



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Anderson Wendel Dutra de Medeiros

Relatório de Estágio Integrado
Eletro Laser Serviços

Campina Grande - Paraíba - Brasil

Dezembro de 2019

Anderson Wendel Dutra de Medeiros

Eletro Laser Serviços

Relatório de Estágio Integrado submetido à Coordenação do Curso de 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: Eletrotécnica

Prof. Ronimack Trajano de Souza, D.Sc.
Orientador

Campina Grande - Paraíba - Brasil
Dezembro de 2019

Anderson Wendel Dutra de Medeiros

Eletro Laser Serviços

Relatório de Estágio Integrado submetido à Coordenação do Curso de 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.

Aprovado em ____ de Dezembro de 2019

Ronimack Trajano de Souza

Orientador

Jalberth Fernandes de Araújo

Convidado

Campina Grande - Paraíba - Brasil

Dezembro de 2019

Agradecimentos

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por ter me sustentado e conduzido até aqui e pelo dom da perseverança que me permitiu concluir este trabalho.

Agradeço também aos meus pais, Joãozinho e Solange, por todo esforço e por toda renúncia que fizeram para concretizar este sonho. Agradeço aos meus irmãos, Alissinho e Alícia, pelo apoio durante todo meu curso e agradeço também a minha namorada Ana Carolina pelo carinho, paciência e por ter me consolado em momentos difíceis, sempre me apoiando e motivando a não desistir, a ela serei sempre grato pelos momentos leves e felizes.

Sou grato à Eletro Laser Serviços, como instituição, por possibilitar as experiências vividas nos últimos meses e por cada colaborador da empresa que contribuiu, pacientemente, para minha formação profissional. Agradeço aos profissionais Audi, Antônio, Auricélio, Almir, Bruno, Devra, Fábio Welinton e Solânea do setor administrativo. Agradeço também aos técnicos Fabio Leno, Josimar, Rivelino, Otenízio e a equipe de eletricitas, pela disponibilidade e por facilitarem meu aprendizado sempre com o cuidado e segurança com minha saúde quando precisei.

Sou grato a todos meus amigos Léo, Walter, Goldofredo, Vandilson, Jorginho, Aristosto, Andhré, Erika, Joyce, Ítalo e demais que me ajudaram durante as buscas pelo estágio e, agradeço também, a Felipe e a Glauber, por terem sido os guias até à Eletro Laser Serviços.

Agradeço também ao professor Ronimack pela prontidão e disponibilidade para me orientar e me ajudar neste trabalho.

Resumo

O presente trabalho apresenta as principais atividades realizadas por Anderson Wendel Dutra de Medeiros, durante o estágio integrado realizado na sede da empresa Eletro Laser Serviços, no loteamento Luar de Angelita localizada em Patos-PB, com vigência na data 06 de agosto de 2019 até 29 de novembro de 2019. As atividades desempenhadas no estágio foram o acompanhamento do projeto e instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição de energia elétrica, um estudo de sombreamento o que utilizou a ferramenta *PV Sol Premium*, um projeto de efficientização energética no setor público, um projeto de instalação elétrica industrial de baixa tensão, em Catolé do Rocha-PB e acompanhei a instalação de uma subestação abrigada, em Santa Luzia-PB. O estágio totalizou a carga horária de 662 horas e me permitiu obter experiência no mercado de trabalho e assimilar conteúdos estudados em sala de aula.

Palavras-Chaves: Estágio Integrado, Instalações Elétricas, Sistema Fotovoltaico, Sombreamento, *PV Sol Premium*, Eficiência Energética, Iluminação Pública, Subestação Abrigada.

Abstract

This paper presents the main activities performed by Anderson Wendel Dutra de Me-deiros, during the integrated internship held at the headquarters of the company Eletro Laser Serviços, in the Luar de Angelita subdivision located in Patos-PB, effective from August 6, 2019 until 29 November 2019. The activities performed during the internship were the project monitoring and installation of a photovoltaic system connected to the electricity distribution network, a shading study that used the PV Sol Premium tool, an energy efficiency project in the sector. public, a project of low voltage industrial electrical installation in Catolé do Rocha-PB and followed the installation of a sheltered substation in Santa Luzia-PB. The internship totaled 662 hours and allowed me to gain experience in the job market and assimilate contents studied in the classroom.

Keywords: Integrated Stage, Electrical Installations, Photovoltaic System, Shading, PV Sol Premium, Energy Efficiency, Public Lighting, Sheltered Substation.

Lista de Figuras

1.1	Fachada e área externa da Eletro Laser Serviços.	4
1.2	Área interna da Eletro Laser Serviços.	5
1.3	Escritório da Eletro Laser Serviços.	5
1.4	Garagem da Eletro Laser Serviços.	6
2.1	Dimensionamento das categorias de atendimento 380/220V.	11
2.2	Fornecimento trifásico em média tensão com medição na BT em 380/220 V.	12
2.3	Mufla terminal.	13
2.4	Requisitos de Proteção do Inversor.	15
2.5	Ajustes Recomendados das Proteções.	16
2.6	Sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição da concessionária.	18
2.7	Modelos de módulos fotovoltaicos monocristalino e policristalino.	18
2.8	Módulos fotovoltaicos instalados em telhado.	19
2.9	Inversor Fronius de 6 kW.	20
2.10	Inversores Renovigi.	20
2.11	Caixa de medição com o medidor bidirecional.	21
2.12	Medidor bidirecional.	21
2.13	<i>String Box</i>	22
2.14	Aba Bem-vindo do <i>PV Sol Premium</i>	23
2.15	Aba Dados do Projeto do <i>PV Sol Premium</i>	24
2.16	Exemplo de preenchimento da aba Dados.	24
2.17	Aba Tipo de Sistema do <i>PV Sol Premium</i>	25
2.18	Aba Modelagem 3D do <i>PV Sol Premium</i>	26
2.19	Aba Cabos do <i>PV Sol Premium</i>	27
2.20	Aba Planos do <i>PV Sol Premium</i>	27

2.21	Aba Análise Financeira do <i>PV Sol Premium</i>	28
2.22	Aba Resultados do <i>PV Sol Premium</i>	28
2.23	Aba Relatórios do <i>PV Sol Premium</i>	29
3.1	Tela inicial do aplicativo Solar Web.	31
3.2	21 módulos fotovoltaicos instalados no telhado.	32
3.3	Inversor Fronius de 6.0 kW instalado com os quadros de proteção elétrica.	32
3.4	Início do estudo de sombreamento.	34
3.5	Sombreamento do telhado dos lados norte e sul.	34
3.6	Vista leste depois da instalação dos módulos fotovoltaicos.	35
3.7	Resultado do estudo de sombreamento.	35
3.8	Tipo de braço de um poste na rua 7 de Setembro.	37
3.9	Tipo de luminária de um poste na rua 7 de Setembro.	38
3.10	Tipo de luminária na rua Tiradentes.	38
3.11	Tipo de braço na rua 13 de Maio.	38
3.12	Poste e o tipo de braço na rua 15 de Novembro.	39
3.13	Poste com a luminária tipo pétala na ponte saída para Areia-PB.	39
3.14	Luminária tipo pétala na ponte saída para Areia-PB.	40
3.15	Luminária tipo pétala dupla na praça Matriz.	40
3.16	Poste com o braço duplo, um para cada lado, na vila São João.	41
3.17	Poste com braços duplos.	41
3.18	Luminária tipo pétala tripla na praça Sigismundo Aranha.	42
3.19	Tipo de luminária nas ruas de Borborema-PB.	42
3.20	Transformador a seco de 112,5 kVA.	46
3.21	Procedimentos de instalação das muflas externas.	47
3.22	Muflas externas concluídas.	47
3.23	Muflas externas instaladas.	48
3.24	Muflas internas.	48
3.25	Teste de isolamento dos cabos de entrada.	49
3.26	Inversores instalados.	49
3.27	Módulos fotovoltaicos instalados no telhado metálico.	50
3.28	Módulos fotovoltaicos instalados no telhado metálico.	50

3.29	Porta de entrada da subestação abrigada com advertência de perigo de morte.	51
3.30	Área interna da subestação abrigada.	51
3.31	Cubículo de medição com placas de advertência.	52
3.32	Transformador a seco de 112,5 kVA com placas de advertência.	52
A.1	Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico.	56
B.1	Projeto elétrico de baixa tensão - Prancha 01.	58
B.2	Projeto elétrico de baixa tensão - Prancha 02.	59

Lista de Tabelas

3.1	Especificações do quadro de distribuição para categoria M1.	33
3.2	Quadro de distribuição de baixa tensão 01.	43
3.3	Cálculo de demanda do quadro de distribuição de baixa tensão 01. . . .	44
3.4	Quadro de distribuição de baixa tensão 02.	44
3.5	Cálculo de demanda do quadro de distribuição de baixa tensão 02. . . .	44
3.6	Quadro Geral de Distribuição.	45
3.7	Especificações do quadro geral de medição.	45
3.8	Lista de material do projeto elétrico industrial.	46

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>
MTE	<i>Ministério do Trabalho e Emprego</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	1
1.1	Objetivos	1
1.2	Local do estágio	2
1.2.1	Eleto Laser Serviços em Eletricidade Eirelli EPP	3
1.3	Estrutura do trabalho	6
2	Fundamentação teórica	7
2.1	Projeto elétrico de baixa tensão	7
2.2	Normas consultadas	8
2.2.1	NR 10	8
2.2.2	NBR 5410	8
2.2.2.1	Condutores	10
2.2.2.2	Dispositivos de proteção contra sobrecarga e sobrecorrentes	10
2.2.3	NDU 001	10
2.2.3.1	Categoria de atendimento	11
2.2.4	NDU 002	12
2.2.4.1	Medição em baixa tensão	12
2.2.4.2	Transformadores	13
2.2.4.3	Muflas Terminais	13
2.2.5	NDU 013	14
2.2.5.1	Documentação mínima exigida	14
2.2.5.2	Requisitos de proteção do inversor	15
2.2.5.3	Ajustes recomendados das proteções do inversor	16
2.2.6	Prodist - Módulo 3	17

2.2.7	Resoluções Normativas 482, 687 e 784	17
2.3	Sistema fotovoltaico	17
2.3.1	Sistema fotovoltaico conectado à rede (on-grid)	17
2.3.2	Módulo fotovoltaico	18
2.3.3	Inversor	19
2.3.4	Medidor bidirecional	21
2.3.5	<i>String Box</i>	22
2.3.6	Cabos solares e conectores	22
2.4	Estudo de sombreamento	22
2.4.1	<i>PV Sol Premium 2019</i>	23
3	Atividades Desenvolvidas	30
3.1	Projeto de um sistema fotovoltaico <i>on-grid</i>	30
3.1.1	Categoria de atendimento	33
3.1.2	Diagrama unifilar	33
3.2	Estudo de sombreamento utilizando a ferramenta <i>PV Sol Premium</i>	33
3.3	Eficiência energética	36
3.3.1	Alagoa Grande - PB	37
3.3.2	Borborema - PB	41
3.4	Projeto elétrico industrial	43
3.4.1	Cálculo da demanda	43
3.4.1.1	Cálculo da demanda dos quadros de distribuição	43
3.4.2	Categoria de atendimento	45
3.4.3	Diagrama unifilar	46
3.4.4	Lista de material	46
3.5	Subestação abrigada de 112,5 kVA	46
4	Conclusão	53
A	Sistema fotovoltaico	55
B	Projeto elétrico de baixa tensão	57
	Referências Bibliográficas	60

Capítulo 1

Introdução

No presente relatório serão apresentadas atividades desenvolvidas por Anderson Wendel Dutra de Medeiros, durante o Estágio Curricular Integrado, no qual é requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O estágio foi realizado na empresa Eletro Laser Serviços, localizada na cidade de Patos na Paraíba, sob supervisão de Almir Rogério da Silva, engenheiro eletricista da empresa. O estágio teve vigência de 06 de agosto de 2019 a 29 de novembro de 2019, totalizando uma carga horária de 662 horas.

1.1 Objetivos

O objetivo geral do estágio integrado 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), elaboradas pelo Ministério do Trabalho, como a NR 10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Também apresentou como objetivo geral vivenciar situações típicas da profissão de engenheiro eletricista nas quais pudesse se envolver 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 o projeto e a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição de energia elétrica;
- Realizar o estudo de sombreamento em uma residência o que utilizou a ferramenta *PV Sol Premium*;
- Executar o levantamento de dados nas ruas das cidades de Alagoa Grande-PB e Borborema-PB para realizar um projeto de eficiência energética em iluminação pública;
- Elaborar um projeto elétrico de uma instalação industrial de baixa tensão de uma fábrica de alumínio, em Catolé do Rocha-PB;
- Acompanhar e executar a instalação de uma subestação abrigada, em Santa Luzia-PB.

1.2 Local do estágio

O estágio foi realizado na Eletro Laser Serviços, uma das empresas do Grupo Eletro Laser, a qual foi fundada em 01 de abril de 1988 na cidade de Patos na Paraíba.

Em 1999 a empresa ampliou sua oferta de produtos, passando a vender também pisos e louças. Em 2003 passou unicamente ao segmento elétrico. Já em 2005 os resultados sempre ascendentes propiciaram a criação de uma segunda empresa, a Eletro Laser Serviços. Desde 2008 a Eletro Laser Serviços estendeu seus serviços ao sertão paraibano abrangendo novas cidades para manutenção da iluminação pública, corroborando sua eficiência, compromisso e qualidade. Em 2010, com o pensamento constante em ampliar os negócios, surge a Eletro Laser Tintas, comercializando tintas e acessórios para pinturas.

Atualmente, o Grupo Eletro Laser trabalha nos segmentos de materiais elétricos, tintas e serviços elétricos. Um grupo que gera mão de obra e renda direta e indiretamente e que tem como missão comercializar produtos elétricos e prestar serviços elétricos com eficácia e excelência, assegurando um atendimento diferencial ao cliente,

rentabilidade para empresa de forma sustentável e responsabilidade social, prezando sempre pela melhoria contínua, satisfação do cliente e colaboradores.

A visão da Eletro Laser é ser uma das mais bem-sucedidas empresas de materiais elétricos e de prestação de serviços, transcendendo gerações, comprometida com o crescimento, efetividade e inovação.

Os valores da empresa são:

- Confiança;
- Ética;
- Excelência;
- Inovação;
- Respeito;
- Responsabilidade social;
- Segurança no trabalho;
- Sustentabilidade.

1.2.1 Eletro Laser Serviços em Eletricidade Eirelli EPP

A Eletro Laser Serviços é uma empresa privada fundada em 2005, atuante no setor de prestação de serviços elétricos com certificação de NR 10 para todos os seus colaboradores, com acervo técnico e experiência em implantação e gestão energética em mais de doze mil pontos de iluminação pública.

