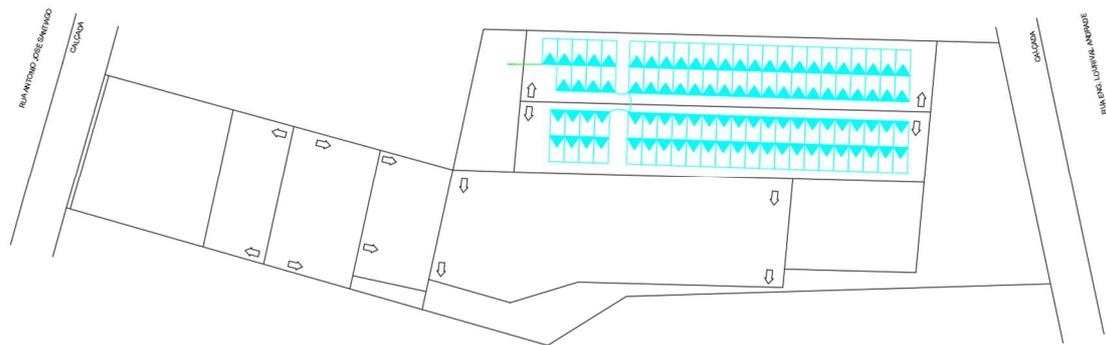
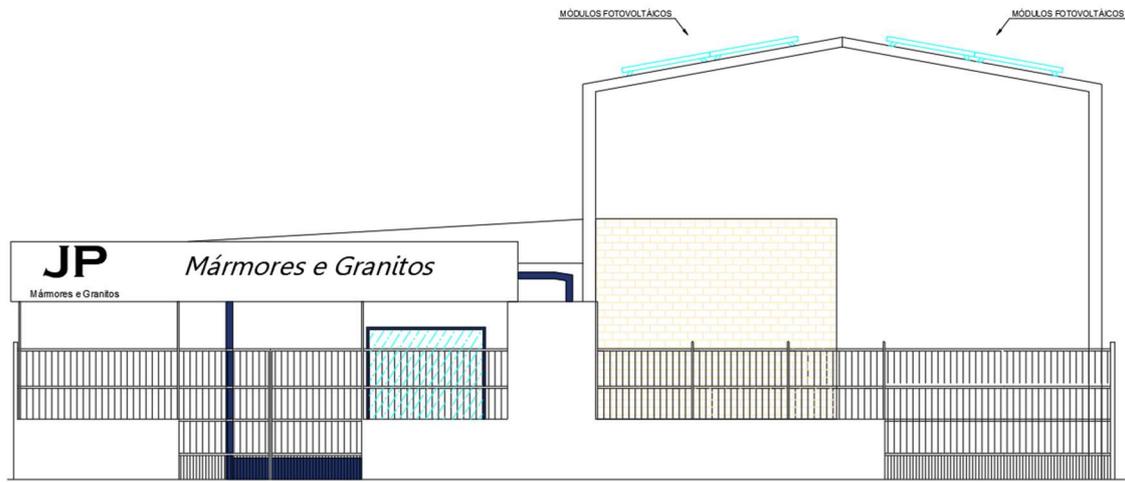
• Projeto 15



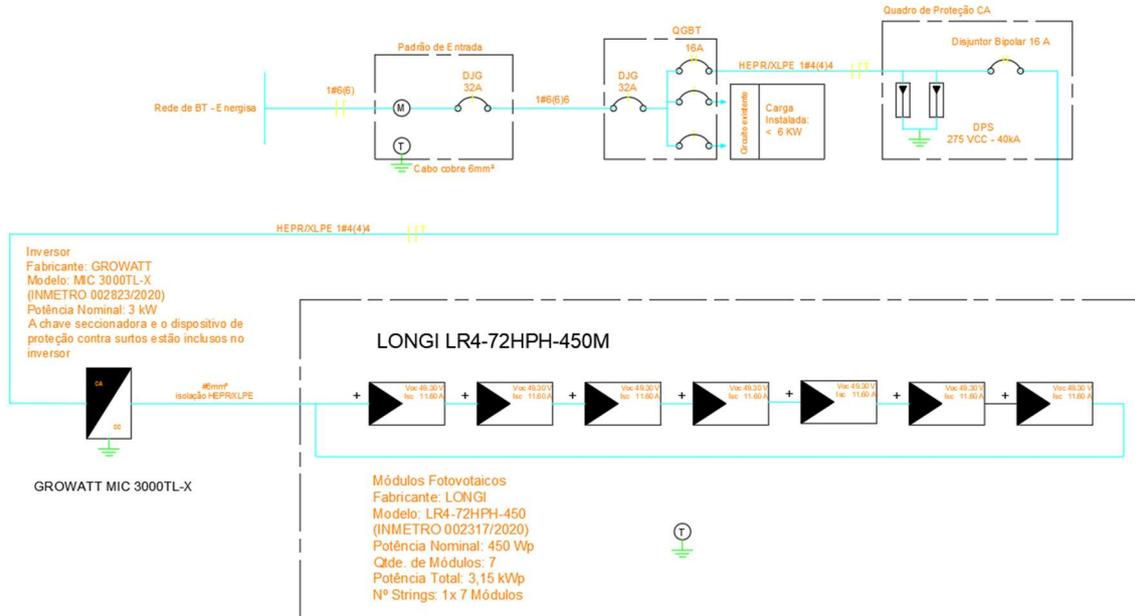


