

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

PAULO JOSÉ ALVES LOPES

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO: SOLARIS
ENGENHARIA**

Campina Grande – PB

2020

PAULO JOSÉ ALVES LOPES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO: SOLARIS ENGENHARIA

Relatório de Estágio realizado na empresa Solaris Engenharia submetido à disciplina de Estágio Supervisionado do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção na referida disciplina.

Orientador: Dr. Ronimack Trajano de Souza

Campina Grande – PB

2020

PAULO JOSÉ ALVES LOPES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO: SOLARIS ENGENHARIA

Relatório de Estágio realizado na empresa Solaris Engenharia submetido à disciplina de Estágio Supervisionado do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção na referida disciplina.

Aprovado em: _____ de _____ de 20__

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Ronimack Trajano de Souza
Orientador

Dr. Edmar Candeia Gurjão.
Professor Avaliador

À minha família, em especial aos meus pais Cleonerubens e Irlene, minha irmã Dalieva, meu irmão Matheus e minha companheira Thaiany, que sempre me apoiaram e me deram totais condições para a realização deste sonho.

Dedico

Agradecimentos

Agradeço à Deus por ter me dado força, coragem e por permitir a realização deste sonho, sempre me dando sabedoria, discernimento, força de vontade e me mantido em pé quando me sentia fraco, proporcionando a superação das minhas dificuldades.

A minha família, sem nenhuma exceção, por todos os incentivos dados na realização deste sonho. Aos meus pais, Cleonerubens e Irlene, pela base sólida que me proporcionaram, pelo amor, cuidados e sacrifícios que fizeram e têm feito por mim, não deixando de acreditarem e sempre me apoiando ao longo desta jornada.

Aos meus irmãos Dalieva e Matheus, por estarem sempre ao meu lado, por me incentivarem, pelo amor, carinho, afeto, amizade e cumplicidade de sempre.

A minha companheira Thaiany, por sempre me motivar, pelo amor imensurável que sinto por ela e sei que é recíproco, pela ajuda de sempre nas situações mais difíceis, inclusive revisando e corrigindo esse texto.

Ao meu orientador Dr. Ronimack Trajano, pelas orientações, conhecimentos compartilhados, motivação, incentivo e paciência durante este processo.

Ao meu supervisor, Engenheiro Eletricista Francisco Flávio, por todo aprendizado e disponibilidade em me ajudar durante as atividades do estágio.

Por fim agradeço aos amigos que fiz na Empresa Solaris Engenharia, em especial, ao empresário Gustavo Formiga, pela paciência e por ter permitido a realização desse estágio, como também pelas dicas, orientações e críticas ao meu trabalho.

RESUMO

O presente trabalho apresenta as principais atividades realizadas por Paulo José Alves Lopes, durante o estágio supervisionado realizado na empresa Solaris Engenharia, localizada em Sousa-PB, distante 438 km de João Pessoa, Paraíba, com vigência na data 07 de janeiro de 2020 até 07 de fevereiro de 2020, totalizando uma carga horária de 182 horas. As atividades desempenhadas no estágio foram o acompanhamentos de projetos e instalações de sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição de energia elétrica. O estágio permitiu obter experiência no mercado de trabalho e assimilar conteúdos estudados em sala de aula.

Palavras-Chave: Estágio Integrado. Instalações Elétricas. Sistema Fotovoltaico. Projetos.

ABSTRACT

The present work presents the main activities performed by Paulo José Alves Lopes, during the supervised internship carried out at Solaris Engenharia company, located in Sousa-PB, 438 Km away from João Pessoa, capital of Paraíba, from January 7, 2020 until February 7, 2020. The activities carried out in the internship were projects and installations of photovoltaic systems connected to the electricity distribution network. The internship total 182 hours and allowed me to gain experience in the market and to assimilate contents studied in the classroom.

Keywords: Supervised Internship. Electrical Installations. Photovoltaic System. Projects.

LISTA DE FIGURAS

1.1 Vista Frontal da Loja da Solaris Engenharia	12
1.2 Interior da Loja Solaris Engenharia	13
1.3 Escritório da Solaris Engenharia	13
2.1 Dimensionamento do padrão de entrada das categorias de atendimento 380/220V	17
2.2 Fluxo dos procedimentos para acesso a microgeração	22
2.3 Requisitos de Proteção do Inversor	24
2.4 Ajustes recomendados das proteções	25
2.5 Procedimentos e prazos das etapas de acesso	26
2.6 Sistema Fotovoltaico Conectado a rede de Distribuição	27
2.7 Composição da estrutura de um módulo fotovoltaico	28
2.8 Módulos fotovoltaicos instalados em telhado	29
2.9 Arranjo série/paralelo de módulos fotovoltaicos	29
2.10 Caixa de medição com medidor bidirecional	30
2.11 Inversor conectado a string box.....	31
3.1 Monitoramento da geração de energia elétrica via Web em tempo real ..	36
3.2 Gráfico da energia elétrica gerada pelo sistema	37
3.3 Estrutura onde os módulos foram instalados	43
3.4 Estrutura onde foram instalados os módulos	43
3.5 Módulos instalados na laje da edificação	44
3.6 Inversor Sofar de 15 kW	46
3.7 Diagrama Uniiflar da Instalação.....	50

LISTA DE TABELAS

1.	Tensões Secundárias para a EPB e EBO.....	21
2.	Etapas e procedimentos de acesso para microgeração.....	22
3.	Economia gerada pelo sistema solar.....	37
4.	Dados elétricos das strings.	40
5.	Dados elétricos do inversor.	41
6.	Valores de Irradiação Solar Diário Médio Mensal.....	42
7.	Trechos e os respectivos cabos, métodos de instalação, métodos de referência de instalações e seção do condutor.	49
8.	Especificação do quadro de distribuição para categorias de atendimento T1	50

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i>
ANEEL	<i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i>
CA	<i>Corrente Alternada</i>
CC	<i>Corrente Contínua</i>
DIT	<i>Demais Instalações de Transmissão</i>
DPS	<i>Dispositivo de Proteção contra Surtos</i>
DRT	<i>Documento de Responsabilidade Técnica</i>
EPDM	<i>Borracha Etileno-Propileno-Dieno</i>
EPR	<i>Borracha Etileno-Propileno</i>
GD	<i>Geração Distribuída</i>
GTDU	<i>Grampo Terra Duplo</i>
NBR	<i>Normas Brasileiras</i>
NDU	<i>Norma de Distribuição Unificada</i>
NR	<i>Norma Reguladora</i>
PRODIST	<i>Procedimentos de Distribuição</i>
PVC	<i>Policloreto de Vinila</i>
UV	<i>Ultravioleta</i>
XLPE	<i>Polietileno reticulado</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	11
1.2 Local de Estágio	11
1.3 Estrutura do Trabalho	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 Projeto Elétrico de Baixa Tensão	14
2.2 Normas Consultadas	14
2.3 Termos Utilizados nas Normas de Microgeração	19
2.4 Procedimentos de Acesso	21
2.5 PRODIST – Módulo 3	26
2.6 Sistema Fotovoltaico	26
3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	31
3.1 Projeto de Um Sistema Fotovoltaico on-grid de 11.39 kWp	32
3.2 Projeto de Um Sistema Fotovoltaico on-grid de 13.2 kWp	33
3.3 Configuração de Inversor para um Sistema Solar on-grid	34
3.4 Realização de Proposta para um cliente comercial	36
3.5 Realização de Visita Técnica e proposta para um cliente de São José da Lagoa Tapada – PB	39
3.6 Projeto de um Sistema Fotovoltaico para cliente residencial ...	41
3.7 Estudo de Caso de Um Sistema Fotovoltaico na cidade de Santa Cruz – PB	41
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
ANEXOS	54
ANEXO A – Ficha Técnica dos Módulos RISEN 330 W	55
ANEXO B – Ficha Técnica do Inversor Solar de 15 kW	56
ANEXO C – Detalhes do Aterramento	57
ANEXO D – Planta de Localização dos Módulos	58
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

No presente relatório serão apresentadas atividades desenvolvidas por Paulo José Alves Lopes, durante o Estágio Curricular Supervisionado, um dos requisitos para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O estágio foi realizado na empresa Solaris Engenharia, localizada na cidade de Sousa na Paraíba, sob supervisão de Francisco Flávio das Chagas, engenheiro eletricista da empresa. O estágio teve vigência de 07 de janeiro de 2020 a 07 de fevereiro de 2020, totalizando uma carga horária de 182 horas.

1.1 Objetivos

O objetivo geral do estágio supervisionado é acompanhar e executar os projetos elétricos para garantir a execução de forma correta, atendendo às Normas de Distribuições Unificadas (NDUs), elaboradas pela Energisa, assim como as Normas Brasileiras (NBRs), elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como exemplo, a NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão e atendendo às Normas Regulamentadoras (NRs), como a NR 10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Também apresentou como objetivo geral vivenciar situações típicas da profissão de engenheiro eletricista, e desenvolver habilidades relativas ao trabalho em equipe, organização, administração, cumprimento de prazos, planejamento e execução de serviços e resolução rápida de problemas que possam vir a ocorrer durante a execução das atividades.

Os objetivos específicos do estágio são:

- Acompanhar e executar projetos e as instalações de sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição de energia elétrica;
- Submeter os projetos para a avaliação por parte da Energisa.

1.2 Local do estágio

O estágio foi realizado na SOLARIS ENGENHARIA, uma empresa do grupo RURAL ELETRO, a qual foi fundada na cidade de Sousa-Paraíba.

A empresa nasceu da necessidade de ampliar a prestação de serviços já oferecidos (projetos elétricos prediais e residenciais, instalações de bombas submersas), tendo em vista as novidades trazidas com as energias renováveis, e em 2018, passou a ofertar a realização de projetos fotovoltaicos com a instalações e manutenção de placas geradoras de energia solar.

Atualmente a empresa possui atendimento diferenciado, compondo o seu quadro funcional, um engenheiro eletricitista, um engenheiro agrônomo, dois técnicos-eletricistas, três auxiliares de serviços gerais, duas secretárias e dois vendedores externos, gerando mão de obra e renda, direta e indiretamente, contribuindo com a qualidade do meio ambiente.

A SOLARIS ENGENHARIA tem como missão precípua levar a todo o sertão paraibano novas tecnologias, serviços elétricos de qualidade, eficiência e excelência, prezando sempre pela melhoria contínua e satisfação dos clientes e colaboradores.

A seguir são apresentadas algumas fotos do local de realização do estágio. A figura 1.1 mostra a vista frontal da loja da Solaris Engenharia.

Figura 1.1 – Vista Frontal da loja da Solaris Engenharia.



Fonte: Próprio Autor.

A figura 1.2 mostra a parte interna da loja, com produtos, mostruários e balcão. E a figura 1.3 é mostrado o escritório da Solaris Engenharia.

Figura 1.2 – Interior da Loja da Solaris Engenharia.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 1.3 – Escritório da Solaris Engenharia.



Fonte: Próprio Autor.

1.3 Estrutura do trabalho

No Capítulo 2 está a fundamentação teórica, conceitos, prazos e normas utilizadas durante as atividades realizadas no estágio. No Capítulo 3 estão descritas as principais atividades realizadas no estágio, incluindo, análise crítica sobre dificuldades encontradas; conhecimentos do curso de graduação em Engenharia Elétrica aplicados e novos conhecimentos adquiridos; processos, metodologias e tecnologias empregadas; fases em que as atividades mais se concentraram e por último, será feito um estudo de caso. O Capítulo 4 destaca as principais considerações sobre o estágio.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentado alguns conceitos teóricos relacionados ao projeto e a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição de energia elétrica.

2.1 Projeto elétrico de baixa tensão

O projeto elétrico é uma previsão escrita dos componentes de uma instalação elétrica, com detalhes e métodos de dimensionamento em conformidade com as normas vigentes. No caso de eletrificação em baixa tensão, a NBR 5410 e a NDU 001, em conjunto com a NR 10, elaborada pelo Ministério da Justiça (que incorporou parte do antigo Ministério do Trabalho, relacionado a fiscalização das condições de trabalho), entre outras normas, devem ser consultadas para a elaboração e tomada de decisão do projeto. Basicamente, o projeto tem por objetivo apresentar como será realizada a transferência de energia desde uma fonte primária, em geral a rede de distribuição da concessionária ou geradores próprios, até os pontos de utilização de modo eficiente para garantir um bom funcionamento da instalação e a segurança dos usuários e dos equipamentos (SOUZA e MORENO, 2001).

2.2 Normas consultadas

Durante o estágio diversas normas foram consultadas, desde as normas técnicas para elaboração dos projetos elétricos e acompanhamento de serviços até

as normas de segurança, entre outras.

- **Norma Regulamentadora Nº 10 (NR 10):**

A NR 10, estabelece critérios de segurança para todos aqueles que trabalham na área elétrica em todas as suas fases, como geração, transmissão, distribuição, e consumo de energia elétrica, na condição de empregados diretos, contratados e usuários.