A Eletro Laser Serviços Ltda posteriormente transformou-se em Eletro Laser Serviços em Eletricidade Eirelli – EPP e tem como foco os projetos em energia solar e o atendimento as demandas do setor público, em especiais a instalação e a manutenção dos parques municipais de iluminação pública, tendo atuação em diversas cidades do Nordeste.

Os conceitos de eficiência e sustentabilidade estão inseridos no seu plano de trabalho, pois a Eletro Laser Serviços engloba em seu leque de atividade a elaboração de projetos elétricos, garantindo o alcançar de metas de forma singular. Entre os serviços prestados pela empresa, destacam-se:

- Projeto e instalação de sistemas fotovoltaicos;

- Instalação e manutenção de iluminação pública;
- Eficientização energética no setor privado;
- Montagem e instalação de quadros de comando;
- Montagem e instalação de subestações aéreas e abrigadas;
- Implantação de postes;
- Instalação de transformadores;
- Manutenção de rede de baixa tensão;
- Construção de redes de média e baixa tensão, convencional, compacta e multiplexada;
- Elaboração e execução de projetos elétricos e de SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas atmosféricas);

A Eletro Laser Serviços possui um quadro de funcionários composto por dois administradores, sete eletricitas, três eletrotécnicos e um engenheiro eletricitista. Além de contratar outros profissionais, como pedreiros, para alguns serviços específicos.

A Eletro Laser Serviços também possui um escritório, um depósito e uma garagem localizados no mesmo prédio. Na Figura 1.1 pode ser vista a fachada e a área externa.

Figura 1.1 – Fachada e área externa da Eletro Laser Serviços.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 1.2 é mostrado a área interna, onde ficam o escritório, mostrado na Figura 1.3 e a garagem, mostrado na Figura 1.4.

Figura 1.2 – Área interna da Eletro Laser Serviços.



Fonte: Próprio autor.

Figura 1.3 – Escritório da Eletro Laser Serviços.



Fonte: Próprio autor.

Figura 1.4 – Garagem da Eletro Laser Serviços.

Fonte: Próprio autor.

1.3 Estrutura do trabalho

O Capítulo 1 é introdutório e contextualiza o trabalho, define os objetivos do estágio, descreve o ambiente onde foi realizado o estágio e apresenta a estrutura do trabalho.

No Capítulo 2 são apresentados alguns conceitos que dão suporte ao trabalho, mostrando as normas utilizadas durante o estágio e a plataforma para o estudo de sombreamento.

O Capítulo 3 é destinado às principais atividades desenvolvidas durante o estágio, tais como o projeto e a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição de energia elétrica, um estudo de sombreamento utilizando a ferramenta PV Sol Premium, um levantamento de dados para execução de manutenção da iluminação pública de algumas ruas e praças das cidades de Alagoa Grande-PB e Borborema-PB, um projeto de uma instalação elétrica industrial de baixa tensão e o acompanhamento da instalação de uma subestação abrigada na cidade de Santa Luzia-PB.

O Capítulo 4 destaca as principais conclusões do trabalho.

Capítulo 2

Fundamentação teórica

Neste capítulo é apresentado uma base teórica para auxiliar o leitor no entendimento do texto, sendo descritos os principais tópicos relacionados ao projeto e a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição de energia elétrica, ao levantamento de dados para execução da manutenção de iluminação pública nas ruas e praças das cidades de Alagoa Grande-PB e Borborema-PB, ao estudo de sombreamento o qual utilizou a ferramenta *PV Sol Premium*, ao projeto de uma instalação elétrica industrial de baixa tensão e à execução de uma subestação abrigada na parte integrante da edificação residencial.

As atividades e projetos desenvolvidos seguem estritamente as normas propostas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e pela concessionária de energia elétrica Energisa Borborema.

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, 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.

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 do MTE.

2.2.1 NR 10

Esta norma do MTE estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade (MTE, 2004).

A norma se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis (MTE, 2004).

2.2.2 NBR 5410

A NBR 5410 é a norma que estabelece as condições adequadas para o funcionamento usual e seguro das instalações elétricas de baixa tensão, ou seja, até 1000 V em tensão alternada e 1500 V em tensão contínua. Esta norma é aplicada principalmente em instalações prediais, públicas e comerciais.

No geral, esta norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e conservação dos bens.

A NBR 5410 se aplica nos seguintes casos:

- Áreas descobertas externas a edificações;
- Locais de acampamento, marinha e instalações análogas;

- Instalações temporárias como canteiros de obras, feiras, etc;
- Circuitos elétricos alimentados com tensão nominal igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada (CA), frequência inferior a 400 Hz, ou a 1500 V e corrente contínua (CC) (modificação vinda da norma NR 10, que estabelece o que é baixa tensão);
- Circuitos elétricos que não estão dentro de equipamentos, funcionando com tensão superior a 1000 V e alimentados por uma instalação igual ou inferior a 1000 V e corrente alternada. Circuitos de lâmpadas de descarga, por exemplo;
- Fiações e redes elétricas que não estejam cobertas pelas normas relativas aos equipamentos de utilização;
- Linhas elétricas fixas de sinal com exceção dos circuitos internos dos equipamentos;
- Instalações novas e já existentes em reforma.

Casos em que a norma NBR 5410 não se aplica:

- Instalações de tração elétrica;
- Instalações elétricas de veículos motores, carros elétricos, por exemplo;
- Instalações de embarcações e aeronaves;
- Equipamentos para supressão de perturbações radioelétricas, na medida em que não comprometa a segurança das instalações;
- Iluminação pública;
- Redes públicas de distribuição elétrica;
- Instalações de proteção contra quedas diretas de raios, porém esta norma considera as consequências dos fenômenos atmosféricos sobre as instalações, por exemplo, seleção dos dispositivos de proteção contra sobre tensão;
- Instalações em minas;
- Instalações em cercas elétricas.

A aplicação da NBR 5410 não dispensa o seguimento de outras normas aplicadas em situações ou lugares específicos e os regulamentos que a instalação deve seguir.

2.2.2.1 Condutores

Condutor é todo material que permite a passagem da corrente elétrica com grande facilidade, quando está submetido a uma diferença de potencial elétrico.

Os cabos condutores utilizados nas instalações residenciais, comerciais (baixa tensão) poderão ser de cobre ou alumínio, com isolamento de PVC (policloreto de vinila) ou outros materiais previstos em norma, como XLPE (polietileno reticulado) ou EPR (borracha etileno-propileno).

O dimensionamento dos condutores se dá por critérios previstos na norma NBR 5410.

2.2.2.2 Dispositivos de proteção contra sobrecarga e sobrecorrentes

Disjuntores termomagnéticos e fusíveis são dispositivos de proteção capazes de estabelecer e conduzir as correntes elétricas em condições normais de operação do circuito e interromper correntes em condições anormais, desde que tenham sido corretamente dimensionados.

O dimensionamento da proteção é realizado com base na previsão de corrente do circuito, a fim de proteger seres vivos, os equipamentos, e os condutores elétricos.

2.2.3 NDU 001

Esta norma técnica apresenta os requisitos mínimos e as diretrizes necessárias para projetos e execução das instalações de entradas de serviço das unidades consumidoras de baixa tensão, nas concessionárias do Grupo Energisa, quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW, conforme normativo em vigor. Estabelecendo padrões, procedimentos, critérios técnicos e operacionais envolvidos nas instalações individuais ou agrupadas até três unidades consumidoras, 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-001, 2019).

Na NDU 001 são esclarecidos os procedimentos que devem ser seguidos nas 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.

2.2.3.1 Categoria de atendimento

As categorias de atendimentos são definidas 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 e da proteção do sistema.

A Energisa por meio da NDU 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 2.1 – Dimensionamento das categorias de atendimento 380/220V.

CATEGORIA	N.º DE FIOS	N.º DE FASES	DEMANDA (kW)	CARGA INSTALADA (kW)	CONDUTORES (mm ²)					HASTE PARA ATERRAMENTO AÇO COBRE	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO (Limite Máximo (A))	ELETRODUTO DE PVC RÍGIDO (mm)		POSTE (5 ou 7 metros)		PONTALETE (mm)		
					RAMAL DE LIGAÇÃO MULTIPLEX (ALUMÍNIO)	RAMAL DE LIGAÇÃO CONCENTRICO (ALUMÍNIO)	RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO E SUBTERRÂNEO (COBRE PVC 70/5)	RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO E SUBTERRÂNEO (COBRE EPR/XLPE/PEPR 90°C)	ATERRAMENTO (COBRE)			Mínimo	Máximo	POSTE DT (daN)	POSTE TUBO DE AÇO GALVANIZADO (Ø - 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		2x10(10)	2x6(6)	6	1H 16X2400	40	32	25	150	80	80x80	50
	B2	3	2	-	17,6 < C ≤ 22,0	2x1x16+16		2x10(10)	2x10(10)	10	1H 16X2400	50	32	25	150	80	80x80	50
	B3	3	2	-	22,00 < C ≤ 26,30	2x1x25+25		2x16(16)	2x16(16)	16	1H 16X2400	70	40	40	150	80	80x80	50
TRIFÁSICO	T1	4	3	0 < D ≤ 24,00	0 < C ≤ 75	3x1x10+10		3x10(10)	3x6(6)	6	1H 16X2400	40	32	32	150	80	80x80	50
	T2	4	3	24,01 < D ≤ 30,00		3x1x16+16		3x10(10)	3x10(10)	10	1H 16X2400	50	32	32	150	80	80x80	50
	T3	4	3	30,01 < D ≤ 42,39		3x1x25+25		3x25(25)	3x16(16)	10	1H 16X2400	70	40	40	150	100	90x90	50
	T4	4	3	42,40 < D ≤ 60,54		3x1x35+35		3x35(35)	3x25(25)	16	1H 16X2400	100	50	50	300	100	90x90	50
	T5	4	3	60,55 < D ≤ 75,00		3x1x70+70		3x70(35)	3x50(35)	25	1H 16X2400	125	65	75	600			

Fonte: Adaptado de (NDU-001, 2019).

2.2.4 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).

2.2.4.1 Medição em baixa tensão

Em subestações abrigadas a medição será com caixa de medição instalada em parede, no recinto da subestação. O dimensionamento de medidores, condutores, eletrodutos e da proteção deverá ser realizado acordo com a Tabela 02 da NDU 002 de 2019 referenciada na Figura 2.2.

Figura 2.2 – Fornecimento trifásico em média tensão com medição na BT em 380/220 V.

TRANSFORMADOR KVA	MEDIÇÃO		DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO (Limite Máximo) (A)	CONDUTOR EPR OU XLPE 0,6/1 kV 90°C (MM2)	ELETRODUTO AÇO (mm)	CONDUTOR PVC 0,6/1 kV 70°C (MM2)	ELETRODUTO AÇO (mm)	POSTE (daN)
	MEDIDOR	TC						
15	Direto de 120A	-	25	3#10(10)	40	3#10(10)	40	300
30	Direto de 120A	-	50	3#10(10)	40	3#16(16)	40	300
45	Direto de 120A	-	70	3#25(25)	50	3#35(35)	50	300
75	Direto de 200A	-	125	3#50(25)	65	3#70(35)	80	600
112.5	Direto de 200A	-	175	3#70(35)	80	3#95(50)	80	600
150	Trifásico	200:5	225	3#120(70)	100	3#150(95)	100	1000
225	Trifásico	400:5	350	3#240(120)	100	2x{3#120(70)}	2 x 100	1000
300	Trifásico	400:5	500	2x{3#120(70)}	2x100	2x{3#150(95)}	2 x 100	1000

Fonte: Adaptado de (NDU-002, 2019).

2.2.4.2 Transformadores

Os transformadores a óleo só poderão ser instalados no pavimento térreo ou subsolo das edificações. Quando a subestação de transformação fizer parte integrante da edificação residencial e/ou comercial, somente é permitido o emprego de transformadores a seco, mesmo que haja parede de alvenaria e portas corta-fogo (NDU-002, 2019).

2.2.4.3 Muflas Terminais

É obrigatório o uso de muflas terminais, tanto na estrutura de derivação de ramal, como dentro da subestação. A mufla terminal, também conhecida por terminação ou terminal, constitui um sistema simples e rápido para terminar cabos de potência com isolamento extrudada, unipolar ou tripolar até 35 kV e seção até 630 mm².

O sistema modular dos componentes permite variar o comprimento da linha de fuga tornando a mufla adequado às tensões de 5 kV a 35 kV. Composto de tubo de alívio de campo elétrico (TVR) em EPDM, cobertura de aterramento e saias isolantes em borracha à base de silicone (PRYSMIAN, 2019).

Sendo aplicada em instalações com espaços limitados, ambientes internos, externos, áreas poluídas ou de elevada salinidade, podendo ser montado na posição invertida. Resistente a radiação UV, ao trilhamento e à erosão, com rapidez e simplicidade de montagem, dispensando o uso de massas de preenchimento e maçarico.

Figura 2.3 – Mufla terminal.



Fonte: Adaptado de (PRYSMIAN, 2019).

A mufla supera os ensaios de tipo previstos na Norma NBR 9314. Atende também os requisitos gerais das Normas EDF HN 33 E 01, VDE 0278, ANSI/ IEEE 48, CEI 20/24 e IEC 540.

2.2.5 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).

2.2.5.1 Documentação mínima exigida

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 deve também relacionar os seguintes itens:

- a) Normas e Padrões Técnicos e Documentação Relacionada (Certificação dos Equipamentos);
- b) Identificação da Unidade Consumidora (U.C);
- 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, mostrado na seção 2.2.5.2.

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

E apesar de não ser obrigatório para a potência menor do que 10 kW, a empresa Eletro Laser Serviços sempre envia também os diagramas unifilares e trifilares do sistema de Geração, Carga, Aterramento, Proteção e Medição, conforme os desenhos NDU013.01 a 03 ou os desenhos NDU013.04 a 08;

2.2.5.2 Requisitos de proteção do inversor

De acordo com a Tabela 09 da NDU 013 os requisitos de proteção do inversor estão disponibilizados na Figura 2.4.

Figura 2.4 – 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 Sobre frequência	Sim
Relé de Sincronismo (Nota 2)	Sim
Anti-ilhamento (Nota 3)	Sim

Fonte: Adaptado de (NDU-013, 2019).

Com algumas observações:

- Nota 1. Elemento de interrupção automático acionado por proteção para microgeradores 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.

2.2.5.3 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 2.5.

