



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

Júlia Maria Dantas de Andrade Barros

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
CONECTROM ENGENHARIA E TELECOMUNICAÇÕES

Campina Grande, Paraíba, Brasil

Fevereiro de 2022

Júlia Maria Dantas de Andrade Barros

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

CONECTROM ENGENHARIA E TELECOMUNICAÇÕES

Relatório de Estágio submetido à Coordenação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Professor Célio Anésio da Silva, D.Sc.

Orientador

Campina Grande, Paraíba, Brasil

Fevereiro de 2022

Júlia Maria Dantas de Andrade Barros

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
CONECTROM ENGENHARIA E /0TELECOMUNICAÇÕES

Relatório de Estágio submetido à Coordenação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Aprovado em:

Célio Anésio da Silva, D. Sc.
Orientador

Jalberth Fernandes de Araujo, D. Sc.
Examinador

Campina Grande, Paraíba, Brasil

Fevereiro de 2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, que sempre apoiam e me incentivam a conquistar tudo o que almejo, em especial ao meu irmão Enzo por ter tido paciência e ajudado nos dias difíceis, lembrando que eu sou mais forte do que penso e ao meu primo Vinícius, que desde sempre me incentivou a seguir essa carreira.

Aos meus amigos, especialmente Janyne que me acompanhou no início dessa trajetória e a Talita que esteve sempre disposta a ouvir quando eu me sentia perdida, sempre me incentivando.

Agradeço ao meu namorado Vicente, e seus pais por terem me dado suporte durante essa jornada.

Meus professores, que me forneceram bastante conhecimento durante a graduação, em especial ao professor Célio, que além de transmitir conhecimento orientou-me aos desafios profissionais.

A Conectrom por ter me acolhido, como uma família, em especial ao meu orientador profissional, Marcelo Abbott, que além de compartilhar experiência e conhecimento na área de Engenharia Elétrica, apresentou outras faces na execução da Engenharia.

RESUMO

Neste trabalho são descritas as atividades realizadas por Júlia Maria Dantas de Andrade Barros, graduanda em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande, durante o estágio na Conectrom Engenharia e Telecomunicações, no período de 21/07/2021 a 19/11/2021, totalizando 697 horas. O estágio foi realizado na cidade de Natal, RN, sob a orientação do professor Célio Anésio da Silva e supervisão do engenheiro Marcelo Abbott Galvão Serejo Gomes. As principais atividades realizadas pela aluna foi o levantamento de quantitativo de materiais para execução de obras de Parques eólicos e Usinas Fotovoltaicas, elaboração do projeto executivo de Usina Fotovoltaica, dimensionamento dos condutores de rede coletora de baixa e média tensão, gerenciamento de equipe de projeto e relacionamento com o cliente.

Palavras-chave: Engenharia Elétrica; Parques eólicos; Usinas Fotovoltaicas; Conectrom Engenharia e Telecomunicações.

ABSTRACT

This work describes the activities carried out by Júlia Maria Dantas de Andrade Barros, a graduate student in Electrical Engineering at the Federal University of Campina Grande, during her internship at Conectrom Engenharia e Telecomunicações, from 07/21/2021 to 11/19/2021, totaling 697 hours. The internship was carried out in the city of Natal, RN, under the guidance of professor Célio Anésio da Silva and supervision of engineer Marcelo Abbott Galvão Serejo Gomes. The main activities carried out by the student were the quantitative survey of materials for the execution of works of wind farms and Photovoltaic Plants, elaboration of the executive project of Photovoltaic Plant, dimensioning of the low and medium voltage collector network conductors, project team management and customer relationship.

Keywords: Electrical Engineering; Wind farms; Photovoltaic plants; Conectrom Engineering and Telecommunications.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Logo da Conectrom Engenharia e Telecomunicações.....	12
Figura 2: Fachada da Conectrom Engenharia e Telecomunicações.....	12
Figura 3: Ciclo do Processo de Oportunidade.	15
Figura 4: Planilha de Configuração do Empreendimento.....	17
Figura 5: Levantamento de cabos aéreos.	17
Figura 6: Levantamento de cabos subterrâneos.....	18
Figura 7: Itens dos cabos subterrâneos.	18
Figura 8: <i>Trackers</i> ou seguidores solares.....	19
Figura 9: <i>Datasheet</i> : Cabo Prysun Fotovoltaico.	22
Figura 10: Capacidades de condução de corrente, em amperes, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D.	23
Figura 11: Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados no mesmo plano, em camada única.....	24
Figura 12: Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados no mesmo plano, em camada única.....	24
Figura 13: Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C para linhas subterrâneas.	25
Figura 14: Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W.	26
Figura 15: Planilha de queda de tensão – módulos a <i>string box</i>	28
Figura 16: Planilha de queda de tensão – módulos a <i>string box</i>	29
Figura 17: Traçado Geral de Baixa Tensão para o Power Block 01.	29
Figura 18: Vala de Baixa Tensão para cabos diretamente enterrados.....	30
Figura 19: Conexão <i>leap frog</i> entre módulos da <i>string</i>	31
Figura 20: Detalhe de chegada dos cabos na <i>string box</i>	31
Figura 21: Detalhe de chegada dos circuitos no Eletrocentro.	31
Figura 22: Diagrama de Interligação de Fibra Ótica.....	33
Figura 23: Instalação dos <i>trackers</i>	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objetivo	10
1.2. Organização do trabalho	11
2. LOCAL DO ESTÁGIO	12
3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	14
3.1. Levantamento e conferência de quantitativo de materiais	14
3.2. Projeto de Usina Fotovoltaica	18
3.2.1. Critérios de dimensionamento de circuitos	20
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

O estágio curricular é imprescindível à formação profissional do aluno, pois através dele é possível aplicar na prática os conceitos aprendidos durante as disciplinas no ambiente acadêmico. Esse é componente obrigatório para a conclusão do curso de bacharel em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande, este estágio foi realizado na modalidade de Estágio Integrado de 660 horas, de acordo com o estabelecido na Lei de Estágio (11.788/2008).

