



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

Vítor de Moraes Ramos

**Relatório de Estágio Integrado  
MCS PROJETOS ELÉTRICOS E  
ENGENHARIA LTDA**

Campina Grande, Paraíba

Novembro de 2019

Vítor de Moraes Ramos

**Relatório de Estágio Integrado**  
**MCS PROJETOS ELÉTRICOS E ENGENHARIA LTDA**

*Relatório de Estágio Integrado submetido à  
Coordenadoria de Graduação em Engenharia  
Elétrica da Universidade Federal de Campina  
Grande como parte dos requisitos necessários  
para a obtenção do grau de Bacharel em En-  
genharia Elétrica.*

Área de concentração: Eletrotécnica

Orientador: Prof. Célio Anésio da Silva, D.Sc.

Campina Grande, Paraíba

Novembro de 2019

Vítor de Moraes Ramos

**Relatório de Estágio Integrado**  
**MCS PROJETOS ELÉTRICOS E ENGENHARIA LTDA**

*Relatório de Estágio Integrado submetido à  
Coordenadoria de Graduação em Engenharia  
Elétrica da Universidade Federal de Campina  
Grande como parte dos requisitos necessários  
para a obtenção do grau de Bacharel em En-  
genharia Elétrica.*

Aprovado em 21/11/2019

---

**Prof. Jalberth Fernandes de Araújo,**  
**D.Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

---

**Prof. Célio Anésio da Silva, D.Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador

Campina Grande, Paraíba  
Novembro de 2019

*Dedico este trabalho aos meus pais.*

# Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, Ednaldo e Rose, que jamais mediram esforços para me proporcionar todas as condições necessárias para que eu pudesse buscar o conhecimento desde criança. Sem eles, não seria possível chegar onde cheguei.

Agradeço, também, à minha namorada, Mayrla, que esteve sempre ao meu lado desde antes da graduação, sendo a minha melhor amiga, ouvinte e conselheira. Agradeço por ser minha companheira em tantas madrugadas trabalhosas, por me ajudar a superar numerosos momentos de dificuldade e por me fazer acreditar em mim mesmo. Contigo, superar qualquer desafio torna-se infinitamente mais fácil.

Agradeço ao Professor e Engenheiro Eletricista Célio Anésio da Silva, primeiramente por me conceder essa valiosíssima oportunidade de estágio e, principalmente, por todos os conhecimentos transmitidos, dentro e fora de sala, de imensurável contribuição para a minha formação como Engenheiro Eletricista.

A todo o time da MCS Engenharia: André, Felipe, Izadora e Vinicius, obrigado pela troca de conhecimentos, pelo companheirismo e por proporcionar um ambiente de trabalho agradável, descontraído e divertido. Obrigado pelo acolhimento e pela integração no time da MCS.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos da graduação: Ariôsto, Arthur, Jorge, Júlio, Leonardo, Raphael e Samuel. Obrigado por todos os momentos compartilhados durante a graduação e que me trouxeram até aqui.

*Se avexa não,  
amanhã pode acontecer tudo, inclusive nada.  
(Flávio José)*

# Resumo

Nesse relatório são descritas as principais atividades realizadas pelo estagiário Vítor de Moraes Ramos, graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), durante o estágio na empresa MCS Projetos Elétricos e Engenharia LTDA no período de 18 de abril de 2019 a 15 de outubro de 2019. O estágio foi realizado no setor de projetos da empresa, sob a supervisão do Supervisor Administrativo Brenner Vinicius Pereira Silva. As principais atividades desenvolvidas foram elaboração de projetos de instalações elétricas em geral, projetos de geração solar fotovoltaica e acompanhamento de obras.

**Palavras-chave:** Instalações Elétricas. Geração de Energia. Projetos Elétricos. MCS ENGENHARIA.

# Abstract

On this report, the main activities performed by the intern Vítor de Moraes Ramos, undergraduate in electrical engineering by the Federal University of Campina Grande (UFCG), are described, during the internship on the company MCS Projetos Elétricos e Engenharia LTDA in the period from April 18, 2019 until October 15, 2019. The internship was performed in the company's projects sector, under the supervision of the administrative supervisor Brenner Vinicius Pereira Silva. The main activities developed were elaboration of electrical installations projects in general, photovoltaic solar generation projects and constructions monitoring.

**Keywords:** Electrical Installations. Energy Generation. Electrical Projects. MCS ENGENHARIA.



# Lista de ilustrações

Figura 1 – MCS Projetos Elétricos e Engenharia. . . . .	13
Figura 2 – Tabela 17 da mais recente NDU - 001 da Energisa. . . . .	16
Figura 3 – Vista frontal das caixas dos medidores de energia elétrica. . . . .	19
Figura 4 – Desenhos elaborados no projeto elétrico do mercado e apartamentos. . . . .	20
Figura 5 – Imagens feitas durante o levantamento de campo. . . . .	21
Figura 6 – Quadro de cargas do canteiro de obras. . . . .	22
Figura 7 – Desenhos elaborados no projeto elétrico do canteiro de obras. . . . .	23
Figura 8 – Superfície de cálculo do DIALux. . . . .	24
Figura 9 – Projeções 3D do projeto luminotécnico. . . . .	25
Figura 10 – Levantamentos de campo. . . . .	27
Figura 11 – Projeto de geração fotovoltaica em uma residência no Bodocongó. . . . .	29
Figura 12 – Projeto de geração fotovoltaica em um supermercado em Areia - PB. . . . .	30
Figura 13 – Projeto de geração fotovoltaica em um escritório no bairro do Araxá. . . . .	31
Figura 14 – Projeto de geração fotovoltaica em um escritório na cidade de Santa Luzia - PB. . . . .	32
Figura 15 – Estrutura de solo montada. . . . .	33
Figura 16 – Projeto de geração fotovoltaica em uma residência no Jd. Paulistano. . . . .	34
Figura 17 – Estrutura do telhado em montagem. . . . .	35
Figura 18 – Projeto de geração fotovoltaica em um mercado no bairro do Jd. Paulistano. . . . .	35
Figura 19 – Projeto de geração fotovoltaica em um posto de combustíveis no Bodocongó. . . . .	36
Figura 20 – Projeto de geração fotovoltaica em um posto de combustíveis em São Sebastião de Lagoa de Roça - PB. . . . .	37
Figura 21 – Projeto de geração fotovoltaica em um comércio no bairro do Alto Branco. . . . .	38
Figura 22 – Acompanhamento das obras. . . . .	40
Figura 23 – Medição da tensão dos conjuntos de módulos. . . . .	41
Figura 24 – Parâmetros configurados exibidos no <i>display</i> do inversor. . . . .	42
Figura 25 – Acompanhamento da vistoria de um sistema fotovoltaico. . . . .	43
Figura 26 – Geração de energia elétrica em diferentes condições climáticas. . . . .	44

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>O Estágio</b>	<b>11</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos do Estágio</b>	<b>11</b>
<b>1.3</b>	<b>Estrutura do Relatório</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>A EMPRESA</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>ATIVIDADES DESENVOLVIDAS</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Projeto de Entrada de Energia Elétrica de um Mercado Conjugado com 10 Apartamentos</b>	<b>15</b>
3.1.1	Dimensionamento do Atendimento dos Apartamentos	15
3.1.2	Dimensionamento do Atendimento do Mercado	16
3.1.3	Dimensionamento do Atendimento Geral da Edificação	17
3.1.4	Projeto do Quadro de Medição	19
<b>3.2</b>	<b>Projeto Elétrico para o Atendimento de um Canteiro de Obras</b>	<b>20</b>
3.2.1	Levantamento em Campo	21
3.2.2	Projeto Elétrico	21
<b>3.3</b>	<b>Projeto Luminotécnico de um Condomínio</b>	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>Projetos de Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica</b>	<b>24</b>
3.4.1	Levantamento de Campo	26
3.4.2	Projeto Elétrico	27
3.4.2.1	Projeto de um Sistema Instalado em uma Residência no Bairro do Bodocongó	29
3.4.2.2	Projeto de um Sistema Instalado em Supermercado na Cidade de Areia - PB	30
3.4.2.3	Projeto de um Sistema Instalado em um Escritório no Bairro do Araxá	31
3.4.2.4	Projeto de um Sistema Instalado em um Escritório na Cidade de Santa Luzia - PB	32
3.4.2.5	Projeto de um Sistema Instalado em uma Residência e em um Mercado no Bairro do Jardim Paulistano	33
3.4.2.6	Projeto de um Sistema Instalado em um Posto de Combustíveis no Bairro do Bodocongó	36
3.4.2.7	Projeto de um Sistema Instalado em um Posto de Combustíveis na Cidade de São Sebastião de Lagoa de Roça - PB	37
3.4.2.8	Projeto de um Sistema Instalado em um Comércio de Açaí no Bairro do Alto Branco	38
3.4.3	Acompanhamento da Obra	39
3.4.4	Comissionamento do Inversor	41
3.4.5	Acompanhamento da Vistoria e Troca do Medidor	42
3.4.6	Resumo	43
3.4.7	Monitoramento dos Sistemas Instalados	43

4	CONCLUSÃO . . . . .	46
	REFERÊNCIAS . . . . .	47

# 1 Introdução

O presente relatório tem como objetivo descrever as principais atividades realizadas durante o Estágio Integrado do discente Vítor de Moraes Ramos, graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande. O estágio foi realizado no setor de projetos elétricos da empresa MCS PROJETOS ELÉTRICOS E ENGENHARIA LTDA, sob a supervisão do Gerente Administrativo Brenner Vinícius Pereira Silva, no período de 18 de abril de 2019 a 15 de outubro de 2019, com carga horária semanal de 32 horas, totalizando 827 horas.

O estágio foi realizado de modo a cumprir todas as exigências da disciplina integrante da grade curricular, Estágio Integrado, do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UFCG e de acordo com o estabelecido na Lei de Estágio (11.788/2008). A disciplina é obrigatória para a conclusão do curso, além de ser essencial para a consolidação e prática dos conhecimentos vistos durante a graduação e para preparar o futuro engenheiro para o exercício da sua profissão.

## 1.1 O Estágio

O estágio é essencial para proporcionar ao aluno um contato mais próximo com sua profissão, de modo que obtenha experiências profissionais que o tornem competente e confiante no mercado de trabalho. As atividades práticas exercidas no estágio devem ter conexão estabelecida com o conteúdo teórico visto em sala de aula, de forma a consolidar tais conhecimentos. Além disso, a atividade prática proporciona a aquisição de conhecimentos e experiências que apenas são possíveis por meio do contato diário com a rotina de um profissional de sua área.

## 1.2 Objetivos do Estágio

Durante o estágio no setor de projetos elétricos da empresa, as principais atividades designadas ao estagiário são listadas a seguir:

- Projetos de instalações elétricas prediais;
- Projetos de sistemas de geração solar fotovoltaica;
- Projetos luminotécnicos;
- Projetos de compartilhamento de postes para rede de dados;

- Acompanhamento de obras.

Como objetivos específicos do estágio realizado, pode-se identificar os seguintes:

- Elaboração de plantas baixas;
- Elaboração de plantas de situação;
- Especificação de relações de materiais;
- Elaboração de memoriais técnico-descritivos;
- Elaboração de diagramas unifilares;
- Realização de levantamentos em campo.

### 1.3 Estrutura do Relatório

Esse relatório encontra-se dividido em 4 capítulos. No Capítulo 1, foram apresentadas informações gerais sobre o estágio e seus objetivos. No Capítulo 2, a empresa concedente do estágio é apresentada. No Capítulo 3, são descritas as principais atividades realizadas durante o estágio. Por fim, o Capítulo 4 encerra o trabalho com as conclusões e considerações finais acerca do estágio realizado.

## 2 A Empresa

A empresa MCS PROJETOS ELÉTRICOS E ENGENHARIA LTDA, cuja logo é mostrada na Figura 1a, conta com mais de 10 anos de experiência no mercado, tendo suas atividades iniciadas em maio de 2008. O seu escritório, mostrado na Figura 1b, é localizado na Rua Manoel Leonardo Gomes, 555, Jardim Paulistano, Campina Grande, Paraíba.

Figura 1 – MCS Projetos Elétricos e Engenharia.



(a) Logo da empresa.



(b) Sede da empresa.

Fonte: Autor.

A MCS presta serviços relacionados a instalações elétricas em geral, bem como serviços de consultoria, manutenção e assistência nos estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Algumas das principais atividades oferecidas pela empresa são listadas a seguir:

- Projetos de quadro de força e comando;
- Projetos de instalações elétricas industriais de pequeno e médio porte;
- Projetos de instalações elétricas prediais e comerciais;
- Projetos luminotécnicos;
- Consultoria na área de engenharia elétrica;
- Projetos de subestação abaixadora aérea e abrigada;

- Projetos de geração de energia fotovoltaica;
- Projetos de compartilhamento de postes para rede de dados;
- Projetos de rede de distribuição para loteamentos;
- Implantação e deslocamento de postes;
- Manutenção de equipamentos elétricos.

A equipe de trabalho é composta por sete pessoas: uma administradora, um engenheiro eletricista, uma engenheira eletricista júnior, um engenheiro de minas, um técnico em desenho, um gerente e um estagiário.

A sócia administradora, Maria do Socorro Silva, é responsável por toda a administração da empresa. O engenheiro eletricista é o responsável técnico de todos os projetos executados pela empresa. Além disso, ele também executa projetos elétricos, presta serviços de consultoria e supervisiona os projetos elaborados pelo demais funcionários.

A engenheira eletricista júnior também elabora alguns projetos elétricos e de compartilhamento de estruturas. Entretanto, ela é responsável, principalmente, pelo controle do setor financeiro da empresa e pelas solicitações encaminhadas à concessionária de energia.