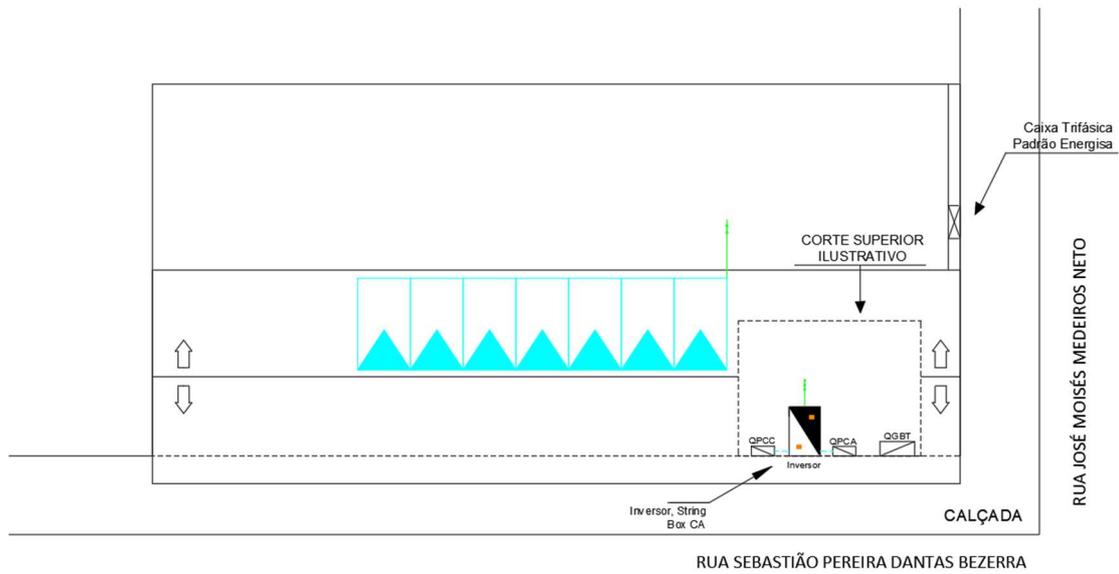
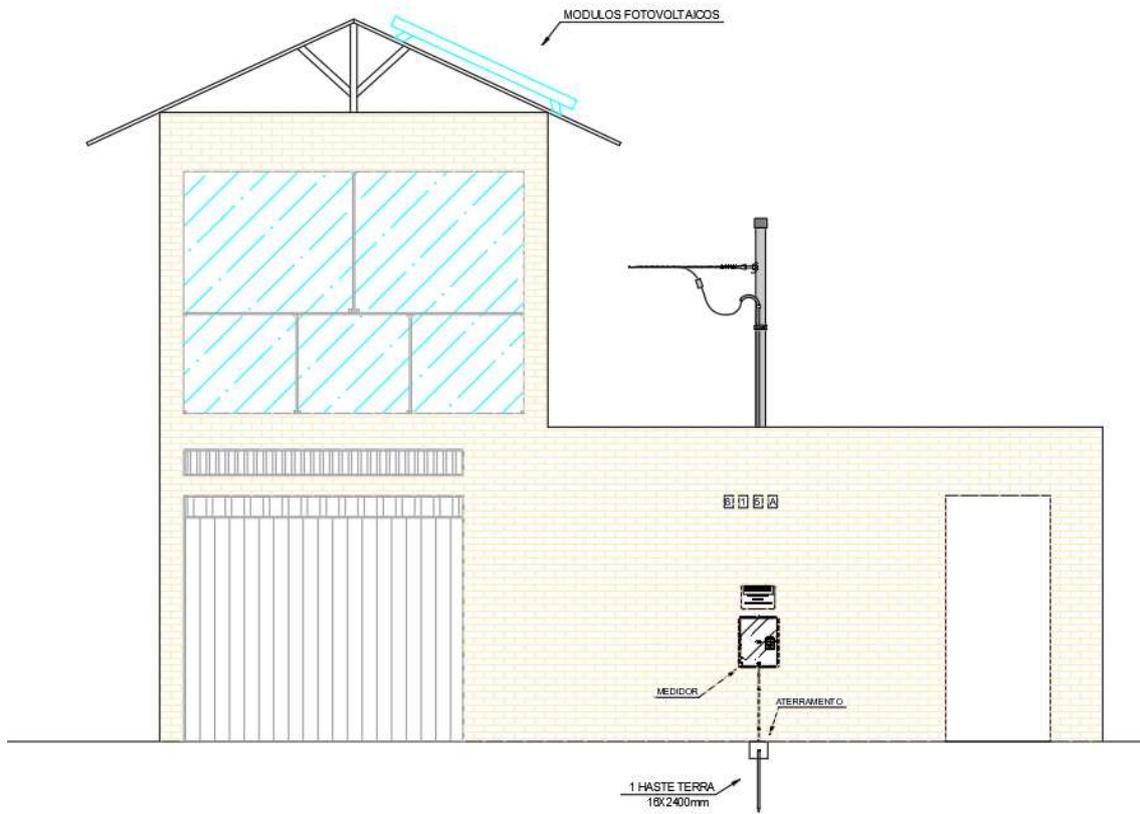
• Projeto 16



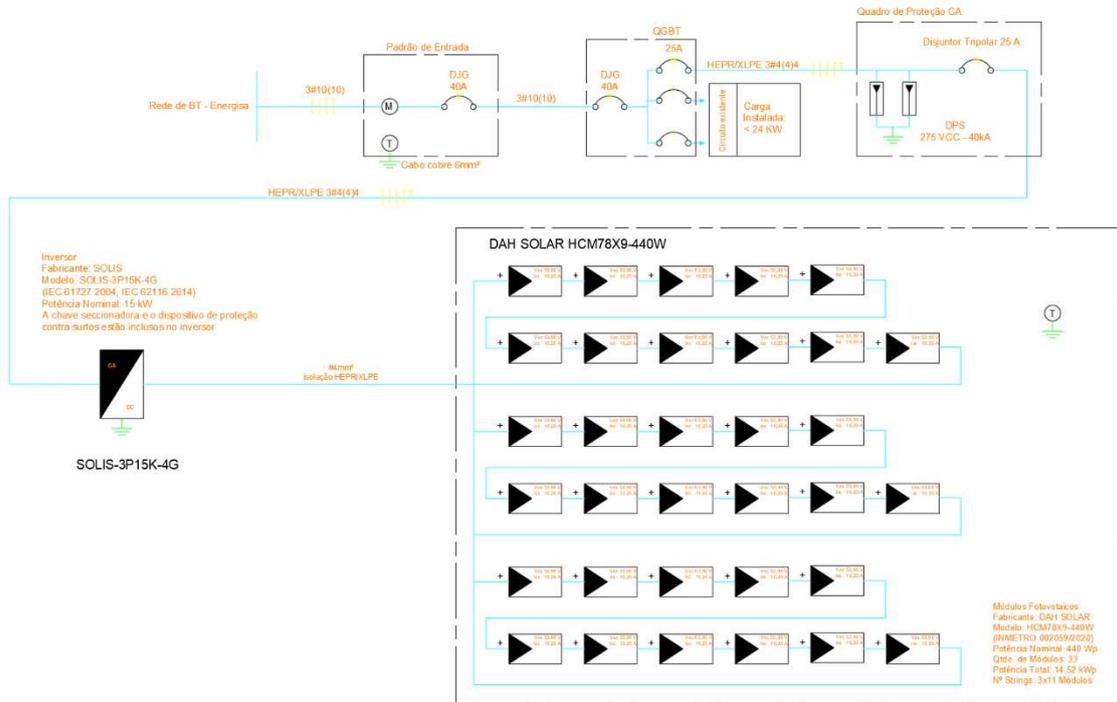


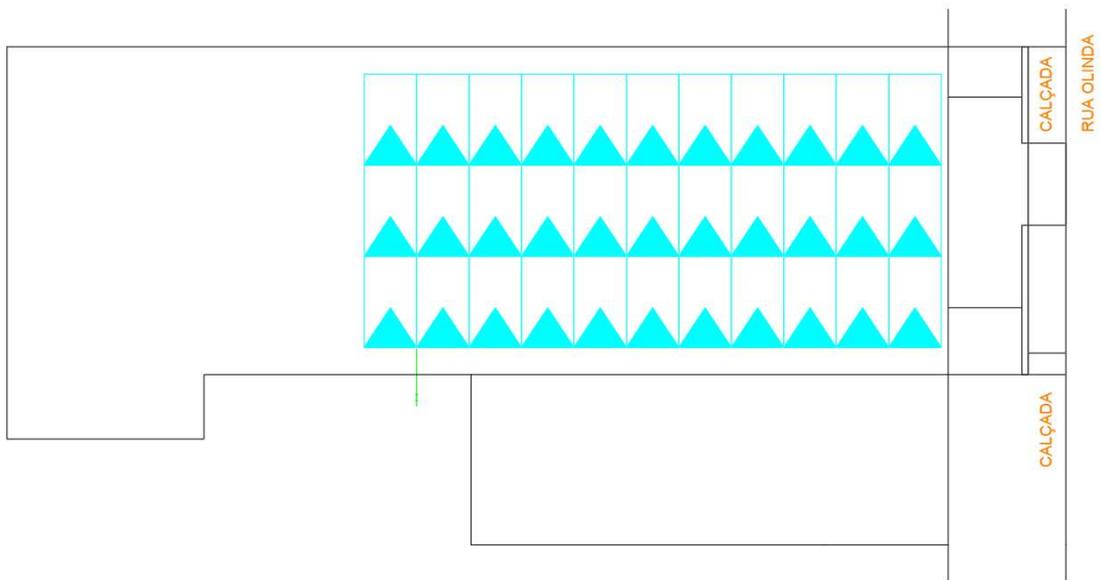