Neste relatório será apresentado as experiências adquiridas durante o estágio da aluna Júlia Maria Dantas de Andrade Barros, estudante do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, na empresa Conectrom Engenharia e Telecomunicações, localizada na cidade de Natal, estado do Rio Grande do Norte, durante o período de 27/07/2021 à 19/11/2021, com uma carga horária de 40 horas por semana, totalizando 697 horas.

A Conectrom está no mercado a mais de 40 anos realizando serviços especializados de redes de telecomunicações, são serviços de fibra ótica, cabeamento estruturado e assistência técnica em equipamentos, mas há alguns anos a empresa passou a oferecer também serviços para auxiliar na construção de parques eólicos, e mais recentemente a construção de usinas fotovoltaicas.

Sabe-se que o investimento na área de energias renováveis tem apresentado um crescimento exponencial em todo o mundo, e estudos indicam que o Brasil lidera geração de energia limpa entre os países do BRICS [1]. Portanto, é uma área bastante promissora para a aluna desenvolver habilidades e inserir-se no mercado de trabalho.

Dessa forma, o estágio foi realizado no setor de Engenharia e Orçamentos da Conectrom Engenharia e Telecomunicações, e as atividades desenvolvidas descritas neste relatório.

1.1. Objetivo

O estágio tem como objetivo principal promover habilidades profissionais, tornando possível a prática dos conhecimentos adquiridos durante a execução curricular das disciplinas do curso de engenharia elétrica.

Os objetivos do estágio foram:

- Fazer o levantamento e conferência de quantitativo de materiais a serem utilizados em projetos de usinas eólicas e fotovoltaicas;

- Dimensionar redes de distribuição aéreas e subterrâneas de média tensão;
- Dimensionar instalações elétricas e baixa tensão;
- Elaborar desenhos técnicos;
- Fazer relacionamento com os clientes;
- Fazer o gerenciamento de projetos de engenharia;
- Fazer a cotação de preços de cabos de baixa e média tensão (isolados ou não), *stringboxes*, conectores e demais acessórios de redes coletoras de média tensão.

1.2. Organização do trabalho

O trabalho foi subdividido em 4 capítulos. Neste capítulo foi apresentado a informações gerais sobre o estágio e seus objetivos.

No capítulo 2 é feita uma apresentação da empresa concedente do estágio.

No capítulo 3 são descritas as principais atividades realizadas durante o estágio.

No capítulo 4 é apresentado as conclusões e considerações finais acerca do estágio.

2. LOCAL DO ESTÁGIO

A Conectrom LTDA foi fundada no dia 19 de novembro de 1979, na cidade de Natal/RN, localizada na Rua Jacaúna, 136, Lagoa Seca. A empresa possui credibilidade no mercado e dispõe dos mais avançados serviços iniciou sua trajetória na área de telecomunicações e no ano de 2009 começou a oferecer serviços na área de construção de Parques Eólicos sua logo atual é apresentada na Figura 1, e a fachada da empresa apresentada na Figura 2.

Figura 1: Logo da Conectrom Engenharia e Telecomunicações.



Fonte: Conectrom Engenharia e Telecomunicações, 2021.

Figura 2: Fachada da Conectrom Engenharia e Telecomunicações.



Fonte: Conectrom Engenharia e Telecomunicações, 2022.

Na área de telecomunicações são realizados serviços de fibra ótica, cabeamento estruturado, enlaces de rádios, assistência técnica em equipamentos, consultorias para a melhor utilização dos recursos de comunicação do cliente, além de equipamentos, aplicativos e acessórios [3]. Além disso, a empresa oferece uma gama completa de serviços para auxiliar na construção de Parques Eólicos, desde a instalação da malha de aterramento, à construção das linhas de transmissão de média tensão para interligar os aerogeradores às subestações dos parques, e recentemente iniciou sua trajetória na construção de usinas fotovoltaicas.

A empresa possui a missão de promover desenvolvimento sustentável, e a visão de ser a melhor provedora em infraestrutura nos segmentos de energias renováveis e telecomunicações, contando com o esforço e comprometimento total dos colaboradores. Os princípios da Conectrom são:

- Aperfeiçoamento contínuo dos colaboradores;
- Aprimoramento constante da estrutura operacional;
- Incorporação progressiva de novas tecnologias;
- Manutenção e aperfeiçoamento do Sistema da Qualidade.

3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Foram realizadas diversas atividades durante o período de estágio curricular, focadas principalmente no desenvolvimento e orçamento de projetos elétricos. Ao iniciar o estágio a primeira semana foi essencial para entender o fluxo de atividades no setor de engenharia foram relembrados conceitos básicos vistos durante a universidade e o modo como eram aplicados na prática, por exemplo, conceitos vistos na NBR 5410:2004 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Além disso, também pude estudar outras normas aplicadas aos projetos, como:

- IEC 60502-2:2014 - Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1kV ($U_m = 1,2kV$) up to 30kV ($U_m = 36kV$) – Part 2: Cables for rated voltages from 6kV ($U_m = 7,2kV$) up to 30 kV ($U_m = 36kV$);
- IEC 60364-7-712: Requirements for special installations or locations - Solar photovoltaic (PV) power supply systems;
- NBR-7286 - Cabos de potência com isolação extrudada de borracha etilenopropileno (EPR, HEPR ou EPR 105) para tensões de 1 kV a 35 kV — Requisitos de desempenho, ABNT 2015;
- NBR 14039:2003 - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV;
- NBR 16612:2017 – Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de 1,8 kV C.C. entre condutores – Requisitos de desempenho.
- NBR 16690:2019 – Instalações Elétricas – Requisitos de Projetos.