- **Norma Brasileira Regulamentadora Nº 5410 (NBR 5410)**

A norma brasileira NBR 5410 – “Instalações Elétricas de Baixa Tensão”, fixa condições que as instalações elétricas de baixa tensão devem atender, com a finalidade de garantir o funcionamento adequado, segurança de pessoas e animais domésticos e a conservação de bens.

A norma aplica-se aos seguintes tipos de instalações elétricas de baixa tensão:

- Edificações residenciais e comerciais em geral;
- Estabelecimentos industriais, agropecuários, hortigranjeiros, institucionais e de uso público;
- Edificações pré-fabricadas;
- Reboques de acampamentos, locais de acampamentos, marinas e instalações análogas;
- Canteiros de obras, feiras, exposições e outras instalações temporárias;
- A qualquer linha elétrica que não seja especificamente coberta pelas normas dos equipamentos de utilização;
- Linhas elétricas fixas de sinal, exceto aos circuitos internos dos equipamentos;
- Instalações novas e já existentes em reforma.

- **Norma de Distribuição Unificada 001 (NDU 001)**

Esta norma fixa procedimentos a serem seguidos em projetos e execução das instalações de entradas de serviço das unidades consumidoras de baixa tensão em toda área de concessão da Energisa, para carga instalada na unidade consumidora igual ou inferior a 75 KW, conforme legislação em vigor. As recomendações dessa norma são aplicadas às instalações agrupadas até 3(três) unidades consumidoras urbanas e rurais, classificadas como residenciais, comerciais, rurais, poderes públicos e industriais, a serem ligadas em redes aéreas de distribuição, obedecidas as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e as Resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica. (NDU-001, 2019).

Na NDU 001 são esclarecidos as diretrizes para o dimensionamento das instalações de entradas de serviço das unidades consumidoras, dentre eles:

- Proteção da entrada de serviço;
- Medição;
- Aterramento;
- Caixas para equipamento de medição e/ou proteção;
- Postes e pontaletes;
- Demanda e dimensionamento para entradas trifásicas com neutro.

Categoria de atendimento é a classificação que se dá para as unidades monofásicas e bifásicas de acordo com a carga total instalada e para as unidades trifásicas de acordo com a demanda calculada. Com a categoria de atendimento definida é realizada o dimensionamento dos condutores do ramal de ligação, ramal de entrada, aterramento e da proteção do sistema.

A Energisa por meio da NDU 001 sugere as condições mínimas ou máximas para os dimensionamentos dos condutores do ramal de ligação, do ramal de entrada e do aterramento e também do disjuntor termomagnético para a proteção do sistema de acordo com a Tabela 17 da NDU 001 de 2019 referenciada na Figura 2.1.

Figura 2.21 – Tabela de Dimensionamento das Categorias de Atendimento 380/220 V.

CATEGORIA	N.º DE FIOS	N.º DE FASES	DEMANDA (kW)	CARGA INSTALADA (kW)	CONDUTORES (mm ²)					HASTE PARA ATERRAMENTO AÇO COBRE	DISJUNTOR TERMOIMAGNÉTICO (Limite Máximo (A))	ELETRÓDUTO DE PVC RÍGIDO (mm)	ELETRÓDUTO DE AÇO GALVANIZADO (mm)	POSTE (5 ou 7 metros)			PONTA-LETE (mm)	
					RAMAL DE LIGAÇÃO MULTIPLEX (ALUMÍNIO)	RAMAL DE LIGAÇÃO CONCENTRICO (ALUMÍNIO)	RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO E SUBTERRÂNEO (COBRE PVC 70°C)	RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO E SUBTERRÂNEO (COBRE EPR/ALP/HEPR 90°C)	ATERRAMENTO (COBRE)					POSTE DT. (deH)	POSTE TUBO DE AÇO GALVANIZADO (φ - mm)	Poste de aço galvanizado quadrado (mm)		
MONOFÁSICO	M1	2	1	-	0 < C ≤ 6,0	1x1x10+10	2x10	6(6)	6(6)	6	1H 16X2400	30/32	25	20	150	80	80x80	40
	M2	2	1	-	6,0 < C ≤ 11,0	1x1x10+10	2x10	10(10)	10(10)	10	1H 16X2400	50	25	20	150	80	80x80	40
	M3	2	1	-	11,0 < C ≤ 15,4	1x1x16+16		16(16)	16(16)	10	1H 16X2400	70	25	25	150	80	80x80	40
BIFÁSICO	B1	3	2	-	0 < C ≤ 17,6	2x1x10+10	2#10(10)	2#6(6)	6	1H 16X2400	40	32	25	150	80	80x80	50	
	B2	3	2	-	17,6 < C ≤ 22,0	2x1x16+16	2#10(10)	2#10(10)	10	1H 16X2400	50	32	25	150	80	80x80	50	
	B3	3	2	-	22,00 < C ≤ 26,30	2x1x25+25	2#16(16)	2#16(16)	16	1H 16X2400	70	40	40	150	80	80x80	50	
TRIFÁSICO	T1	4	3	0 < D ≤ 24,00	0 < C ≤ 75	3x1x10+10	3#10(10)	3#6(6)	6	1H 16X2400	40	32	32	150	80	80x80	50	
	T2	4	3	24,01 < D ≤ 30,00		3x1x16+16	3#10(10)	3#10(10)	10	1H 16X2400	50	32	32	150	80	80x80	50	
	T3	4	3	30,01 < D ≤ 42,39		3x1x25+25	3#25(25)	3#16(16)	10	1H 16X2400	70	40	40	150	100	90x90	50	
	T4	4	3	42,40 < D ≤ 60,54		3x1x35+35	3#35(35)	3#25(25)	16	1H 16X2400	100	50	50	300	100	90x90	50	
	T5	4	3	60,55 < D ≤ 75,00		3x1x70+70	3#70(35)	3#50(35)	25	1H 16X2400	125	65	75	600				

Fonte: Próprio Autor.

- **Norma de Distribuição Unificada 002 (NDU 002)**

Esta Norma Técnica apresenta os requisitos mínimos e as diretrizes necessárias para projetos e execução das instalações de entrada de serviço das unidades consumidoras em média tensão, nas concessionárias do Grupo Energisa, quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75 kW e a demanda até 2500 kW, nas tensões nominais padronizadas nas empresas do Grupo Energisa e conforme legislação em vigor. Estabelecendo padrões e procedimentos, critérios técnicos e operacionais, a partir das redes de distribuição, observando as exigências técnicas e de segurança recomendadas pela ABNT, e

em conformidade com as Resoluções Normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (NDU-002, 2019).

- **Norma de Distribuição Unificada 013 (NDU 013)**

Esta Norma Técnica apresenta os requisitos mínimos e as diretrizes necessárias para a conexão de geradores à rede de distribuição de Baixa de Tensão, nas concessionárias do Grupo Energisa S.A, estabelecendo os critérios e procedimentos técnicos exigidos pelas empresas do Grupo Energisa, para a conexão de acessantes de microgeração novos ou alteração dos existentes, com potência instalada até 75 kW, para acessantes atendidos apenas em baixa tensão que façam a adesão ao sistema de compensação de energia, em conformidade com as legislações vigentes.

O objetivo é estabelecer padrões e procedimentos de acesso, critérios técnicos, operacionais e o relacionamento operacional envolvidos na conexão de consumidores, atendidos em baixa tensão, que utilizem cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica, observando as exigências técnicas e de segurança recomendadas pela ABNT, e em conformidade com as prescrições vigentes nos Procedimentos de Distribuição – PRODIST e nas Resoluções Normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (NDU-013, 2019).

- **Resolução Normativa Nº 482**

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. (Resolução Normativa Nº 482, 2012)

- **Resolução Normativa Nº 687**

Resolução que faz algumas atualizações e alterações na Resolução Normativa Nº 482, destacando-se as seguintes: aumento do prazo para uso energético, que passa a ser 60 meses; período para aprovação do sistema fotovoltaico junto à concessionária, que mudou de 82 para 34 dias; potência permitida para a microgeração era de 100 kW e agora passa a ser 75 kW, e para a minigeração, que era permitida de 100 kW a 1 MW, agora passa a valer de 75 kW

a 5 MW. (Resolução Normativa Nº 687, 2015)

- **Resolução Normativa Nº 784**

Estabelece as condições e os prazos para a sub-rogação dos benefícios do rateio da Conta de Consumo de Combustíveis – CCC em favor de titulares de concessão ou autorização de empreendimentos que substituam derivados de petróleo ou que permitam a redução do dispêndio atual ou futuro da CCC nos sistemas elétricos isolados. (Resolução ANEEL nº 784, 2002.)

2.3 Termos Utilizados nas Normas de Microgeração

Acessada: Distribuidora e suas instalações às quais o acessante conecta suas instalações próprias, logo a acessada, para esse trabalho, é a Energisa Paraíba.

Acessante: Consumidores que possuam microgeração, que façam a adesão ao sistema de compensação de energia.

Acesso: Disponibilização do Sistema elétrico de distribuição da Energisa para instalações da unidade consumidora, ou agente importador ou exportador de energia, mediante o ressarcimento dos custos de uso e, quando aplicável, conexão.

Auto consumo remoto: Pessoa que possua unidade consumidora com microgeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada.

Baixa Tensão de Distribuição (BT): Tensão eficaz entre fases igual ou inferior a 1 kV.

Comissionamento: Procedimento realizado pela distribuidora, nas obras executadas pelo interessado para verificar sua adequação ao projeto aprovado e aos padrões técnicos de segurança da distribuidora.

Condições De Acesso: Condições gerais de acesso, como melhorias nas redes ou linhas de distribuição da acessada, bem como os requisitos técnicos e de projeto, procedimentos de solicitação e prazos, estabelecidos nos Procedimentos de Distribuição para que se possa efetivar o acesso.

Condições de Conexão: Requisitos que o acessante se obriga a atender para que

se possa efetivar a conexão de suas instalações ao sistema elétrico da acessada.

Consulta de Acesso: Procedimentos por meio do qual o acessante requisita à distribuidora acessada a elaboração da informação de acesso.

Geração Compartilhada: Reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada.

Ilhamento: Operação em que a central geradora supre uma porção eletricamente isolada do sistema de distribuição da acessada. O mesmo que operação ilhada.

Informação de Acesso: Documento que a distribuidora acessada apresenta a alternativa de conexão da central geradora, selecionada de acordo com o critério mínimo de custo global, e esclarece os procedimentos a serem esclarecidos pela central geradora para posterior formalização da solicitação de acesso.

Parecer de Acesso: Documento formal obrigatório apresentado pela acessada, sem ônus para o acessante, em que são informadas as condições de acesso, compreendendo a conexão e o uso, e os requisitos técnicos que permitam a conexão das instalações do acessante com os respectivos prazos. Não existindo pendências impeditivas por parte do acessante, a Energisa deve emitir o Parecer de Acesso e encaminhá-lo por escrito ao acessante, sendo permitido o envio por meio eletrônico, nos seguintes prazos, contados a partir da data de recebimento da solicitação de acesso:

- Até 15 (quinze) dias após o recebimento da solicitação de acesso, para central geradora classificada como microgeração distribuída, quando não houver necessidade de melhorias ou reforços no sistema de distribuição acessado;
- Até 30 (trinta) dias após o recebimento da solicitação de acesso, para central geradora classificada como microgeração distribuída, quando houver necessidade de execução de obras de melhoria ou reforço no sistema de distribuição.

Relacionamento Operacional: Documento emitido pela Acessada, que descreve e define as atribuições, responsabilidades e o relacionamento técnico-operacional e comercial do ponto de conexão e instalações de conexão.

Solicitação de Acesso: Procedimento por meio do qual o acessante requisita à

distribuidora acessada a conexão ao sistema de distribuição de modo a obter o correspondente parecer de acesso.

Tensões de Fornecimento: Tensões secundárias das empresas do grupo Energisa. Para a Energisa Paraíba (EPB) e Energisa Borborema (EBO), essas tensões são mostradas na tabela 1.

Tabela 1 – Tensões secundárias para a EPB e EBO.

Tensão	Empresas do Grupo Energisa	
Tensão BT – Rede Trifásica (380V/220V)	EBO	EPB
Tensão BT – Rede Monofásica (230V – Tensão Fase/Neutro)	EBO	EPB

2.4 Procedimentos de Acesso

Para o atendimento dos pedidos de ligação de microgeração pelos acessantes é exigido o Documento de Responsabilidade Técnica - DRT - relativa ao projeto da obra de microgeração distribuída, sendo apresentado devidamente assinado pelo contratante e pelo responsável técnico, que ateste a responsabilidade técnica do profissional em realizar aquela atividade.