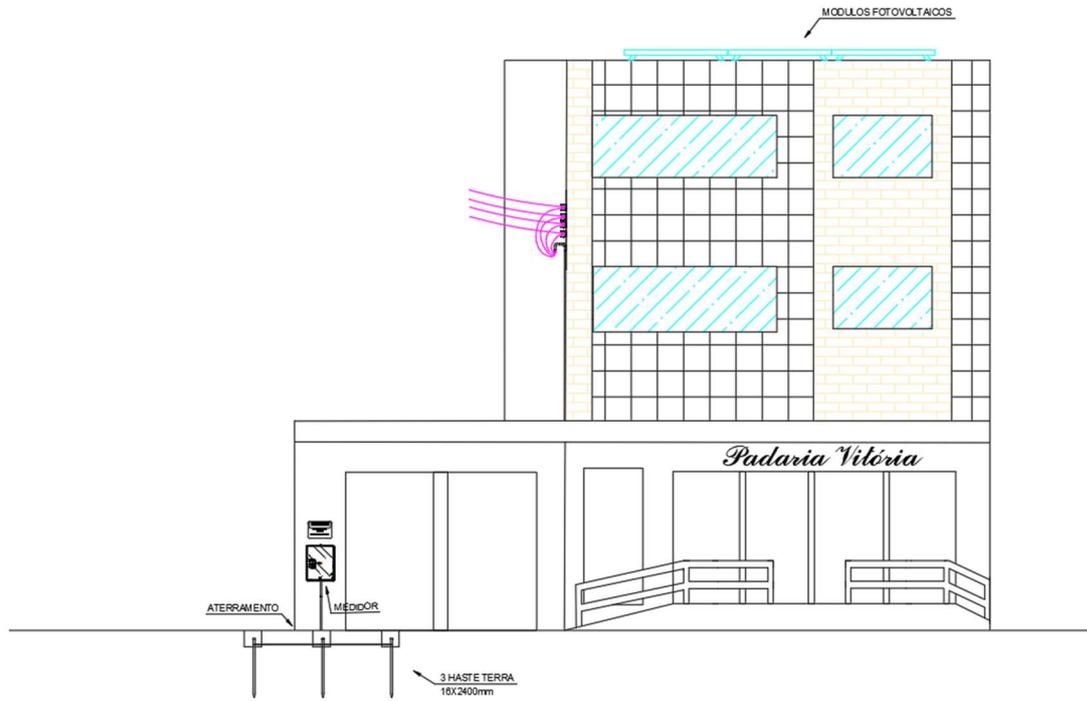
• Projeto 17



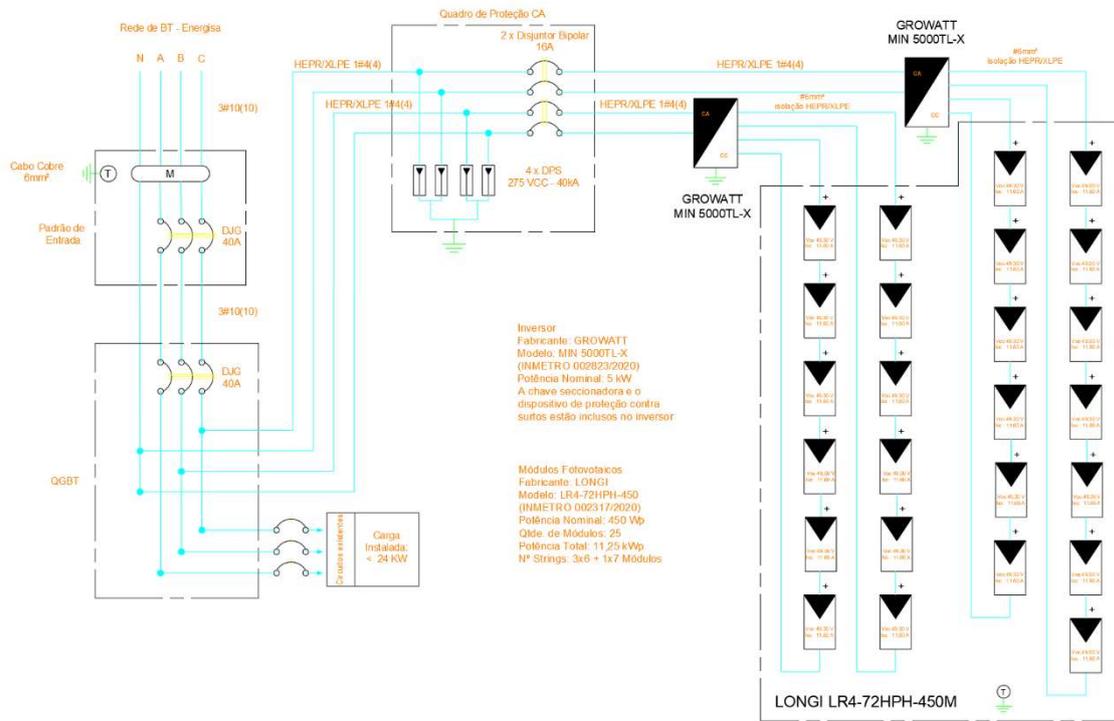


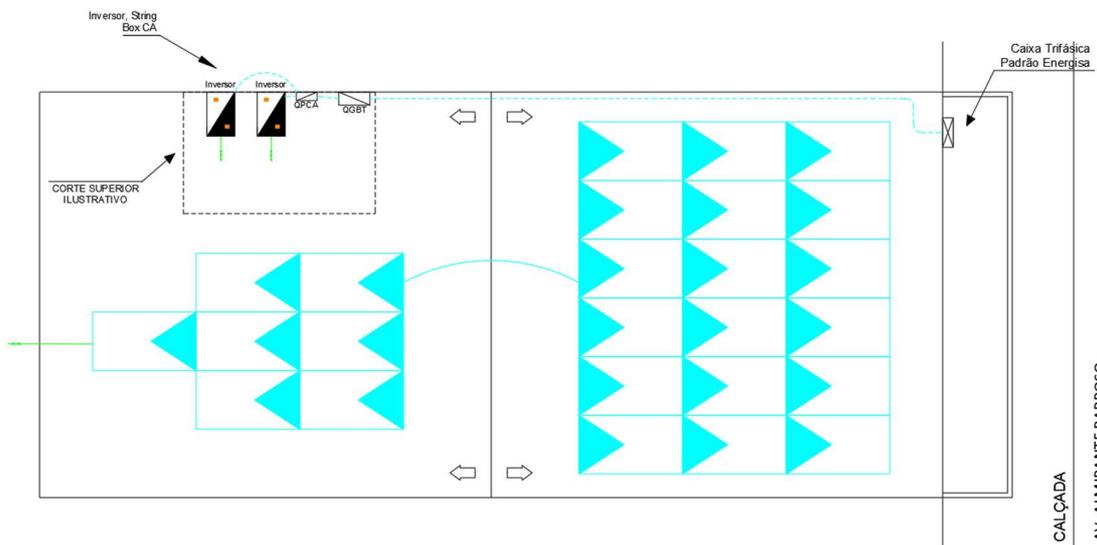