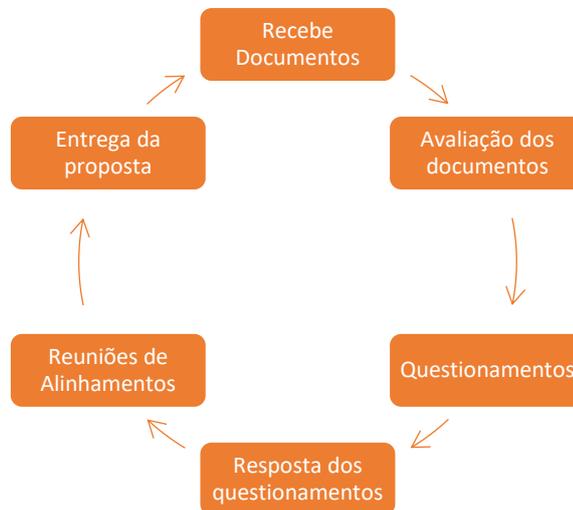
A seguir serão apresentadas as atividades com maiores detalhes.

3.1. Levantamento e conferência de quantitativo de materiais

A primeira atividade realizada foi o levantamento de quantitativos de material para um parque eólico, onde é possível entender como funcionam as divisões de atividades para projetos de grande porte. A Conectrom é contratada por outras empresas, usualmente uma empreiteira civil, para realizar o escopo da rede de média tensão em parques eólicos estes serviços normalmente são do tipo *Engeneering, Procurement and Construct* (EPC) que engloba o projeto, suprimentos e construção do empreendimento dessa forma, o contratado torna-se responsável por definir o cronograma, realizar as atividades relacionadas ao processo de compras e executar o planejamento do empreendimento, mas os serviços prestados podem ser também do tipo *Procurement – Construct* (PC), apenas combinação desses itens [4].

O levantamento de quantitativos é feito quando surge uma oportunidade esse processo funciona de forma que oportunidade chega com todos os documentos descritivos, identificando nome, localização, premissas, datas de operação, marcos contratuais, entre outras características, de forma a seguir um cronograma. Esse processo funciona de forma cíclica, como apresentada na Figura 3, até chegar no que é denominado de *Best and Final Offer* (BAFO). É importante ressaltar que, como as empresas que atuam nesse mercado são empresas estrangeiras (italianas, inglesas, espanholas, portuguesas) siglas em inglês são bastante presentes.

Figura 3: Ciclo do Processo de Oportunidade.



Fonte: Autoria própria.

Então, ao receber o cronograma do empreendimento trabalhamos a engenharia para atender de forma paulatina, nas primeiras rodadas é feita uma engenharia simples e à medida que avança as rodadas são realizadas otimizações. Recebemos os documentos emitidos pelo cliente final, avaliamos os documentos, realizamos questionamentos onde encontramos divergências, ou oportunidade de otimização no projeto, recebemos as respostas aos questionamentos, são feitas reuniões para alinhamentos, e em seguida entregamos a proposta.

Considerando uma proposta do tipo EPC, onde o cliente fornece um projeto básico, a liberdade para alterações torna-se maior, mesmo com algumas premissas definidas nas especificações técnicas, como: estruturas devem ter no máximo dois circuitos, a rede coletora deve ser do tipo subterrânea ou toda aérea, propomos melhorias, como aumentar o número de circuitos na estrutura, utilizar um número menor de muflas, entre outras. Ou seja, será nesse

trabalho de engenharia em cima do orçamento do projeto básico, que podemos fornecer opções para o cliente, receber o *feedback* e aprovação para seguir com novas premissas.

Portanto, é muito importante que na elaboração da proposta técnico comercial, fruto deste trabalho, seja garantido que o cliente está de acordo com as melhorias. Quanto mais detalhada e definida a proposta o contrato torna-se mais fluido e tranquilo, com muito menos intempéries ao longo do processo.

Na última rodada é definida uma pequena lista (*short list*), que compõe as empresas que irão para a final, de três a quatro empresas. São desqualificadas propostas de empresas que estão fora do mercado, ofertas muito caras, ou ofertas muito baratas, seguindo parâmetros que mantenham o empreendimento dentro do orçamento definido anteriormente.

Antes da oportunidade surgir o projeto passou por um processo de licenciamento, aprovação e leilão, dessa forma, o cliente procura uma empresa em uma fase bem anterior (de 2 a 3 anos antes), para realizar um orçamento prévio (CAPEX), que será o valor alocado para o projeto. No momento atual de pandemia, por exemplo, é um grande desafio para o cliente manter o CAPEX, pois altera consideravelmente o valor de retorno (RO ou *Return On Investment*), conseqüentemente se faz necessário tornar o projeto mais “precário”, diminuindo o escopo ou talvez não utilizar a melhor tecnologia, pois em orçamento e construção o propósito é realizar a construção no custo previsto.

Para os projetos do tipo PC, o cliente define a engenharia ou possui uma empresa responsável, o que acarreta em um nivelamento, pois todas as empresas possuem a mesma oportunidade. Ou seja, qualquer coisa que fugir das premissas definidas será possível de aditivo na obra para o cliente.

Então, no setor de Engenharia da empresa o primeiro passo para realizar o levantamento é estudar as Especificações Técnicas fornecidas pelo cliente final, indicando as características do empreendimento. Em seguida preenchamos uma planilha com as características principais, como:

- Os trechos entre os aerogeradores e a rede aérea de média tensão será realizada por instalações subterrâneas;
- Próximo a saída de cada aerogerador será instalado um poste onde será realizada a transição entre a rede subterrânea e aérea.;
- Todos os cabos, conexões e muflas deverão ser preferencialmente da mesma marca;

- Tipos de cabos para trechos subterrâneos ou aéreos;
- Os trechos aéreos poderão ser em circuito triplo em sua máxima configuração, entre outras.

Após definir as premissas indicadas pelo cliente, no documento de especificações técnicas, iniciamos a etapa de levantamento de quantitativos.

Na Figura 4, a configuração do empreendimento é preenchida, definindo a quantidade de circuitos, quantos aerogeradores ou eletrocentros (sala elétrica construída com estruturas metálicas, projetada e montada com centros de distribuição de carga, utilizadas em usinas fotovoltaicas) por circuito, para obter a potência dos circuitos. Onde é indicado a Potência de cada gerador, quantidade de circuitos, quantidade de aerogerador por circuito, assim como a subestação na qual chegará cada circuito.

Figura 4: Planilha de Configuração do Empreendimento.