O engenheiro de minas é responsável por atividades de georreferenciamento e topografia de imagens e mapas, de modo a identificar pontos em estradas e terrenos nos quais as instalações elétricas estão presentes ou serão inseridas. Ele executa, ainda, desenhos de mapas e projetos de compartilhamento de estruturas.

O técnico em desenho executa atividades de desenho técnico, elaboração de diagramas elétricos e projetos de compartilhamento de estruturas. O gerente realiza as atividades de gerenciamento da equipe de trabalho e a distribuição de atividades, acompanhamento de execução de projetos, além de execução, também, de projetos de compartilhamento de estruturas.

O estagiário é responsável, principalmente, pela elaboração de projetos de geração solar fotovoltaica, sob supervisão de um dos profissionais capacitados da empresa, bem como pelo acompanhamento das obras relacionadas a tais projetos.

## 3 Atividades Desenvolvidas

No presente capítulo, as principais atividades desenvolvidas pelo estagiário na empresa MCS PROJETOS ELÉTRICOS E ENGENHARIA são apresentadas e descritas. Todas as atividades foram sempre supervisionadas pelo engenheiro responsável da empresa, de forma a garantir todas as condições de segurança necessárias.

### 3.1 Projeto de Entrada de Energia Elétrica de um Mercado Conjugado com 10 Apartamentos

Durante o estágio, foi solicitada a elaboração de um projeto de padrão de entrada de energia elétrica destinado a atender um mercado localizado no térreo de uma construção que possui 10 apartamentos distribuídos em mais 5 andares. O projeto incluiu o cálculo da demanda provável de todas as unidades consumidoras, bem como o dimensionamento dos condutores e elementos de proteção. Todos os cálculos e dimensionamentos foram baseados nas exigências especificadas pela concessionária local de energia elétrica, a Energisa, na Norma de Distribuição Unificada (NDU) 001 e na 003 (ENERGISA, 2019b) (ENERGISA, 2019c).

#### 3.1.1 Dimensionamento do Atendimento dos Apartamentos

Para dimensionar corretamente o atendimento de energia elétrica dos apartamentos, foi levado em consideração o quadro de cargas mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Quadro de cargas dos apartamentos.

Tipo	Carga	Nº	P <sub>elétrica</sub> (W)	V <sub>nom</sub> (V)	Carga (kW)	fp	S (kVA)
Não motriz	Lâmp. fluor. compacta	10	20	220	0,20	0,92	0,22
	Tomada uso comum	15	100	220	1,50	1,00	1,50
	Tomada uso específico	2	600	220	1,20	1,00	1,20
	Chuveiro elétrico	1	4500	220	4,50	1,00	4,50
	Ar condicionado	1	900	220	0,90	0,93	0,97
Carga Total							: 8,30 kW : 8,39 kVA

Fonte: Autor.



No Quadro 1,  $P_{elétrica}$  é a potência elétrica de cada equipamento,  $V_{nom}$  é a sua tensão nominal, Carga é a carga total de todos os tipos de equipamentos, fp é o fator de potência e S é a potência aparente. Os tipos de equipamentos, suas potências e quantidades foram determinados com base nos valores tipicamente encontrados em apartamentos desse porte.

De acordo com a Tabela 17 da mais recente versão da NDU - 001 (ENERGISA, 2019b), mostrada na Figura 2, unidades consumidoras desse porte devem ter a entrada de energia dimensionada a partir da carga instalada em kW. Assim, os apartamentos encaixam-se na categoria de atendimento M2, e o dimensionamento de seus padrões de entrada está indicado no Quadro 3.

Figura 2 – Tabela 17 da mais recente NDU - 001 da Energisa.

**TABELA 17 - DIMENSIONAMENTO DAS CATEGORIAS DE ATENDIMENTO 380/220V**

Energisa Borborema, Energisa Nova Friburgo, Energisa Sergipe, Energisa Paraíba, Energisa Tocantins e Energisa Mato Grosso.

CATEGORIA	N.º DE FIOS	N.º DE FASES	DEMANDA (kW)	CARGA INSTALADA (kW)	CONDUTORES (mm²)					HASTE PARA ATERRAMENTO AÇO COBRE	DISJUNTOR TERMOMAGNETICO (Limite Máximo (A))	ELETRODUTO DE PVC RÍGIDO (mm)		POSTE (5 ou 7 metros)			PONTA-LETE	
					RAMAL DE LIGAÇÃO MULTIPLEX (ALUMÍNIO)	RAMAL DE LIGAÇÃO CONCÊNTRICO (ALUMÍNIO)	RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO E SUBTERRÂNEO (COBRE PVC 70°C)	RAMAL DE ENTRADA EMBUTIDO E SUBTERRÂNEO (COBRE EPR/XLPE/HEPR 90°C)	ATERRAMENTO (COBRE)			ELETRODUTO DE AÇO GALVANIZADO (mm)	POSTE DT (daN)	POSTE TUBO DE AÇO GALVANIZADO (φ - mm)	Poste de aço galvanizado quadrado (mm)	FIXAÇÃO COM PARAFUSO OU FIXAÇÃO EMBUTIDO NA PAREDE (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	*H 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	*H 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	*H 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	*H 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	*H 16X2400	125	65	75	600			

Fonte: (ENERGISA, 2019b).

### 3.1.2 Dimensionamento do Atendimento do Mercado

Para dimensionar corretamente o atendimento de energia elétrica do mercado, foi levado em consideração o quadro de cargas mostrado no Quadro 2, em que quadros de

distribuição secundários são representados pelas letras QD.

Quadro 2 - Quadro de cargas do mercado.

Tipo	Carga	Nº	P <sub>elétrica</sub> (W)	V <sub>nom</sub> (V)	Carga (kW)	fp	S (kVA)
Não motriz	QD - Cargas essenc.	1	10.740	380	10,74	0,87	12,34
	QD - Escritórios	1	6.000	380	6,00	0,92	6,50
	QD - Forno	1	14.000	380	14,00	1,00	14,00
	Tomada uso comum	11	500	220	5,50	0,90	6,10
	Tomada uso específico	19	1.200	220	22,80	0,90	25,30
	Tomada uso específico	1	3.150	220	3,15	0,90	3,50
	Tomada uso específico	1	9.660	380	9,66	0,90	10,73
Carga Total							: 71,85 kW : 78,47 kVA

Fonte: Autor.

De acordo com a Tabela 17 da mais recente versão da NDU - 001 (ENERGISA, 2019b) (Figura 2), unidades consumidoras desse porte devem ter a entrada de energia dimensionada a partir da demanda provável em kW. Para o cálculo da demanda, foi considerado um fator de demanda igual a 0,95. Assim, tem-se a Equação 3.1.

$$D = Carga \times F.D. = 71,85 \times 0,95 = 68,26 \text{ kW.} \quad (3.1)$$

O mercado encaixa-se, portanto, na categoria de atendimento T5, e o dimensionamento de seu padrão de entrada está indicado no Quadro 3.

### 3.1.3 Dimensionamento do Atendimento Geral da Edificação

De acordo com a NDU - 003 (ENERGISA, 2019c), o dimensionamento do alimentador geral de uma edificação com múltiplas unidades consumidoras deve ser realizado a partir do cálculo da demanda total, cuja fórmula é dada pela Equação 3.2.

$$D_T = D_1 + D_2 \quad (3.2)$$

Na Equação 3.2,  $D_1$  é a demanda das unidades consumidoras residenciais e  $D_2$  é a demanda do condomínio, lojas e outros, calculada conforme a NDU - 001 (ENERGISA, 2019b).

O cálculo da demanda das unidades consumidoras residenciais é dado pela Equação 3.3.

$$D_1 = fm \times a \quad (3.3)$$

Quadro 3 - Dimensionamento dos padrões de entrada dos apartamentos e do mercado.

Unidade Consumidora	Carga (kW)	Categoria	Condutor cabo de cobre classe 4 isolamento em PVC ou EPR	Proteção curto-circuito e sobrecarga $I_{cc} = 6 \text{ kA}$	Duto de PVC
001 AP	8,30	M2	1#10(10)10 mm <sup>2</sup> PVC	$I_n = 50 \text{ A}$ $V_n = 250 \text{ V}$	∅25 mm
002 AP	8,30	M2	1#10(10)10 mm <sup>2</sup> PVC	$I_n = 50 \text{ A}$ $V_n = 250 \text{ V}$	∅25 mm
003 AP	8,30	M2	1#10(10)10 mm <sup>2</sup> PVC	$I_n = 50 \text{ A}$ $V_n = 250 \text{ V}$	∅25 mm
004 AP	8,30	M2	1#10(10)10 mm <sup>2</sup> PVC	$I_n = 50 \text{ A}$ $V_n = 250 \text{ V}$	∅25 mm
005 AP	8,30	M2	1#10(10)10 mm <sup>2</sup> PVC	$I_n = 50 \text{ A}$ $V_n = 250 \text{ V}$	∅25 mm
006 AP	8,30	M2	1#10(10)10 mm <sup>2</sup> PVC	$I_n = 50 \text{ A}$ $V_n = 250 \text{ V}$	∅25 mm
007 AP	8,30	M2	1#10(10)10 mm <sup>2</sup> PVC	$I_n = 50 \text{ A}$ $V_n = 250 \text{ V}$	∅25 mm
008 AP	8,30	M2	1#10(10)10 mm <sup>2</sup> PVC	$I_n = 50 \text{ A}$ $V_n = 250 \text{ V}$	∅25 mm
009 AP	8,30	M2	1#10(10)10 mm <sup>2</sup> PVC	$I_n = 50 \text{ A}$ $V_n = 250 \text{ V}$	∅25 mm
010 AP	8,30	M2	1#10(10)10 mm <sup>2</sup> PVC	$I_n = 50 \text{ A}$ $V_n = 250 \text{ V}$	∅25 mm
011 MERCADO	71,85	T5	3#50(35)25 mm <sup>2</sup> EPR	$I_n = 125 \text{ A}$ $V_n = 415 \text{ V}$	∅65 mm

Fonte: Autor.

Na Equação 3.3,  $fm$  é o fator de multiplicação da demanda e  $a$  é a demanda por apartamento em função de sua área útil. Para 10 apartamentos, a Tabela 03 da NDU - 003 (ENERGISA, 2019c) indica  $fm = 9,64$  para 10 apartamentos e a Tabela 04 indica  $a = 1,67$ , já que os apartamentos são de  $72 \text{ m}^2$ . Assim, tem-se o cálculo conforme a Equação 3.4.

$$D_1 = 9,64 \times 1,67 = 16,10 \text{ kW}. \quad (3.4)$$

Havendo apenas o mercado como unidade consumidora não residencial, então sua demanda é dada pela Equação 3.5.

$$D_2 = 68,26 \text{ kW}. \quad (3.5)$$

Por fim, a demanda total da edificação é dada pela Equação 3.6.

$$D_T = 16,10 + 68,26 = 84,36 \text{ kW}. \quad (3.6)$$

O dimensionamento dos elementos do padrão de entrada foi feito de acordo com a Tabela 06 da NDU - 003 (ENERGISA, 2019c) e está indicado no Quadro 4.

Quadro 4 - Dimensionamento do padrão de entrada geral.

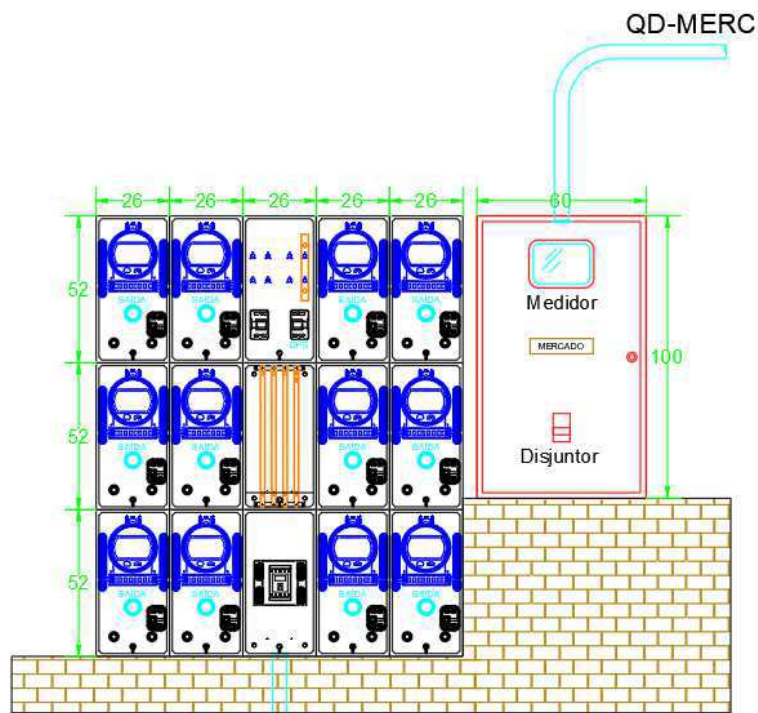
Demanda (kW)	Ramal de ligação Multiplex	Condutor cabo de cobre classe 4 isolamento em PVC ou EPR	Proteção curto-circuito e sobrecarga $I_{cc} = 6 \text{ kA}$	Duto de aço
84,36	M3x1x70+70	3#70(35)35 mm <sup>2</sup> EPR	$I_n = 150 \text{ A}$ $V_n = 415 \text{ V}$	Ø3"

Fonte: Autor.

### 3.1.4 Projeto do Quadro de Medição

Para atender as dependências da edificação, foi projetado um quadro de medição para múltiplas unidades em baixa tensão com capacidade de até 12 medidores de energia para os apartamentos e um quadro de medição direta de até 200 A (ampères) para o mercado, conforme indicado no desenho elaborado e mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Vista frontal das caixas dos medidores de energia elétrica.