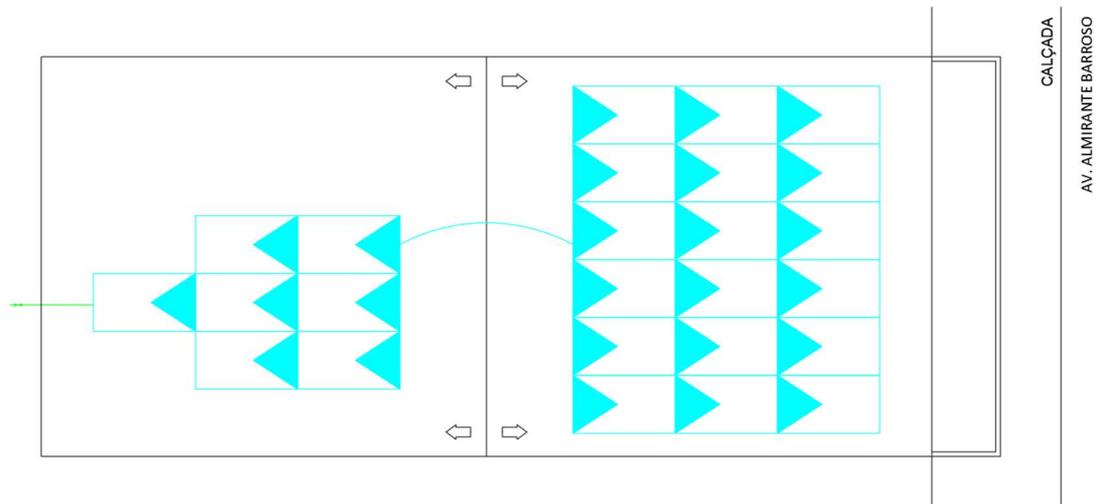
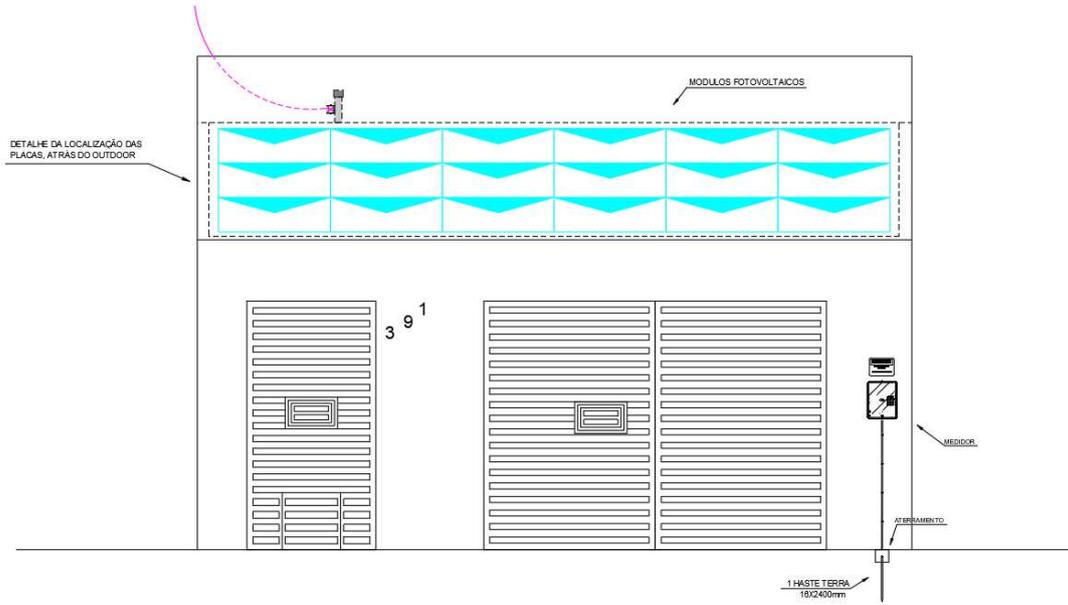
• Projeto 18



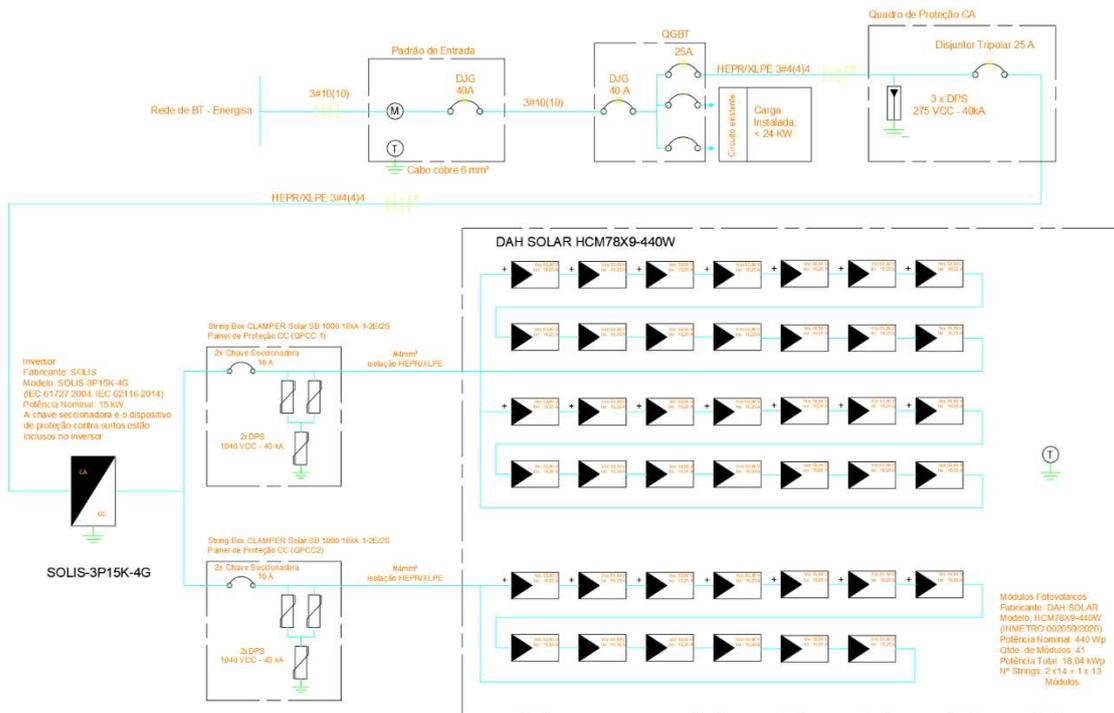