CONFIGURAÇÃO DO EMPREENDIMENTO											Número de CKTS	30	Cenário do Plano Altimétrico	4	Tipo de Entrada na SE	SUBTERRÂNEA
PARQUE	CIRCUITO	AEG-1	AEG-2	AEG-3	AEG-4	AEG-5	AEG-6	AEG-7	TOTAL AEG's	POTÊNCIA (MW)	SE COLETORA					
SDG 1	C01.1	WTG GAM1-05	WTG GAM1-06						2	12,4	SE SDG					
SDG 1	C01.2	WTG GAM1-03	WTG GAM1-04						2	12,4	SE SDG					
SDG 1	C01.3	WTG GAM1-01	WTG GAM1-02						2	12,4	SE SDG					
SDG 2	C02.1	WTG GAM2-06	WTG GAM2-07						2	12,4	SE SDG					
SDG 2	C02.2	WTG GAM2-04	WTG GAM2-05						2	12,4	SE SDG					
SDG 2	C02.3	WTG GAM2-01	WTG GAM2-02	WTG GAM2-03					3	18,6	SE SDG					
SDG 3	C03.1	WTG GAM3-05							1	6,2	SE SDG					
SDG 3	C03.2	WTG GAM3-03	WTG GAM3-04						2	12,4	SE SDG					

Fonte: Conectrom, 2021.

Na Figura 5 é apresentado o levantamento de cabos aéreos, avaliando trecho a trecho do traçado repassado pelo cliente, existe a possibilidade de que o traçado não exista e seja feito por nós, assim como a escolha do tipo de cabo, quando não há especificações do cabo a ser utilizado existem premissas como de queda de tensão máxima. Além disso, é identificado a potência para cada trecho, e carregamento do cabo de acordo com o qual foi selecionado.

Figura 5: Levantamento de cabos aéreos.

CONFIGURAÇÃO DO EMPREENDIMENTO											Potência AEG (MW)	6,2	Fator de Potência	0,9
SEQ.	CIRCUITO	DE	COMPRIMENTO (m)	PARA	FAMÍLIA DO CABO	CABO	CONDUTORES POR FASE	QTD AEG's	POTÊNCIA (MW)	CARREGAMENTO	CORRENTE NOMINAL (A)	AMPACIDADE CABO (A)	CABOS-TRECHO (m)	
1	C01.1	WTG GAM1-06	287	WTG GAM1-05	CAA	LINNET 336	1	1	6,20	19%	115,28	594	861	
2	C01.1	WTG GAM1-05	8673	SE SDG	CAA	DRAKE 795	1	2	12,40	23%	230,57	1018	26019	
3	C01.2	WTG GAM1-04	340	WTG GAM1-03	CAA	LINNET 336	1	1	6,20	19%	115,28	594	1020	
4	C01.2	WTG GAM1-03	7855	SE SDG	CAA	DRAKE 795	1	2	12,40	23%	230,57	1018	23565	
5	C01.3	WTG GAM1-02	464	POSTE TR - 01	CAA	LINNET 336	1	1	6,20	19%	115,28	594	1392	
6	C01.3	WTG GAM1-01	532	POSTE TR - 01	CAA	LINNET 336	1	1	6,20	19%	115,28	594	1596	
7	C01.3	POSTE TR - 01	7055	SE SDG	CAA	DRAKE 795	1	2	12,40	23%	230,57	1018	21165	

Fonte: Conectrom, 2021.

Na Figura 6 são apresentados os trechos subterrâneos, além das transições de aéreo para subterrâneo e vice versa, identificando a seção do cabo isolado, e corrente elétrica na qual o

cabo está sujeito, para em seguida obter os quantitativos dos itens apresentados na Figura 7, como carregamento do cabo, quantidade de terminais desconectáveis, muflas e quantidade de curvas que serão realizadas.

Figura 6: Levantamento de cabos subterrâneos.

LEVANTAMENTO QUANTITATIVO CABOS POTÊNCIA E FO - RMT - SUBTERRÂNEA										Comprimento Médio cabo AEG->Poste TR	Potência AEG (MW)	Fator de Potência			
										0	6,2	0,9			
										Distância Média Travessias (cabos com escoltas)	Distância média (Poste Encabeçamento->Cubículo SE)	Trechos entre AEGs diretamente			
										40	0	NÃO			
SEQ.	TRAVESSIA	CIRCUITOS	Nº CIRCUITOS	DE (DESCRIÇÃO)	DE	COMPRIMENTO (m)	PARA (DESCRIÇÃO)	PARA (DESCRIÇÃO)	QTD AEG's	QTS AEG's CKT + CARREGADO	TIPO DO CABO	CONDUTORES POR FASE	CORRENTE NOMINAL CKT MAIS CARREGADO (A)	AMPACIDADE CABO (A)	POTÊNCIA (MW)
1	VÁRIOS		66	TODOS AEGs	AEG	85	POSTE TRANSIÇÃO	POSTE TR	66	1	150 mm2	1	115,28	201	6,20
2	CO1.1	1	1	POSTE SE	POSTE ENCABEÇAMENTO	169	CUBÍCULO SE	SE SDG	2	2	240 mm2	1	230,57	262	12,40
3	CO1.2	1	1	POSTE SE	POSTE ENCABEÇAMENTO	168	CUBÍCULO SE	SE SDG	2	2	240 mm2	1	230,57	262	12,40
4	CO1.3	1	1	POSTE SE	POSTE ENCABEÇAMENTO	174	CUBÍCULO SE	SE SDG	2	2	240 mm2	1	230,57	262	12,40
5	CO2.1	1	1	POSTE SE	POSTE ENCABEÇAMENTO	170	CUBÍCULO SE	SE SDG	2	2	240 mm2	1	230,57	262	12,40
6	CO2.2	1	1	POSTE SE	POSTE ENCABEÇAMENTO	170	CUBÍCULO SE	SE SDG	2	2	240 mm2	1	230,57	262	12,40
7	CO2.3	1	1	POSTE SE	POSTE ENCABEÇAMENTO	170	CUBÍCULO SE	SE SDG	3	3	500 mm2	1	345,85	383	18,60
8	CO3.1	1	1	POSTE SE	POSTE ENCABEÇAMENTO	174	CUBÍCULO SE	SE SDG	1	1	240 mm2	1	115,28	262	6,20
9	CO3.2	1	1	POSTE SE	POSTE ENCABEÇAMENTO	172	CUBÍCULO SE	SE SDG	2	2	240 mm2	1	230,57	262	12,40
10	CO3.3	1	1	POSTE SE	POSTE ENCABEÇAMENTO	172	CUBÍCULO SE	SE SDG	2	2	240 mm2	1	230,57	262	12,40

Fonte: Conectrom, 2021.