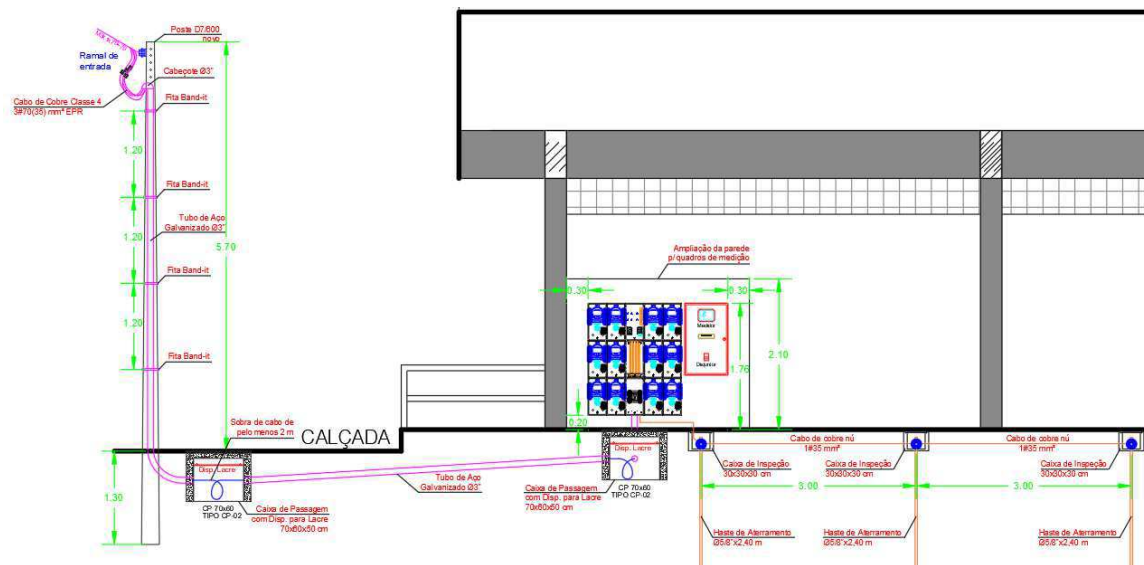


Fonte: Autor.

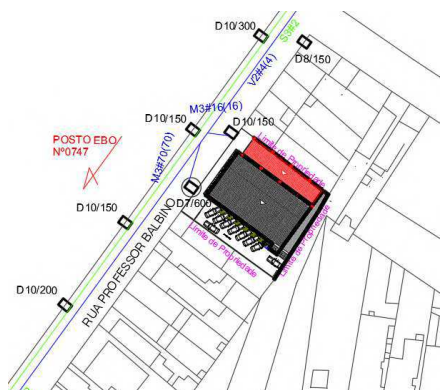
Alguns dos desenhos elaborados durante o projeto são apresentados na Figura 4, em que tem-se, na Figura 4a, uma vista frontal dos medidores instalados, bem como detalhes do poste, condutores, eletrodutos, caixas de passagem e hastes de aterramento. A planta de situação pode ser observada na Figura 4b e o diagrama unifilar das instalações na Figura 4c.

Figura 4 – Desenhos elaborados no projeto elétrico do mercado e apartamentos.

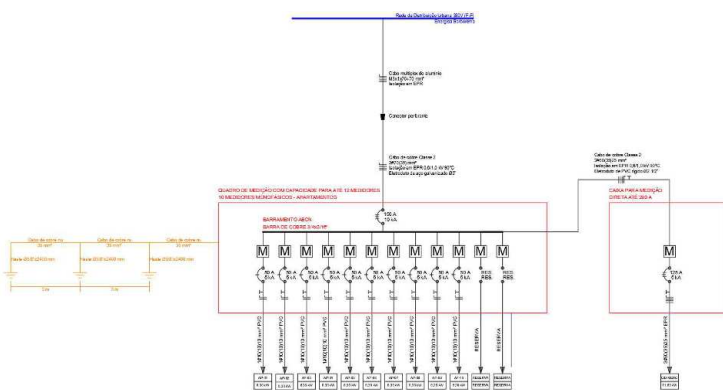
(a) Vista frontal das instalações.



(b) Planta de situação.



(c) Diagrama unifilar.



Fonte: Autor.

### 3.2 Projeto Elétrico para o Atendimento de um Canteiro de Obras

Visando atender um canteiro de obras para a construção de uma residência em um condomínio horizontal, elaborou-se um projeto elétrico de acordo com as exigências da NBR 5410 (ABNT, 2004) e da NDU - 001 (ENERGISA, 2019b).

### 3.2.1 Levantamento em Campo

Primeiramente, realizou-se uma visita no local da obra objetivando localizar e identificar os postes e condutores da rede de distribuição interna do condomínio, de modo a tornar possível a elaboração de uma planta de situação bastante fiel e detalhada.

Na Figura 5, é possível observar algumas das imagens registradas durante o levantamento. Na Figura 5a, tem-se o transformador de qual deriva o circuito de baixa tensão que atenderá a obra. Já na Figura 5b, um trecho da rede de distribuição interna é apresentado, cujas seções dos cabos da rede compacta de média tensão e do cabo multiplexado de baixa tensão foram identificadas no local.

Figura 5 – Imagens feitas durante o levantamento de campo.

(a) Transformador que atende o local da obra.      (b) Trecho da rede interna de distribuição.



Fonte: Autor.

### 3.2.2 Projeto Elétrico

O quadro de cargas elaborado para dimensionar o atendimento da instalação é apresentado na Figura 6. Os condutores dos circuitos foram dimensionados com base no critério da mínima seção, de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004).

Figura 6 – Quadro de cargas do canteiro de obras.

N° do Circuito	Lâmpadas (W)			TUGs (VA)		TUEs (VA)		Total		Tensão Nominal	Corrente (A)		Condutores S(mm <sup>2</sup> )		<i>I<sub>esp</sub></i>	Função	CARGA
	20	35	85	100	300	1.750	4.500	W	VA	V	<i>I<sub>carga</sub></i>	<i>I<sub>base</sub></i>	Vivos	PE	A		
1	7	3	-	-	-	-	-	245	290	220	1,32	1,65	1,5	1,5	16	Ilum.	Iluminação
2	-	-	-	-	8	-	-	2.400	2.400	220	10,1	13,6	2,5	2,5	16	TUG	Blocos de Apoio
3	-	-	-	3	2	-	-	900	900	220	4,10	5,11	2,5	2,5	16	TUG	Quadro de Distribuição Móvel
4	-	-	-	-	-	1	-	1.750	1.750	220	7,95	9,94	2,5	2,5	16	TUE	Policorte
5	-	-	-	-	-	1	-	1.750	1.750	220	7,95	9,94	2,5	2,5	16	TUE	Batoneira 400 L
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
TOTAL	7	3	-	3	10	2	-	-	7.090	220	32,23	40,28	10	10	50	-	Quadro de Distribuição

Fonte: Autor.

Seguindo o mesmo procedimento e os mesmos critérios descritos na seção 3.1.1, a instalação enquadra-se na categoria de atendimento M2 e o dimensionamento do seu padrão de entrada está indicado no Quadro 5.

Quadro 5 - Dimensionamento do padrão de entrada do canteiro de obras.

Carga (kW)	Ramal de ligação Multiplex	Condutor cabo de cobre classe 4 isolamento em PVC ou EPR	Proteção curto-circuito e sobrecarga $I_{cc} = 6 \text{ kA}$	Duto de PVC
7,05	M1x1x10+10	1#10(10)10 mm <sup>2</sup> PVC	$I_n = 50 \text{ A}$ $V_n = 240 \text{ V}$	∅25 mm

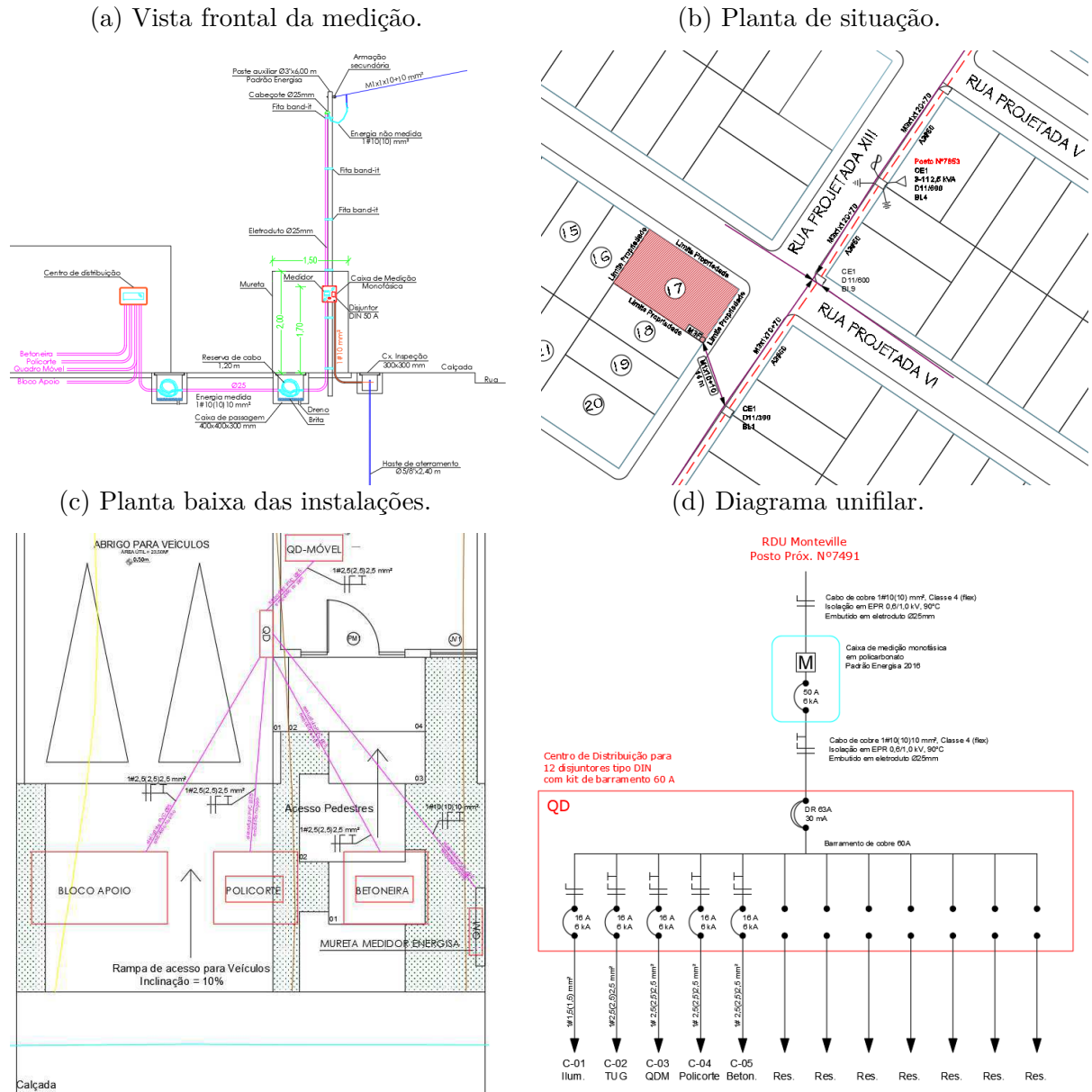
Fonte: Autor.

Na Figura 7 é possível observar alguns dos desenhos elaborados durante o projeto. A vista frontal do padrão de entrada de energia elétrica exigido pela concessionária local, com detalhes dos condutores, eletrodutos, poste auxiliar, haste de aterramento e caixas de passagem são mostrados na Figura 7a. A planta de situação da obra pode ser visualizada na Figura 7b e exibe os detalhes da rede de distribuição interna do condomínio que foram coletados durante o levantamento de campo. A planta baixa, mostrada na Figura 7c, detalha o percurso dos condutores e eletrodutos e a localização das cargas. Por fim, o diagrama unifilar das instalações é exposto na Figura 7d, especificando as seções dos condutores e o dimensionamento dos elementos de proteção.

### 3.3 Projeto Luminotécnico de um Condomínio

Objetivando atender e iluminar satisfatoriamente as áreas comuns de um condomínio residencial com quatro torres e extensa área de lazer, elaborou-se um projeto luminotécnico

Figura 7 – Desenhos elaborados no projeto elétrico do canteiro de obras.



Fonte: Autor.

com o auxílio do *software* DIALux.

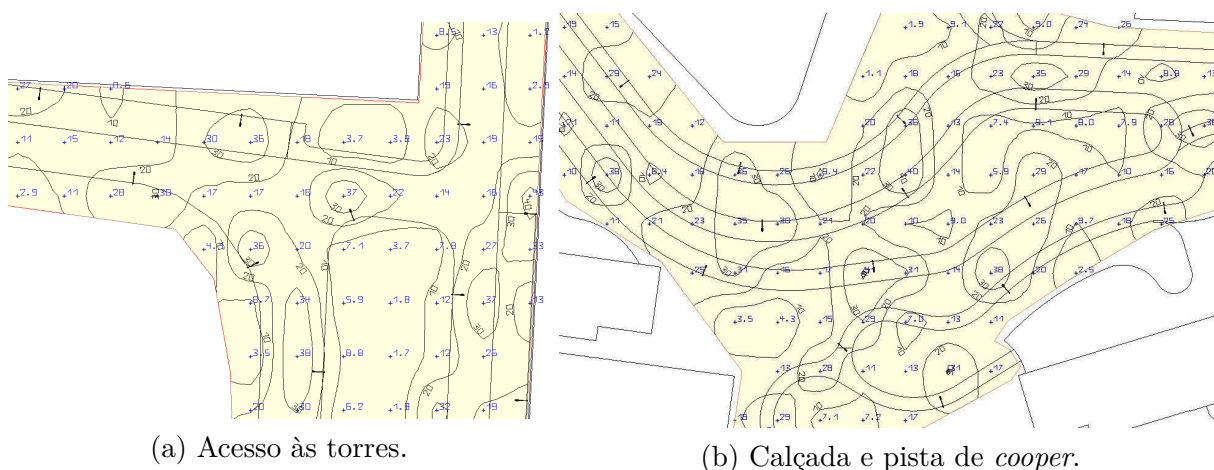
Para o projeto, tomou-se como base a NBR 5101 (ABNT, 2012), que trata a respeito de iluminação pública. Primeiramente, as vias de tráfego de veículos foram classificadas na categoria V4, cuja descrição é “vias de acesso residencial - volume de tráfego médio”. Em seguida, as vias de tráfego de pedestres foram classificadas na categoria P2, cuja descrição é “vias de grande tráfego noturno de pedestres (por exemplo, passeios de avenidas, praças, áreas de lazer)”. Para cada categoria, a norma define valores mínimos de iluminância média sobre o nível do piso e valores mínimos do fator de uniformidade. Para ambas as categorias V4 e P2, a norma especifica a iluminância média mínima de 10 lux. Já com relação ao fator de uniformidade, o valor de 0,2 é o mínimo especificado para a categoria V4 e 0,25



para a categoria P2.