Figura 2.5 – 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 Sobretensão (59)	1,1 p.u	0,2
Proteção de Subfrequência (81U)	59,5 Hz	0,2
Proteção de Sobrefrequência (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: Adaptado de (NDU-013, 2019).

A **reconexão** é um dos principais itens desses ajustes, podendo ocorrer a reprovação de alguns sistemas, caso o se 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).

2.2.6 Prodist - Módulo 3

O objetivo é estabelecer as condições de acesso, compreendendo a conexão e o uso, ao sistema de distribuição, não abrangendo as Demais Instalações de Transmissão – DIT, e definir os critérios técnicos e operacionais, os requisitos de projeto, as informações, os dados e a implementação da conexão, aplicando-se aos novos acessantes bem como aos existentes (ANEEL, 2016).

2.2.7 Resoluções Normativas 482, 687 e 784

Esta resolução normativa 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.

As Resoluções Normativas 687, de 24 de novembro de 2015, e a Resolução Normativa 784, de 17 de outubro de 2017, alteram a Resolução Normativa 482, de 17 de abril de 2012 e os Módulos 1 e 3 do PRODIST.

2.3 Sistema fotovoltaico

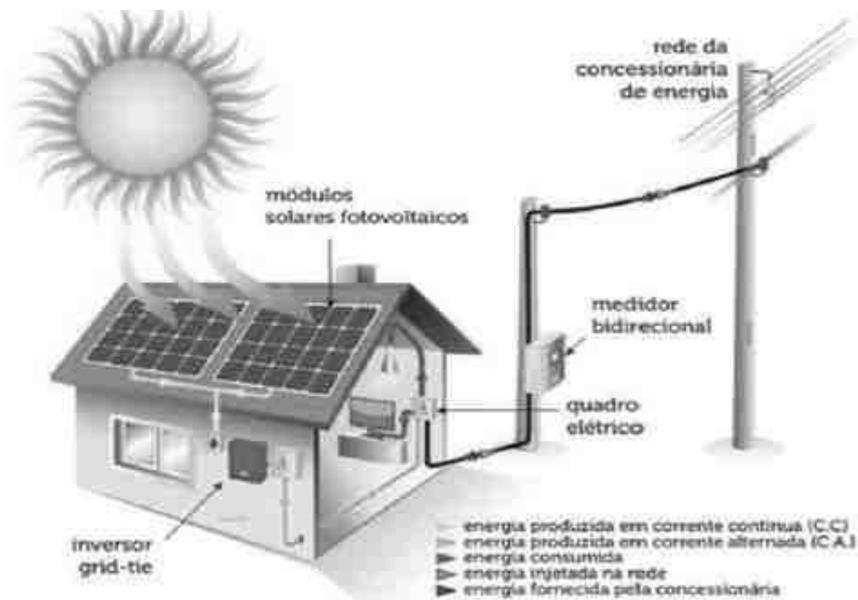
É o sistema de conversão da radiação solar em energia aproveitável, sob a forma de eletricidade. É constituído por um bloco gerador (módulos fotovoltaicos), um bloco de condicionamento de potência (inversor) e, opcionalmente, um bloco de armazenamento (baterias) (PINHO, 2004).

2.3.1 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. Na Figura 2.6 está uma ilustração básica de como o sistema funciona.

Figura 2.6 – Sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição da concessionária.

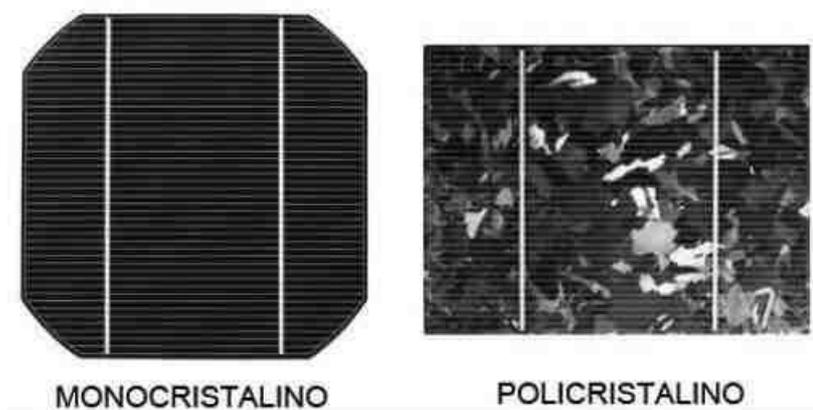


Fonte: Adaptado de (MPPT SOLAR, 2019).

2.3.2 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.

Figura 2.7 – Modelos de módulos fotovoltaicos monocristalino e policristalino.



Fonte: Adaptado de (ECORI ENERGIA SOLAR, 2019).

A Figura 2.8 mostra 20 módulos fotovoltaicos instalados em um telhado de cerâmica.

Figura 2.8 – Módulos fotovoltaicos instalados em telhado.



Fonte: Próprio autor.

2.3.3 Inversor

É o dispositivo responsável pela conversão de corrente contínua, proveniente dos módulos fotovoltaicos, para corrente alternada, com amplitude e frequência determinadas.

Para sistemas fotovoltaicos conectados à rede, a amplitude e frequência de saída do inversor são determinados pela rede de distribuição de energia elétrica local, na qual o inversor está conectado.

A Figura 2.9 mostra um inversor Fronius Primo 6 kW instalado na parede.

Figura 2.9 – Inversor Fronius de 6 kW.



Fonte: Próprio autor.

A Figura 2.10 mostra dois modelos de inversores Renovigi instalados na parede. O inversor do lado esquerdo da Figura é um inversor de 5 kW enquanto que o inversor do lado direito da Figura é um inversor de 30 kW.

Figura 2.10 – Inversores Renovigi.



Fonte: Próprio autor.

2.3.4 Medidor bidirecional

O medidor bidirecional normalmente faz o registro separadamente da energia injetada e da energia consumida. O que causa confusão em muitos consumidores é o fato de que a energia injetada registrada no medidor é menor que a energia gerada no inversor, porém, é comum, pois uma boa parte da energia gerada é consumida na instalação e, assim, não chega a ser registrada pelo medidor. Sendo assim, conclui-se que o medidor registra apenas o excedente da geração de energia. A Figura 2.11 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 2.11 – Caixa de medição com o medidor bidirecional.



Fonte: Próprio autor.

A Figura 2.12 mostra apenas o medidor bidirecional.

Figura 2.12 – Medidor bidirecional.



Fonte: Próprio autor.

2.3.5 *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 2.13 mostra o quadro de proteção CC

Figura 2.13 – *String Box*.



Fonte: Próprio autor.

2.3.6 Cabos solares e conectores

Os cabos solares são os condutores de cobre eletrolítico estanhado, com isolação 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.

2.4 Estudo de sombreamento

O sombreamento nos módulos pode causar grandes perdas na produção de energia elétrica e para diminuir essas perdas é necessário fazer um estudo de sombreamento. Para esse estudo de sombreamento é utilizado um *software* para simulação dos sistemas fotovoltaicos com o objetivo de aproveitar melhor o espaço disponível para a instalação dos módulos. O *software* utilizado para esse estudo é a ferramenta *PV Sol Premium* e será explicado na seção 2.4.1.

2.4.1 PV Sol Premium 2019

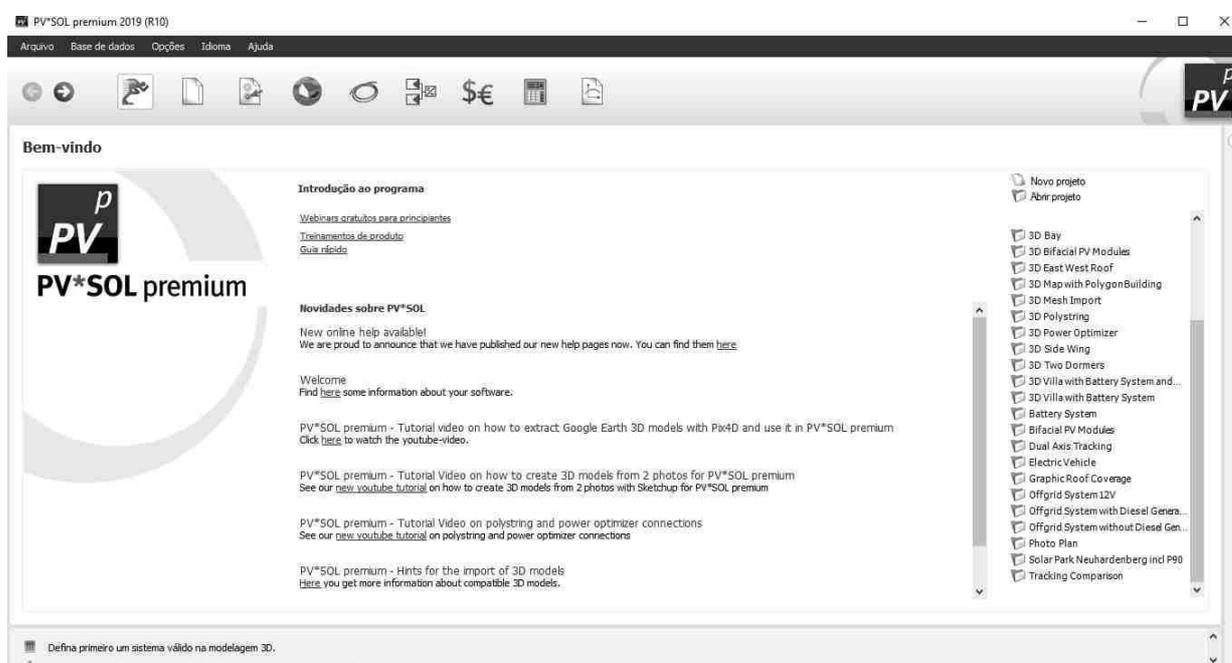
O *PV Sol Premium* é uma ferramenta de simulação para projetar sistemas fotovoltaicos e calcular o sombreamento nas áreas indicadas. De forma fácil e rápida, as simulações conseguem fazer uma previsão de eficiência energética e até econômica dos sistemas fotovoltaicos ligadas à rede.

Normalmente com a fatura de energia elétrica podemos criar um perfil de carga da unidade consumidora e calcular com precisão a geração de energia elétrica e analisar se a geração de energia será rentável.

Sempre atualizados, os bancos de dados são atualizados regularmente pelos fabricantes dos módulos fotovoltaicos e dos inversores, os quais disponibilizam regularmente os *data-sheets* dos equipamentos e o sistema atualiza através da atualização do programa com a *internet*.

Em seguida é ilustrado a aba de cada parte do *PV Sol Premium*. Na Figura 2.14 é mostrado a tela inicial do *PV Sol Premium*.

Figura 2.14 – Aba Bem-vindo do *PV Sol Premium*.



Fonte: Adaptado de (*PV Sol Premium*, 2019).

Na Figura 2.15 é mostrado a aba Dados, a qual é para preenchimento com os dados do responsável pela simulação e também os dados do cliente, como: contato, telefone,

e-mail, endereço, etc.

Figura 2.15 – Aba Dados do Projeto do *PV Sol Premium*.

The screenshot shows the 'Dados do projeto' form in the PV*SOL premium 2019 (R10) software. The form is organized into two main sections: 'Dados do projeto' and 'Dados do cliente'. The 'Dados do projeto' section includes fields for 'Número da proposta', 'Responsável', 'Início da operação' (set to 12/11/2019), 'Nome do projeto', 'Imagem do projeto' (with 'Carregar' and 'Apagar' buttons), 'Descrição do projeto', and 'Endereço da instalação'. The 'Dados do cliente' section includes fields for 'Número de cliente', 'Contato', 'Empresa', 'Telefone', 'Fax', 'E-mail', and 'Endereço'. All input fields are currently empty.

Fonte: Adaptado de (*PV Sol Premium*, 2019).

A Figura 2.16 mostra um exemplo da aba Dados com um preenchimento realizado.

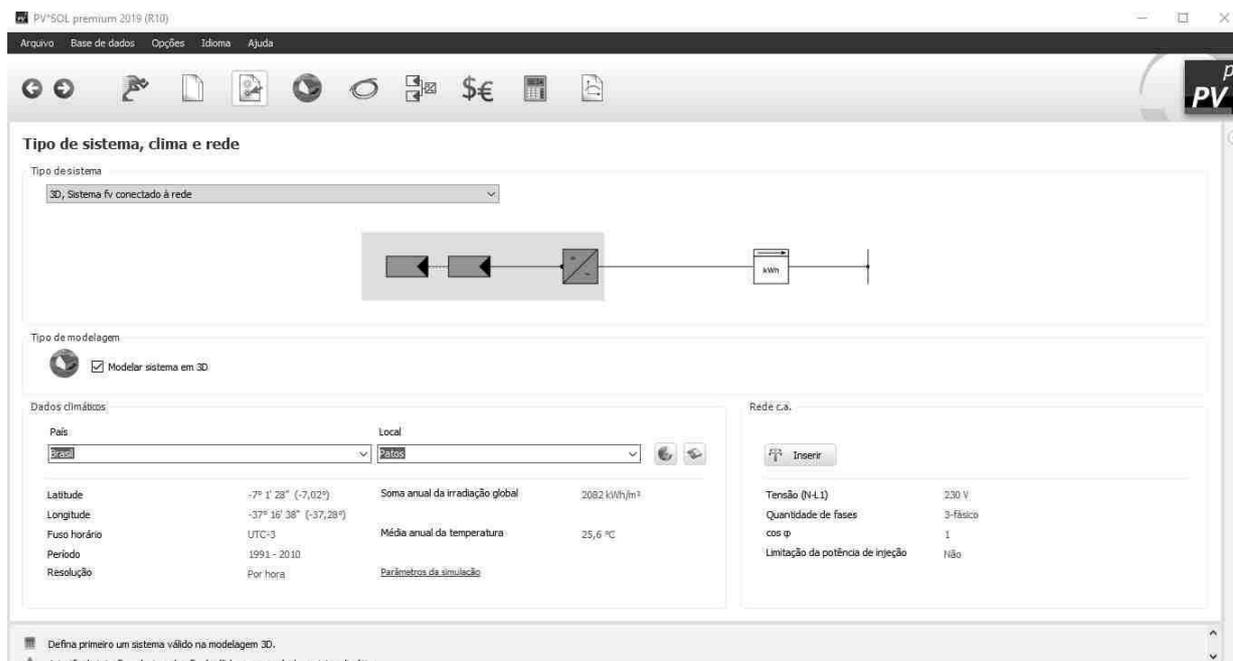
Figura 2.16 – Exemplo de preenchimento da aba Dados.