Figura 7: Itens dos cabos subterrâneos.

CARREGAMENTO	CABOS-TRECHO (m)	TERMINAIS DESCONECTÁVEIS	MUFLAS	COMISSONAMENTO	EMENDAS	ELET. AÇO GALVANIZADO Ø2" F.O (m)	ELET. AÇO GALVANIZADO DO Ø6" CABOS MT (m)	CURVAS (UND)	LUVAS (UND)
57%	16875	198	198	198	0	396	396	66	132
88%	507	3	3	3	0	6	6	1	2
88%	504	3	3	3	0	6	6	1	2
88%	522	3	3	3	0	6	6	1	2
88%	510	3	3	3	0	6	6	1	2
88%	510	3	3	3	0	6	6	1	2
90%	510	3	3	3	0	6	6	1	2
44%	522	3	3	3	0	6	6	1	2
88%	516	3	3	3	0	6	6	1	2
88%	516	3	3	3	0	6	6	1	2
90%	834	3	3	3	0	6	6	1	2
90%	825	3	3	3	0	6	6	1	2

Fonte: Conectrom, 2021.

Além disso, também é realizado o levantamento dos cabos que irão para as torres meteorológicas, o levantamento dos circuitos considerando o tipo da linha, se é simples, tripla, dupla ou quadrupla. Dessa forma, obtemos o quantitativo de estruturas de rede aérea (N1, N2, N3, N4 ou N5), cruzetas, isoladores, para raios, cabo guarda, chaves isoladoras, entre outros.

Após realizar o levantamento de quantitativos é feito o orçamento, levando em consideração todos os fatores econômicos, como impostos e a época em que será iniciada a construção.

3.2. Projeto de Usina Fotovoltaica

Esta atividade foi a mais desafiadora de todas, pois a empresa está responsável por todo o projeto elétrico da usina fotovoltaica, estamos na fase de projeto executivo. A princípio, os estudos deste projeto iniciaram no escopo de baixa tensão, realizando o traçado das conexões das caixas de junção, denominada de *string box*, a função deste equipamento é conectar em paralelo os subarranjos (conjunto de módulos em série, denominada de *string*), de forma que será

possível aumentar a tensão para seguir ao inversor, além de proteger a parte CC (corrente contínua) da usina [5].

A Usina Fotovoltaica é um empreendimento de geração de energia elétrica a partir da luz solar, propriedade da empresa Neoenergia, a ser instalado no município de Santa Luzia, no estado da Paraíba. Composta por 18 (dezoito) centrais geradoras de energia, denominada de eletrocentro ou *Power Block*. A Usina terá capacidade de geração nominal de $117,864 \text{ MVA}_{AC}$, através de 228.096 módulos fotovoltaicos, sendo 22.176 com potência de 660 Wp, 136.226 com potência de 655 Wp e 69.696 com potência de 650 Wp.

Os módulos formarão strings, compostas por 33 módulos conectados em série, para em seguida serem interligados em paralelo em uma caixa de junção, comportando 12 strings. Além disso, os módulos serão instalados em um *Tracker* ou seguidor, dispositivo capaz de alterar a posição (ou angulação) ao longo do dia. São utilizados *trackers* (seguidores solares), fabricados pela STI Norland, apresentados na Figura 8, que além de servirem como suporte para as placas fotovoltaicas sua principal função é corrigir a angulação dos painéis durante o dia para que se obtenha a maior produção de energia. [6]

Figura 8: Trackers ou seguidores solares.



Fonte: STI Norland, 2021.

De acordo com a potência os módulos operam em uma faixa de tensão que varia de 37,9 V a 38,3 V, por conseguinte a string box possui uma faixa de tensão variando entre 1250,7 V e 1263,9 V. Em um eletrocentro existirão quatro inversores, com potência de 1.637 kVA_{AC} cada, sendo conectadas 8 string boxes ao inversor, totalizando 32 string boxes por eletrocentro.

A conexão entre os módulos será feita através de cabos fornecidos pelo fabricante, Canadian Solar. Os cabos que conectam as strings a string box serão de cobre, tipo solar, com temperatura ambiente de até 90°C, agrupados em até três bifólios expostos ao ar livre ou enterrado em dutos. Os cabos do trecho que conecta a string box ao inversor serão de alumínio, isolamento XLPE capa PE ST7, agrupados em até quatro bifólios diretamente enterrado ou no interior de dutos.

Após finalizar o traçado realizamos um estudo de queda de tensão, onde aconteceram várias reuniões com o cliente e a empresa responsável por avaliar o projeto.

Uma das premissas do cliente foi a máxima queda de tensão em 1,5%, para baixa tensão. Visando a economia para conexões dos módulos fotovoltaicos (subarranjos) a caixa de junção, que conecta as *strings* em paralelo formando um arranjo, foi realizado o estudo com cabos solares de #6 mm² e #10 mm², juntamente com a escolha dos cabos que conectam a *string box* ao inversor.

O estudo foi focado na disposição dos cabos, pois são 8 bifólios por inversor, e devido aos fatores de temperatura, resistividade térmica, agrupamento e espaço teríamos que encontrar a melhor solução para atender aos requisitos das normas e do cliente.

3.2.1. Critérios de dimensionamento de circuitos

Os cabos da rede de baixa tensão na Usina Fotovoltaica Luzia foram dimensionados levando em consideração os seguintes critérios:

- Capacidade de condução e corrente do condutor;
- Curto Circuito;
- Queda de tensão;
- Perdas elétricas.