Dessa forma, o projeto foi realizado de forma a atender todos esses critérios estabelecidos pela norma. Na Figura 8, são apresentadas algumas das superfícies de cálculo utilizadas no DIALux, nas quais é possível observar as linhas isográficas. Ao total, foram utilizadas 142 luminárias de *LED* de 60W instaladas em postes de 6 metros de altura e 2 luminárias de 160W em postes de 10 metros.

Figura 8 – Superfície de cálculo do DIALux.



Fonte: Autor.

Algumas projeções em 3D dos ambientes do condomínio iluminados são mostradas na Figura 9, o que permite ter uma ideia do resultado final proporcionado pelas luminárias especificadas. Na Figura 9a observa-se a portaria do condomínio com dois postes de 10 metros. O acesso às torres, a calçada e pista de *cooper* e a via de tráfego de veículos são exibidas, respectivamente, nas Fig. 9b, 9c e 9d, locais nos quais foram utilizados os postes de 6 metros.

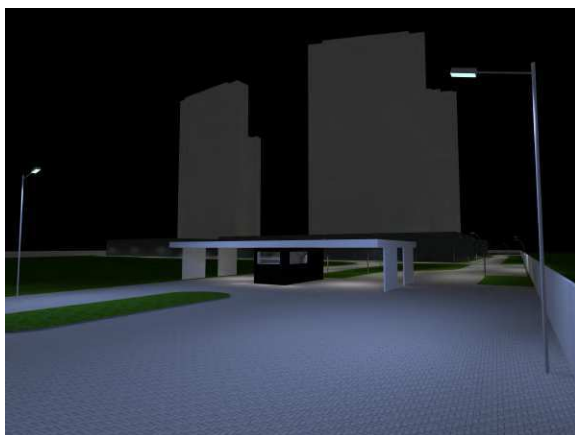
### 3.4 Projetos de Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica

A área de projetos de sistemas de energia solar fotovoltaica englobou a maior parcela das atividades realizadas no estágio. O estagiário teve participação em todos os projetos dessa natureza que a empresa realizou a partir da data em que foi admitido.

No total, o estagiário participou, em pelo menos duas das etapas, de 11 projetos de sistemas de geração fotovoltaica com potência instalada variando entre 9,12 e 152,76 kWp (quilo-watt pico). As atividades envolveram todo o procedimento do projeto, desde o levantamento inicial de campo até o acompanhamento da vistoria e da troca do medidor de energia pela concessionária, com exceção da determinação da quantidade de módulos utilizados e dos modelos dos inversores. Isso porque essa determinação afeta diretamente o

Figura 9 – Projeções 3D do projeto luminotécnico.

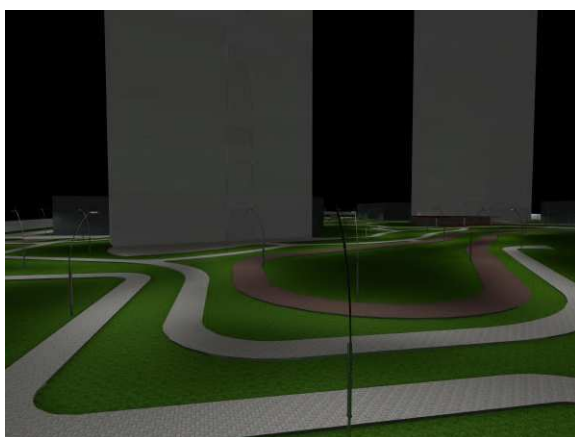
(a) Portaria.



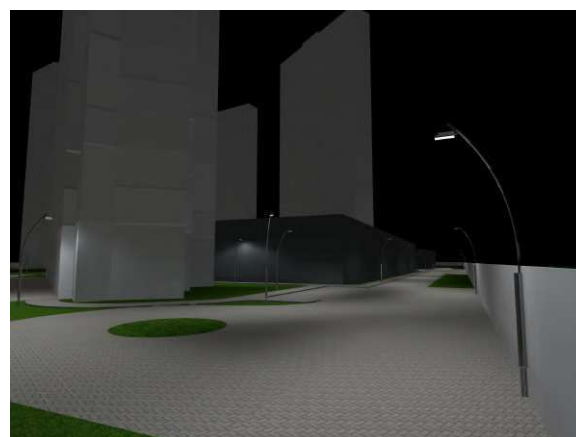
(b) Acesso às torres.



(c) Calçada e pista de cooper.



(d) Via de tráfego de veículos.



Fonte: Autor.

valor do investimento do sistema, o que era tratado diretamente pelo engenheiro responsável com o cliente.

De modo geral, todos os projetos de sistemas de geração fotovoltaica apresentaram as seguintes etapas, que serão detalhadas nas próximas seções:

- Levantamento de campo;
- Elaboração do projeto elétrico;
- Acompanhamento da obra;
- Comissionamento do inversor;
- Acompanhamento de vistoria e troca do medidor pela concessionária de energia.

### 3.4.1 Levantamento de Campo

O levantamento de campo é a primeira etapa a ser realizada do projeto. O estagiário teve a oportunidade de participar em vários levantamentos, nos quais uma visita era feita ao local de instalação do sistema com o objetivo de colher dados de extrema importância para o projeto, sendo alguns deles listados abaixo:

- Dimensões do telhado ou área onde serão instalados os módulos fotovoltaicos;
- Localização de obstáculos na área de instalação dos módulos, bem como detalhes de possíveis regiões de sombreamento;
- Em caso de instalação em telhado, identificação do tipo de telha, permitindo determinar o tipo de estrutura de fixação a ser utilizado;
- Localização de ambiente apropriado para a instalação do inversor, observando a ventilação do local e a distância para os módulos e para os quadros;
- Localização dos quadros de distribuição da edificação e identificação dos disjuntores e condutores existentes;
- Localização da medição de energia;
- Identificação da categoria de atendimento;
- Identificação da necessidade de adequar a medição para o padrão exigido pela concessionária;
- Localização da edificação no mapa, bem como dos postes próximos e do transformador que atende o local, além da identificação dos condutores da rede de distribuição;
- Detalhes adicionais relevantes para o projeto, como geradores e bancos de capacitores.

Na Figura 10, é possível visualizar registros efetuados durante algumas das visitas feitas para realizar o levantamento de campo. Nas Fig. 10a e 10b pode-se destacar uma das etapas mais importantes do levantamento: a medição da área disponível no telhado para a instalação dos módulos. A constatação do quadro de transferência automática apresentado na Figura 10c teve grande importância no projeto, pois esse quadro é responsável por acionar o gerador a óleo diesel que assume a alimentação da carga no caso de interrupção do fornecimento pela rede elétrica, sendo importante destacar que o sistema fotovoltaico não pode ser instalado em paralelo com o gerador, que pode ser danificado caso contrário. Por fim, verificar a existência de um padrão de medição para múltiplas unidades consumidoras, como o mostrado na Figura 10d, é importante caso seja necessário solicitar aumento de carga à concessionária de energia local, já que ela exige o projeto elétrico desse padrão para aprovar a solicitação.

Figura 10 – Levantamentos de campo.

- (a) Medição em telhado de fibrocimento em Cam-pina Grande.  
(b) Autorretrato durante levantamento em um supermercado em Cabedelo.



- (c) Quadro de transferência automática encontrado em um supermercado.  
(d) Medição de energia para múltiplas unidades consumidoras em um posto de combustíveis.



Fonte: Autor.

A fim de facilitar e agilizar os levantamentos realizados, elaborou-se, em conjunto com outra estagiária, uma ficha a ser preenchida durante as visitas. O aprendizado e a experiência frutos de levantamentos anteriores foram essenciais para a confecção dessa ficha.

### 3.4.2 Projeto Elétrico

Com as informações adquiridas no levantamento em campo, é possível prosseguir para a elaboração do projeto elétrico. Nessa etapa, destaca-se a importância do conhecimento das normas técnicas e das exigências da concessionária local, de modo que o projeto possa ser executado e colocado em funcionamento com total segurança, bem como ser aprovado pela concessionária.

As principais atividades realizadas durante o projeto elétrico estão descritas abaixo:

- Elaboração de desenhos da planta baixa do local, da disposição dos módulos fotovoltaicos, da instalação dos inversores, dos quadros de proteção e do padrão de entrada de energia;
- Dimensionamento dos condutores, eletrodutos e dispositivos de proteção (fusíveis, disjuntores e dispositivos de proteção contra surtos - DPS);
- Elaboração de diagrama unifilar;
- Especificação do percurso dos eletrodutos e condutores;
- Especificação de melhor configuração série/paralelo dos módulos;
- Elaboração de memorial técnico-descritivo;
- Especificação da relação dos materiais necessários para toda a execução da instalação.

A especificação da configuração dos conjuntos de módulos merece um maior detalhamento. Nessa atividade, vários pontos são levados em consideração. Primeiramente, é imprescindível consultar os dados disponíveis nos *datasheets* do inversor e dos módulos. Basicamente, duas informações eram observadas com mais frequência: a maior tensão CC (que limita a quantidade de módulos que podem ser colocados em série) e a maior corrente CC (que limita a quantidade de conjuntos que podem ser ligados ao inversor) admissíveis na entrada do inversor.

Outro ponto importante a ser levado em consideração é a quantidade de entradas com *MPPT's*<sup>1</sup> independentes que o inversor possui. Ao conectar conjuntos em diferentes entradas independentes, tem-se, conseqüentemente, que o sombreamento ou queda de eficiência por acúmulo de sujeira em um dos conjuntos não afeta a eficiência dos demais conjuntos. Além disso, caso um conjunto seja constituído por módulos com um dado posicionamento (rotação e inclinação em relação ao norte) e outro conjunto tenha posicionamento diferente, então a conexão desses conjuntos em entradas independentes maximiza a eficiência do sistema (ABB SOLAR INVERTERS, 2017).

Outra prática adotada era a especificação da maior quantidade possível de módulos em cada conjunto, pois, assim, pode-se instalar o sistema com a menor quantidade de conjuntos no total, o que implica em um menor gasto com condutores. Com esse mesmo objetivo, procurava-se sempre posicionar o início e fim de cada conjunto o mais próximo possível do inversor. Dessa forma, em grandes sistemas, pode-se reduzir bastante o gasto com materiais, tornando o investimento mais atrativo para o cliente.

<sup>1</sup> Do inglês, *maximum power point tracking*, ou rastreamento do ponto de máxima potência, em português, é um sistema no qual o inversor comporta-se como a carga ideal para os módulos fotovoltaicos de acordo com as condições atuais de radiação solar, de modo a extrair a maior potência possível do sistema.

Portanto, a especificação da configuração dos conjuntos de módulos era feita levando em consideração os seguintes critérios:

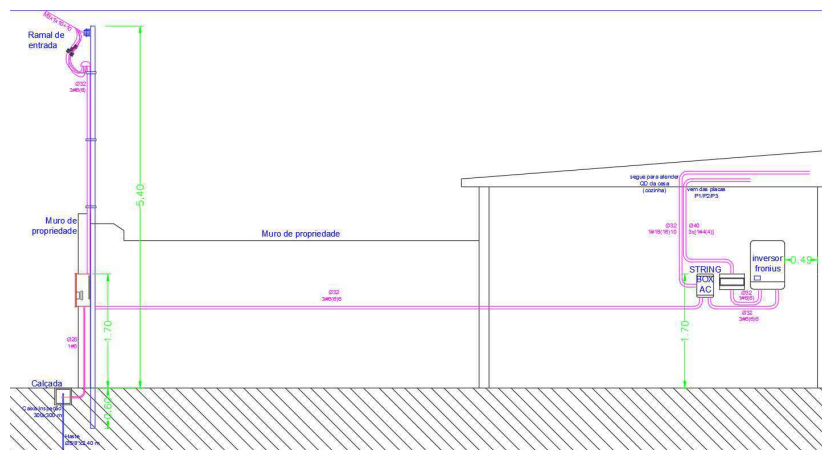
- Cada conjunto deve ser constituído por módulos com posicionamentos semelhantes;
- A cada entrada independente do inversor, devem ser conectados conjuntos de módulos com posicionamentos semelhantes;
- Cada conjunto deve ter a maior quantidade possível de módulos;
- Os pontos de conexão dos conjuntos devem estar o mais próximo possível do inversor.