O Memorial Descritivo das instalações de conexão, da proteção, os dados e as características do Acessante. O memorial relaciona os seguintes itens:

- a) Normas e Padrões Técnicos e Documentação Relacionada (Certificação dos Equipamentos);
- b) Identificação da Unidade Consumidora (UC);
- c) Dados do Ponto de Entrega: Tensão e Disjuntor de Entrada, seção e tipo de isolamento dos condutores do ramal de ligação e de entrada;
- d) Especificações do Gerador, do Inversor, dos equipamentos de proteção CC e CA (disjuntor, fusíveis, DPS), disjuntor de entrada e dos condutores;
- e) Descrição do sistema de Aterramento, equipotencializações;
- f) Descrição das funções de proteção utilizadas (sub e sobre tensão, sub e sobre frequência, sobre corrente, sincronismo e anti-ilhamento) e seus respectivos

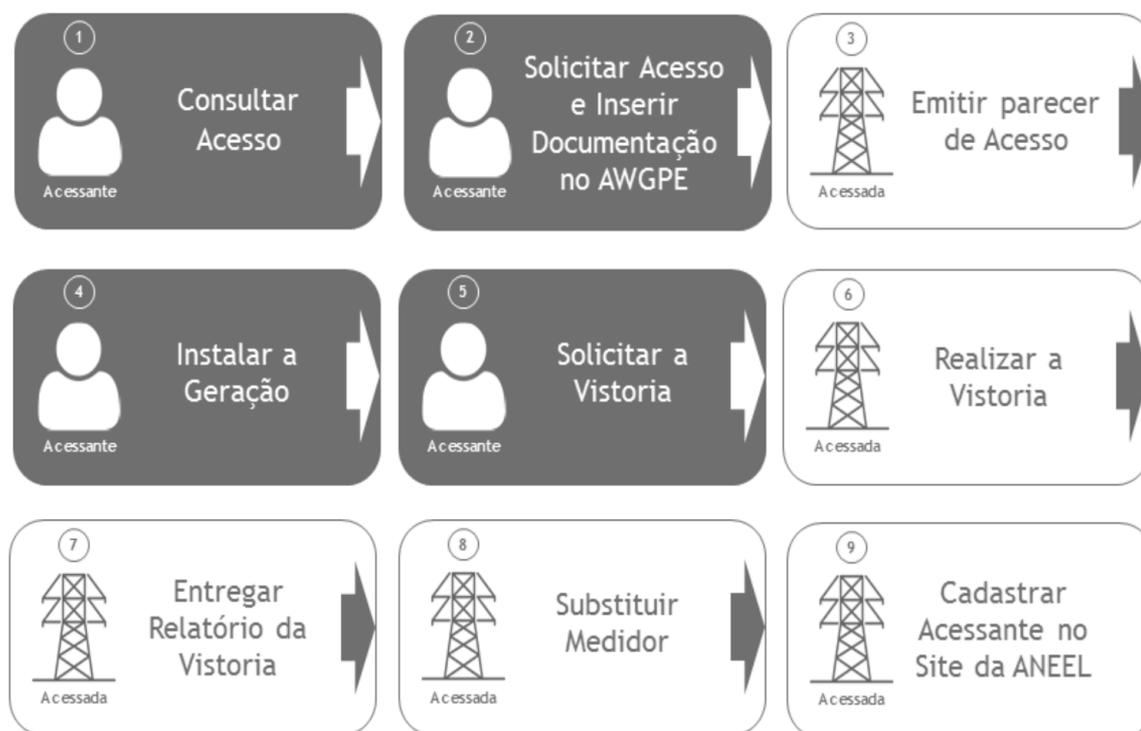
ajustes.

O Projeto Elétrico com potência igual ou menor do que 10 kW é obrigatório o envio da documentação que é embasado no PRODIST - Módulo 3.

Para projetos com potência maior do que 10 kW deve ser apresentado o formulário de solicitação de acesso Microgeração Distribuída com Potência Superior a 10 kW.

Os procedimentos de acesso para microgeração são obrigatórios e se constituem de várias as etapas para obtenção do parecer de acesso, conforme Módulo 3 do PRODIST e detalhamento na Tabela 2 e no fluxo da Figura 2.2. A obtenção de acesso de centrais geradoras ao sistema de distribuição da Energisa aplica-se tanto a novos Acessantes quanto à alteração de carga/geração.

Figura 2.2 – Fluxo dos procedimentos para acesso a microgeração.



Fonte: NDU 013.

Tabela 2 – Etapas e procedimentos de acesso para microgeração.

Ordem da Etapa	Descrição da Etapa	Responsável	Prazo (dias)
1	Consulta/Informação de Acesso		-
1.1	Consulta de Acesso (facultativo)	Acessante	-
1.2	Informação de Acesso	Acessada	60
2	Fazer a solicitação de acesso e inserir a documentação no Sistema AWGPE para análise técnica	Acessante	-
3	Emitir Parecer de Acesso e de Relacionamento Operacional para microgeração: - Quando não houver necessidade de obra - Quando houver necessidade de obra	Acessada	15
3.1			30
3.2			
4	Instalar a Geração	Acessante	-
5	Solicitar a Vistoria	Acessante	Tem até 120 dias para solicitar.
6	Realizar a vistoria	Acessada	Até 7 dias.
7	Entregar o Relatório da Vistoria	Acessada	Caso haja pendências, o relatório será entregue em até 5 dias para o acessante.
7.1	Vistoria reprovada		
7.1.1	Regularizar Eventuais aspectos Técnicos	Acessante	-
7.1.2	Solicitar Aprovação do Ponto de Conexão	Acessante	-
7.2	Nova vistoria do Ponto de Conexão	Acessada	Até 7 dias.
8	Substituição do Medidor	Acessada	Até 7 dias.
9	Cadastrar Acessante (Cliente Gerador) no site da ANEEL	Acessada	Os dados para registro da UC devem ser enviados até o dia 10 (dez) de cada mês.

Fonte: NDU 013.

•Vistoria

O acessante deve solicitar vistoria à distribuidora acessada em até 120 (cento

e vinte) dias após a emissão do Parecer de Acesso. A inobservância do prazo estabelecido implica na perda das condições de conexão estabelecidas no parecer de acesso e deverá ser realizada uma nova solicitação de acesso por parte do acessante.

A acessada deve realizar vistoria das instalações de conexão de microgeração distribuída, no prazo de até 7 dias, contados da data de solicitação formal, com vistas à conexão ou ampliação das instalações do acessante.

Caso sejam detectadas pendências nas instalações da unidade consumidora com microgeração distribuída, que impeçam sua conexão à rede, a distribuidora deve encaminhar ao interessado, por escrito, em até 5 dias, relatório/formulário contendo as providências corretivas necessárias.

Após sanadas as pendências detectadas no relatório/formulário de vistoria, o Acessante deve formalizar nova solicitação de vistoria à distribuidora.

Nos casos em que for necessária a execução de obras para o atendimento da unidade consumidora com Central Geradora, o prazo de vistoria começa a ser contado a partir do primeiro dia útil subsequente ao da conclusão da obra, conforme cronograma informado pela distribuidora.

• Requisitos de proteção do inversor

De acordo com a Tabela 09 da NDU 013 os requisitos de proteção do inversor estão disponibilizados na Figura 2.3.

Figura 2.3 – Requisitos de proteção do inversor.

Requisitos de Proteção	Potência Instalada menor ou igual a 75kW
Elemento de Interrupção (Nota 1)	Sim
Proteção de Sub e Sobretensão	Sim
Proteção de Sub e Sobrefrequência	Sim
Relé de Sincronismo (Nota 2)	Sim
Anti-ilhamento (Nota 3)	Sim

Fonte: Adaptado de (NDU-013).

Nota 1: Elemento de interrupção automático acionado por proteção para

micro- geradores distribuídos;

Nota 2: Não é necessário relé de sincronismo específico, mas um sistema eletroeletrônico que realize o sincronismo com a frequência da rede e que produza uma saída capaz de operar na lógica de atuação do elemento de interrupção, de maneira que somente ocorra a conexão com a rede após o sincronismo ter sido atingido;

Nota 3: No caso de operação em ilha do acessante, a proteção de anti-ilhamento deve garantir a desconexão física entre a rede de distribuição e as instalações elétricas internas à unidade consumidora, incluindo a parcela de carga e de geração, sendo vedada a conexão ao sistema da distribuidora durante a interrupção do fornecimento;

Nota 4: Os sistemas devem se conectar à rede por meio de inversores, os quais devem estar instalados em locais apropriados de fácil acesso.

- **Ajustes recomendados das proteções do inversor**

De acordo com a Tabela 10 da NDU 013 alguns ajustes são recomendados para a proteção do inversor, considerando como item de reprovação caso não seja ajustado de acordo com a Figura 2.4.

Figura 2.4 – Ajustes recomendados das proteções.

Requisitos de Proteção	Potência Instalada Até 100kW	Tempo Máximo de Atuação
Proteção de Subtensão (27)	0,8 p.u	0,2
Proteção de Sobre tensão (59)	1,1 p.u	0,2
Proteção de Subfrequência (81U)	59,5 Hz	0,2
Proteção de Sobre frequência (81O)	60,5 Hz	0,2 ⁴
Proteção de Sobrecorrente (50/51)	Conforme Padrão de Entrada	N/A
Relé de Sincronismo (25)	10° 10% Tensão 0,3Hz	
Relé de Tempo de Reconexão (62)	180s	180s

Fonte: NDU 013.

A reconexão é um dos principais itens desses ajustes, podendo ocorrer a reprovação de alguns sistemas, caso o inversor conecte à rede antes de 180

segundos, já que depois de uma “desconexão” devido a uma condição anormal da rede, o sistema de Geração Distribuída não pode retomar o fornecimento de energia à rede elétrica (reconexão) por um período mínimo de 180 segundos após a retomada das condições normais de tensão e frequência da rede (NDU-013, 2019).

2.5 PRODIST - Módulo 3

Trata-se do acesso ao Sistema de Distribuição, compreendendo a conexão ao sistema de distribuição, definindo critérios técnicos e operacionais, os requisitos de projeto, as informações, os dados e a implementação da conexão dos acessantes.

A tabela mostrada na figura 2.5 extraída do PRODIST, mostra os procedimentos e prazos da etapa de acesso.

Figura 2.2.5 – Procedimentos e prazos das etapas de acesso.

Etapa	Ação	Responsável	Prazo
1 Solicitação de acesso	Formalização do pedido e encaminhamento da documentação	Acessante	-
	Recebimento	Distribuidora	-
	Solicitação de pendências	Acessante	60 dias
2 Parecer de acesso	Parecer com informação das condições de acesso	Distribuidora	30 dias sem obras adicionais
			60 dias com obras adicionais
3 Contratos	Assinatura de contratos	Acessante e distribuidora	Até 90 dias após 2
4 Implantação da conexão	Solicitação	Acessante	-
	Realização da vistoria	Distribuidora	Até 30 dias após solicitação
	Entrega Relatório de Vistoria	Distribuidora	Até 15 dias após vistoria
5 Aprovação do ponto de conexão	Adequação das condicionantes do Relatório de Vistoria	Acessante	Definido pelo acessante
	Aprovação do ponto para conexão	Distribuidora	Até 7 dias após a adequação

Fonte: Módulo 3.7 PRODIST.

2.6 Sistema fotovoltaico

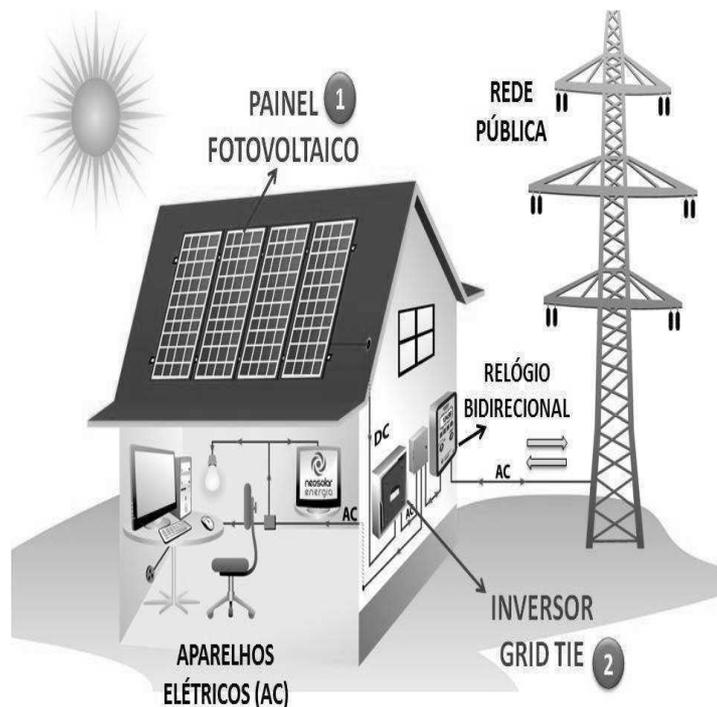
É o sistema de conversão da radiação solar em energia aproveitável, sob a forma de eletricidade. Os sistemas on-grid são constituídos por módulos fotovoltaicos e inversor. Já os sistemas off-grid são constituídos por módulos

fotovoltaicos, inversor e baterias.