Capacidade de Condução de Corrente

Cálculo da corrente nominal para o trecho entre módulos e string box (string) [9][10]:

$$I_s = \frac{P_s}{V_s} \times tol$$

Onde:

- I_S – Corrente nominal da string (A);
- P_S – Potência da string (W);
- V_S – Tensão da string (V);
- tol – Aumento da potência em função da bifacialidade.

Cálculo da corrente nominal para o trecho da string box ao inversor [9][10]:

$$I_{SB} = \frac{P_{SB}}{V_{SB}} = \frac{n \times P_S}{V_S} \times tol$$

Onde:

- I_{SB} – Corrente nominal da string box (A);
- P_{SB} – Potência da string box (W);
- V_{SB} – Tensão da string box (V);
- n – Número de strings por string box (12).

Após calculada a corrente nominal do circuito deve-se obter o valor da capacidade nominal de condução de corrente dos cabos a serem utilizadas. Para a string o dado foi adquirido no datasheet dos cabos, conforme indicado a seguir na Figura 9.

Figura 9: Datasheet: Cabo Prysun Fotovoltaico.

Prysun™ Fotovoltaico

Dados Elétricos

Seção nominal	Resistência elétrica CC máxima do condutor a 20°C	Queda de tensão em CC na temperatura máxima de operação de 120°C	Capacidade de condução de corrente (A)			
			(1)	(2)	(3)	(4)
mm ²	Ω/km	V/A.km	(1)	(2)	(3)	(4)
1,5	13,7	38,17	22	20	26	22
2,5	8,21	22,87	29	26	35	29
4	5,09	14,18	39	35	46	37
6	3,39	9,445	49	44	58	46
10	1,95	5,433	68	61	80	64
16	1,24	3,455	89	79	106	83
25	0,795	2,215	117	104	139	107
35	0,565	1,574	145	128	172	133
50	0,393	1,095	181	159	215	163
70	0,277	0,772	224	196	267	-
95	0,21	0,585	267	233	319	-
120	0,164	0,457	311	271	373	-
150	0,132	0,368	355	308	426	-
185	0,108	0,301	402	347	483	-
240	0,082	0,228	477	411	575	-
300	0,065	0,182	548	471	662	-
400	0,050	0,138	652	558	790	-

- [1] Dois cabos instalados ao ar livre, expostos ao sol, na horizontal e encostados um no outro, temperatura ambiente de 60°C e temperatura no condutor de 120°C, por um período máximo de 20.000 horas.
- [2] Dois cabos instalados ao ar livre, expostos ao sol, na horizontal e encostados um no outro, temperatura ambiente de 40°C e temperatura no condutor de 90°C.
- [3] Dois cabos instalados ao ar livre, expostos ao sol, na horizontal e encostados um no outro, temperatura ambiente de 20°C e temperatura no condutor de 90°C.
- [4] Dois cabos instalados em eletroduto não metálico embutido na parede, temperatura ambiente de 30°C e temperatura no condutor de 90°C.

Fonte: Prysmian, 2022.

Para o trecho da string box ao inversor o dado foi adquirido da tabela 37 da NBR 5410/2004, conforme a Figura 10:

Figura 10: Capacidades de condução de corrente, em amperes, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D.

Condutores: cobre e alumínio
 Isolação: EPR ou XLPE
 Temperatura no condutor: 90°C
 Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Alumínio												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1 000	812	712	739	648	1061	955	870	780	1108	950	706	598

Fonte: Tabela 37 da NBR 5410/2004.

Após a seleção do cabo e determinado a capacidade de condução de corrente deve-se multiplicar este valor pelos fatores de agrupamento, temperatura do solo e resistividade térmica do solo.

Fator de Correção de Agrupamento

Para o trecho entre módulos e string box deve-se utilizar o valor de fator de correção de agrupamento para instalação em feixe ao ar livre ou sobre superfície e/ou conduto fechado, obtido na tabela 42 da NBR 5410/2004, conforme Figura 11.

Figura 11: Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados no mesmo plano, em camada única.

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A e F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fonte: Tabela 42 da NBR 5410/2004.

Já para o trecho entre string box e inversor, o valor de fator de correção de agrupamento para instalação de condutores com distanciamento de 0,25 m entre os circuitos, indicado na tabela 44 da NBR 5410/2004, conforme Figura 12.

Figura 12: Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados no mesmo plano, em camada única.

Número de circuitos	Distâncias entre cabos ¹⁾ (a)				
	Nula	Um diâmetro de cabo	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

Fonte: Tabela 44 da NBR 5410/2004.

Os valores para fatores de correção de temperatura são obtidos na tabela 40 da NBR 5410/2004, como apresentado na Figura 13.

Figura 13: Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C para linhas subterrâneas.

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	–	0,65
70	–	0,58
75	–	0,50
80	–	0,41
Do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

Fonte: Tabela 40 da NBR 5410/2004.

Para o trecho entre os módulos e string box existem duas situações, onde para os cabos ao ar livre deve-se utilizar o fator de correção para temperatura de 70 °C, e para os cabos em eletroduto enterrado o valor do fator de correção para temperatura de 40 °C. Assim, para o trecho entre string box e inversor, deve-se utilizar o fator de correção para temperatura de 40 °C.

Os valores para fatores de correção de resistividade térmica do solo são obtidos na tabela 41 da NBR 5410/2004, conforme a Figura 14.

Figura 14: Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W.

Resistividade térmica K.m/W	1	1,5	2	3
Fator de correção	1,18	1,1	1,05	0,96

Fonte: Tabela 41 da NBR 5410/2004.

Para este projeto foi adotado a resistividade de 1,0 K.m/W, sendo utilizado o fator de correção de 1,18, dessa forma é necessário que o *backfill* garanta esta resistividade.

Proteção contra sobrecorrente

Para proteção das strings a capacidade de condução de corrente do cabo (I_z) deve ser maior ou igual a corrente máxima de curto-circuito da string ($I_{SC MAX}$) [9][10]:

$$I_{SC MAX} \leq I_z$$

A corrente máxima de curto-circuito da string é calculada por:

$$I_{SC MAX} = F_C \times I_{SC}$$

Em que F_C é calculado por:

$$F_C = \frac{SI}{1000} \times (1 + AL \times FB)$$

Onde:

SI – Irradiância (W/m^2);

AL – Albedo;

FB – Fator de bifacialidade.