The screenshot shows the 'Dados do projeto' form in the PV*SOL premium 2019 (R10) software, now filled with example data. The 'Dados do projeto' section includes: 'Número da proposta' (001), 'Responsável' (Anderson Wendel (Eleto Laser)), 'Início da operação' (12/11/2019), 'Nome do projeto' (Eleto Laser Serviços), 'Imagem do projeto' (empty), 'Descrição do projeto' (Projeto Fotovoltaico para Eleto Laser Serviços), and 'Endereço da instalação' (Rua Raphael de Santanis Alves, 30). The 'Dados do cliente' section includes: 'Número de cliente' (001), 'Contato' (Audi de Araújo), 'Empresa' (Eleto Laser Serviços), 'Telefone' ((83) 3421 5901), 'Fax' (empty), 'E-mail' (contatoservicos@eletrolaser.com.br), and 'Endereço' (Rua Raphael de Santanis Alves, 30).

Fonte: Adaptado de (*PV Sol Premium*, 2019).

Na Figura 2.17 é mostrado a aba Tipo de Sistema, a qual é para indicar se o sistema fotovoltaico será conectado à rede de energia elétrica da concessionária (*on-grid*) ou se será o sistema fotovoltaico não será conectado à rede de energia elétrica da concessionária (*off-grid*) com a utilização de banco de baterias.

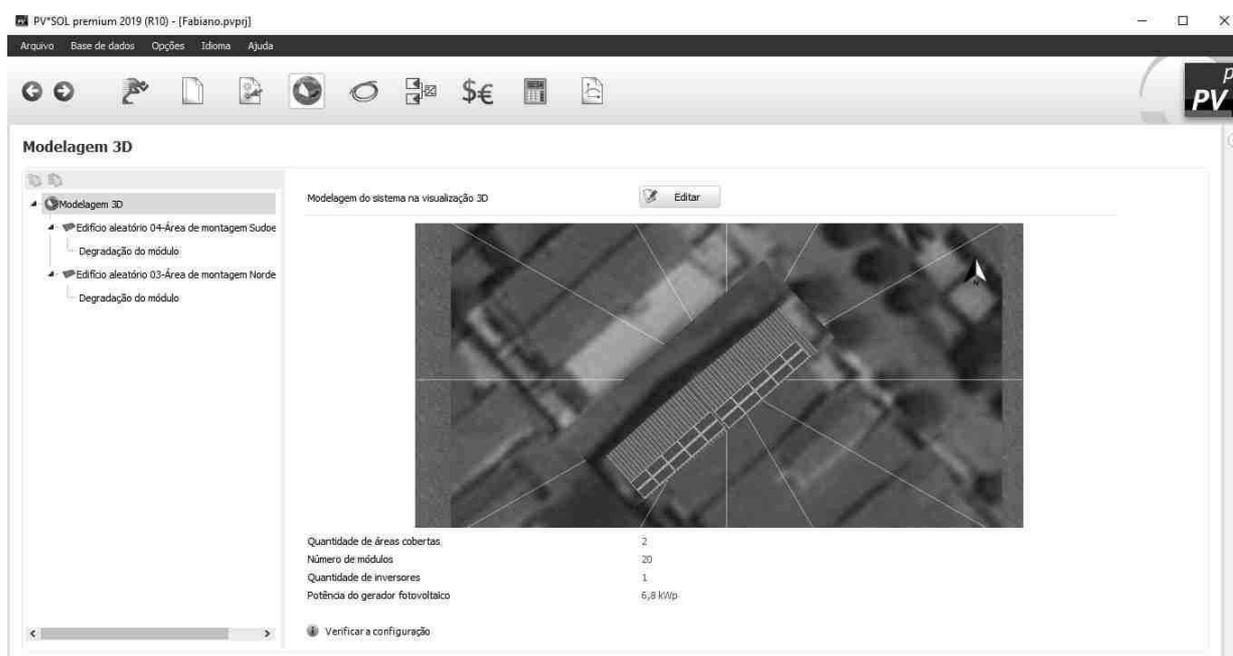
Figura 2.17 – Aba Tipo de Sistema do PV Sol Premium.



Fonte: Adaptado de (PV Sol Premium, 2019).

Nesta aba podemos ainda escolher a localidade da instalação, importando as informações de irradiação solar da cidade desejada.

A parte de Modelagem 3D é a parte programável da simulação, dentro desta aba podemos escolher o local da instalação acessando as coordenadas geográficas por meio do *Google Maps*, deixando a imagem proporcional à realidade. Em muitos locais, o próprio *Google Maps* já tem os locais em 3D, facilitando mais ainda o projeto, como mostra a Figura 2.18.

Figura 2.18 – Aba Modelagem 3D do *PV Sol Premium*.

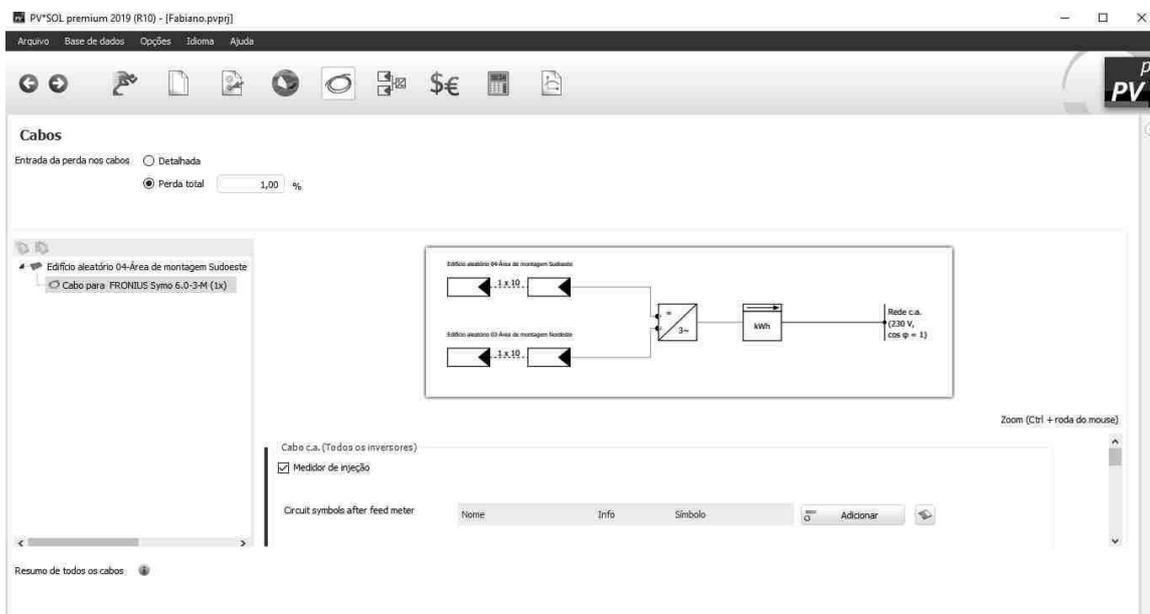
Fonte: Adaptado de (*PV Sol Premium*, 2019).

Nessa aba podemos determinar o número de módulos e visualizar a superfície do módulo usando uma foto da casa módulo automático de montagem em qualquer tipo de telhado, como também podemos iniciar o projeto com a escolha da área para instalação dos módulos fotovoltaicos conforme necessário, se será em telhado, laje ou solo, podendo selecionar vários inversores que o programa disponibiliza e combiná-las de acordo com a necessidade. É de fácil configuração, sendo sugerido de forma automática o melhor inversor e a melhor instalação dos cabos para o sistema que pode também realizar a configuração manual e adaptar a configuração baseada nos *data-sheets* dos módulos fotovoltaicos de várias maneiras, com possibilidade de escolha dentre os equipamentos por meio dos favoritos.

Quaisquer erros de dimensionamento são evitados pela verificação das entradas de acordo com o *data-sheet* dos fabricantes.

Após da modelagem em 3D é a configuração dos cabos, mostrado na Figura 2.19, faz-se necessário analisar algumas perdas dos próprios cabos, as quais podem afetar o rendimento da instalação

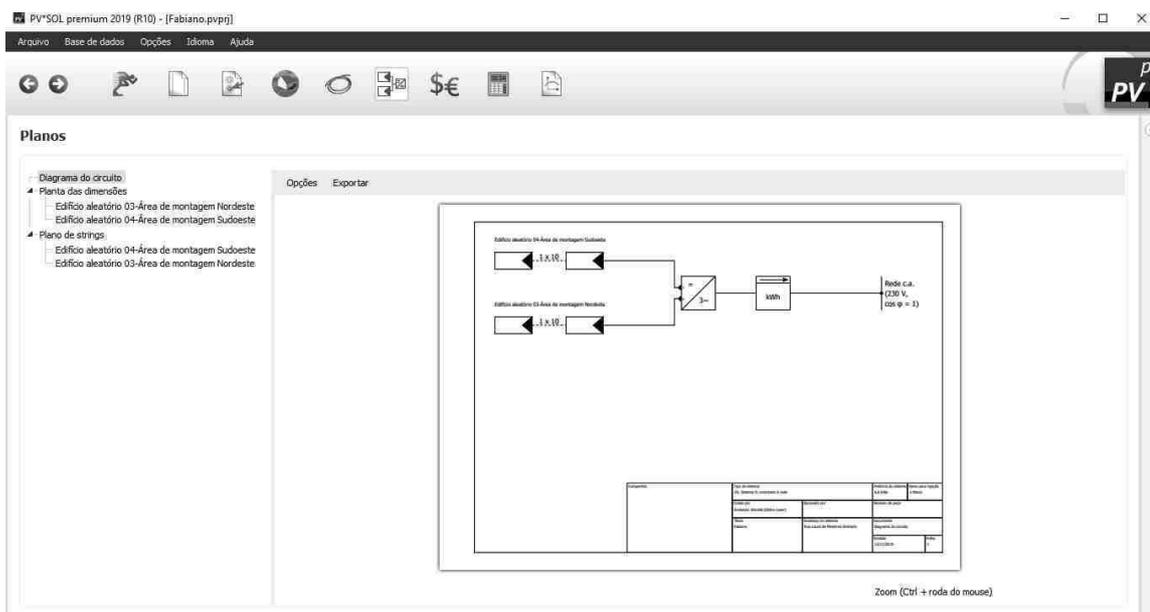
Figura 2.19 – Aba Cabos do PV Sol Premium.



Fonte: Adaptado de (PV Sol Premium, 2019).

A aba Planos, mostrado na Figura 2.20, é destinada ao diagrama do circuito e as dimensões da instalação.

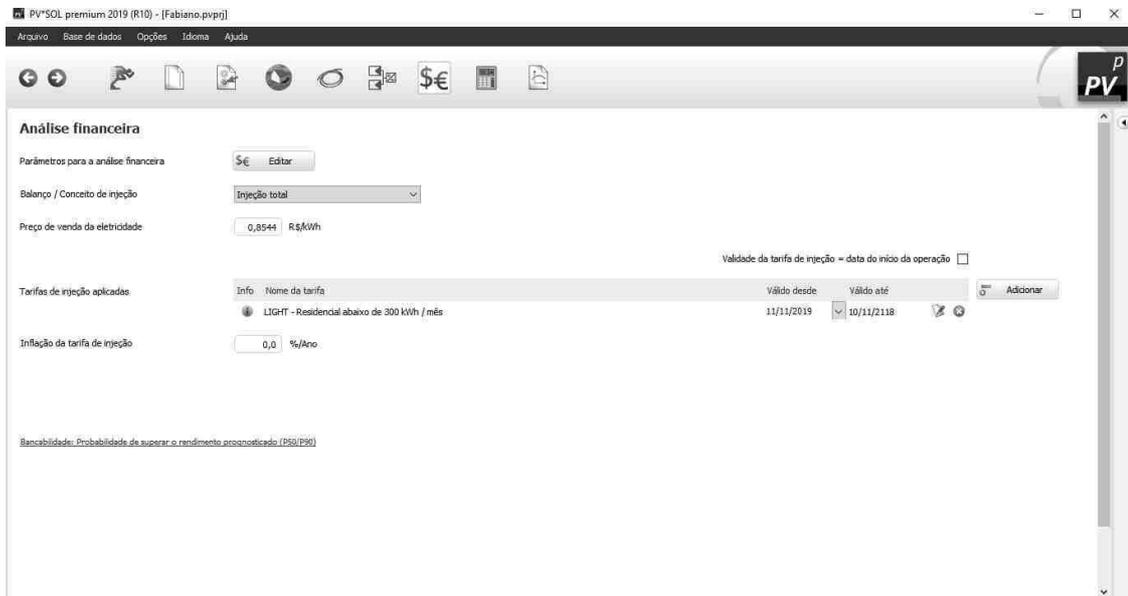
Figura 2.20 – Aba Planos do PV Sol Premium.



Fonte: Adaptado de (PV Sol Premium, 2019).

A aba Análise Financeira, mostrado na Figura 2.21, é destinada para os parâmetros financeiros, como os preços da energia em kWh e da tarifa que é cobrada.

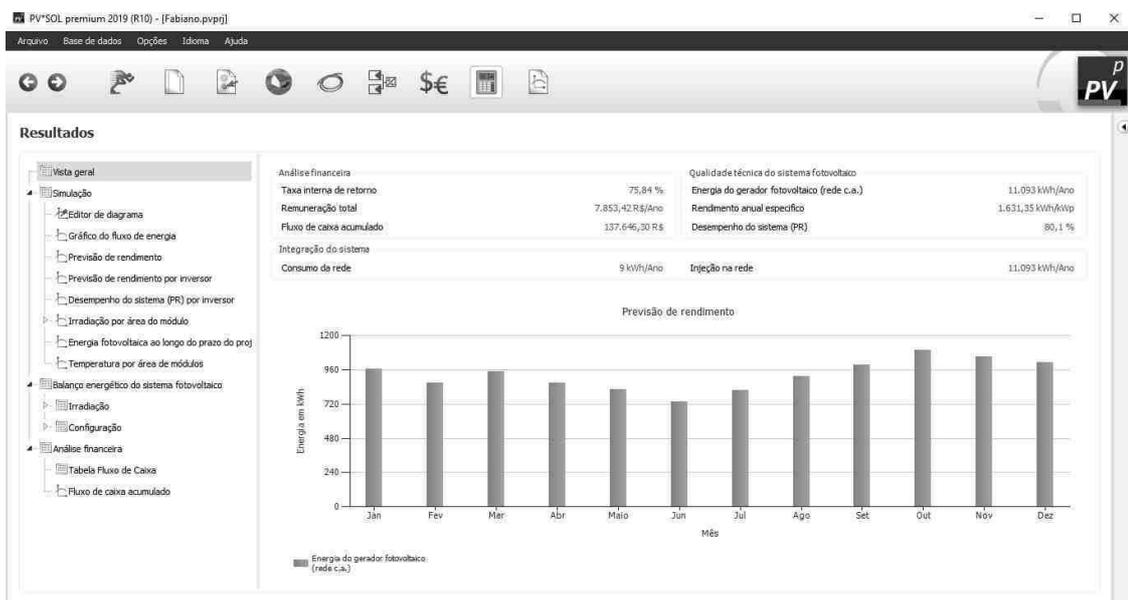
Figura 2.21 – Aba Análise Financeira do *PV Sol Premium*.