- **Sistema fotovoltaico conectado à rede (on-grid)**

Sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição de energia elétrica local têm o funcionamento dependente da rede elétrica, tendo a produção de energia entregue diretamente a mesma, dispensando o uso de baterias que é um dos itens mais caros do sistema isolado e que precisa de substituição periódica. Nos sistemas on-grid, é possível injetar na rede elétrica o excedente de eletricidade não consumida pela instalação e assim, diz-se que ocorre um fluxo bidirecional de eletricidade entre a instalação e a rede elétrica, tornando o consumidor em um autoprodutor e fornecedor de eletricidade. Na Figura 2.6 está uma ilustração básica de como o sistema funciona.

Figura 2.26 – Sistema fotovoltaico híbrido, conectado a rede de distribuição.



Fonte: Adaptado de NeoSolar.(www.neosolar.com.br).

O sistema conectado a rede é formado por: painéis fotovoltaicos, responsável pela captação da radiação solar e conversão em eletricidade; um medidor bidirecional de energia capaz de medir a energia injetada e absorvida pela rede; um inversor, que tem a função de transformar a tensão contínua fornecida pelos

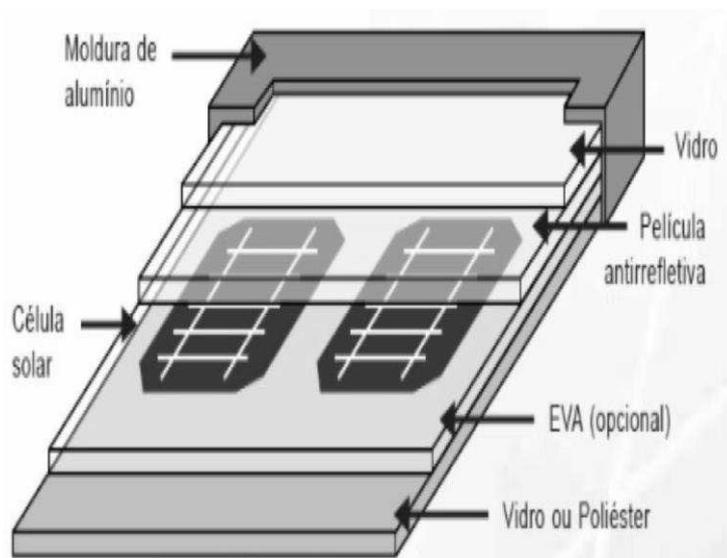
painéis em tensão alternada fornecida aos equipamentos e eletrodomésticos, sendo responsável também por estabelecer sincronismo com a rede elétrica, além de ser responsável por algumas ações de proteção, como prevenção contra ilhamento (PINHO e GALDINO, 2014).

- **Módulo fotovoltaico**

Um módulo fotovoltaico é a unidade básica do painel fotovoltaico, formado por um conjunto de células solares interligadas eletricamente e encapsuladas, com o objetivo de converter a energia solar em energia elétrica. Esse módulo é constituído por várias células fotovoltaicas que individualmente geram baixa potência elétrica, sendo necessário agrupá-las em arranjos, tanto em série como em paralelo, formando uma unidade capaz de gerar uma quantidade maior de energia.

Depois de agrupar as células o módulo recebe uma estrutura de sustentação no formato de uma moldura, geralmente fabricada em alumínio. A face onde se capta a luz solar é coberta por vidro temperado com baixo teor de ferro. As células fotovoltaicas devem estar encapsuladas entre duas superfícies de material isolante, garantindo a isolação elétrica dos contatos elétricos (LUQUE e HEGEDUS, 2011).

Figura 2.27 – Composição da estrutura de um módulo fotovoltaico.



Fonte:(PINHO e GALDINO, 2014.)

A Figura 2.8 mostra alguns módulos fotovoltaicos instalados em um telhado.

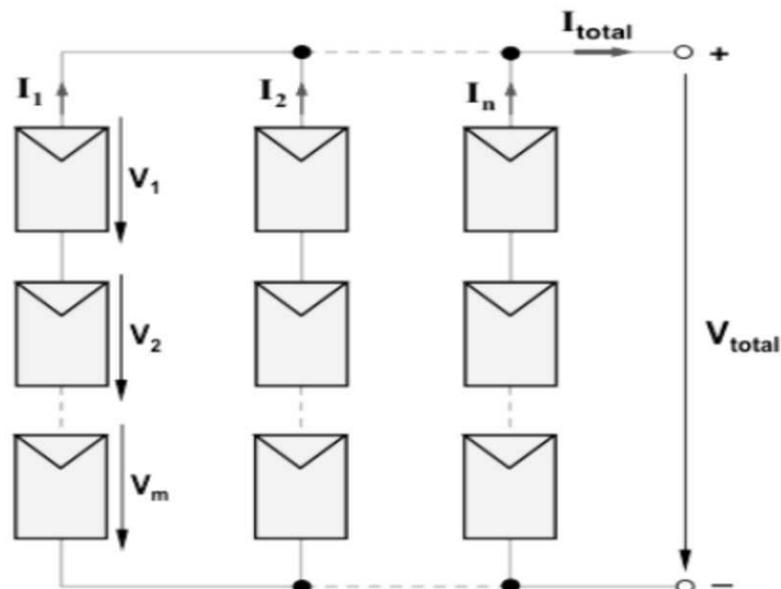
Figura 2.28 – Módulos fotovoltaicos instalados em telhado.



Fonte: Próprio Autor.

Como os módulos apresenta baixo valores de tensão e corrente, eles são arranjados para garantir a quantidade de potência necessária, sendo que para aumentar os níveis de tensão, os módulos são conectados em série e quando deseja-se elevar a corrente, devem ser conectados em paralelo. A seguir é mostrado um arranjo série/paralelo na figura 2.9.

Figura 2.29 – Arranjo série/paralelo de módulos fotovoltaicos.



Fonte: Pinho e Galdino. Manual de Engenharia Fotovoltaica.

- **Inversor**

O inversor fotovoltaico interage com o sinal senoidal presente na rede como também, de forma automatizada, se comporta como uma unidade de controle do sistema fotovoltaico on-grid. Eles devem fornecer corrente alternada de maneira mais perfeita possível, além de detectar qualquer anomalia que apareça na rede, como flutuações e quedas de tensão. No caso de queda de tensão, ele se desliga automaticamente, evitando por em risco a equipe de manutenção do sistema elétrico, esse comportamento é chamado “anti-ilhamento”.

- **Medidor bidirecional**

Para as unidades consumidoras que aderiram ao sistema de Compensação de Energia, deverá ser utilizado um medidor bidirecional, que fará a contabilização da energia elétrica consumida pela unidade consumidora no fluxo direto, como também a contabilização da energia elétrica injetada na rede de distribuição, no fluxo reverso. A Figura 2.10 mostra o medidor bidirecional instalado na caixa de medição com a placa de advertência exigida pela NDU 013 da Energisa com a frase “Cuidado: risco de choque elétrico. Geração própria”.

Figura 2.210 – Edificação com o medidor bidirecional.



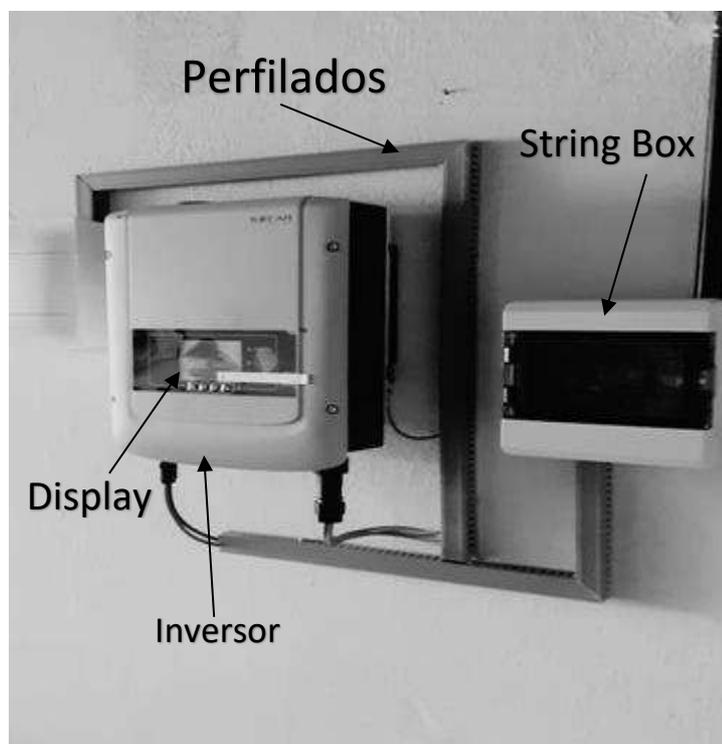
Fonte: Próprio Autor.

- **String Box**

É o quadro de proteção do circuito entre o módulo fotovoltaico e o inversor,

cumprindo com todas as indicações de um quadro elétrico de proteção em corrente contínua. A Figura 2.11 mostra o inversor com quadro de proteção CC.

Figura 2.2.11 – Inversor conectado a string box.



Fonte: Próprio Autor.

- **Cabos solares e conectores**

Os cabos solares são os condutores de cobre eletrolítico estanhado, com isolamento de 1,8 kV em corrente contínua e proteção contra raios ultravioleta (UV). Os conectores para cabos solares são conhecidos como MC4, que são utilizados para cabos solares de até 6,0 mm², com grau de proteção IP68.

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

O estágio teve início com o acompanhamento da fase de elaboração de projetos de sistemas fotovoltaicos conectado à rede *on-grid* de distribuição de energia elétrica, para clientes residenciais na cidade de Sousa e região. Posteriormente, foram elaborados alguns projetos utilizando o AutoCad, incluindo as plantas de localização dos módulos, detalhes da caixa de medição, detalhes de aterramento, vista frontal, diagrama unifilar, diagrama multifilar e detalhamento do inversor.

3.1 Projeto de um sistema fotovoltaico *on-grid* de 11.39 kWp

Uma das primeiras atividades realizadas foi acompanhar as fases de dimensionamento, elaboração de projetos de alguns sistemas fotovoltaicos conectado à rede de distribuição elétrica. Em seguida, com ajuda do engenheiro eletricitista da empresa, fui orientado a projetar um sistema fotovoltaico de 11,39 kWp para um cliente residencial, localizado em Pombal-PB. Com base nas informações obtidas na visita técnica ao cliente (conta de energia e localização do imóvel), foi constatado que o mesmo não possuía conta de energia, pois a casa ainda está em construção, então o cliente solicitou o dimensionamento do sistema para suprir um consumo mensal de 1.700 kWh/mês, e por meio de cálculos do software da empresa(SOLAR LIVRE) que também vende os kits de sistemas fotovoltaicos a Solaris, o sistema proposto para o local é composto dos seguintes serviços e equipamentos:

Equipamentos:

- Um inversor fronius primo 12.5-3-m-12500W;
- Trinta e quatro módulos risen de 335W ;
- String box;
- Cabo solar 6 mm preto;
- Cabo solar 6 mm vermelho;
- Conector mc4 acoplador femea;
- Conector mc4 acoplador macho;

- Junção para perfil de alumínio;
- Estrutura de alumínio adequado ao telhado.

Serviços:

- Serviços de instalação do sistema;
- Projeto solar fotovoltaico;
- Art de projeto e execução;
- Acompanhamento junto à distribuidora ;
- Monitoramento do sistema via web;
- Equipe de engenheiro eletricista, 2 eletricistas, auxiliar de serviços

gerais.

Entre os equipamentos utilizados, podem ser citados equipamentos de proteção individual e coletiva exigidos, alicates universais, parafusadeiras, furadeiras, serra circular, chaves fixas, chave de fenda, ferro de soldar. Principais dificuldades encontradas foram: dimensionar os DPS para as regiões de corrente contínua e corrente alternada e preparar a documentação para dar entrada na plataforma digital da Energisa visando sua futura homologação.

Posteriormente preparei a documentação para dar entrada do projeto na Energisa, tais documentos são: Formulário de Solicitação de Acesso; Formulário de cadastramento das unidades consumidoras participantes do sistema de compensação; Memorial descritivo; Datasheet e certificado IMETRO dos módulos fotovoltaicos; Datasheet e certificado IMETRO do Inversor; ART e Plantas do sistema fotovoltaico.

Na execução dessa atividade foram aplicados os conhecimentos de dimensionamentos de condutores, dispositivos de proteção, AutoCad, obtidos nas disciplinas de Instalações Elétricas Sistemas Elétricos Industriais e Equipamentos Elétricos.