### 3.4.2.1 Projeto de um Sistema Instalado em uma Residência no Bairro do Bodocongó

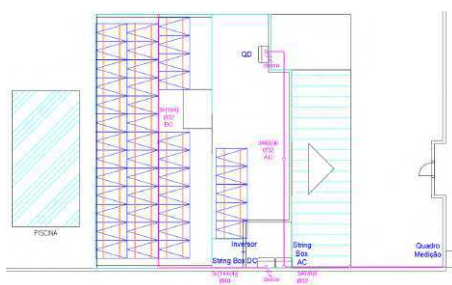
O primeiro projeto elaborado pelo estagiário foi de um sistema a ser instalado em uma residência no bairro do Bodocongó, em Campina Grande - PB. O sistema dimensionado é constituído por 42 módulos fotovoltaicos de 405 W e 1 inversor de 15 kW, sendo que a maior parte de sua produção visa compensar o consumo de um provedor de *internet* existente em outro local. Na Figura 11 são apresentados alguns dos desenhos elaborados no projeto.

Figura 11 – Projeto de geração fotovoltaica em uma residência no Bodocongó.

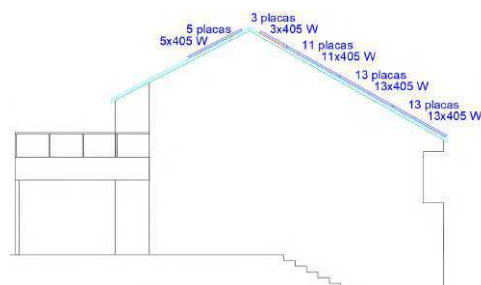
(a) Vista do padrão de entrada e instalação do inversor.



(b) Planta baixa.



(c) Vista lateral das coberturas.



Fonte: Autor.

A vista lateral do padrão de entrada, bem como a vista frontal da instalação do inversor e dos quadros de proteção são mostrados na Figura 11a. A planta baixa especificando o posicionamento dos módulos e a vista lateral das cobertas, que guiam a equipe de montagem na instalação, podem ser vistas, respectivamente, nas Fig. 11b e 11c.

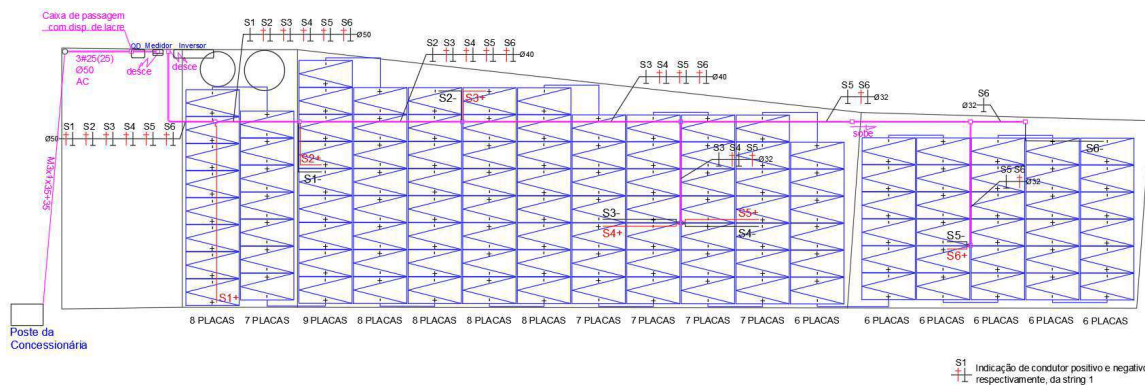
Por se tratar do primeiro projeto elaborado, algumas dificuldades foram observadas e transformadas em aprendizado. Por não se ter tido acesso ao telhado no momento do levantamento em campo, não foi possível constatar a existência de uma área transparente que ilumina um jardim de inverno na casa. Como consequência, alguns módulos tiveram que ser movidos para o outro lado do telhado, o que causa um impacto negativo na eficiência do sistema.

### 3.4.2.2 Projeto de um Sistema Instalado em Supermercado na Cidade de Areia - PB

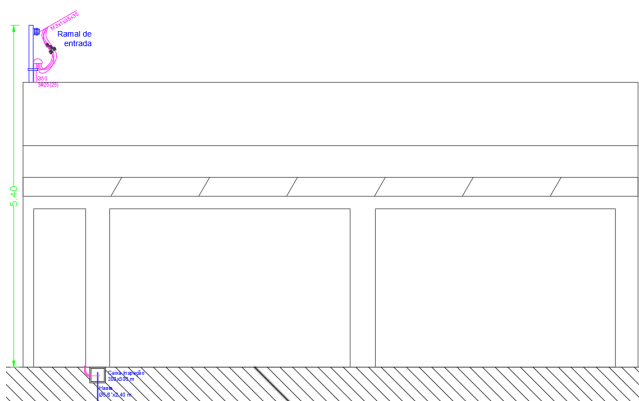
Com o objetivo de compensar o consumo de um supermercado e da casa do proprietário, um sistema composto por 120 módulos fotovoltaicos de 380 W e 1 inversor de 50 kW foi projetado. O sistema foi instalado na cidade de Areia - PB e alguns dos desenhos elaborados durante o projeto são mostrados na Figura 12.

Figura 12 – Projeto de geração fotovoltaica em um supermercado em Areia - PB.

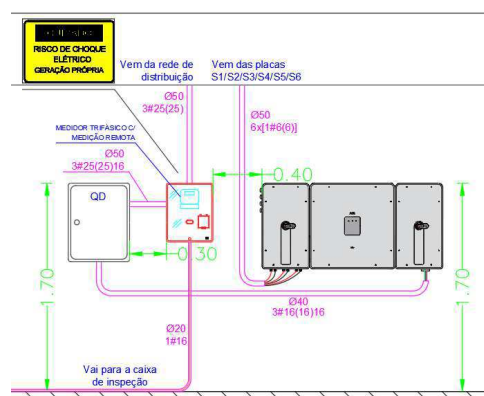
(a) Planta baixa.



(b) Vista frontal da edificação.



(c) Detalhe da instalação do inversor.



Fonte: Autor.

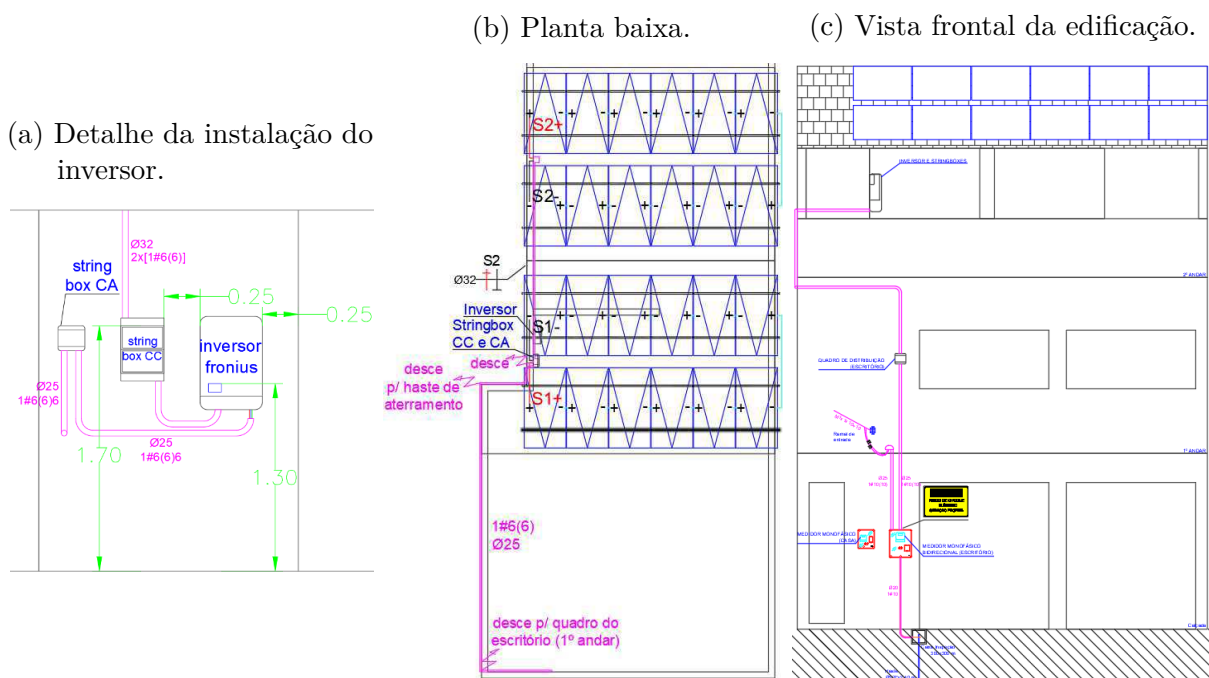
A planta baixa com a disposição dos módulos e indicação dos condutores é apresentada na Figura 12a. Como a fachada da edificação, mostrada na Figura 12b, não comportava a caixa de medição no padrão da concessionária local, ela teve que ser instalada no interior da construção, conforme a Figura 12c, que também detalha a instalação do inversor.

Nesse projeto, a inexperiência do estagiário levou a um gasto desnecessário com condutores para se realizar a conexão dos conjuntos de módulos, pois havia uma alternativa que proporcionaria uma economia considerável nesse quesito. Isso serviu como aprendizado para os próximos projetos, de modo que esse erro jamais fosse cometido novamente.

### 3.4.2.3 Projeto de um Sistema Instalado em um Escritório no Bairro do Araxá

A instalação de um sistema fotovoltaico foi solicitada por um escritório, onde também funciona um provedor de *internet*, para compensar o consumo de energia do próprio provedor e da residência do proprietário. Para isso, foram instalados 24 módulos de 380 W e 1 inversor de 8,2 kW, conforme os desenhos da Figura 13.

Figura 13 – Projeto de geração fotovoltaica em um escritório no bairro do Araxá.



Fonte: Autor.

O inversor e os quadros de proteção podem ser observados na Figura 13a, ao passo que a planta baixa e a vista frontal do padrão de entrada de energia são exibidas nas Fig. 13b e 13c, respectivamente. Foi possível otimizar bastante a eficiência desse sistema, pois foram formados 2 conjuntos com 12 módulos cada, sendo que cada conjunto foi instalado em um dos lados do telhado e foi ligado de maneira independente ao inversor.

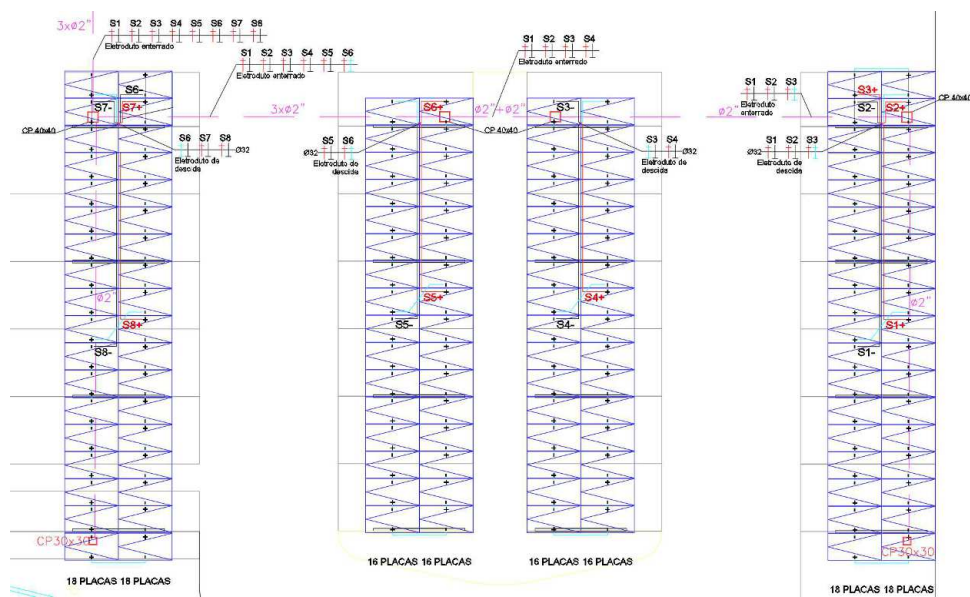


3.4.2.4 Projeto de um Sistema Instalado em um Escritório na Cidade de Santa Luzia - PB

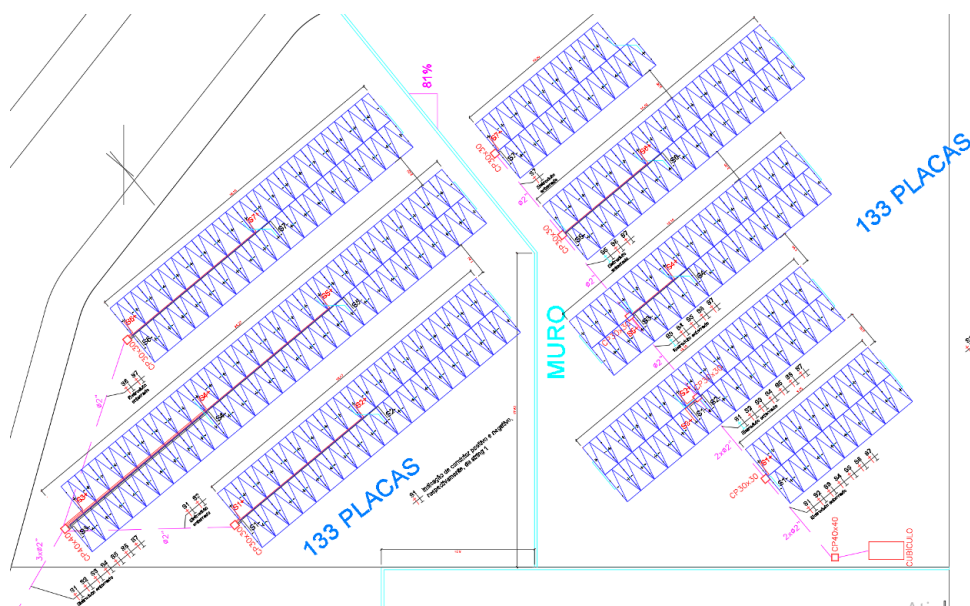
O maior sistema instalado, constituído por 402 módulos fotovoltaicos de 380 W e 3 inversores de 50 kW cada, foi solicitado pelo escritório de um provedor de *internet* na cidade de Santa Luzia - PB. A geração do sistema objetiva compensar o consumo do próprio provedor de *internet*, além da residência do proprietário. Os principais desenhos elaborados no projeto são mostrados na Figura 14.