Fonte: Adaptado de (*PV Sol Premium*, 2019).

Na aba Resultados, mostrado na Figura 2.22, é informado a simulação da geração de energia anual com detalhes do rendimento anual simulado do sistema fotovoltaico e previsões econômicas especificadas.

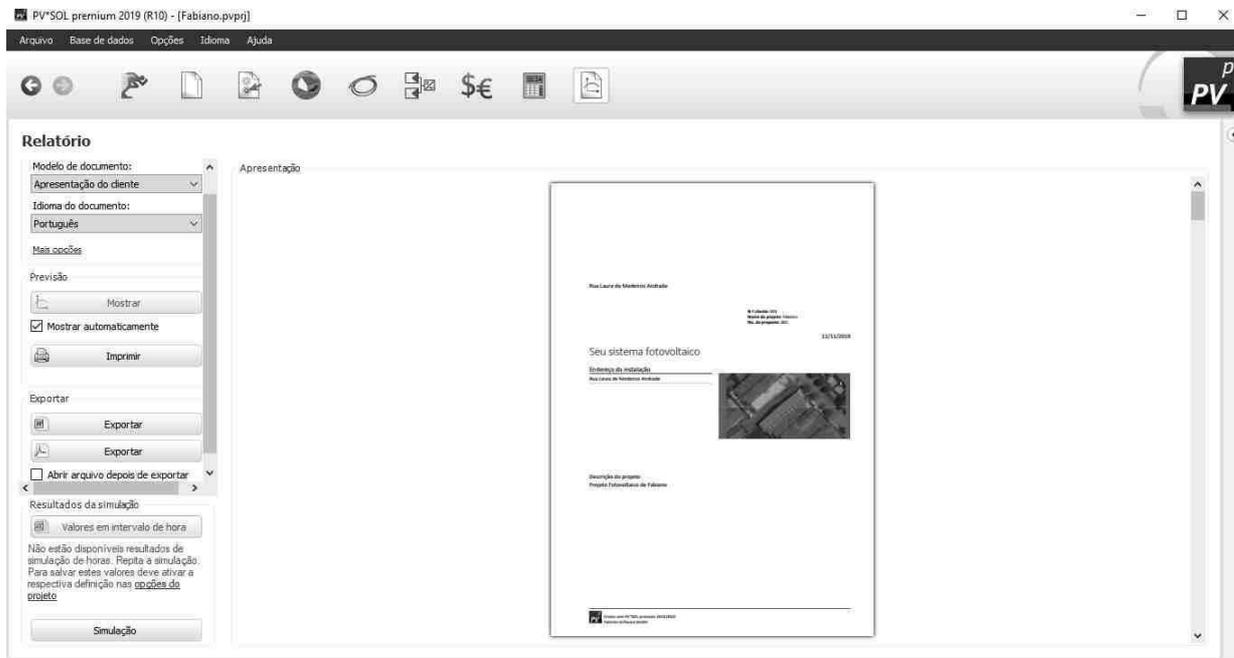
Figura 2.22 – Aba Resultados do *PV Sol Premium*.



Fonte: Adaptado de (*PV Sol Premium*, 2019).

Na aba Relatórios, mostrado na Figura 2.23, são disponibilizados os resultados das simulações dispostos de forma clara e que podem ser exportados em *Word*, *PDF* ou ainda para o cálculo da tabela em *Excel*.

Figura 2.23 – Aba Relatórios do *PV Sol Premium*.



Fonte: Adaptado de (*PV Sol Premium*, 2019).

Capítulo 3

Atividades Desenvolvidas

O estágio teve início com o acompanhamento de instalações de sistemas fotovoltaicos conectado à rede *on-grid* de distribuição de energia elétrica local em residências na cidade de Patos e região. Posteriormente, como outra atividade, foi iniciada a elaboração de projetos fotovoltaicos. Durante a elaboração dos projetos e dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos, realizei estudos de sombreamento, o qual utilizei a ferramenta *PV SOL Premium*.

Eu acompanhei o levantamento de iluminação pública das cidades de Alagoa Grande-PB e Borborema-PB.

Realizei um projeto elétrico industrial para uma indústria de alumínio, em Catolé do Rocha-PB e durante uma boa parte do estágio, acompanhei a instalação de uma subestação abrigada, do sistema fotovoltaico do Supermercado Frigotudo, em Santa Luzia-PB.

3.1 Projeto de um sistema fotovoltaico *on-grid*

Uma das primeiras atividades realizada constou em acompanhar a instalação de diversos sistemas fotovoltaicos conectado à rede de distribuição elétrica. Em seguida, depois de uma base teórica e com ajuda dos projetistas da empresa, projetei um sistema fotovoltaico de 7,03 kWp,

- 01 Inversor Fronius *on-grid* monofásico 6,0 kW;
- 21 Módulos fotovoltaicos BYD 335 kWp;

- 01 *String Box* de proteção de corrente contínua;
- 01 Quadro de proteção de corrente alternada;
- Trilhos e suportes de alumínio para fixação das placas;
- Cabo Solar 6 mm²;
- Conectores MC4.

Para realização dessa obra, foi necessária uma equipe composta de dois eletricitas, um eletrotécnico, um estagiário em engenharia elétrica e um pedreiro. O tempo de execução foi de 4 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 e computador.

Fiquei responsável por conectar o inversor à *internet*, cadastrá-lo no site do fabricante para conseguir as garantias e instalar o aplicativo de monitoramento disponibilizado pelo inversor *Fronius*, que é o *Solar Web*, exibido na Figura 3.1, no *Smartphone* da esposa do cliente, explicando detalhes sobre o acompanhamento da geração de energia fotovoltaica.

Figura 3.1 – Tela inicial do aplicativo Solar Web.



Fonte: Adaptado de (SOLAR WEB, 2019).

Além de acompanhar as etapas da instalação do sistema fotovoltaico, elucidando eventuais dúvidas de projeto aos instaladores, ajudei a instalar os módulos fotovoltaicos e realizar a configuração do próprio inversor, segundo os parâmetros de segurança exigidos pela Energisa na NDU 013, citados nas seções 2.2.5.2 e 2.2.5.3. Em seguida a Figura 3.2 mostra os módulos fotovoltaicos instalados no telhado e a Figura 3.3 também o balanço energético anual.

Figura 3.2 – 21 módulos fotovoltaicos instalados no telhado.



Fonte: Próprio autor.

Figura 3.3 – Inversor Fronius de 6.0 kW instalado com os quadros de proteção elétrica.



Fonte: Próprio autor.

3.1.1 Categoria de atendimento

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 7,03 kWp a categoria de atendimento é a categoria M2, por ter uma carga instalada entre 6,0 kW e 11,0 kW. As especificações do quadro de distribuição para categoria M2 é disponibilizado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Especificações do quadro de distribuição para categoria M1.

Condutores	Descrição
Ramal de Ligação	Cabo de alumínio multiplex 1×1×10+10 mm ²
Ramal de entrada embutido e subterrâneo	Cabo de cobre, classe 2 (rígido), 1#10(10)10 mm ² com isolamento e cobertura à base de composto PVC 0,6/1,0 kV – 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 25 mm
Duto	Eletroduto de Aço Galvanizado Ø 20 mm

Fonte: Energisa Paraíba

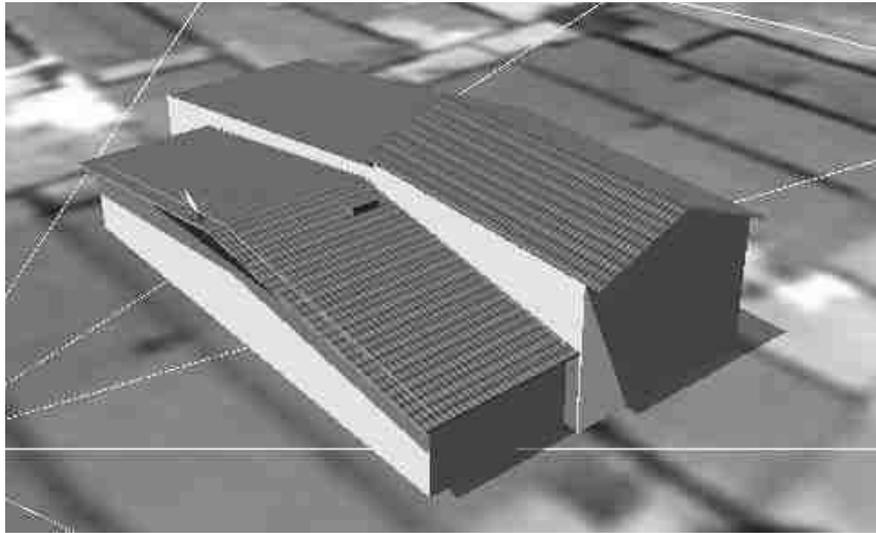
3.1.2 Diagrama unifilar

O diagrama unifilar está disponibilizado no Apêndice A, na Figura A.1.

3.2 Estudo de sombreamento utilizando a ferramenta *PV Sol Premium*

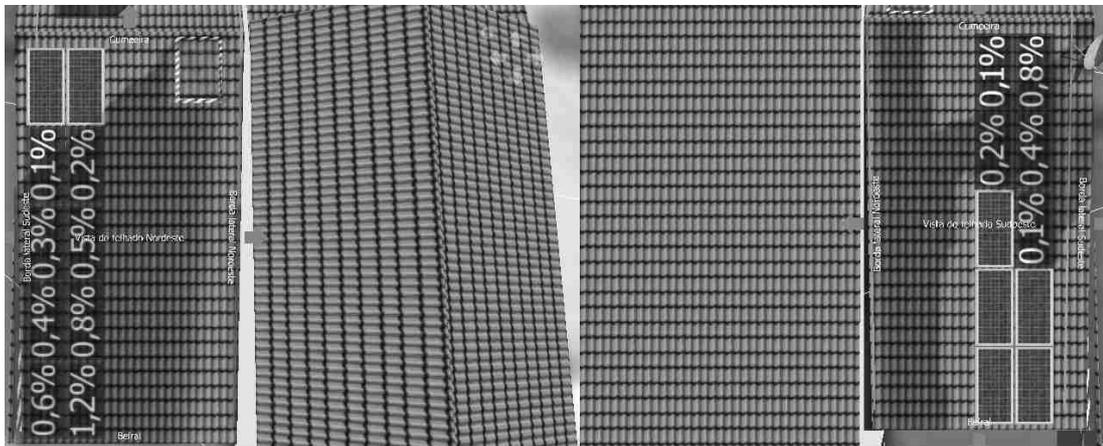
Foi solicitado a instalação de um sistema fotovoltaico para 900 kWh, porém a empresa não obteve segurança na decisão devido a altura elevada da residência vizinha e foi realizado o estudo de sombreamento.

O início do sombreamento é ilustrado na Figura 3.4.

Figura 3.4 – Início do estudo de sombreamento.

Fonte: Adaptado de (PV Sol Premium, 2019).

A Figura 3.5 mostra como o sombreamento afeta o telhado para a instalação dos módulos.

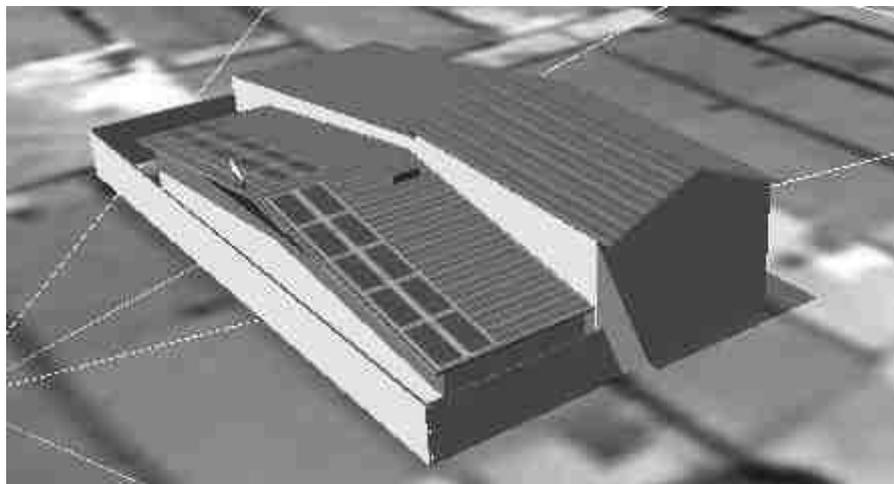
Figura 3.5 – Sombreamento do telhado dos lados norte e sul.

Fonte: Adaptado de (PV Sol Premium, 2019).

A área coberta pela parte verde consiste em uma área com maior sombreamento. Sendo assim é mais viável instalar os módulos fotovoltaicos na extremidade do telhado, com duas *strings* com 10 módulos fotovoltaicos cada.

A Figura 3.6 mostra como os módulos fotovoltaicos foram instalados no telhado.

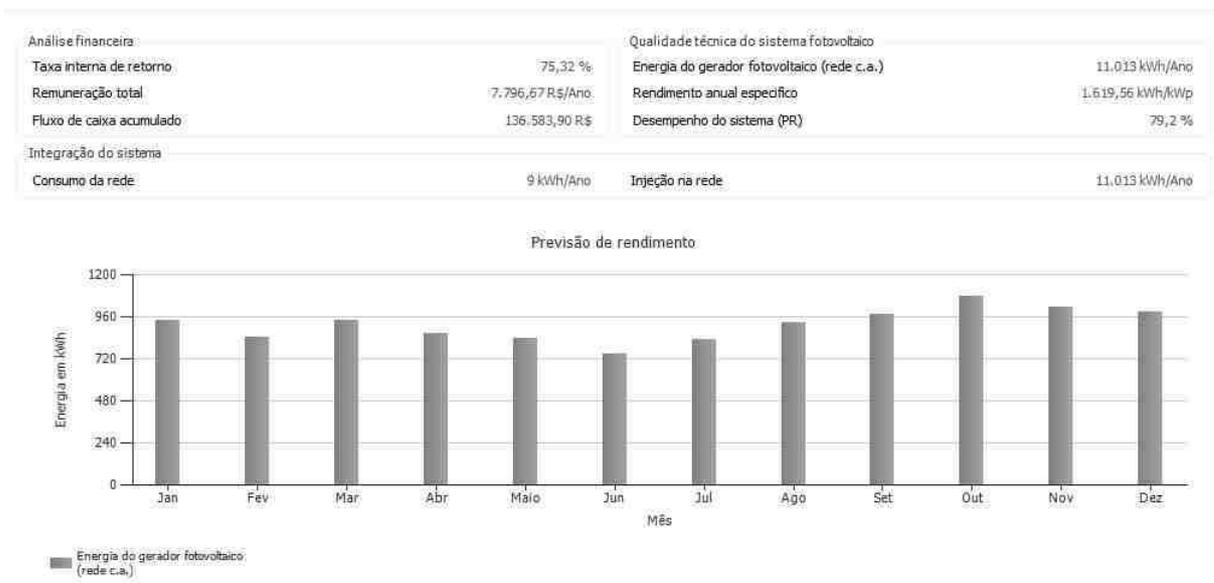
Figura 3.6 – Vista leste depois da instalação dos módulos fotovoltaicos.