3.2 Projeto de um sistema fotovoltaico *on-grid* de 13,2 kWp

Uma segunda atividade realizada durante o estágio foi a elaboração de um projeto, análogo ao anterior, para um cliente comercial, localizado em Pombal-PB.

Depois de feito a visita técnica, o projeto seria baseado em um pedido do cliente para atender a um consumo de 1.980 kWh/mês, logo, pelo software Solar Livre, o sistema a ser projetado deveria ter potência-pico de 13,49 kWp e seria composto por:

Equipamentos:

- Um Inversor Fronius Symo 12.5-3-M- 12500w;
- Trinta e oito Módulos Policristalino Canadian de 335W ;
- String Box Solar Livre Sbo5a – 3a/3s;
- Cabo Solar 6mm Preto;
- Cabo Solar 6mm Vermelho
- Conector Mc4 Acoplador Femea;
- Conector Mc4 Acoplador Macho;
- Junção Para Perfil De Alumínio;
- Estrutura De Alumínio Adequado Ao Telhado.

Serviços:

- Serviços de Instalação do Sistema;
- Projeto Solar Fotovoltaico;
- Art de Projeto d Execução;
- Acompanhamento Junto á Distribuidora;
- Monitoramento do Sistema Via Web.

Para realização dessa obra, estima-se que seria necessária uma equipe composta de um engenheiro eletricista, dois eletricistas e um auxiliar de serviços gerais. O tempo de execução estimado foi de 3 dias. Entre os equipamentos utilizados, podem ser citados equipamentos de proteção individual e coletiva exigidos, alicates universais, parafusadeiras, furadeiras, serra circular, chaves fixas, chave de fenda, ferro de soldar

3.3 Configuração de Inversor para Sistema Solar *On-Grid*

Depois da vistoria ser aprovada para o sistema fotovoltaico instalado em uma

fábrica de tecidos, com potência – pico de 36 kWp, localizado na cidade de Tenente Ananias – PB, foi realizado a configuração do inversor de potência 36 kW e fabricante *Sungrow*. Sob a supervisão do engenheiro eletricista da empresa Solaris, realizou-se essa atividade, que seguiu os seguintes passos:

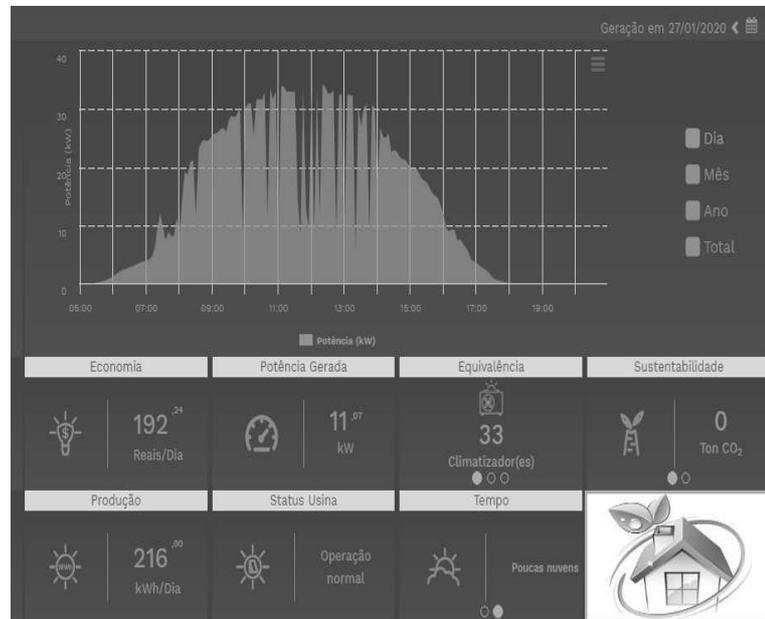
- Visita ao local para localizar o inversor;
- Ligação para a assistência técnica do fabricante;
- Seguir os passos de um vídeo enviado pelo assistência para realizar a parametrização do inversos em conformidade com a concessionária local (Cosern);
- Visualizar no display, as tensões e correntes das strings como também a potência gerada;
- Constatando-se que todo o sistema fotovoltaico estava operando normalmente, finalizamos a atividade.

Na figura 3.1 é mostrado um print da tela do computador, no momento do monitoramento, em tempo real, via WI-Fi, do sistema fotovoltaico, após feito a configuração do inversor. Onde se pode evidenciar alguns pontos do gráfico como:

- A energia elétrica começa a ser gerada entre 6 h e 6:30 h , horário em que o sol começa a surgir no local;
- A geração de energia atinge o ponto máximo de aproximadamente 36 kW, que é igual a potência nominal do inversor, no horário entre 11h e 12h, como também entre 12h e 13h;
- Podemos perceber que no horário em torno de 12h, aparece um queda brusca da geração, devido ao fato de que a eficiência dos módulos fotovoltaicos se reduz abruptamente com a elevação da temperatura;
- A partir de 13h, o gráfico geração começa a se reduzir até as 18h, horário em que o sol começa a se por;
- A imagem também mostra que a produção total durante esse dia foi de 216 kWh/dia, valor este aceitável e de acordo com os cálculos do projeto, pois supri o consumo de 5.400 kWh/mês, que equivale a 180 kWh/dia, ou seja, ainda sobrarão 36 kWh/dia (resultado da subtração

de 216 kWh/dia – 180 kWh/dia) que pode ser rateado para outra residência que esta no contrato de compensação de energia.

Figura 3.1 – Monitoramento da geração de energia via Web em tempo real.



Fonte: Próprio Autor.

3.4 Realização de Proposta para um cliente comercial

Outra atividade realizada foi a prospecção de novos clientes e novos projetos de grande porte, como descrito a seguir.

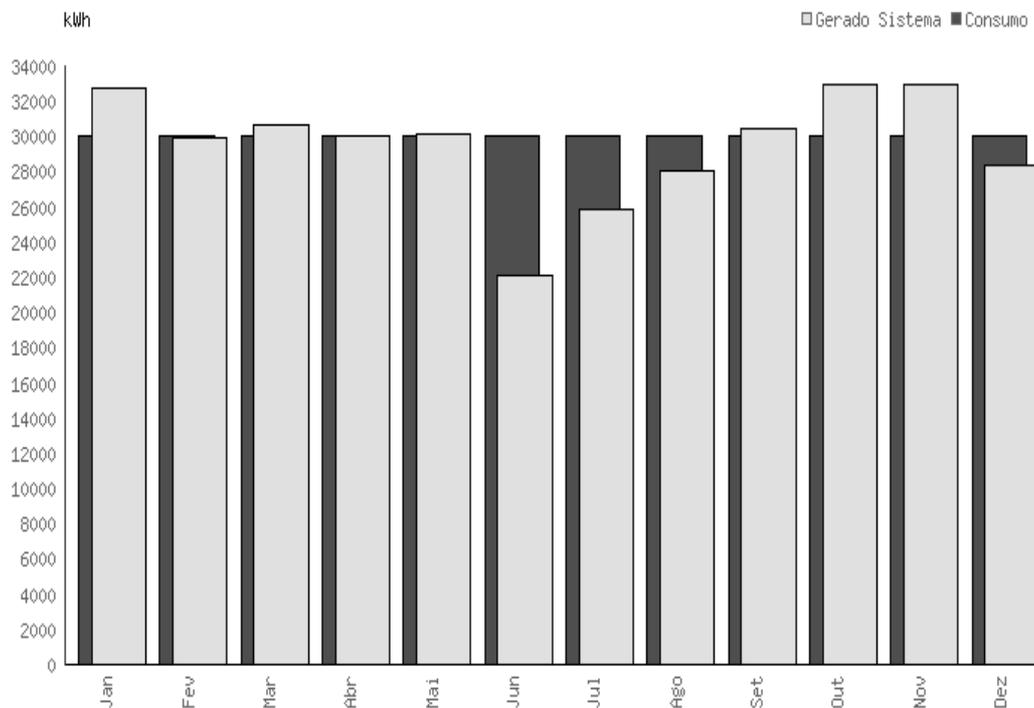
Devido ao fato de um grande supermercado localizado na cidade de Sousa – PB, ainda não possuir sistema fotovoltaico, decidiu-se realizar uma visita técnica ao cliente para colher as informações necessárias com o objetivo de propor um orçamento da obra de um sistema fotovoltaico, para atender a demanda do supermercado.

Com a constatação de que o consumo do supermercado era de 30.000 kWh/mês, a proposta foi preparada e continha as seguintes informações:

- Capacidade de geração do sistema;
- Potência do painel: 335 W;
- Produção média mensal do sistema: 29405,16 kWh;
- Área necessária para instalação: 1360,8 m²;

- Potência total do sistema: 217,08 kWp;
- Energia gerada pelo sistema (kWh/mês) mostrado na figura 3.2.

Figura 3.2 – Gráfico da energia gerada pelo sistema.



Fonte: Próprio Autor.

Composição do Projeto:

- 648 módulos policristalino Risen 335 W;
- 2 inversores Sofar 60000TL;
- 1 inversor 50000TL;
- String – Box;
- Cabos solares, conectores, estrutura e demais serviços de instalação e projeto.

Preço, prazo e condições de pagamento:

- Investimento: R\$ 662.536,76;
- Prazo de entrega: 90 dias;
- Condições de pagamento: à combinar.

Economia Gerada pelo Sistema Solar

Tabela 3 – Economia gerada pelo sistema solar.

Ano	Rend. Módulos	Geração Anual (kWh)	Geração Acumulada	Reajuste Médio(%)	Econ. Gerada (BxE)	ROI	Economia Acumulada
1º	99.3%	350.391,88	350.391,88	10%	297.833,10	-364.703,66	297.833,10
2º	98.6%	347.939,13	698.331,01	10%	295.748,26	-68.955,40	593.581,36
3º	97.9%	345.503,55	1.043.834,56	10%	293.678,02	224.722,62	887.259,38
4º	97.21%	343.085,02	1.386.919,58	10%	291.622,27	516.344,88	1.178.881,64
5º	96.52%	340.683,42	1.727.603,00	10%	289.580,91	805.925,79	1.468.462,55
6º	95.84%	338.298,63	2.065.901,63	10%	287.553,84	1.093.479,63	1.756.016,39
7º	95.16%	335.930,53	2.401.832,16	10%	285.540,95	1.379.020,58	2.041.557,34
8º	94.49%	333.579,01	2.735.411,17	10%	283.542,16	1.662.562,73	2.325.099,49
9º	93.82%	331.243,95	3.066.655,12	10%	281.557,36	1.944.120,09	2.606.656,85
10º	93.16%	328.925,24	3.395.580,36	10%	279.586,45	2.223.706,55	2.886.243,31
11º	92.5%	326.622,76	3.722.203,12	10%	277.629,35	2.501.335,89	3.163.872,65
12º	91.85%	324.336,40	4.046.539,52	10%	275.685,94	2.777.021,83	3.439.558,59
13º	91.2%	322.066,04	4.368.605,56	10%	273.756,13	3.050.777,97	3.713.314,73
14º	90.56%	319.811,57	4.688.417,13	10%	271.839,83	3.322.617,80	3.985.154,56
15º	89.92%	317.572,88	5.005.990,01	10%	269.936,95	3.592.554,75	4.255.091,51
16º	89.29%	315.349,86	5.321.339,87	10%	268.047,38	3.860.602,13	4.523.138,89
17º	88.66%	313.142,41	5.634.482,28	10%	266.171,05	4.126.773,18	4.789.309,94

18º	88.03%	310.950,41	5.945.432,69	10%	264.307,85	4.391.081,03	5.053.617,79
19º	87.41%	308.773,75	6.254.206,44	10%	262.457,69	4.653.538,71	5.316.075,47
20º	86.79%	306.612,33	6.560.818,77	10%	260.620,48	4.914.159,19	5.576.695,95
21º	86.18%	304.466,04	6.865.284,81	10%	258.796,13	5.172.955,33	5.835.492,09
22º	85.57%	302.334,77	7.167.619,58	10%	256.984,55	5.429.939,88	6.092.476,64
23º	84.97%	300.218,42	7.467.838,00	10%	255.185,66	5.685.125,54	6.347.662,30
24º	84.37%	298.116,89	7.765.954,89	10%	253.399,36	5.938.524,90	6.601.061,66
25º	83.77%	296.030,07	8.061.984,96	10%	251.625,56	6.190.150,46	6.852.687,22

Fonte: Próprio Autor.

- Considerações sobre a atividade

A dificuldade encontrada nessa atividade foi a etapa de negociação com o cliente, pois apesar da proposta ser mais barata que a oferecida pela concorrência, e os componentes do sistema serem de boa qualidade, foram necessárias várias visitas ao dono do supermercado, que por fim não adquiriu o sistema fotovoltaico.