Dessa forma, para o trecho da string box ao inversor, em uma string box com n strings em paralelo, a corrente máxima de curto circuito é $I_{SC MAX} \times n$. Assim, deve atender a condição [9]:

$$I_{SC MAX} \times n \leq I_z$$

Cada série fotovoltaica deve estar protegida por um dispositivo de proteção contra sobrecorrente, cuja corrente nominal do dispositivo I_n atenda simultaneamente as duas condições a seguir [9]:

$$1,5 \times I_{SC\ MOD} < I_n < 2,4 \times I_{SC\ MOD}$$

$$I_n \leq I_{MOD\ MÁX\ OCPR}$$

Onde:

$I_{SC\ MOD}$ – Corrente de curto-circuito dos módulos (A);

$I_{MOD\ MÁX\ OCPR}$ – Valor máximo de proteção contra sobrecorrente do módulo fotovoltaico determinado pela IEC 61730-2 [13].

Cálculo da queda de tensão

A queda de tensão para Corrente Contínua é dada por [7]:

$$\Delta V = 2 \times I \times R \times L$$

Onde:

ΔV – Queda de tensão (V);

I – Corrente nominal do circuito (A);

L – Comprimento do circuito (m);

R – Resistência do cabo (Ω/m).

A resistência dos cabos pode ser calculada a partir de:

$$R = \frac{\rho}{A} [1 + \alpha_0 \times (\theta - \theta_0)]$$

Onde:

ρ – Resistividade do material ($\Omega \cdot \text{mm}^2/m$);

A – Seção do cabo (mm^2);

α_0 – Coeficiente de variação da resistência em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}^{-1}$);

θ – Temperatura do condutor (°C);

θ_0 – Temperatura inicial, nesse caso para resistividade (°C);

Cálculo da Perda de Potência por efeito Joule

A perda de potência ocasionada por efeito Joule em um condutor é calculada utilizando a expressão [7]:

$$P = \Delta V \times I$$

Onde:

P – Potência dissipada no condutor (W);

ΔV – Queda de tensão (V);

I – Corrente nominal do circuito (A).

Na Figura 15 podemos identificar o modelo da planilha utilizada para o estudo de queda de tensão dos subarranjos, que interliga os módulos a *string box*.

Figura 15: Planilha de queda de tensão – módulos a *string box*.

Nº	Início	Final	P (W)	V (V)	Distância (m)	Corrente (A)	Corrente de Curto Corrigida 1,2 ^{1sc} (A)	Condutividade (S/m)	Seção (mm ²) ¹	Corrente máxima Condutor (A)	Agrupamento		Temperatura		Resistividade do solo		Corrente Condutor Corrigida I _z (A)	Condutor suporta 1,2 ^{1sc} <I _z	ΔV		ΔP		ΔV total (%)
											Nº circ.	Fator	(°C)	Fator	(Km/W)	Fator			(V)	(%)	(W)	(%)	
1	FINAL DA STRING 1	FINAL DA STRING 2	26136	1263,9	94,76	20,88	23,09	47,85	10	80	1	1	70	0,58	2,50	1	46,40	SIM	3,41	0,27	70,57	0,27	0,270
	FINAL DA STRING 2	PILAR	26136	1263,9	62,70	20,88	23,09	47,51	10	80	2	0,8	70	0,58	2,50	1	37,12	SIM	3,36	0,27	69,53	0,27	0,536
	PILAR	SB	26136	1263,9	47,38	20,88	23,09	53,23	10	64	3	0,7	30	1	2,50	1	44,80	SIM	1,53	0,12	31,72	0,12	0,657
2	FINAL DA STRING 2	PILAR	26136	1263,9	62,70	20,88	23,09	47,51	10	80	2	0,8	70	0,58	2,50	1	37,12	SIM	3,36	0,27	69,53	0,27	0,266
	PILAR	SB	26136	1263,9	47,38	20,88	23,09	53,23	10	64	3	0,7	30	1	2,50	1	44,80	SIM	1,53	0,12	31,72	0,12	0,387
3	FINAL DA STRING 3	PILAR	26136	1263,9	4,12	20,88	23,09	47,85	10	80	1	1	70	0,58	2,50	1	46,40	SIM	0,15	0,01	3,07	0,01	0,012
	PILAR	SB	26136	1263,9	47,38	20,88	23,09	47,81	10	64	3	0,7	30	1	2,50	1	44,80	SIM	1,71	0,14	35,32	0,14	0,147
4	FINAL DA STRING 4	FINAL DA STRING 5	26136	1263,9	94,76	20,88	23,09	47,85	10	80	1	1	70	0,58	2,50	1	46,40	SIM	3,41	0,27	70,57	0,27	0,270
	FINAL DA STRING 5	PILAR	26136	1263,9	62,70	20,88	23,09	47,51	10	80	2	0,8	70	0,58	2,50	1	37,12	SIM	3,36	0,27	69,53	0,27	0,536
	PILAR	SB	26136	1263,9	33,99	20,88	23,09	53,23	10	64	3	0,7	30	1	2,50	1	44,80	SIM	1,10	0,09	22,75	0,09	0,623

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, na Figura 16, podemos observar um trecho da planilha de queda de tensão dos arranjos, trecho da *string box* ao inversor, onde identificamos a potência do módulo que constrói o arranjo, o número de *strings* que compõe a *string box*, para obter tensão, potência total da *string box*, corrente nominal do trecho, a capacidade de sobrecorrente, entre outros fatores.

Figura 16: Planilha de queda de tensão – módulos a *string box*.