Fonte: Adaptado de (PV Sol Premium, 2019).

Com o estudo de sombreamento realizado o resultado é informado na Figura 3.7. A simulação calculou que a produção anual prevista é de 11.013 kWh, sendo 917 kWh por mês.

Figura 3.7 – Resultado do estudo de sombreamento.



Fonte: Adaptado de (PV Sol Premium, 2019).

3.3 Eficiência energética

O objetivo dos projetos de eficiência energética é reduzir o consumo de energia por meio de uma melhor qualidade de energia, substituindo as lâmpadas de vapor mercúrio, vapor sódio ou vapor metálico que já estão instaladas com potências maiores por lâmpadas de led com potências menores.

Durante o estágio realizei alguns levantamentos para os projetos de eficiência energética no setor público para analisar a iluminação pública de algumas cidades da Paraíba, como Alagoa Grande e Borborema.

Nesses projetos de eficiência energética em iluminação pública são feitos levantamentos de algumas informações, que podemos citar:

- a altura da luminária (m);
- a distância da calçada até ponto de luz (m);
- o tipo de braço, se há ou não o braço ou se precisa trocar esse braço;
- o ângulo do braço (°);
- o comprimento do braço (m);
- o diâmetro do braço (m);
- a quantidade de faixas na rua;
- a largura da rua (m);
- a largura canteiro central;
- a distância entre os postes (m);
- a largura da calçada (m);
- o "tipo de via", se é de trânsito rápido, arterial, coletora ou local;
- o volume de tráfego, se é um volume leve, médio ou intenso;
- o tipo de equipamento/tecnologia, se é de Vapor Mercúrio, Vapor Sódio ou Vapor Metálico;
- a quantidade de luminárias;
- a potência das lâmpadas (W);
- a quantidade de braços e reatores a serem substituídos;
- o tipo de reator, se é eletrônico ou eletromagnético;

- o tipo de rede de distribuição, se é multiplexada ou aberta;
- o tipo de alimentação da luminária, se é por relé ou caixa de comando;
- o cabeamento, se é aéreo ou subterrâneo.

Por fim, a empresa procura saber o tempo de utilização do sistema durante alguns horários, como:

- Tempo de utilização do sistema, em h/dia;
- Dias de utilização do sistema, em dia/ano;
- Horas de utilização em horário de ponta, em h/dia;
- Dias úteis de utilização em horário de ponta, em dia/mês;
- Meses de utilização em horário de ponta, em mês/ano.

3.3.1 Alagoa Grande - PB

Na cidade de Alagoa Grande-PB o levantamento foi realizado na Praça Matriz, na Vila São João e em mais 12 ruas: Rua 7 de Setembro, Rua Tiradentes, Rua 13 de Maio, Rua Osório Paes, Rua 15 de Novembro, Rua Apolônio Zenaide, Rua Cônego Firmino Cavalcante, Rua Macários de Castro, Rua Dr. Francisco Montenegro, Rua Bom Jesus e a Rua Getúlio Vargas, além da ponte que é saída para Areia-PB.

Na Figura 3.8 é ilustrado o tipo de braço na rua 7 de Setembro.

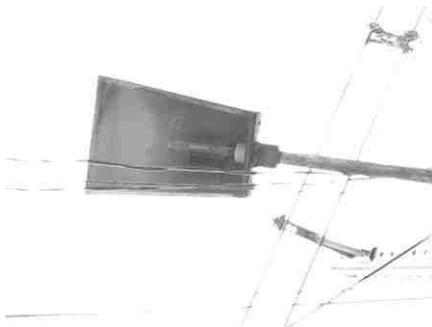
Figura 3.8 – Tipo de braço de um poste na rua 7 de Setembro.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 3.9 é ilustrado o tipo de luminária na rua 7 de Setembro.

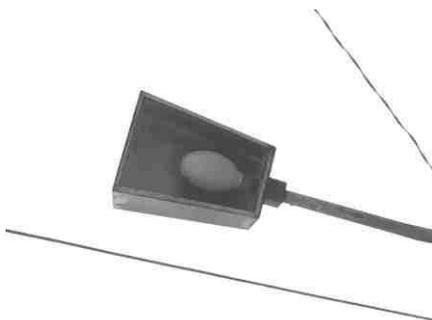
Figura 3.9 – Tipo de luminária de um poste na rua 7 de Setembro.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 3.10 é ilustrado o tipo de luminária na rua Tiradentes.

Figura 3.10 – Tipo de luminária na rua Tiradentes.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 3.11 é ilustrado o tipo de braço na rua 13 de Maio.

Figura 3.11 – Tipo de braço na rua 13 de Maio.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 3.12 é ilustrado o poste e o tipo de braço na rua 15 de Novembro.

Figura 3.12 – Poste e o tipo de braço na rua 15 de Novembro.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 3.13 é ilustrado o poste com a luminária tipo pétala na ponte saída para Areia-PB.

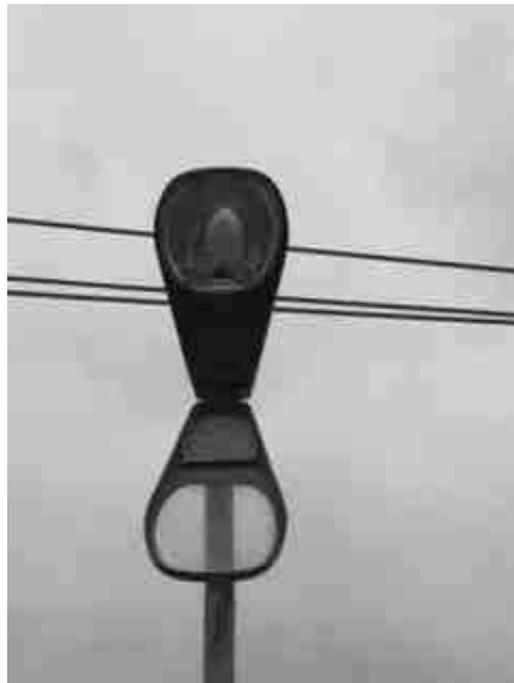
Figura 3.13 – Poste com a luminária tipo pétala na ponte saída para Areia-PB.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 3.14 é ilustrado a luminária tipo pétala na ponte saída para Areia-PB.

Figura 3.14 – Luminária tipo pétala na ponte saída para Areia-PB.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 3.15 é ilustrado a luminária tipo pétala dupla na praça Matriz.

Figura 3.15 – Luminária tipo pétala dupla na praça Matriz.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 3.16 é ilustrado o poste com o braço duplo, um para cada lado, na vila São João.

Figura 3.16 – Poste com o braço duplo, um para cada lado, na vila São João.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 3.17 é ampliada a Figura 3.16 para ilustrar melhor os braços duplos.

Figura 3.17 – Poste com braços duplos.



Fonte: Próprio autor.

Ao final do levantamento foi constatado que era necessário a troca de 43 braços e 173 luminárias e reatores.

3.3.2 Borborema - PB

Na cidade de Borborema-PB o levantamento foi realizado na Praça Sigismundo Aranha e 3 ruas: rua Arlindo Ramalho, rua Gov. Pedro Gondin e a rua Ademárcio B. de Freitas.

Na Figura 3.18 é ilustrado a luminária tipo pétala tripla na praça Sigismundo Aranha.

Figura 3.18 – Luminária tipo pétala tripla na praça Sigismundo Aranha.



Fonte: Próprio autor.

Nas ruas Arlindo Ramalho, Gov. Pedro Gondin e a Ademário B. de Freitas não foi necessário a troca de braços e as luminárias eram semelhantes, como mostra a Figura 3.19.

Figura 3.19 – Tipo de luminária nas ruas de Borborema-PB.



Fonte: Próprio autor.

Ao final do levantamento foi constatado que não era necessário a troca de braços mas era necessário a troca de 90 luminárias e reatores.

3.4 Projeto elétrico industrial

Foi solicitado a adaptação de um projeto elétrico de baixa tensão de uma indústria de alumínio, em Catolé do Rocha-PB, de acordo com a NBR 5410 e a NDU 001. O projeto elétrico a ser atualizado foi disponibilizado e na elaboração do projeto elétrico de baixa tensão projetei o diagrama unifilar e os quadros de cargas, com detalhes dos circuitos da instalação elétrica e o dimensionamento dos condutores e das proteções.

3.4.1 Cálculo da demanda

Para o cálculo da demanda da instalação, utilizou-se a NDU 001 para o dimensionamento da categoria de atendimento 380/220 V dos quadros de distribuição, de acordo com a tabela 17. Do quadro de medição serão derivados os circuitos de alimentação para os quadros de distribuição do local. Foram considerados os aspectos de ordem construtiva e de manutenção, com o objetivo de tornar o sistema flexível em sua execução e eficiente em sua operação, respeitadas as condições básicas.

A instalação foi dividida em circuitos específicos, de acordo com o tipo da carga, a fim de limitar as consequências de uma falta, a qual provocará apenas seccionamento do circuito defeituoso, não se propagando em todo o circuito. E também facilita as manutenções, ensaios e eventuais verificações.

3.4.1.1 Cálculo da demanda dos quadros de distribuição

Os dois quadros de cargas (QDBT 01 e QDBT 02) da área interna estão disponibilizados nas Tabelas 3.2 e 3.4, além do Apêndice B.2.

O primeiro quadro de cargas é destinado ao escritório, com circuitos de iluminação, tomada e ar-condicionados, como ilustra a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Quadro de distribuição de baixa tensão 01.

Número Circuito	Lâmpadas Led (W)		TUGs (VA)	TUE (VA)	Carga Instalada		Tensão Nominal	Corrente (A)		Condutores (mm ²)		I _{disj} A	Função	Carga	
	7	13			kW	kVA		I _{carga}	I _{nom}	Vivos	PE				
1	12	3	100	1.400	0,12	1,5	1,5	16	Iluminação	Escritórios	1,5	1,5	16,0	Iluminação	Piso / Laje
2					2,30	2,5	2,5	20	TUG	Escritórios	2,5	2,5	20,0	TUG	Piso / Laje
3			1	1,40	1,40	2,5	2,5	16	TUE	Ar 9000 BTU	4,0	4,0	32,0	TUE	Ar 9000 BTU
4			1	1,40	1,40	2,5	2,5	16	TUE	Ar 9000 BTU	4,0	4,0	32,0	TUE	Torno 01
Total	12	3	23	2	5,22	5,93		220	26,94	33,68	6,0	6,0	25		

Próprio autor.

O cálculo da demanda do quadro de distribuição de baixa tensão 01 é ilustrado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Cálculo de demanda do quadro de distribuição de baixa tensão 01.

Demanda	Descrição	Carga Instalada		Fator Demanda		Demanda		Tabelas	
		kW		%		kW		NDU 001	
D1	Iluminação e tomadas	2,42		0,35		0,85		Tabela 03	
D2	Aquecimento de água	0,00		0,00		0,00		Tabela 04	
D3	Lavadoras de roupas	0,00		0,00		0,00		Tabela 05	
D4	Fornos/Fogões Elétricos	0,00		0,00		0,00		Tabela 06	
D5	Ar condicionado - Janela	2,80		0,88		2,46		Tabela 08	
D6	Motores elétricos 5,0 CV	0,00		0,60		0,00		Tabela 11	
D6	Motores elétricos 7,5 CV	0,00		0,70		0,00		Tabela 11	
D6	Motores elétricos 12,5 CV	0,00		0,80		0,00		Tabela 11	
D6	Motores elétricos 15 CV	0,00		1,00		0,00		Tabela 11	
D7	Máquinas de solda, etc	0,00		0,00		0,00		Tabela 12	
Total		5,22		0,63		3,31			
Demanda	0,00 <D <24,00			Categoria		T1	Tabela 17		
Disjuntor	Limite Máximo 40 A			Trifásica		40 A			

Próprio autor.

O segundo quadro de cargas é destinado ao restante da instalação, com circuitos de iluminação, tomada e principalmente dos motores elétricos, como ilustra a Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Quadro de distribuição de baixa tensão 02.

Número Circuito	Lâmpadas Led (W)			TUGs (VA)	TUE (VA)	Motores trifásicos (CV)				Carga Instalada		Tensão Nominal	Corrente (A)		Condutores (mm²)		I_disj	Função	Carga
	7	15	30			3,0	7,5	12,5	15,0	kW	kVA		I_carga	I_nom	Vivos	PE			
1	1	4	13	100	1.400					0,45	0,49	220	2,22	2,22	1,5	1,5	16,0	Iluminação	Piso / Laje
2				15						1,50	1,63	220	7,41	7,41	2,5	2,5	20,0	TUE	Piso / Laje
3					1					1,40	1,65	220	7,49	9,36	4,0	4,0	32,0	TUE	Ar 9000 BTU
4						1				2,91	3,63	380	8,54	10,68	4,0	4,0	32,0	TUE	Torno 01
5						1				2,91	3,63	380	8,54	10,68	4,0	4,0	32,0	TUE	Torno 02
6						1				2,91	3,63	380	8,54	10,68	4,0	4,0	32,0	TUE	Torno 03
7						1				2,91	3,63	380	8,54	10,68	4,0	4,0	32,0	TUE	Torno 04
8						1				2,91	3,63	380	8,54	10,68	4,0	4,0	32,0	TUE	Torno 05
9						1				2,91	3,63	380	8,54	10,68	4,0	4,0	32,0	TUE	Torno 06
10						1				2,91	3,63	380	8,54	10,68	4,0	4,0	32,0	TUE	Torno 07
11						1				2,91	3,63	380	8,54	10,68	4,0	4,0	32,0	TUE	Torno 08
12						1				2,91	3,63	380	8,54	10,68	4,0	4,0	32,0	TUE	Exautor 01
13						1				2,91	3,63	380	8,54	10,68	4,0	4,0	32,0	TUE	Exautor 02 (Pintura)
14							1			6,90	8,12	380	12,33	15,41	4,0	4,0	32,0	TUE	Prensa 01
15							1			6,90	8,12	380	12,33	15,41	4,0	4,0	32,0	TUE	Prensa 02
16								1		11,80	12,04	380	18,29	22,86	4,0	4,0	32,0	TUE	Prensa 03
17									1	11,80	12,04	380	18,29	22,86	4,0	4,0	32,0	TUE	Prensa 04
18									1	6,90	8,12	380	12,33	15,41	4,0	4,0	32,0	TUE	Máquina de Polir 01
19									1	13,63	14,98	380	22,76	28,45	6,0	6,0	40,0	TUE	Máquina de Polir 02
Total	1	4	13	15	1	10	3	2	0	90,33	103,50	380	137,24	157,25			125 A		

Próprio autor.