Na minha opinião, foi nessa etapa de negociação onde tive mais aprendizado, pois além do projeto ser de grande porte e desafiador, tive a oportunidade negociar com o proprietário do supermercado e também com o proprietário da empresa que estou estagiando, assim como responder algumas dúvidas e explicar como funciona o sistema solar. Pude aprender acompanhar todos os esforços de ambos para obterem certa vantagem, dei algumas outras sugestões para melhorar o consumo de energia do supermercado, assim como sugeri ao meu chefe reduzir o preço da nossa proposta.

3.5 Realização de Visita técnica e Proposta para um cliente em São José da Lagoa Tapada – PB

Acompanhado pelo engenheiro eletricista da Solaris, foi feita uma visita

técnica a um cliente localizado na cidade de São José da Lagoa Tapada – PB, na qual fomos informados pelo cliente que o sistema fotovoltaico deveria atender a um consumo de 10.800 kWh/mês, e que a área disponível para instalação dos módulos seria em um terreno, na zona rural da cidade, então fomos ao local que seria instalado o sistema e tiramos algumas fotos do terreno e do transformador que estava instalado no local, para posterior análise da viabilidade do local.

Feita a análise dos dados colhidos na visita, estimamos que o projeto teria potência-pico de 71,28 kWp, com 216 módulos de 330 W e seria necessário uma área de 454 m². Analogamente ao projeto anterior seção 3.4, o sistema fotovoltaico seria composto por um inversor de 60 kW, 216 módulos policristalinos de 330 W e todos os demais componentes citados anteriormente na seção 3.4.

Utilizando o software Solergo para dimensionar os componentes, obtemos os seguintes valores:

1) Módulos (Placas)

Tipo: Módulo Solar 330Wp 197x100cm Canadian MaxPower

Potência unitária (W): 330

Tensão unitária (V): 37,2

Corrente de operação (A): 8,88

2) Strings

Placas por String: 18

Potência (KW): 5,94

Tensão (V): 669,6

Tabela 4 – Dados elétricos das strings.

Strings	Nº de módulos	Potência por strings (kW)	Tensão de operação (V-DC)	Corrente de operação(A-DC)	Cabo(mm ²)	Queda de tensão (V/A*km)	Distância(m)
1	18	5,94	669,6	8,88	6	7,07	38,46
2	18	5,94	669,6	8,88	6	7,07	38,46
3	18	5,94	669,6	8,88	6	7,07	38,46
4	18	5,94	669,6	8,88	6	7,07	38,46
5	18	5,94	669,6	8,88	6	7,07	38,46
6	18	5,94	669,6	8,88	6	7,07	38,46
7	18	5,94	669,6	8,88	6	7,07	38,46
8	18	5,94	669,6	8,88	6	7,07	38,46
9	18	5,94	669,6	8,88	6	7,07	38,46
10	18	5,94	669,6	8,88	6	7,07	38,46
11	18	5,94	669,6	8,88	6	7,07	38,46
12	18	5,94	669,6	8,88	6	7,07	38,46
total	216	71,28					

Fonte: Próprio Autor.

3) Inversores

Tipo: Inversor 3F SUNNY TRIPOWER 60KW

Strings por Inversor: 12

Potência (KW): 71,28

Tabela 5 – Dados elétricos do inversor.

	Potência (kW)	Tensão de operação(Vac)	Fator de Potência	Corrente de operação(A-DC)	Cabo(mm ²)	Queda de Tensão(V/A*km)	Distância(m)
inversor	71.28	381.1	0.95	113.68	35	1.09	7

Fonte: Próprio Autor.

4) Total

Número de Inversores: 1

Potência Total (KW): 71.28

3.6 Projeto de um Sistema Fotovoltaico para Cliente Residencial

Após de realizada a visita técnica ao cliente residencial, localizado na cidade de Pombal-PB, fomos informados que o consumo mensal era, aproximadamente,

800 kWh/mês, então o projeto teria uma potência-pico de 5.94 kWp, necessitando de uma área para instalação dos módulos de $36m^2$, um inversor de 5 kW e 18 módulos de 330 W, como também os demais componentes citados nas seções anteriores.

3.7 Estudo de caso de um Sistema Fotovoltaico na Cidade de Santa Cruz – PB

Realizou-se um estudo de caso, de um sistema fotovoltaico já instalado pela Solaris Engenharia, em pleno funcionamento e monitorado em tempo real pela empresa, com o objetivo de examinar a metodologia utilizada, para dimensionar os equipamentos dessa instalação conectada ao Sistema de Média Tensão de Energia, localizado na cidade de Santa Cruz, interior da Paraíba. Trata-se de uma microgeração distribuída com fonte de geração solar fotovoltaica e potência de geração de 18,76 kWp. Os tópicos a seguir, abordam o projeto definitivo do sistema fotovoltaico, o qual envolve, orientação dos módulos, disponibilidade de área, estética, disponibilidade do recurso solar, consumo de energia elétrica e dimensionamento dos seguintes equipamentos: gerador fotovoltaico, inversor, disjuntores, DPS e condutores.

• Avaliação do Recurso Solar:

O gerador fotovoltaico foi projetado para ser instalado na seguinte Localidade:
Rua Professor Nestor Antunes, Santa Cruz-PB;
Coordenadas em graus, minutos e segundos são: $6^{\circ}32'8.18''S$, $38^{\circ}3'42.57''O$;

Com os valores de Irradiação Solar diário média mensal, utilizando dados do CRESESP, que são mostrados na tabela 6, obtemos as horas de sol pleno (HSP), pela equação 1:

Tabela 6 – Valores de Irradiação Solar diário médio mensal.

	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd. Anual
Irrad. Solar Média (kWh/ $m^2 \cdot dia$)	5,81	5,9	6,12	5,92	5,57	5,31	5,59	6,24	6,57	6,54	6,48	5,97	6,00

Fonte: CRESESB.

$$HSP = \frac{\text{irradiância}[\frac{kWh}{m^2 \cdot dia}]}{1[\frac{kW}{m^2}]} = \frac{6[\frac{kWh}{m^2 \cdot dia}]}{1[\frac{kW}{m^2}]} = 6[\frac{h}{dia}] \quad (1)$$

- **Localização e Orientação**

Os módulos fotovoltaicos foram instalados sobre uma estrutura metálica montada em cima da laje da edificação, conforme as figuras 3.3, 3.4 e 3.5, de forma a obter uma melhor configuração física e de eficiência solar, com uma inclinação de aproximadamente 7º direcionados para o Norte, permitindo que as placas operem com eficiência máxima.

Figura 3.3 – Estrutura onde os módulos foram instalados.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 3.4 – Estrutura onde foram instalados os módulos.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 3.5 – Módulos instalados na laje da edificação.



Fonte: Próprio Autor.

O Kit, adquirido pela Solaris Engenharia, é fornecido pela loja Solar Livre, incluindo materiais para instalar e fixar os módulos, cabos solares, conectores MC4, junção para perfil de alumínio e string-box.

- **Levantamento do Consumo de Energia Elétrica**

O consumo médio por mês de 2.800 kWh/mês, para os últimos 12 meses

antes da instalação, foi obtido pela média aritmética do consumo mensal total, com base na análise da conta de energia do cliente comercial. Assim, o consumo médio diário anual, considerando que o mês tenha 30 dias, é dado pela razão do consumo médio mensal por trinta, obtendo o valor de 93,33 kWh/dia.

- **Dimensionamento do Gerador Fotovoltaico**

Para obter a potência de pico do sistemas fotovoltaico, foi adotada uma taxa de desempenho de 83% e considerando os dados obtidos anteriormente inseridos na equação (2) temos:

$$Potência\ Pico = \frac{(consumo\ médio\ diário\ anual)/(taxa\ de\ desempenho)}{HSP} \quad (2)$$

$$Potência\ Pico = \frac{(93,33\ kWh/dia)/(0,83)}{6[\frac{h}{dia}]} = 18,75\ kWp.$$

Em seguida, foi determinado a potência, modelo e fabricante dos módulos fotovoltaicos, descritos abaixo e cujo a ficha técnica dos módulos estão no ANEXO – A:

Fabricante: RISEN;

Modelo: RSM72-6-335P;

Potência: 335 W.

A quantidade necessária de módulos é dado pela equação (3), utilizando a potência máxima do módulo escolhido e a potência de pico obtido anteriormente, então temos:

$$N^o\ de\ módulos = \frac{Potência\ Pico}{Pot.Máx.Módulo} = \frac{18,75\ kWp}{335\ Wp} = 56\ módulos. \quad (3)$$

- **Dimensionamento do Inversor**

Nessa etapa, deve-se calcular o Fato de Dimensionamento do Inversor (FDI), que representa a relação entre a potência nominal c.a do inversor e a potência de pico do gerador fotovoltaico. (Manual de Engenharia FV.2014). Segundo as recomendações, o FDI deve estar entre 0,75 e 1,05. Assim escolhendo um valor

próximo da potência de pico, que seria 15 kW, obtemos um FDI, segundo equação 4:

$$FDI = \frac{\text{Potência do Inversor}}{\text{Pot.pico do gerador fotovoltaico}} = \frac{15 \text{ kW}}{18,75 \text{ kW}} = 0,8. \quad (4)$$

Como o valor do FDI obtido está na faixa de valores aceitáveis, o inversor a ser escolhido tem potência de 15 kW. A ficha técnica do inversor escolhido, mostrado na figura 3.6, esta no ANEXO – B, cujo fabricante, modelo e potência são:

Fabricante: SOFAR SOLAR ;

Modelo: 15KTL ;

Potência: 15 kW.

Figura 3.6 – Inversor Sofar de 15 kW.



Fonte: Próprio Autor.

Para verificar o número máximo de módulos em série que podem ser conectados a uma string, precisa-se determinar a máxima tensão em circuito aberto de um módulo fotovoltaico na menor temperatura de operação prevista, dado pela equação 5:

$$V_{circ.abertoTmin} = Voc_{STC} \times (1 + (\beta)(Tmin - 25)) \quad (5)$$

Onde,

Voc_{STC} – tensão de circuito aberto nas condições de teste padrão;

β – coeficiente de variação da tensão de circuito aberto com a temperatura;

$Tmin$ – temperatura mínima.

Consultando o datasheet dos módulos, que se encontra em anexo, esses valores são:

$$Voc_{STC} = 46,5 \text{ V} ;$$

$$\beta = -0,32\%/^{\circ}\text{C} ;$$

$$Tmin = 12,5^{\circ}\text{C}.$$

De modo que, inserindo esses valores na equação 5, obtemos:

$$V_{circ.abertoTmin} = 46,5 \times (1 + (-0,0032)(12,5 - 25))$$

$$V_{circ.abertoTmin} = 44,64 \text{ V}.$$

Assim, considerando a máxima tensão CC suportada pela entrada do inversor, e usando a equação 6, podemos encontrar o número máximo de módulos que podem ser conectados em série:

$$(N^{\circ}_{módulos_série}) \times (V_{circ.abertoTmin}) < V_{cc.máx} \quad (6)$$

Onde,

$V_{cc.máx}$ – máxima tensão CC suportada pela entrada do inversor, obtido no datasheet do inversor, que é 1000 V, logo, pela equação 6, temos que:

$$(N^{\circ}_{módulos_série}) \times (44,64) < 1000$$

$$(N^{\circ}_{módulos_série}) < \frac{1000}{44,64}$$

$$(N^{\circ}_{módulos_série}) < 22 \text{ módulos}.$$

Agora determina-se pelas equações 7 e 8, as tensões de máxima potência para a maior e menor temperatura, como segue:

$$V_{mpTm\acute{a}x} = V_{mp} \times (1 + \beta(T_{op} + T_{m\acute{a}x} - 25)) \quad (7)$$

Onde,

$V_{mp} = 38,4 \text{ V}$ – tensão em operação para máxima potência;

$\beta = -0,39\%/^{\circ}\text{C}$ – coeficiente de temperatura para máxima potência;

$T_{op} = 45^{\circ}\text{C}$ – temperatura do módulo em operação nominal;

$T_{m\acute{a}x} = 39,8^{\circ}\text{C}$ – temperatura máxima.

Logo, substituindo esses valores na equação (7), obtemos:

$$V_{mpTm\acute{a}x} = 38,4 \times (1 + (-0,0039)(45 + 39,8 - 25))$$

$$V_{mpTm\acute{a}x} = 29,44 \text{ V.}$$

Para a menor temperatura (V_{mpTmin}), temos que:

$$V_{mpTmin} = V_{mp} \times (1 + B(T_{op} + T_{min} - 25)) \quad (8)$$

Substituindo os valores, na equação (8), obtemos:

$$V_{mpTmin} = 38,4 \times (1 + (-0,0039)(45 + 12,5 - 25))$$

$$V_{mpTmin} = 33,53 \text{ V.}$$

Assim, agora podemos verificar, pela equação 9, a faixa de tensão de operação do Seguidor do Ponto de Máxima Potência (SPPM), tal que:

$$\frac{V_{sppmMin}}{V_{mpTm\acute{a}x}} < N^{\circ}modulos_s\acute{e}rie < \frac{V_{sppmM\acute{a}x}}{V_{mpTmin}} \quad (9)$$

$$\frac{250}{29,44} < N^{\circ}modulos_s\acute{e}rie < \frac{960}{33,53}$$

$$8 < N^{\circ}modulos_s\acute{e}rie < 29$$

Portanto, o inversor suporta entre 9 a 28 módulos conectados em série. Como

o inversor tem quatro entradas, duas por cada MPPT, ficou deficiente que serão usadas quatro strings, cada uma com 14 módulos fotovoltaicos conectados em série.