Figura 14 – Projeto de geração fotovoltaica em um escritório na cidade de Santa Luzia - PB.

(a) Planta baixa - estacionamento.



(b) Planta baixa - parque solar.



Fonte: Autor.

Nesse projeto, 136 módulos foram instalados na área do estacionamento, funcionando, também, como abrigo para os veículos, conforme a Figura 14a. Os demais 266 módulos foram instalados em um terreno com estrutura montada no solo, conforme apresentado na Figura 14b. As dimensões e os detalhes da estrutura foram especificados pelo engenheiro responsável da empresa e a estrutura em si foi montada pelo próprio cliente, sendo mostrada na Figura 15.



Figura 15 – Estrutura de solo montada.

#### 3.4.2.5 Projeto de um Sistema Instalado em uma Residência e em um Mercado no Bairro do Jardim Paulistano

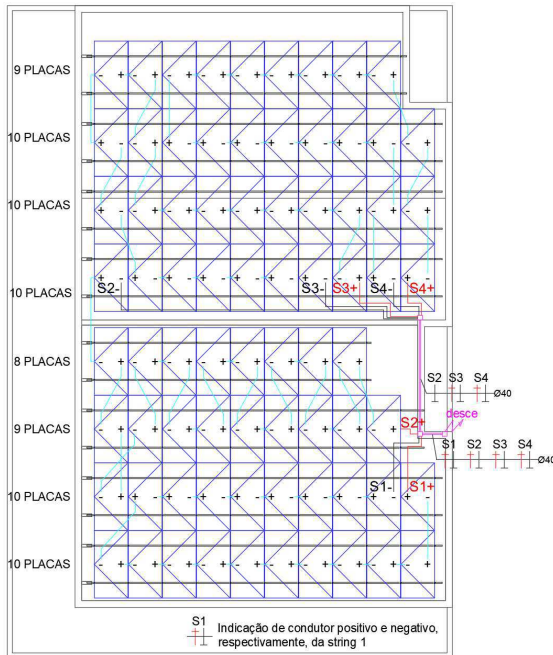
Um sistema de geração fotovoltaica foi projetado para compensar o consumo de um mercado e da residência do proprietário no bairro do Jardim Paulistano em Campina Grande - PB. Entretanto, esse sistema acabou sendo dividido em dois, pois a área disponível para a instalação dos módulos no mercado é bem menor do que na residência, além de apresentar sombreamento em boa parte do telhado durante a tarde. Assim, procurou-se, no projeto, instalar a maior quantidade possível de módulos na casa e o restante no mercado.

O sistema dimensionado para ser instalado na residência é constituído por 76 módulos de 380 W e 1 inversor de 25 kW. Na Figura 16, tem-se alguns desenhos do projeto, sendo: a planta baixa do telhado mostrando a disposição dos módulos e a configuração dos conjuntos na Figura 16a; o detalhe de instalação do inversor na Figura 16b; a vista do padrão de entrada de energia na Figura 16c; e a planta baixa do térreo indicando o percurso dos eletrodutos na Figura 16d.

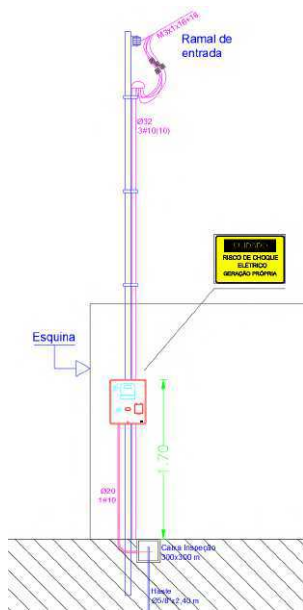
Nesse sistema, o proprietário solicitou a montagem de uma estrutura para suspender as placas e evitar um sombreamento causado pela platibanda existente. O estagiário ficou responsável por projetar e especificar os materiais para a montagem dessa estrutura, que pode ser vista em processo de montagem na Figura 17. É importante observar que essa instalação exige limpeza dos módulos com maior frequência, pois sua posição facilita o acúmulo de sujeira em sua superfície.

Figura 16 – Projeto de geração fotovoltaica em uma residência no Jd. Paulistano.

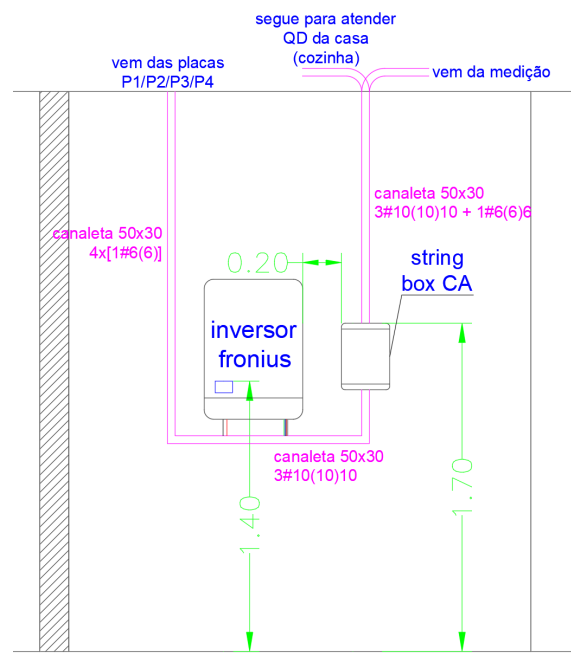
(a) Planta baixa - telhado.



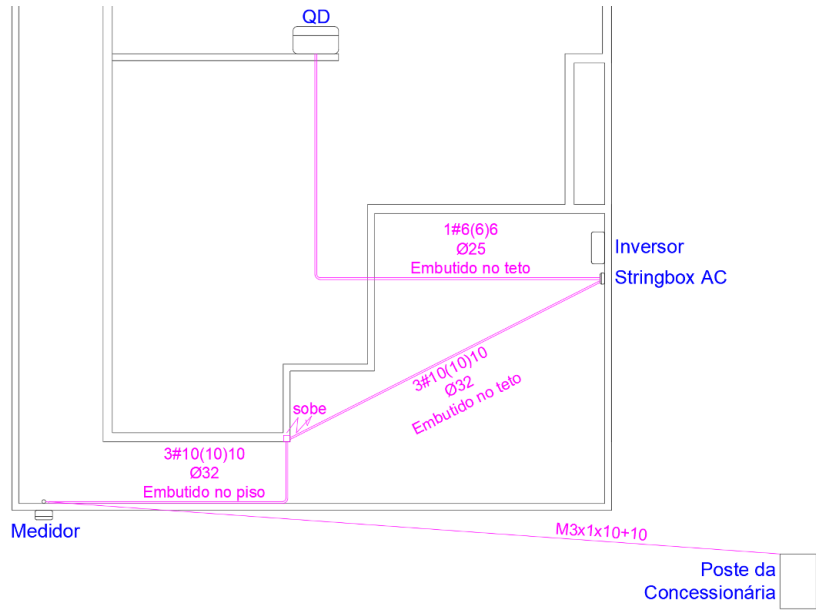
(c) Padrão de entrada.



(b) Detalhe da instalação do inversor.



(d) Planta baixa - térreo.



Fonte: Autor.

Já o sistema instalado no mercado é constituído por 24 módulos de 380 W e 1 inversor de 8,2 kW e os desenhos do projeto são mostrados na Figura 18. A planta baixa com a disposição dos módulos pode ser vista na Figura 18a e a vista frontal do padrão de entrada na Figura 18b. Na Figura 18c tem-se o detalhe da instalação do inversor e uma vista lateral que auxilia e orienta a equipe de montagem é apresentada na Figura 18d.

Figura 17 – Estrutura do telhado em montagem.

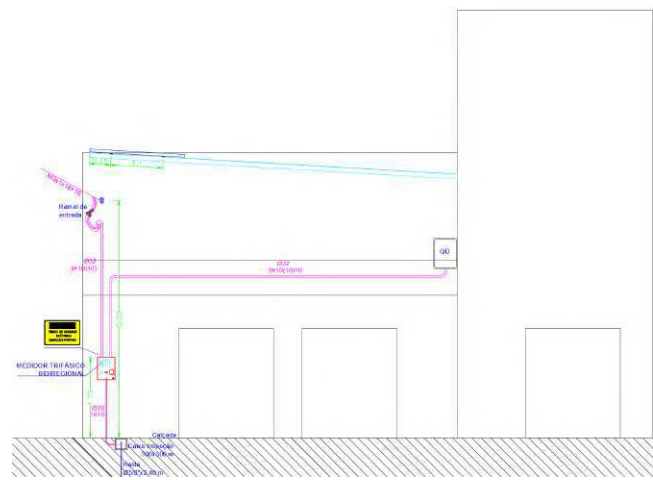
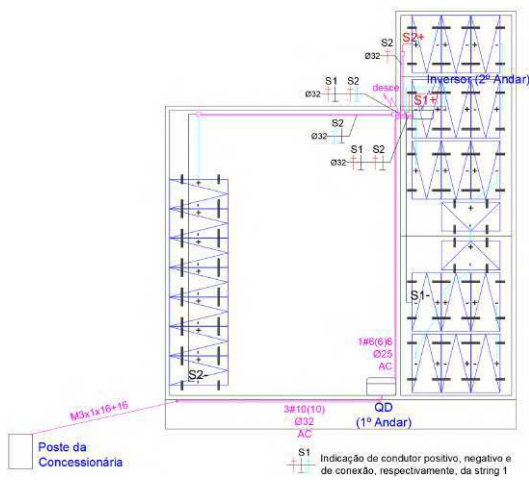


Fonte: Autor.

Figura 18 – Projeto de geração fotovoltaica em um mercado no bairro do Jd. Paulistano.

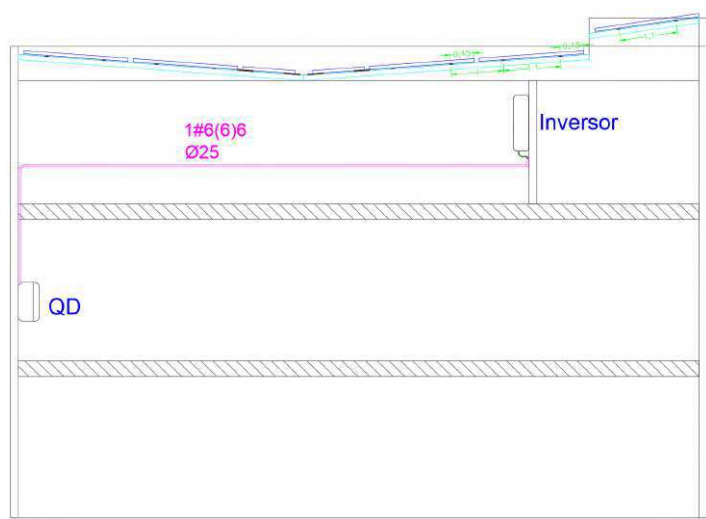
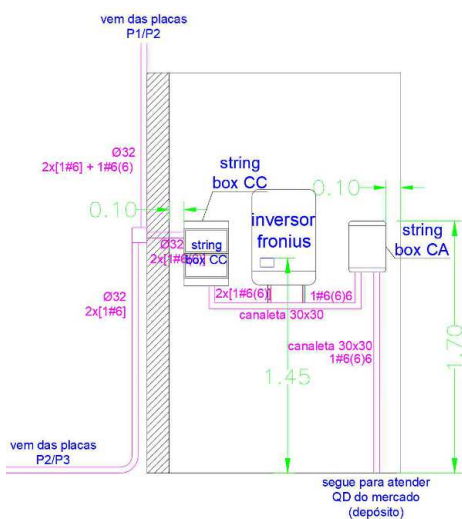
(a) Planta baixa - telhado.

(b) Detalhe da instalação do inversor.



(c) Padrão de entrada.

(d) Planta baixa - térreo.

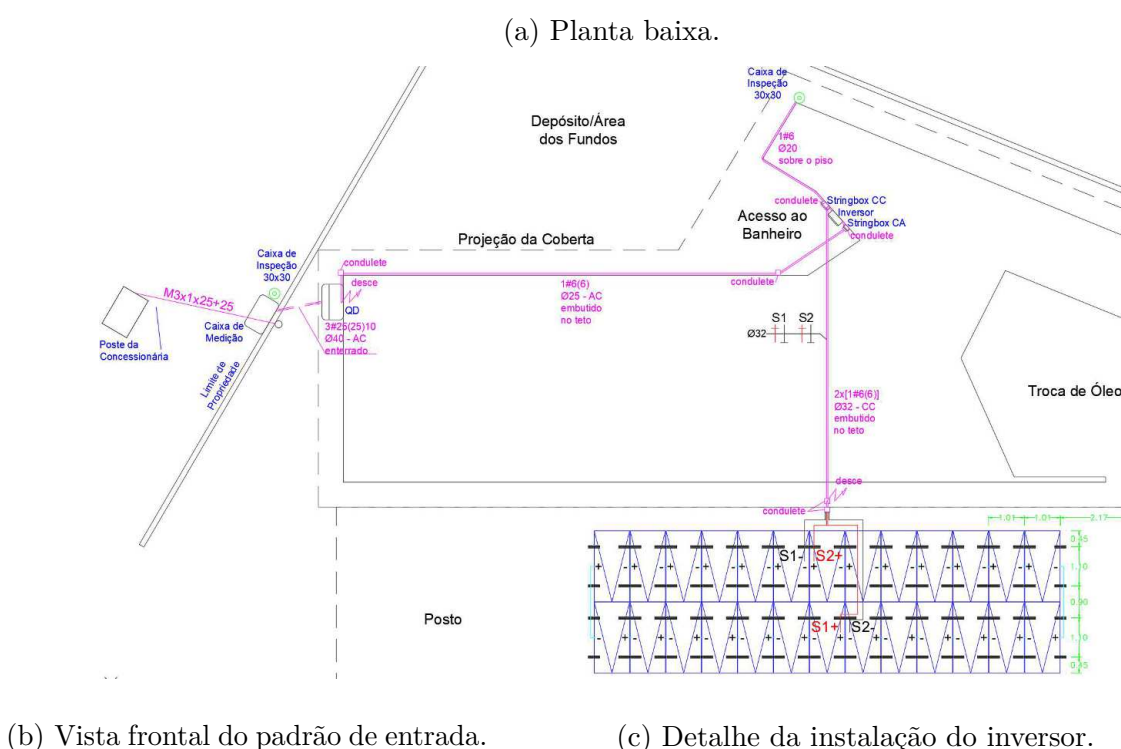


Fonte: Autor.