O cálculo da demanda do quadro de distribuição de baixa tensão 02 é ilustrado na Tabela 3.5

Tabela 3.5 – Cálculo de demanda do quadro de distribuição de baixa tensão 02.

Demanda	Descrição	Carga Instalada		Fator Demanda		Demanda		Tabelas	
		kW		%		kW		NDU 001	
D1	Iluminação e tomadas	1,95		0,35		0,68		Tabela 03	
D2	Aquecimento de água	0,00		0,00		0,00		Tabela 04	
D3	Lavadoras de roupas	0,00		0,00		0,00		Tabela 05	
D4	Fornos/Fogões Elétricos	0,00		0,00		0,00		Tabela 06	
D5	Ar condicionado - Janela	1,40		0,88		1,23		Tabela 08	
D6	Motores elétricos 5,0 CV	29,05		0,60		17,43		Tabela 11	
D6	Motores elétricos 7,5 CV	20,70		0,70		14,49		Tabela 11	
D6	Motores elétricos 12,5 CV	23,60		0,80		18,88		Tabela 11	
D6	Motores elétricos 15 CV	13,63		1,00		13,63		Tabela 11	
D7	Máquinas de solda, etc	0,00		0,00		0,00		Tabela 12	
Total		90,33		0,73		66,35			
Demanda	60,55 <D <75			Categoria		T5	Tabela 17		
Disjuntor	Limite Máximo 125 A			Trifásica		125 A			

Próprio autor.

Depois do cálculo de demanda o quadro de cargas do quadro geral de distribuição é ilustrado na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Quadro Geral de Distribuição.

Número Circuito	Carga Instalada kW	f.d. %	Demanda kW	Tensão (V)	Corrente (A)		Condutores		I _{disj} (A)
					I _{carga}	I _{nom}	Vivos(mm ²)	PE(mm ²)	
1	5,22	0,63	3,31	380	5,03	7,94	6,00	6,00	40
2	90,33	0,73	66,35	380	100,80	137,24	70,00	35,00	125
Total	95,55	0,73	69,66	380	105,83	145,18	70,00	35,00	125

Próprio autor.

3.4.2 Categoria de atendimento

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 novamente foi utilizado a Tabela 17 da NDU 001, disponibilizado na Figura 2.1. Para o quadro de cargas ilustrado na Tabela 3.6, com uma demanda de 69,66 kW a categoria de atendimento é a categoria T5. As especificações do quadro geral de medição serão listadas na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Especificações do quadro geral de medição.

Equipamento	Descrição
Ramal de Ligação	Cabo de alumínio multiplex 3×1×70+70 mm ²
Ramal de entrada, embutido e subterrâneo	Cabo de cobre embutido e subterrâneo 3#70(35)mm ² com isolamento e cobertura à base de composto PVC 0,6/1,0 kV, em 70°C.
Aterramento	Cabo de cobre 25 mm ² , 3 hastes Ø 16 mm x 2400 mm.
Disjuntor termomagnético	Caixa moldada 125 A,
Duto	Eletroduto de aço galvanizado Ø 65 mm.
Poste auxiliar	Tubo de aço galvanizado Ø 100 mm x 6,00 m – tipo pesado.

Próprio autor.

O dimensionamento do aterramento também é dado pela categoria de atendimento, mostrado na Figura 2.1. Sendo assim, para o aterramento interno foram instaladas 03 (três) hastes de cobre com diâmetro de 16 mm x 2400 mm. Todas as partes metálicas não energizadas foram ligadas ao sistema geral de terra com cabo de cobre nu 25 mm² e haste de terra, os quais forneceram uma resistência inferior a 20 ohms em qualquer época do ano. A haste foi interligada ao cabo de terra através de conector GTDU (hrampo terra duplo) e após a conexão foi aplicado a massa de calafetar. O detalhe de aterramento é disponibilizado no Apêndice B, na Figura B.2.

3.4.3 Diagrama unifilar

O diagrama unifilar está disponibilizado no Apêndice B, na Figuras B.1.

3.4.4 Lista de material

O resumo da lista de material com os respectivos preços é disponibilizado na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Lista de material do projeto elétrico industrial.

Resumo da lista de material do projeto elétrico industrial	
Entrada de Energia - Condutores	R\$ 13.705,95
Eletrodutos (conduítes) e Dutos	R\$ 8.396,90
Quadro de Distribuição	R\$ 1.705,08
Interruptores e tomadas	R\$ 1.326,89
Iluminação	R\$ 1.753,25
Quadro Geral	R\$ 3.097,60
Total	R\$ 29.985,67

Próprio autor.

3.5 Subestação abrigada de 112,5 kVA

Durante o estágio acompanhei a instalação de uma subestação abrigada de 112,5 kVA no supermercado Frigotudo, em Santa Luzia-PB. O sistema é composto por 343 módulos fotovoltaicos de 340 W, tendo uma potência instalada de 116,62 kWp.

Inicialmente serão ilustrados algumas figuras da subestação durante a execução. Inicialmente a 3.20 mostra o transformador a seco de 112,5 kVA.

Figura 3.20 – Transformador a seco de 112,5 kVA.



Fonte: Próprio autor.

Como explicado na seção 2.2.4.3, as muflas terminais constituem um sistema simples e rápido para terminar cabos de potência com isolamento extrudada. Durante o procedimento de instalação das muflas externas foi registrado na Figura 3.21 algumas etapas das muflas externas.

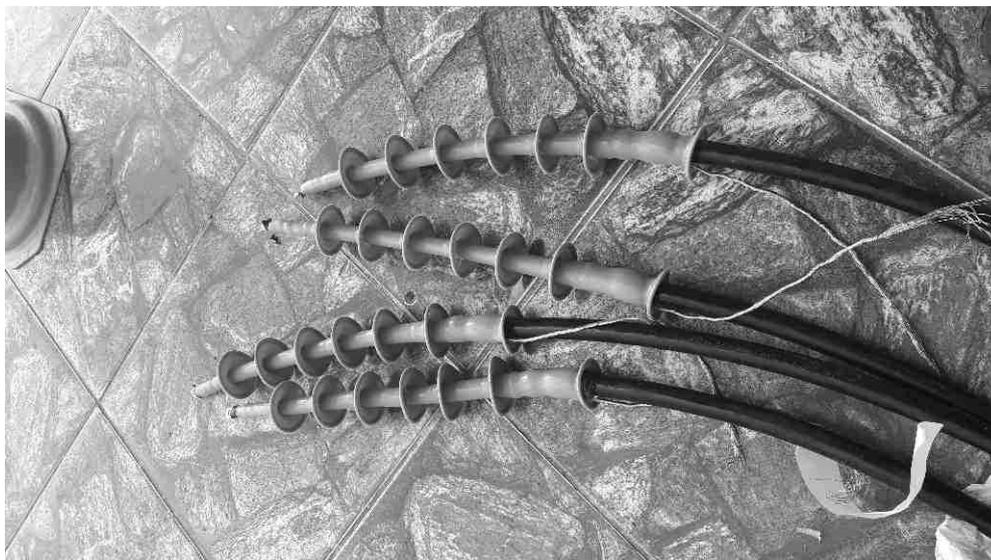
Figura 3.21 – Procedimentos de instalação das muflas externas.



Fonte: Próprio autor.

A Figura 3.22 mostra as 4 muflas externas concluídas, sendo 3 muflas para a instalação na cruzeta e 1 mufla será de reserva.

Figura 3.22 – Muflas externas concluídas.



Fonte: Próprio autor.

A Figura 3.23 mostra as muflas externas instaladas no poste sem o aterramento ainda, pois a conexão será realizada na próxima semana.

Figura 3.23 – Muflas externas instaladas.



Fonte: Próprio autor.

De forma semelhante são mostradas as muflas internas. Observa-se que a Figura 3.24 mostra as 4 muflas internas concluídas, sendo 3 muflas para a instalação na cruzeta e 1 mufla será de reserva.

Figura 3.24 – Muflas internas.



Fonte: Próprio autor.

A Figura 3.25 mostra o teste de isolamento do cabo de alta tensão que foi conectado da rede para a subestação.

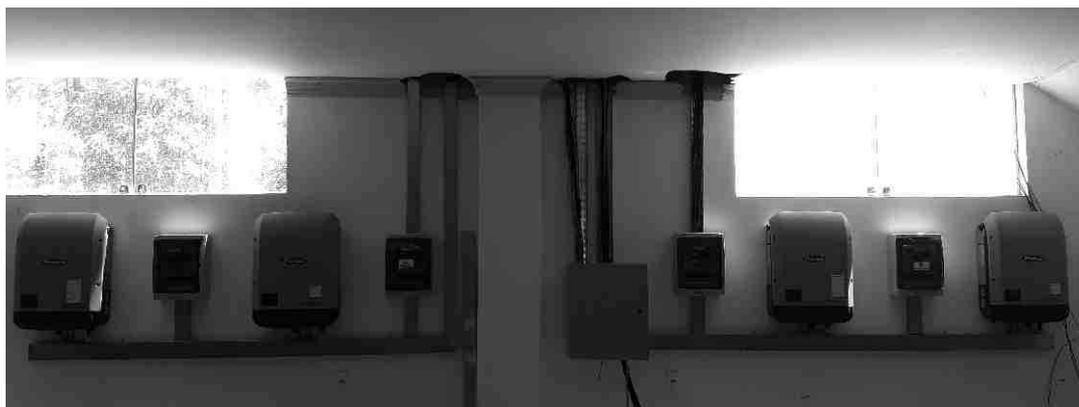
Figura 3.25 – Teste de isolamento dos cabos de entrada.



Fonte: Próprio autor.

Foram instalados 4 inversores Fronius de 27 kW em um local abrigado e para cada inversor há um quadro de proteção CC, como mostra a Figura 3.26.

Figura 3.26 – Inversores instalados.



Fonte: Próprio autor.

As entradas e saída dos cabos CA foram todos conectados em um único quadro de proteção CA que em seguida é conectado à subestação para realizar a medição e conectar-se à rede.

Por fim é ilustrado algumas fotos depois da conclusão da execução da subestação abrigada. As Figuras 3.27 e 3.28 mostram os módulos fotovoltaicos instalados no telhado metálico.

Figura 3.27 – Módulos fotovoltaicos instalados no telhado metálico.



Fonte: Próprio autor.

Figura 3.28 – Módulos fotovoltaicos instalados no telhado metálico.



Fonte: Próprio autor.

A Figura 3.29 mostra a porta de entrada da subestação abrigada. Na porta é colocada uma placa de advertência exigido pela NDU 002 da Energisa, escrito **Perigo de morte**.

Figura 3.29 – Porta de entrada da subestação abrigada com advertência de perigo de morte.



Fonte: Próprio autor.

A Figura 3.30 mostra a área interna da subestação abrigada, local onde foi instalado o transformador e o medidor.

Figura 3.30 – Área interna da subestação abrigada.



Fonte: Próprio autor.

A Figura 3.31 mostra o cubículo de medição com a placa de advertência exigido pela NDU 002 da Energisa. Na placa de advertência do lado esquerdo está escrito **Atenção: cubículo permanentemente energizado**.

Figura 3.31 – Cubículo de medição com placas de advertência.



Fonte: Próprio autor.

A Figura 3.32 mostra o transformador a seco com as duas placas de advertência exigidas pela NDU 002 da Energisa. Na placa de advertência do lado esquerdo está escrito **Cuidado: esta chave não deverá ser manobrada com carga**. Enquanto que a placa de advertência do lado direito está escrito **Transformador de 112,5 kVA**.

Figura 3.32 – Transformador a seco de 112,5 kVA com placas de advertência.



Fonte: Próprio autor.

Capítulo 4

Conclusão

O estágio foi um processo de aprendizagem indispensável a minha formação acadêmica, proporcionando-me 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, entre outras, além de voltar a utilizar mais o *Excel* e o *Word*, que possibilitaram conciliar teoria com prática e consolidar meus conhecimentos para desenvolver novas habilidades.

Realizei alguns projetos elétricos, tanto sistemas fotovoltaicos quanto projetos elétricos de baixa tensão e esses projetos foram relevantes para minha formação prática do que vi na teoria ao longo do curso de Engenharia Elétrica, principalmente em Instalações Elétricas, disciplina a qual fui monitor.

Acompanhei também projetos na área de eficiência energética, cuja experiência na área era rasa e só tinha visto um pouco de teoria na disciplina de Gerenciamento de Energia e percebi a importância da disciplina e a área no mercado de trabalho dos setores públicos e privados.

Durante uma boa parte do estágio tive uma grande oportunidade de acompanhar a instalação de uma subestação abrigada do início ao fim, a qual foi uma instalação muito rica em detalhes, que me possibilitou trabalhar com diversas equipes da empresa e da

concessionária local, a Energisa.