- **Dimensionamento dos Condutores**

A configuração do projeto do sistema fotovoltaico, que está mostrado no diagrama unifilar da figura 3.7 e na planta de localização dos módulos no Anexo - D, consiste em 56 módulos fotovoltaicos, divididos em 4 strings, cada string possui 14 módulos conectados em série. As strings estão conectadas ao inversor, que por sua vez está conectado ao medidor bidirecional, que finalmente, está conectado a rede de baixa tensão da concessionária.

Para o correto dimensionamento dos cabos, definiu-se primeiramente os seguintes itens, de modo que a seção escolhida atenda a todos os critérios:

- a) Corrente de projeto;
- b) Tipo de condutor e a maneira de instalação;
- c) Material do condutor;
- d) Material isolante do condutor;
- e) Determinação da seção pelo critério de seção mínima;
- f) Determinação da seção pelo critério da capacidade de condução de corrente;
- g) Verificação da seção pelo critério da queda de tensão, seguindo os limites estabelecidos pela NBR 5410.
- h) Assim, a tabela 7 mostra todos os trechos, com os respectivos tipos de cabos, método de instalação, método de referência e seção do condutor.

Tabela 7 – Trechos e os respectivos tipos de cabos, método de instalação, método de referência e seção do condutor.

Trecho	Tipo de cabo	Método instalação	Método referência	Seção (mm^2)
Entre módulos	XLPE	14	F	6
Painel a inversor	XLPE	2	A2	6
Inversor a medidor	Cobre, EPR/XLPE	2	A2	6

Fonte: Próprio Autor.

É importante frizar que é necessário, o acoplamento dos conectores do tipo MC4 aos cabos solares e que esses condutores não tenham emendas

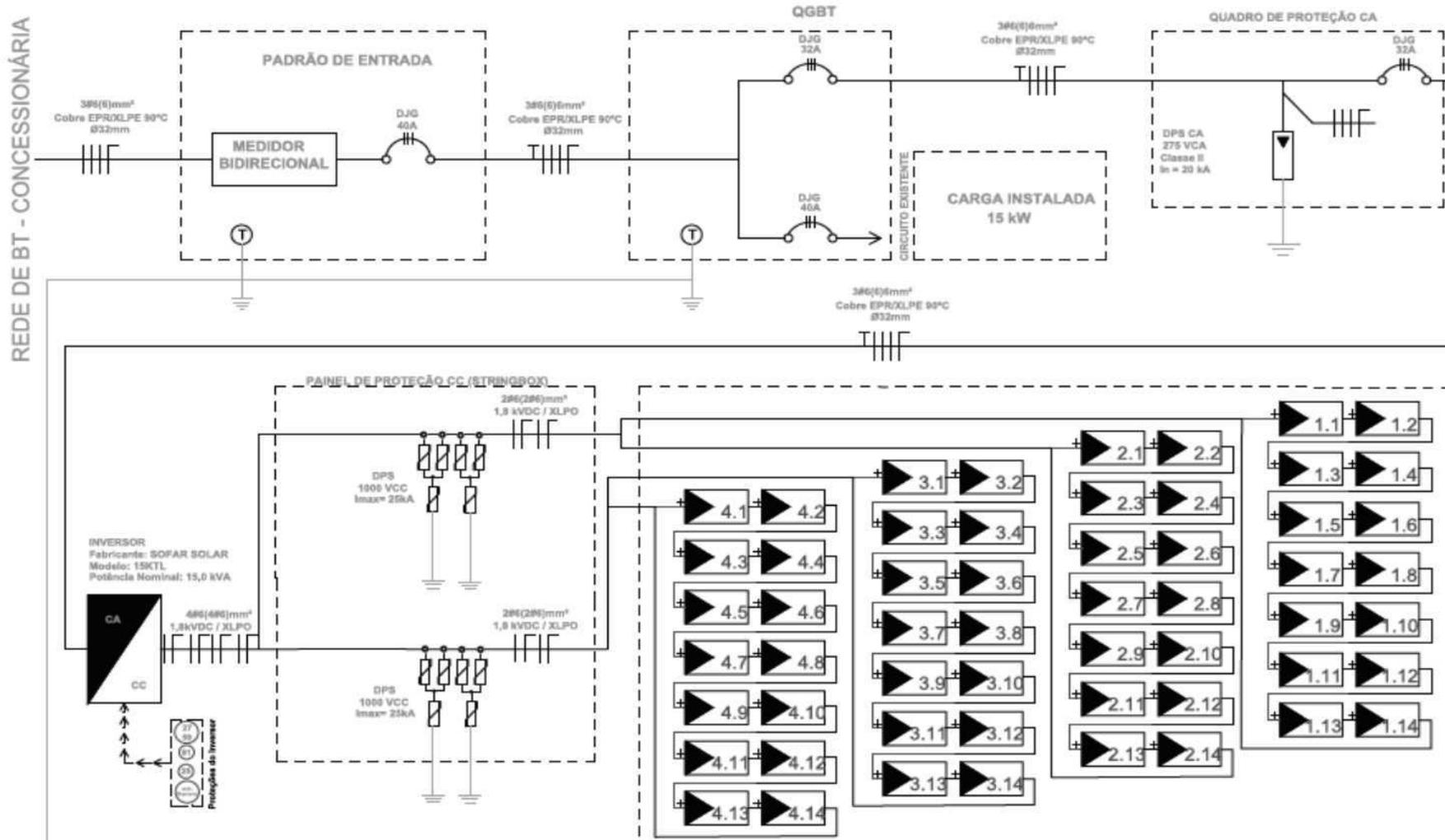
Para o trecho entre o medidor bidirecional à rede de baixa tensão, a própria Energisa realiza os dimensionamentos dos condutores e da proteção do sistema de acordo com a categoria de atendimento. Para o dimensionamento da categoria de atendimento foi utilizado a Tabela 17 da NDU 001, disponibilizado na Figura 2.1. Para o sistema instalado de 18,76 kWp a categoria de atendimento é a categoria T1, por ter uma carga instalada de 15 kW. As especificações do quadro de distribuição para categoria T1 é disponibilizado na Tabela 8.

Tabela 8 – Especificações do quadro de distribuição para categoria de atendimento T1.

Condutores	Descrição
Ramal de Ligação	Cabo de alumínio multiplex 3 x 1x1x10+10 mm ²
Ramal de entrada embutido e subterrâneo	Cabo de cobre, 3#10(10) mm ² com isolamento e cobertura à base de composto PVC – 70°C
Aterramento	Cabo de cobre 6 mm ²
Hastes de aterramento	1 haste de 16 mm x 2400 mm
Disjuntor termomagnético	Tipo DIN de 40 A
Duto	Eletroduto de PVC Rígido Ø 32 mm
Duto	Eletroduto de Aço Galvanizado Ø 32 mm

Fonte: Próprio Autor.

Figura 3.7 – Diagrama unifilar da instalação.



Fonte: Próprio Autor.

- **Dimensionamento da Proteção**

A *string box* é composta por disjuntores e dispositivos de proteção contra surtos. O disjuntor termomagnético do lado CA, foi dimensionado pela máxima corrente de saída do inversor, de modo que, sua corrente nominal seja igual ou maior que a corrente de saída do inversor. Como a corrente de saída do inversor é 28,5 A, logo o disjuntor escolhido tem corrente nominal de 32 A. Já no lado CC, foi considerado as especificações técnicas do inversor, que já possuía tal proteção contra sobrecorrente.

Os DPS Classe II são destinados a proteger os equipamentos elétricos contra sobretensões induzidas ou conduzidas (ejeitos indiretos) causados pelas descargas atmosféricas. Os ensaios do DPS Classe II são efetuados com corrente máxima de descarga de forma de onda 8/20 μ s. (NBR 5419).

O DPS Classe I é instalado obrigatoriamente quando a edificação está protegida por um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA). Os ensaios do DPS Classe I são realizados com uma corrente de choque impulsional de forma de onda 10/350 μ s, e deve atender à corrente de descarga atmosférica (parcial) esperada neste ponto da instalação, com base no Nível de Proteção escolhido de acordo com a ABNT NBR 5419

O DPS selecionado para o lado CA, foi feita com o objetivo de reduzir o valores dos surtos de tensões dentro de limites suportáveis, pelo inversor, devendo-se instalar na proximidade imediata do mesmo um DPS de Classe II com as seguintes características:

- i. $I_{M\acute{a}x} \geq 10 \text{ kA}$;
- ii. $U_c > 1,1 U_o$;
- iii. Capacidade de eliminar a corrente de curto-circuito no ponto de instalação, com ou sem fusíveis.

Onde,

$I_{M\acute{a}x}$ – Valor de Pico da Corrente Máxima com forma de onda de 8/20 μ s que o DPS pode descarregar pelo menos uma vez sem se danificar;

U_o – tensão de fase do sistema;

U_c – Tensão Contínua de Operação que garante que o DPS não será acionado, e deve ser pelo menos igual a 110% da tensão de fase do sistema;

Assim, o DPS escolhido, para o lado CA, tem as seguintes características:

$I_{Máx} = 20 \text{ kA}$;

$U_c = 275 \text{ VCA}$.

Já para o lado CC, devido ao alto custo dos equipamentos, foi prudente selecionar o DPS classe II, com três varistores de até 1000 VDC, e corrente nominal de descarga de 25 kA.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio foi um processo de aprendizagem indispensável para a formação acadêmica, proporcionando a prática da teoria vista em sala de aula e permitindo vislumbrar como é o dia a dia do engenheiro eletricitista.

No estágio foram utilizados conhecimentos adquiridos nas disciplinas do curso de graduação de Engenharia Elétrica na UFCG, tais como Sistemas Elétricos, Laboratório de Sistemas Elétricos, Instalações Elétricas, Laboratório de Instalações Elétricas, Expressão Gráfica, Engenharia Econômica, Equipamentos Elétricos, Geração de Energia, Gerenciamento de Energia, TEEE (Sistemas Elétricos Industriais), entre outras.

Foram acompanhados alguns projetos elétricos de sistemas fotovoltaicos que foram relevantes para minha formação prática, pois tais atividades evidenciaram a dificuldade em manter uma relação profissional, liderar, fiscalizar e cobrar, toda equipe de execução das instalações elétricas.

O estágio é um momento propício para refinar e desenvolver habilidades interpessoais e à medida que se convive com profissionais experientes e de áreas distintas. Isso possibilitou adquirir maturidade e senso crítico para avaliar e tomar decisões mais assertivas.

Portanto, além dos aprendizados técnicos e práticos, o estágio possibilitou o contato com situações rotineiras e também inesperadas de trabalho, bem como o acompanhamento da elaboração e de projetos elétricos. Atividades como desenvolver relatórios, estratégia de vendas e como abordar clientes, afinidade

com normas técnicas da ABNT e NDUs da Energisa que propiciaram adquirir certa experiência. E por fim, o acompanhamento e a execução de serviços e projetos realizados durante o estágio tiveram uma relevância imensurável para uma formação profissional.

ANEXOS

Anexo B - Ficha técnica do Inversor Sofar de 15 kW.