### 3.4.2.6 Projeto de um Sistema Instalado em um Posto de Combustíveis no Bairro do Bodocongó

Um sistema de geração fotovoltaica composto por 26 módulos fotovoltaicos de 380 W e 1 inversor de 8,2 kW foi projetado para compensar o consumo de um posto de combustíveis no bairro do Bodocongó em Campina Grande - PB. Nos desenhos exibidos na Figura 19, pode-se destacar a planta baixa com todos os detalhes de eletrodutos, condutores e módulos na Figura 19a. Além disso, tem-se a vista frontal do padrão de entrada e o detalhe de instalação do inversor nas Fig. 19b e 19c, respectivamente.

Figura 19 – Projeto de geração fotovoltaica em um posto de combustíveis no Bodocongó.



Fonte: Autor.

A experiência adquirida nos projetos anteriores permitiu que esse sistema fosse

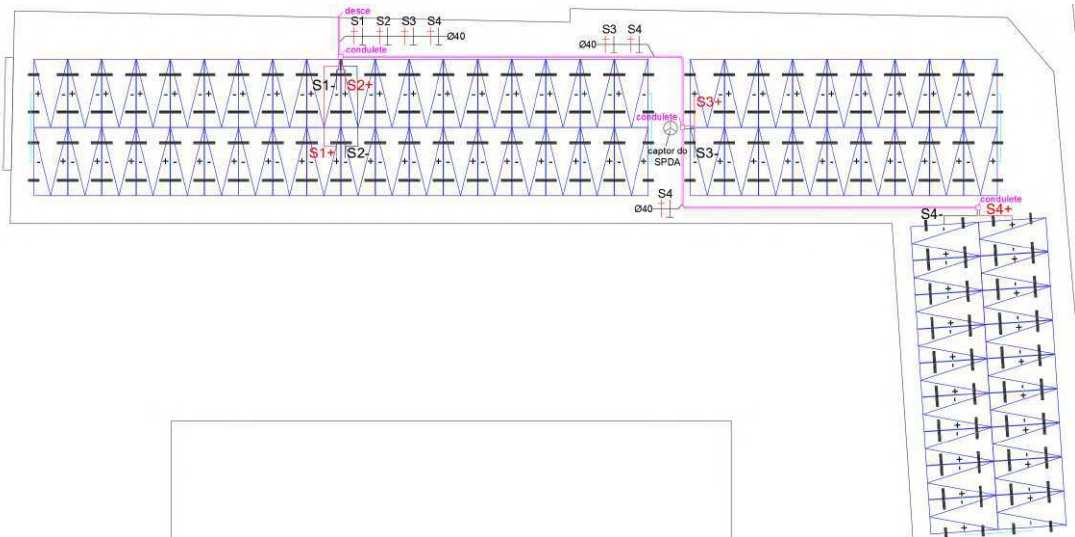
instalado exatamente conforme a primeira versão do projeto e sem imprevistos.

### 3.4.2.7 Projeto de um Sistema Instalado em um Posto de Combustíveis na Cidade de São Sebastião de Lagoa de Roça - PB

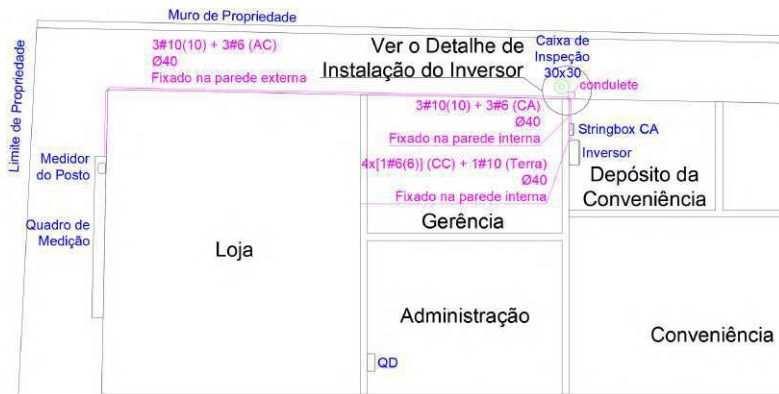
Na cidade de São Sebastião de Lagoa de Roça - PB, foi solicitada a instalação de um sistema fotovoltaico para compensar o consumo de energia dos postos de combustíveis do proprietário. e de alguns outros postos do mesmo proprietário. O sistema é composto por 72 módulos fotovoltaicos de 380 W e 1 inversor de 25 kW. Os principais desenhos elaborados no projetos podem ser vistos na Figura 20.

Figura 20 – Projeto de geração fotovoltaica em um posto de combustíveis em São Sebastião de Lagoa de Roça - PB.

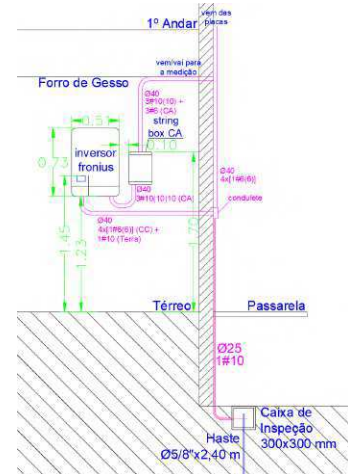
(a) Planta baixa - telhado.



(b) Planta baixa - térreo.



(c) Detalhe da instalação do inversor.



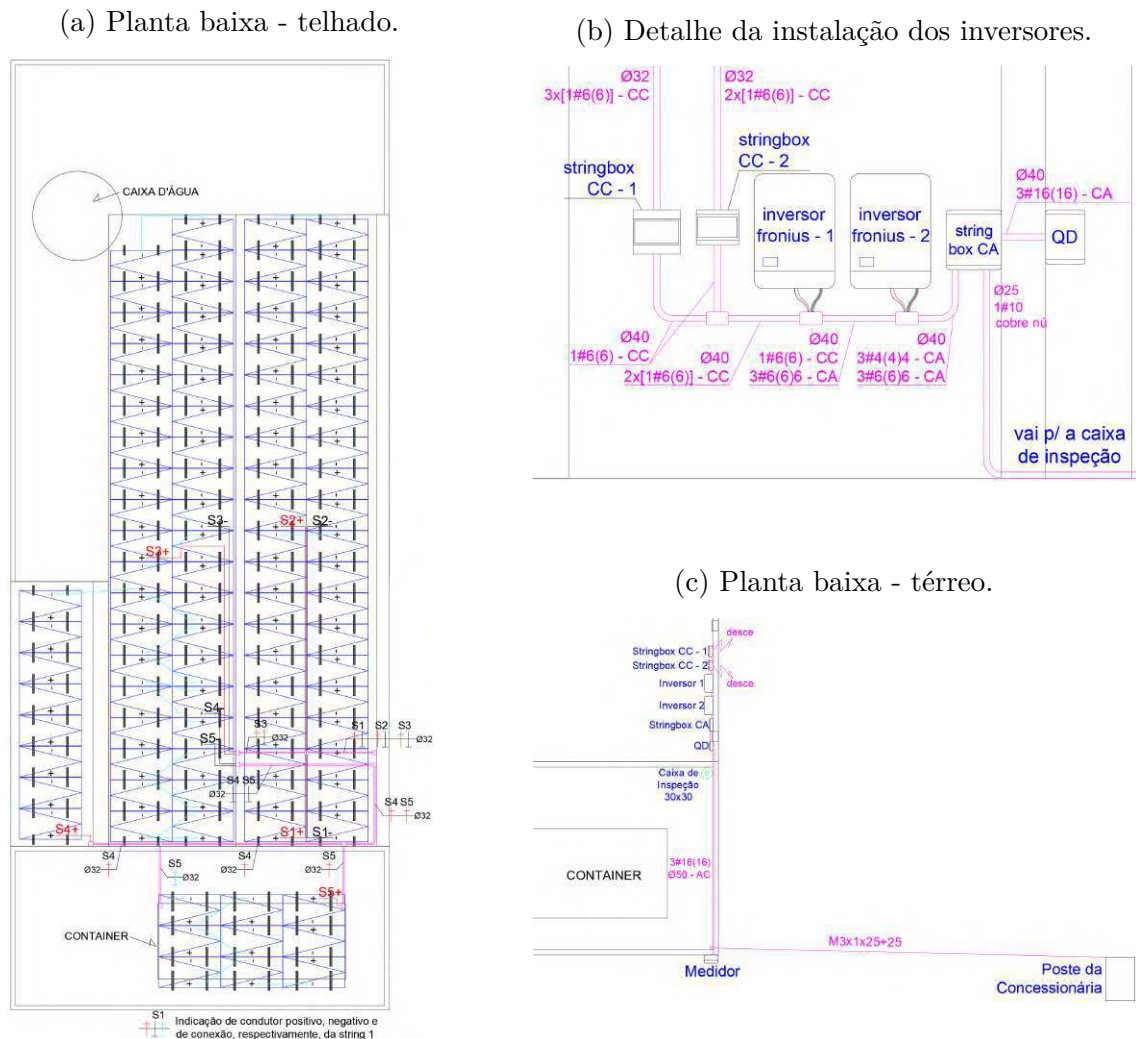
Fonte: Autor.

Na Figura 20a observa-se a disposição dos módulos no telhado, que levou em consideração o posicionamento dos captadores do SPDA (Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas) do posto que constituem um obstáculo na instalação. Já na Figura 20b tem-se a planta baixa com o percurso dos eletrodutos. Os detalhes de instalação do inversor e do aterramento são exibidos na Figura 20c.

### 3.4.2.8 Projeto de um Sistema Instalado em um Comércio de Açaí no Bairro do Alto Branco

Para compensar o consumo de energia de um comércio distribuidor de açaí no bairro do Alto Branco em Campina Grande - PB, dimensionou-se um sistema composto por 96 módulos fotovoltaicos de 380 W, 1 inversor de 20 kW e 1 inversor de 12,5 kW. Alguns dos desenhos elaborados são mostrados na Figura 21.

Figura 21 – Projeto de geração fotovoltaica em um comércio no bairro do Alto Branco.



Fonte: Autor.

A planta baixa com a disposição dos módulos no telhado pode ser visualizada na Figura 21a, enquanto os detalhes de instalação dos dois inversores são mostrados na

Figura 21b. Por fim, na Figura 21c tem-se a planta com as especificações dos condutores e eletrodutos.

### 3.4.3 Acompanhamento da Obra

O acompanhamento da obra é uma atividade essencial para que a instalação seja realizada conforme foi projetada, de modo a atender todos os requisitos de segurança e deixar o cliente satisfeito com o resultado final.

Durante a etapa da execução dos projetos elaborados, algumas visitas foram feitas rotineiramente no local da obra para a realização de atividades como, por exemplo: verificar a conformidade da execução com o projeto, esclarecer dúvidas do pessoal da montagem, solucionar possíveis imprevistos e conferir a qualidade do acabamento do serviço. Na Figura 22, pode-se observar registros efetuados durante algumas das visitas realizadas para o acompanhamento das obras.

Nas Fig. 22a, 22c e 22f, é possível observar as estruturas utilizadas em diferentes tipos de telhado. Durante os acompanhamentos realizados, as estruturas eram sempre cuidadosamente observadas, verificando a firmeza dos componentes, o aperto de parafusos e porcas e a qualidade dos materiais. Dessa forma, pode-se garantir que a estrutura montada oferecerá todo o suporte e segurança necessários para a instalação dos módulos, de maneira a reduzir a chance de acidentes.

Já nas Fig. 22b, 22d e 22e, são mostrados alguns dos diferentes inversores instalados. Na instalação desses aparelhos, pode-se destacar a verificação da seção dos condutores utilizados e o diâmetro dos eletrodutos em conformidade com o especificado no projeto, da montagem dos disjuntores termomagnéticos e DPS's no quadro de distribuição, do aperto dos bornes de conexão dos dispositivos e do estado das emendas realizadas em condutores. Apenas após essa verificação é possível garantir a segurança da instalação, evitando pontos quentes nos condutores ou outras situações de risco. Além disso, considerando que os inversores instalados são, normalmente, a parte mais visível do sistema, é essencial ter atenção redobrada no acabamento dessa instalação, de forma a refletir toda a qualidade e seriedade do serviço prestado pela empresa.



Figura 22 – Acompanhamento das obras.

(a) Instalação dos módulos em Areia.



(b) Inversor Fronius 8,2 kW instalado.



(c) Instalação das estruturas de fixação.



(d) Inversor Fronius 25 kW instalado.



(e) Inversor ABB 50 kW instalado.



(f) Estrutura de solo em Santa Luzia.



Fonte: Autor.