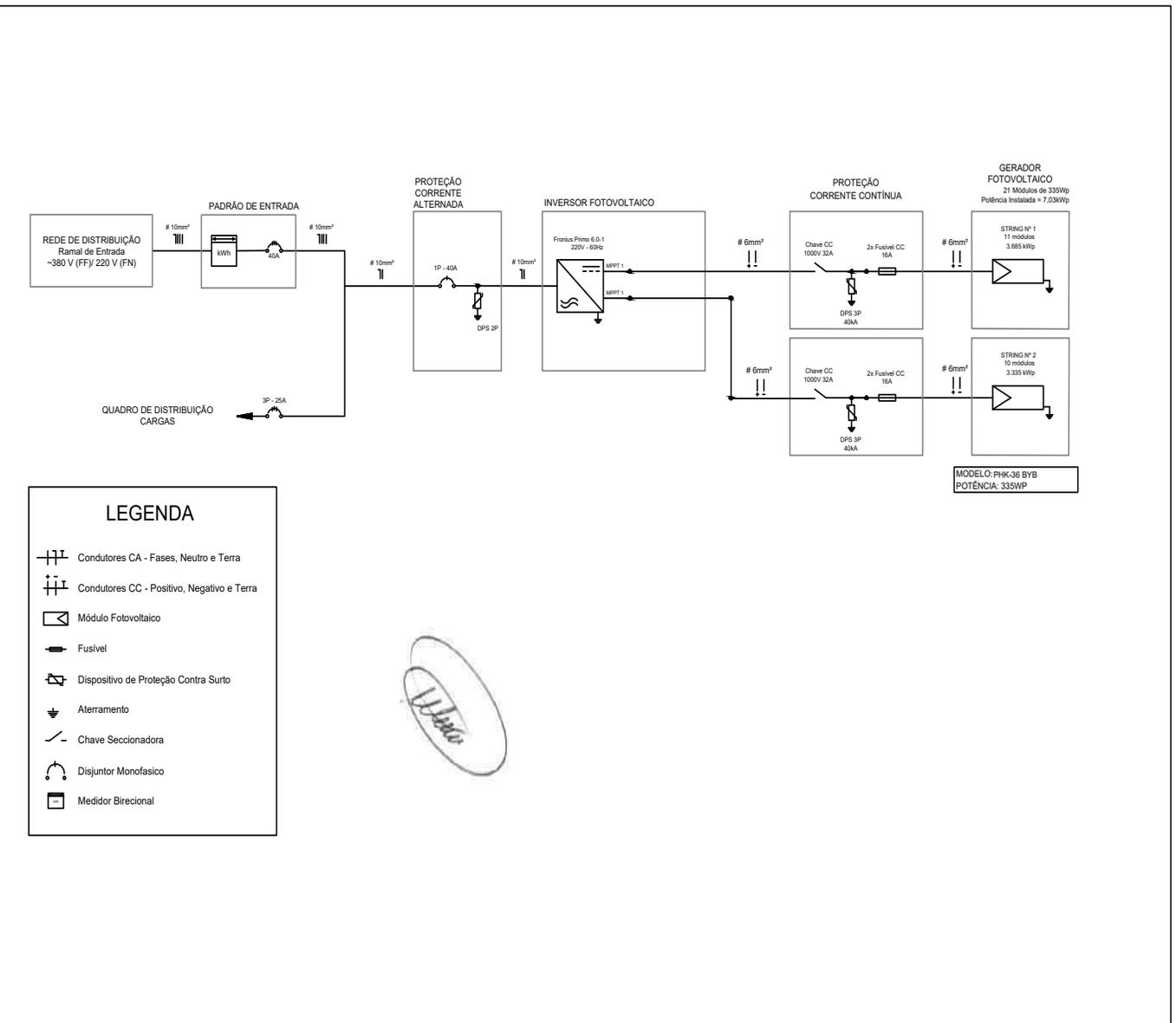
O estágio é um momento propício para refinar e desenvolver habilidades interpessoais e intrapessoais à medida que se convive com profissionais experientes e de áreas distintas. Isso me proporcionou adquirir maturidade e senso crítico para avaliar e tomar decisões mais assertivas.

Portanto, além dos aprendizados técnicos e práticos, o estágio me possibilitou o contato com situações rotineiras e também inesperadas de trabalho, bem como o acompanhamento na elaboração e na execução dos projetos. Atividades como desenvolver relatórios, afinidade com normas técnicas da ABNT e NDUs da Energisa que facilitam a minha inserção no mercado de trabalho local. O acompanhamento e a execução de serviços e projetos foram relevantes para minha formação profissional.

Apêndice A

Sistema fotovoltaico

Figura A.1 – Diagrama unifilar do projeto fotovoltaico.



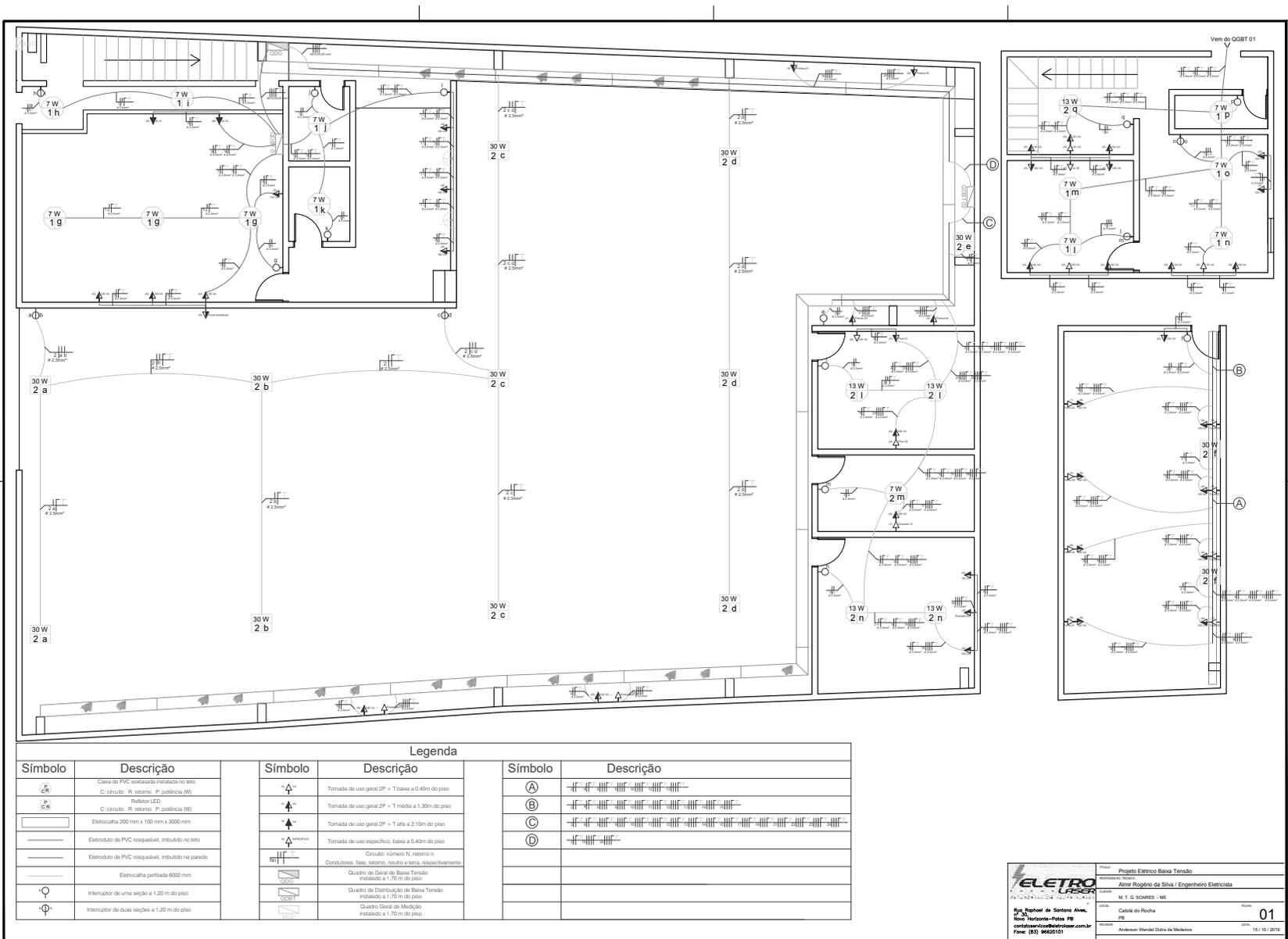
		PROJETO ELÉTRICO :	
		PROJETO ELÉTRICO: DIAG.DAS PLACAS	
Fone: (83) 99662-0101		SETEMBRO /2019	
Proprietário:		CFT	
Resp. Técnico: XXXX XXXXX		XXXXXX-X	
Revisor Técnico: ANDERSON WENDEL DUTRA DE MEDEIROS		S/E	

Fonte: Eletrô Laser Serviços.

Apêndice B

Projeto elétrico de baixa tensão

Figura B.1 – Projeto elétrico de baixa tensão - Prancha 01.

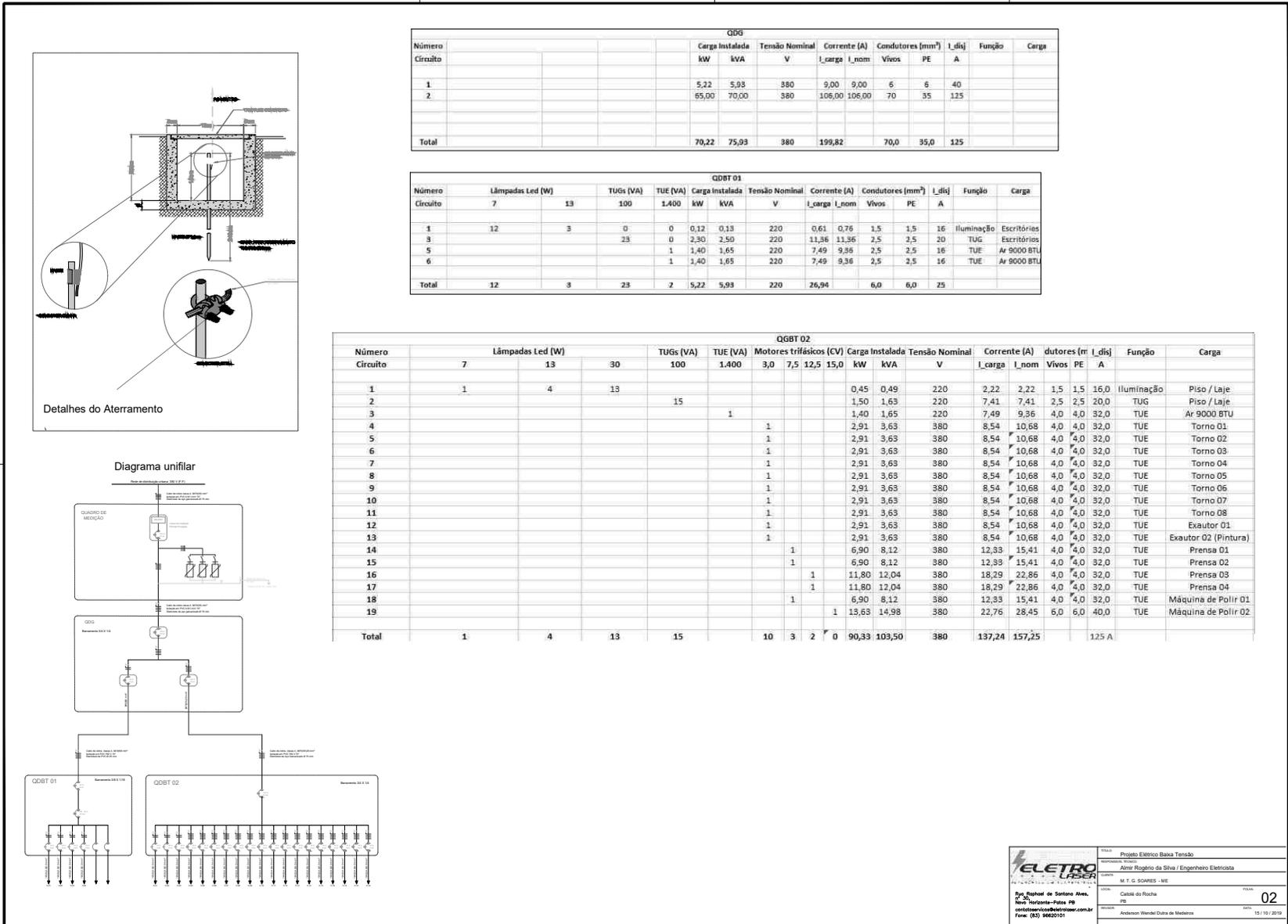


Fonte: Próprio autor.

Legenda					
Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Caixa de PVC selada/instalada no teto		Tomada de uso geral 2P + T baixa a 0,45m do piso		
	Refletor LED		Tomada de uso geral 2P + T média a 1,30m do piso		
	Elstrotubo de PVC resqueável, embudo no teto		Tomada de uso geral 2P + T alta a 2,10m do piso		
	Elstrotubo de PVC resqueável, embudo na parede		Tomada de uso específico, baixa a 0,45m do piso		
	Elstrotubo perfilado 6000 mm		Círculo: número N, retorno n		
	Interruptor de uma seção a 1,20 m do piso		Quadro de Geral de Baixa Tensão instalado a 1,70 m do piso		
	Interruptor de duas seções a 1,20 m do piso		Quadro de Distribuição de Baixa Tensão instalado a 1,70 m do piso		
			Quadro Geral de Medição instalado a 1,70 m do piso		

<p>Projeto Elétrico de Baixa Tensão</p> <p>Arquiteto Responsável: Abner Rogério da Silva / Engenheiro Eletricista</p> <p>Projeto: M. T. G. SOARES - ME</p> <p>Local: Colônia da Rocha</p> <p>Projeto: ITB</p> <p>Execução: Anderson Wendell Dutra de Medeiros</p> <p>15/10/2019</p>	<p>01</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Figura B.2 – Projeto elétrico de baixa tensão - Prancha 02.



Fonte: Próprio autor.

 <p>Projeto Elétrico Baixa Tensão</p> <p>Ativo Rogério da Silva / Engenheiro Eletricista</p> <p>M. T. G. SOARES - ME</p> <p>Cidade de Roche</p> <p>RS</p> <p>contato@vooabastimento.com.br</p> <p>Fone: (51) 36620151</p>	<p>15/10/2019</p>
	<p>02</p>
	<p>15/10/2019</p>
	<p>Anderson Wendel Dutra de Medeiros</p>
	<p>15/10/2019</p>

Referências Bibliográficas

ANEEL. Prodist - Módulo 3: Acesso ao Sistema de Distribuição. In: *Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST*. [S.l.: s.n.], 2016.

ECORI ENERGIA SOLAR. *Ecori Energia Solar para todos*. 2019.

Disponível em: <<https://www.ecorienergiasolar.com.br/artigo/>

modulos-fotovoltaicos---monocristalino-ou-policristalino---qual-a-melhor-dessas-duas-tecnolog

Acesso em: 05 out. 2019.

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

Acesso em: 27 set. 2019.

MTE. Ministério Público do Trabalho, Portaria MTE n.o 598, de 07 de dezembro de 2004. 2004.

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.

PRYSMIAN. Catálogo de terminal modular da Prysmian. 2019.

SOLAR WEB. *Fronius Solar Web*. 2019. Disponível em: <<https://solarweb.com>>. Acesso em: 05 dez. 2019.