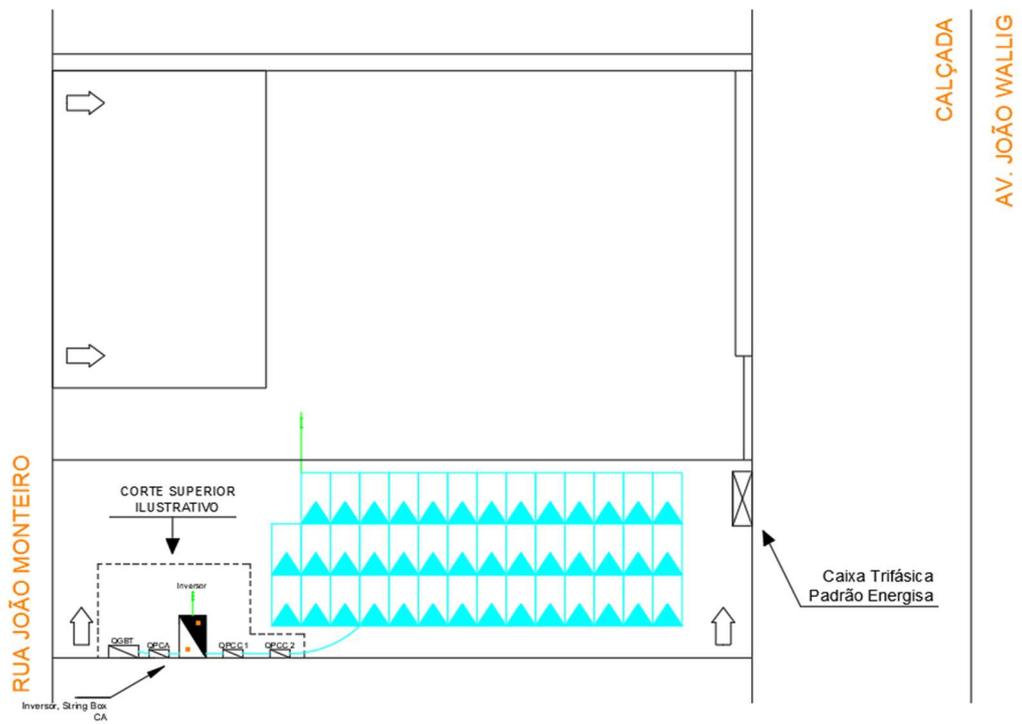
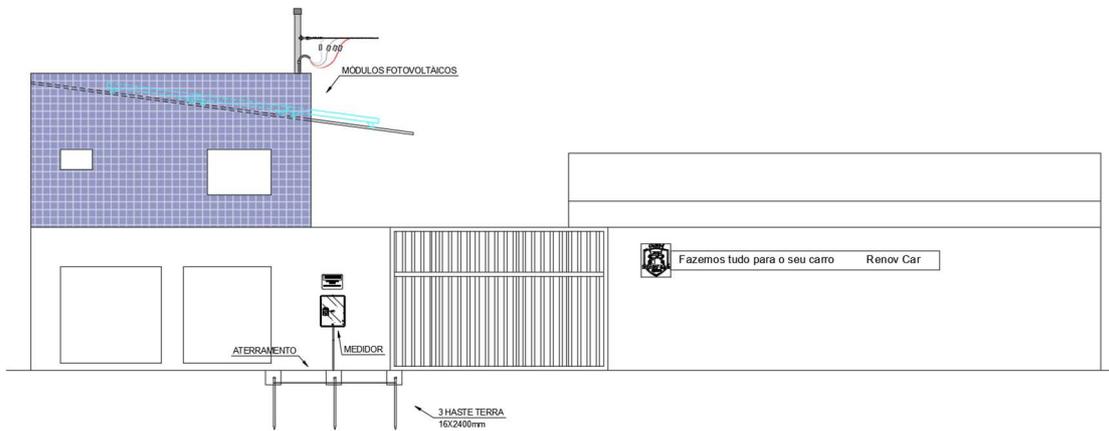
• Projeto 19





• Projeto 20





## APÊNDICE B – PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL

- Balanceamento de Fases

Circuito	Potência (VA)	Fase A	Fase B	Fase C
1	522	X		
2	1732			X
3	185			X
4	1800		X	
5	4500	X		
6	2200	X		
7	1300	X		
8	804			X
9	109		X	
10	1761	X		
11	4000		X	
12	4500	X		
13	1900	X		
14	2598		X	
15	663		X	
16	2200		X	
17	4500		X	
18	1650		X	
19	2200			X
20	4500		X	
21	1650			X
22	1500	X		
23	4500			X
24	1500		X	
25	4500			X
26	1300	X		
TOTAL	58573	19483	19520	19571

- Quadro de Cargas