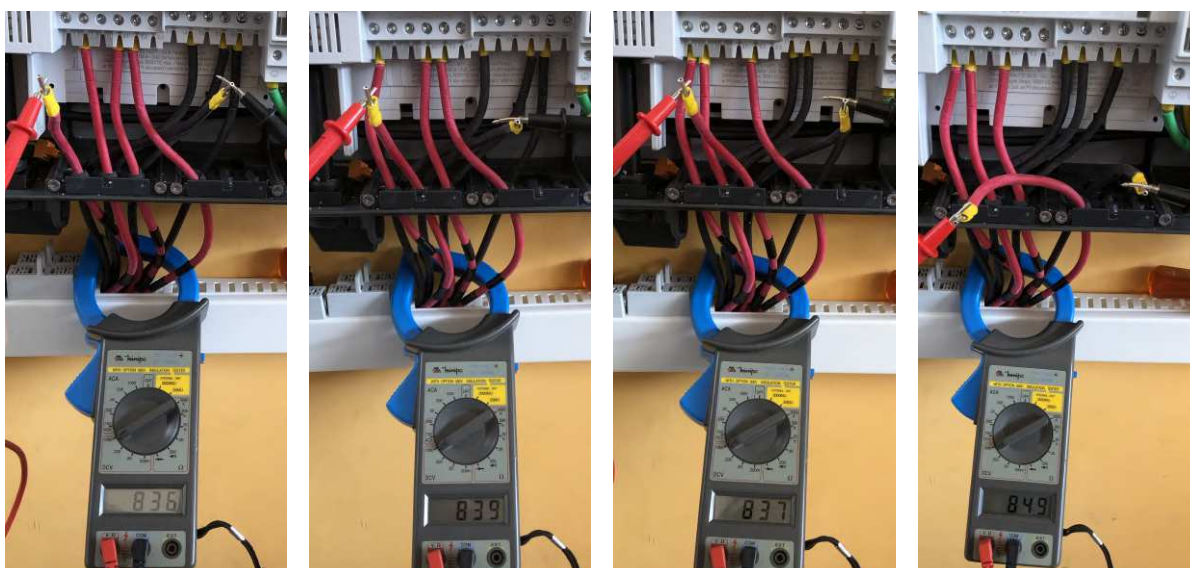
### 3.4.4 Comissionamento do Inversor

O comissionamento dos inversores instalados foi uma atividade que passou a ser responsabilidade do estagiário a partir da sua data de admissão. O comissionamento consiste na realização de testes iniciais que permitem verificar se todas as grandezas estão dentro dos valores esperados e dos limites especificados pelo fabricante do inversor, além de observar se os dispositivos do sistema estão instalados corretamente, de modo a permitir que o inversor possa ser energizado com segurança. O comissionamento também envolve a primeira energização do inversor, cujo comportamento é cuidadosamente analisado à procura de anomalias. Nessa etapa, também costuma-se configurar os parâmetros de proteção exigidos pela concessionária de energia.

Um dos primeiros testes realizados é o teste de tensão. Com o auxílio de um multímetro, mede-se a tensão gerada pelos conjuntos de módulos, o que permite verificar se eles estão corretamente conectados, além de mostrar se a polaridade e a magnitude da tensão estão corretas. Esse teste é muito importante, pois a conexão equivocada dos módulos ao inversor pode danificá-lo instantaneamente, causando um grande prejuízo. Na Figura 23 pode-se observar a medição da tensão gerada pelos quatro conjuntos do sistema instalado na residência no bairro do Jardim Paulistano. O teste também envolve a medição da tensão alternada proveniente da rede.

Figura 23 – Medição da tensão dos conjuntos de módulos.

- (a) Tensão do conjunto 1. (b) Tensão do conjunto 2. (c) Tensão do conjunto 3. (d) Tensão do conjunto 4.



Fonte: Autor.

Em seguida, verifica-se a correta instalação dos demais dispositivos do sistema, tais como: disjuntores, DPS's e fusíveis, além de eventuais particularidades do inversor utilizado,

como *jumpers* e chaves seletoras. Uma vez que todos os requisitos foram observados, o inversor pode ser energizado. Nesse momento, configura-se o aparelho de acordo com as características da rede elétrica, além de se parametrizar a proteção do equipamento de acordo com a concessionária de energia. Pelo disposto na NDU - 013 (ENERGISA, 2019a), a Energisa, concessionária local, exige os parâmetros indicados no Quadro 6.

Quadro 6 - Parâmetros de proteção exigidos pela Energisa.

Item	Condição	Ação	Tempo de Atuação
Tensão Mínima no Ponto de Conexão	$V < 0,8 \text{ pu}$	Desligar	$t \leq 0,2 \text{ s}$
Tensão Máxima no Ponto de Conexão	$V > 1,1 \text{ pu}$	Desligar	$t \leq 0,2 \text{ s}$
Subfrequência	$f < 57,5 \text{ Hz}$	Desligar	$t \leq 0,2 \text{ s}$
Sobrefrequência	$f > 62 \text{ Hz}$	Desligar	$t \leq 0,2 \text{ s}$
Teste de Ilhamento	Ilhamento	Desligar	$t \leq 2 \text{ s}$
Reconexão após Desligamento por Condição Anormal da Rede	$59,9 < f < 60,1 \text{ Hz}$ $0,8 < V < 1,1 \text{ pu}$	Ligar	$t > 180 \text{ s}$

Fonte: (ENERGISA, 2019a).

Na Figura 24 são apresentados os parâmetros configurados em um dos inversores instalados. Os limites referentes à tensão são exibidos na Figura 24a, ao passo que na Figura 24b observam-se os limites de frequência admitidos.

Figura 24 – Parâmetros configurados exibidos no *display* do inversor.

(a) Limites de tensão.



(b) Limites de frequência.



Fonte: Autor.

### 3.4.5 Acompanhamento da Vistoria e Troca do Medidor

No momento em que a concessionária de energia enviava equipes para vistoriar os projetos instalados, o estagiário se deslocava ao local para realizar o acompanhamento do

serviço e, eventualmente, resolver quaisquer problemas. Durante a vistoria, o funcionário da concessionária observa principalmente a conformidade da execução com o projeto, com as normas próprias da empresa e, no caso da Energisa, os parâmetros indicados no Quadro 6. Na Figura 25, pode-se observar a vistoria do sistema instalado no Araxá em andamento.

Figura 25 – Acompanhamento da vistoria de um sistema fotovoltaico.



Fonte: Autor.

### 3.4.6 Resumo

O Quadro 7 é um quadro resumo em que pode-se visualizar todos os projetos de geração fotovoltaica nos quais o estagiário participou, indicando em quais etapas exatamente houve a participação e se há alguma etapa ainda em execução ou dependendo da concessionária.

### 3.4.7 Monitoramento dos Sistemas Instalados

O monitoramento de todos os sistemas instalados foi mais uma atividade integralmente assumida pelo estagiário a partir da sua admissão. Ela consiste em observar os dados da geração disponíveis nas plataformas de monitoramento *online* e verificar se a quantidade de energia gerada está dentro do esperado ou se há algum problema com o sistema instalado, bem como manter o *software* dos dispositivos atualizado.

O monitoramento dos sistemas foi fonte de muito aprendizado, permitindo observar na prática a proximidade da quantidade de energia gerada em relação ao esperado pelos cálculos na etapa do projeto. Além disso, também foi possível observar o impacto dos fatores climáticos na geração. Dois gráficos da geração observada em dois dias diferentes

Quadro 7 - Participação do estagiário nos projetos de geração fotovoltaica.

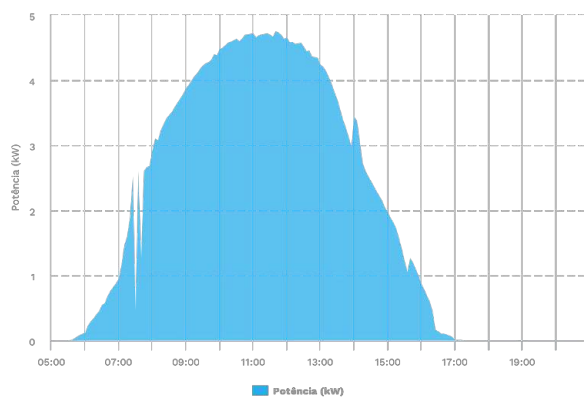
Sistema	Potência kWp	Levantam. de Campo	Projeto Elétrico	Acomp. da Obra	Comis. do Inversor	Acomp. da Vistoria e Troca do Medidor
Residência Alto Branco	7,26	Não	Não	Sim	Sim	Pendência da Energisa
Residência Bodocongó	17,01	Sim	Sim	Sim	Sim	Pendência da Energisa
Supermercado Areia	45,60	Não	Sim	Sim	Sim	Pendência da Energisa
Escritório Araxá	9,12	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Escritório Santa Luzia	152,76	Não	Sim	Em Andamento	-	-
Residência Jd. Paulistano	28,88	Sim	Sim	Sim	Sim	Pendência da Energisa
Mercado Jd. Paulistano	9,12	Sim	Sim	Sim	Sim	Pendência da Energisa
Posto Bodocongó	9,88	Sim	Sim	Sim	Sim	Pendência da Energisa
Posto Lagoa de Roça	27,36	Sim	Sim	Sim	Sim	Pendência da Energisa
Comércio Alto Branco	36,48	Sim	Sim	Em Andamento	-	-
Supermercado Cabedelo Centro	86,64	Sim	Em Andamento	-	-	-
Supermercado Cabedelo Camalaú	64,98	Sim	Em Andamento	-	-	-

Fonte: Autor.

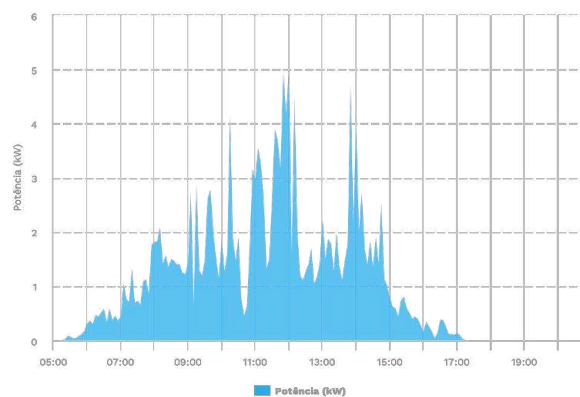
no sistema instalado no escritório da empresa são exibidos na Figura 26. Em um dia de céu limpo, indicado pela Figura 26a, o sistema gerou 32 kWh, enquanto que em um dia de chuva, indicado pela Figura 26b, a geração caiu para 16,8 kWh, quase a metade.

Figura 26 – Geração de energia elétrica em diferentes condições climáticas.

(a) Geração em dia limpo.



(b) Geração em dia chuvoso.



Fonte: Autor.

Dentro da atividade de monitoramento, também realizava-se o cadastro dos clientes nas plataformas *online*, fornecendo instruções de modo que eles pudessem acessar remotamente todas as informações pertinentes de seus sistemas.

## 4 Conclusão

A realização do estágio promoveu uma experiência de importância imensurável, possibilitando o contato direto com as atividades diárias de um engenheiro eletricista. Além disso, o extenso trabalho realizado na área da geração solar fotovoltaica proporcionou um aprendizado ímpar, que contribuiu bastante para a formação do aluno, uma vez que tal área não costuma ser frequentemente abordada, em nível técnico, na graduação.

O estágio possibilitou uma notável evolução nas habilidades do aluno, que tornou-se cada mais capaz e independente, de forma a conseguir entregar projetos com muito mais qualidade, detalhes e agilidade do que antes. Esse aperfeiçoamento é indispensável para tornar o profissional mais competitivo no mercado de trabalho.

Foi possível participar integralmente de 14 projetos, dos quais 11 estão inseridos na área de geração fotovoltaica. Desses 11 sistemas, 7 já estão entregues e funcionando ou apenas dependendo de processos burocráticos da concessionária de energia. Com a experiência adquirida, o estagiário teve a oportunidade de crescer no setor da empresa e tornar-se responsável por todos os projetos de geração fotovoltaica executados.

Apesar da deficiência no ensino relacionado a sistemas de geração solar fotovoltaica, destaca-se a importância dos conceitos aprendidos e colocados em prática quase que diariamente em disciplinas como Instalações Elétricas, Sistemas Elétricos e Proteção de Sistemas Elétricos. Nesse quesito, deve-se reconhecer a excelência dos profissionais constituintes do corpo docente da UFCG.

Por fim, expressa-se a gratidão à empresa MCS Projetos Elétricos e Engenharia e a toda sua equipe pela incrível experiência proporcionada durante o estágio, por todos os conhecimentos transmitidos, pela paciência, pelo companheirismo e pela oportunidade concedida de fazer parte da equipe.

# Referências

ABB SOLAR INVERTERS. *Product Manual TRIO-TM-50.0-400/TRIO-TM-60.0-480*. [S.l.], 2017. Citado na página 28.

ABNT. *Instalações Elétricas de Baixa Tensão*. Nbr 5410. [S.l.], 2004. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.

ABNT. *Iluminação Pública - Procedimento*. Nbr 5101. [S.l.], 2012. Citado na página 23.

ENERGISA. *Critérios para a Conexão em Baixa Tensão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição*. Norma de distribuição unificada - 013. [S.l.], 2019. Citado na página 42.

ENERGISA. *Fornecimento de Energia Elétrica a Edificações Individuais ou Agrupadas Até 3 Unidades Consumidoras*. Norma de distribuição unificada - 001. [S.l.], 2019. Citado 4 vezes nas páginas 15, 16, 17 e 20.

ENERGISA. *Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária e Secundária a Agrupamentos ou Edificação de Múltiplas Unidades Consumidoras Acima de 3 Unidades Consumidoras*. Norma de distribuição unificada - 003. [S.l.], 2019. Citado 4 vezes nas páginas 15, 17, 18 e 19.