SOFAR
10k~20kTL
10000/15000/17000/20000

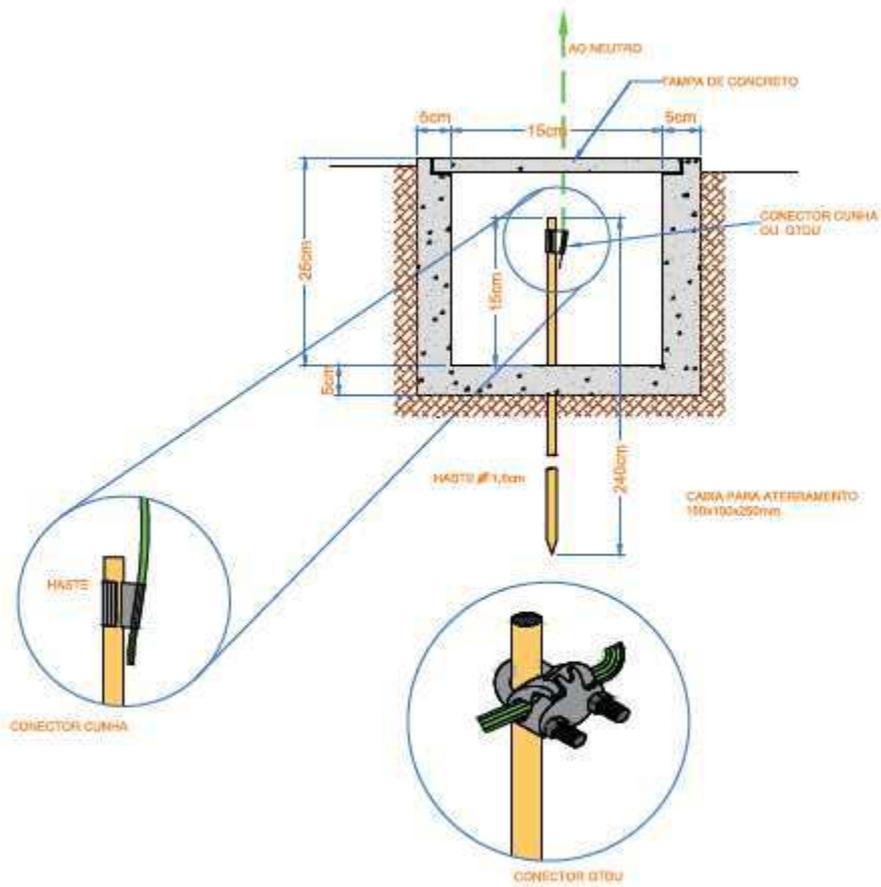
Three-Phase Dual-MPPT

- 4" Super large 4-inch LCD
- 88.2% Max. efficiency up to 98.2%
- Built-in zero export function
- Smart monitoring RS485, WiFi/Ethernet/GPRS (optional)
- I-V curve scanning function
- Built-in SPD, over / under pressure, over current, over temperature, island and other multiple protection

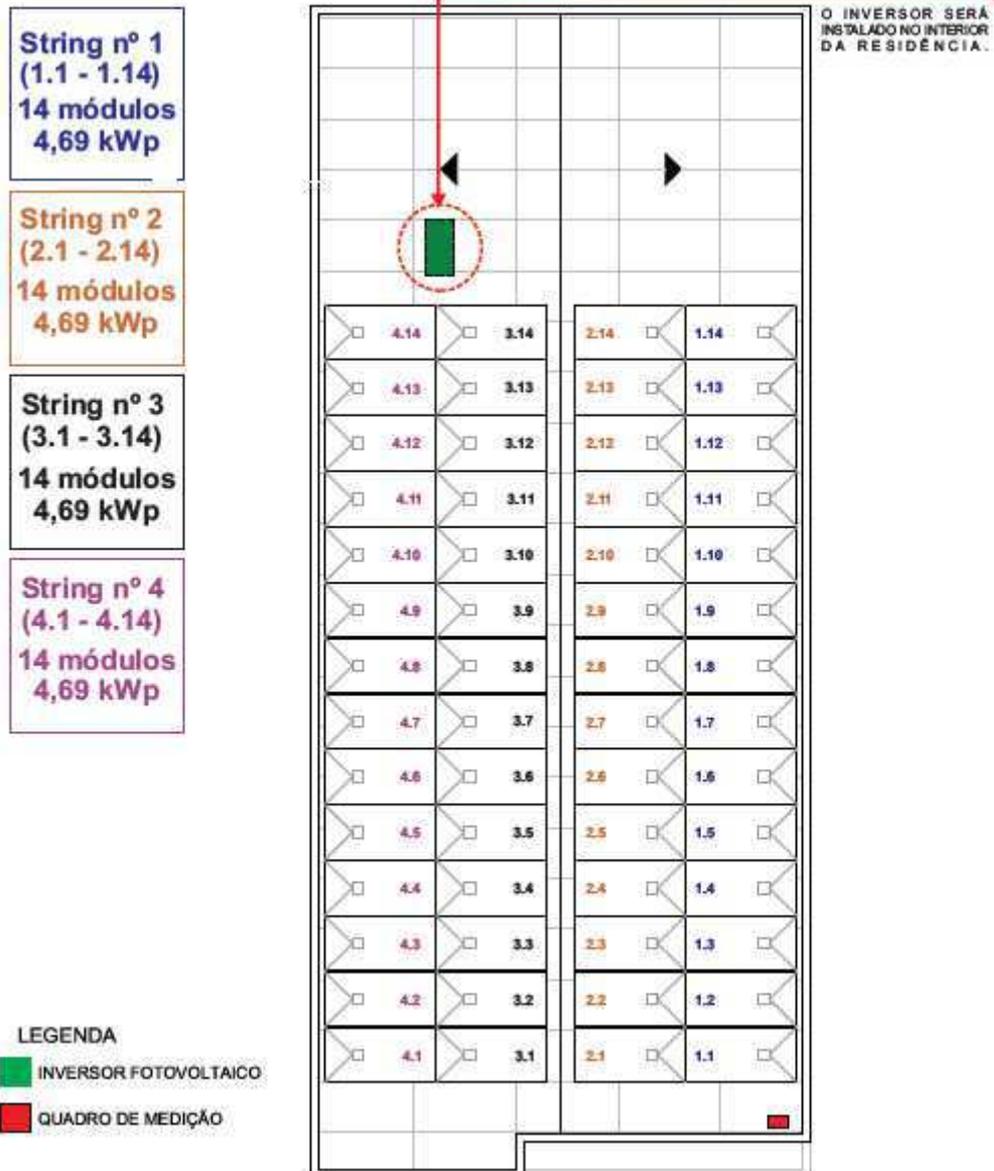
info@solarsolar.com | SOFAR SOLAR Global | www.solarsolar.com

Datasheet	SOFAR 10000TL	SOFAR 15000TL	SOFAR 17000TL	SOFAR 20000TL
Input (DC)				
Recommended Max. PV input power	11000W	16500W	18750W	22000W
Max DC power for single MPPT	4750W	6800W	7680W	9000W
Number for independent MPPT	2			
Number for DC inputs	2 for each MPPT			
Max input voltage	1000V			
Start-up input voltage	150V			
Rated input voltage	600V			
MPPT voltage range	250V-960V			
Full load DC voltage range	330V-850V	370V-850V	430V-850V	430V-850V
Max. input current per MPPT	15A/15A	21A/21A	21A/21A	24A/24A
Maximum DC input short circuit current per MPPT	20A	27A	27A	30A
Output (AC)				
Rated power	10000W	15000W	17000W	20000W
Max AC power	20000VA	15000VA	17000VA	20000VA
Max. Output current	15A	25A	25A	28A
Nominal grid voltage	3/N/PE, 220/380Vac, 3/3+N/PE, 240+10Vac			
Grid voltage range	310Vn-480Vn (According to local standard)			
Nominal frequency	50/60Hz			
Grid Frequency range	49Hz-55Hz/54Hz-66Hz (According to local standard)			
Active power adjustable range	0 ~ 100%			
THDI	< 3%			
Power factor	1 default (+/- 0.8 adjustable)			
Performance				
Max. efficiency	98.2%	98.2%	98.2%	98.2%
European weighted efficiency	97.6%	97.9%	97.9%	98.0%
Self-consumption at night	< 1W			
MPPT efficiency	> 99.9%			
Protection				
DC reverse polarity protection	Yes			
DC switch	Yes			
Protection class/overvoltage category	III/II			
Safety protection	Anti-islanding, RCFI, Ground fault monitoring			
ABFC	Anti reverse power controller (optional)			
Input/output SPD (II)	Optional			
Communication				
Power management unit	According to certification and request			
Standard communication mode	RS485, WiFi/Ethernet/GPRS (optional), SD card, Multi-function relay			
Operation data storage	35 years			
General Data				
Ambient temperature range	-25°C ~ +60°C			
Tippage	Transformer-less			
Degree of protection	IP65			
Allowable relative humidity range	0 ~ 100%			
Max. operating altitude	2000m			
Noise	< 45dB			
Weight	45kg	45kg	48kg	48kg
Coating	None			
Dimension	708*492*56mm			
Display	LCD display			
Warranty	5 years/ 7 years/ 10 years			
Standard				
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-3-12, EN 61000-3-13			
Safety standards	IEC 62109-1/2, IEC 62114, IEC 61727, IEC 61843, IEC 60361-1, IEC 60361-2, IEC 60361-3			
Grid standards	AS/NZS 4777, VDE V 0124-100, V 0124-1-1, VDE AR-N 4105, IEC 61841-1, IEC 61841-2-1, IEC 61841-2-2, IEC 61841-2-3, IEC 61841-2-4, IEC 61841-2-5, IEC 61841-2-6, IEC 61841-2-7, IEC 61841-2-8, IEC 61841-2-9, IEC 61841-2-10, IEC 61841-2-11, IEC 61841-2-12, IEC 61841-2-13, IEC 61841-2-14, IEC 61841-2-15, IEC 61841-2-16, IEC 61841-2-17, IEC 61841-2-18, IEC 61841-2-19, IEC 61841-2-20, IEC 61841-2-21, IEC 61841-2-22, IEC 61841-2-23, IEC 61841-2-24, IEC 61841-2-25, IEC 61841-2-26, IEC 61841-2-27, IEC 61841-2-28, IEC 61841-2-29, IEC 61841-2-30, IEC 61841-2-31, IEC 61841-2-32, IEC 61841-2-33, IEC 61841-2-34, IEC 61841-2-35, IEC 61841-2-36, IEC 61841-2-37, IEC 61841-2-38, IEC 61841-2-39, IEC 61841-2-40, IEC 61841-2-41, IEC 61841-2-42, IEC 61841-2-43, IEC 61841-2-44, IEC 61841-2-45, IEC 61841-2-46, IEC 61841-2-47, IEC 61841-2-48, IEC 61841-2-49, IEC 61841-2-50, IEC 61841-2-51, IEC 61841-2-52, IEC 61841-2-53, IEC 61841-2-54, IEC 61841-2-55, IEC 61841-2-56, IEC 61841-2-57, IEC 61841-2-58, IEC 61841-2-59, IEC 61841-2-60, IEC 61841-2-61, IEC 61841-2-62, IEC 61841-2-63, IEC 61841-2-64, IEC 61841-2-65, IEC 61841-2-66, IEC 61841-2-67, IEC 61841-2-68, IEC 61841-2-69, IEC 61841-2-70, IEC 61841-2-71, IEC 61841-2-72, IEC 61841-2-73, IEC 61841-2-74, IEC 61841-2-75, IEC 61841-2-76, IEC 61841-2-77, IEC 61841-2-78, IEC 61841-2-79, IEC 61841-2-80, IEC 61841-2-81, IEC 61841-2-82, IEC 61841-2-83, IEC 61841-2-84, IEC 61841-2-85, IEC 61841-2-86, IEC 61841-2-87, IEC 61841-2-88, IEC 61841-2-89, IEC 61841-2-90, IEC 61841-2-91, IEC 61841-2-92, IEC 61841-2-93, IEC 61841-2-94, IEC 61841-2-95, IEC 61841-2-96, IEC 61841-2-97, IEC 61841-2-98, IEC 61841-2-99, IEC 61841-2-100			

Anexo C - Detalhes de Aterramento



Anexo D - Planta de localização dos módulos



REFERÊNCIAS

Neo Solar. Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes. Disponível em <<http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>>. Acesso em: 06 fev.2020.

Curso de Energia Solar – Instalação de Painéis Fotovoltaicos. SONNEHAUS, Campina Grande, PB, 2017.

H. CREADER. *Instalações Elétricas*. 15.ed. São Paulo: LTC, 2007

Energia Solar – Princípios e Aplicações. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em 08 fev.2020

Energisa. Normas Técnicas. 2020. Disponível em <<https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/normas-tecnicas.aspx>> Acessado em 02 fev.2020.

ANEEL. Prodlist - Módulo 3. Disponível em <<https://www.aneel.gov.br/modulo-3>>. Acesso em 02 fev.2020

Blue Sol – Energia Solar. 2020. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/inversor-fotovoltaico-o-que-e-como-funciona/>> Acessado em 03 fev.2020.

MPPT SOLAR. *MPPT Solar*. 2019. Disponível em: <<https://www.mpptsolar.com/pt/>>. Acesso em: 03 fev. 2020.

NDU-001. Norma de Distribuição Unificada 001 - Fornecimento de Energia Elétrica a Edificações Individuais ou Agrupadas até 3 Unidades Consumidoras. v. 6.1, 2019.

NDU-002. Norma de Distribuição Unificada 002 - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária. , v. 5.2, 2019.

NDU-013. Norma de Distribuição Unificada 013 - Critérios para a Conexão em Baixa Tensão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição. v. 4.1, 2019.

PINHO. *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: CEPEL - Cresesb, 2004.

SOLAR WEB. *Fronius Solar Web*. 2020. Disponível em: <<https://solarweb.com>>. Acesso em: 05 fev. 2020.