String Box	Início	Final	P (W)	V (V)	Distância (m)	Corrente (A)	ISC MAX (A)	Seção (mm ²) ¹	Corrente máxima Condutor (A)	Agrupamento		Temperatura		Resistividade do solo		Iz (A)	ΔV		ΔP		ΔV total (%)
										Nº circ.	Fator	(°C)	Fator	(Km/W)	Fator		(V)	(%)	(W)	(%)	
L2-SB-1.1-01	L2-SB-1.1-01	L2-SB-1.1-02	311256	1257,3	31,84	247,56	276,45	400,00	426	1	1,00	30	0,93	2,50	1	396,18	0,52	0,04	129,31	0,04	0,28
	L2-SB-1.1-02	L2-SB-1.1-03	311256	1257,3	26,78	247,56	276,45	400,00	426	2	0,90	30	0,93	2,50	1	356,56	0,45	0,04	110,90	0,04	
	L2-SB-1.1-03	L2-SB-1.1-04	311256	1257,3	26,78	247,56	276,45	400,00	426	3	0,80	30	0,93	2,50	1	316,94	0,46	0,04	113,90	0,04	
	L2-SB-1.1-04	INVERSOR 1	311256	1257,3	119,48	247,56	276,45	400,00	426	4	0,75	30	0,93	2,50	1	297,14	2,09	0,17	516,93	0,17	
																Seção do cabo solar		Queda de tensão total (%)			
																6 mm ²		1,400			

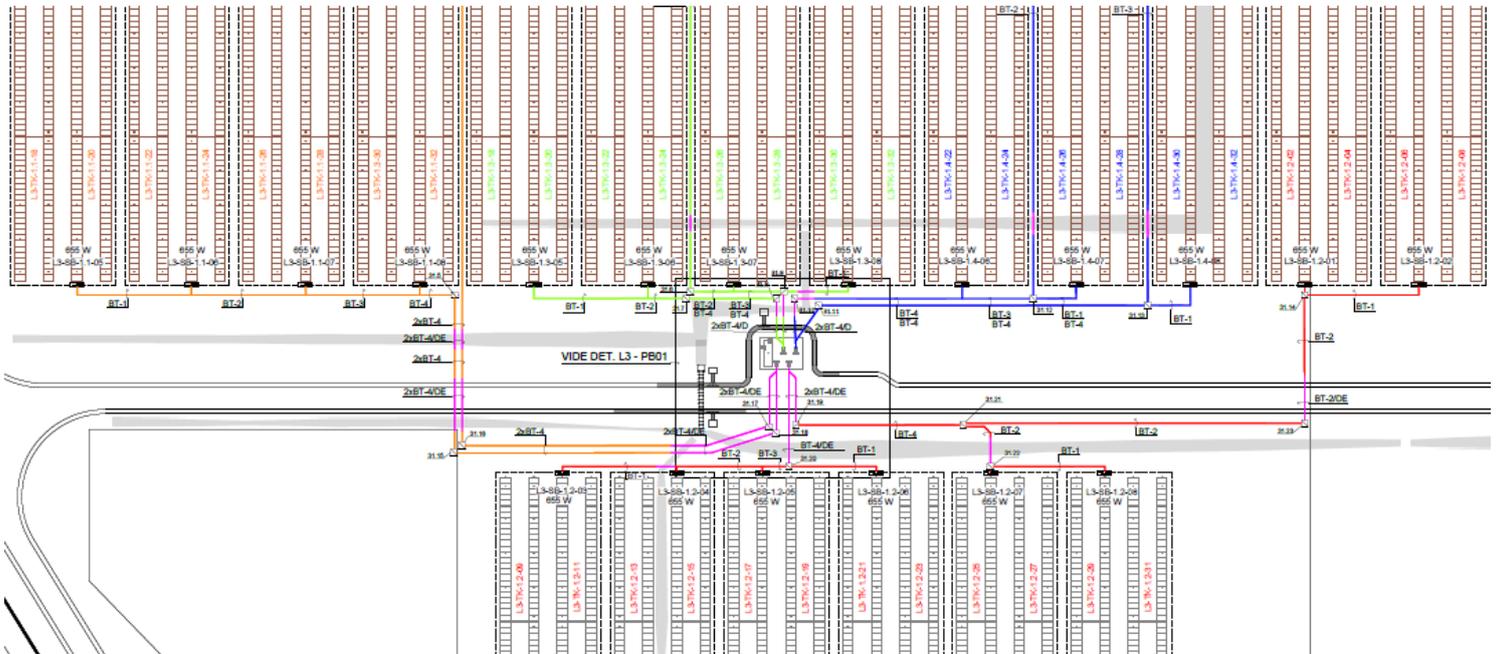
Fonte: Autoria própria.

Após discussões e alinhamentos foi dado seguimento há outros aspectos do projeto, e dessa forma me tornei responsável por gerenciar uma equipe de projetos para a UFV LUZIA, composta por uma desenhista, um engenheiro electricista e um estagiário. Além de projetar eu sou responsável por passar atividades, avaliar, orientar e manter o contato com a empreiteira civil.

Em conjunto com a equipe de engenharia estabelecemos datas de entrega para 233 documentos, divididos no escopo de média tensão, baixa tensão, serviços auxiliares e comunicação.

Na Figura 17 pode-se observar um trecho da distribuição das valas de baixa tensão, que conectam a *string box* ao inversor.

Figura 17: Traçado Geral de Baixa Tensão para o Power Block 01.



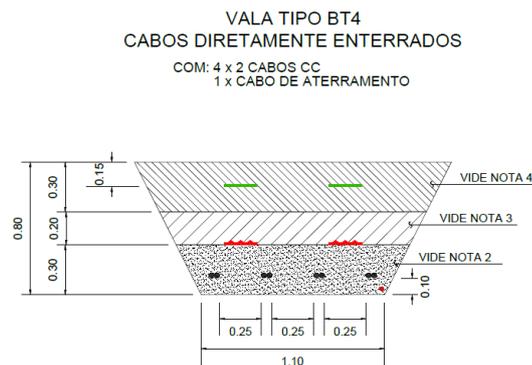
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 17 podemos identificar as *stringbox-s*, os *trackers* (em cinza *trackers* para 98 módulos e em marrom *trackers* para 100 módulos), e suas respectivas conexões para entrada no Eletrocentro, sendo 4 inversores (com valas de cores correspondentes a cada inversor: laranja, vermelho, azul e verde).

Na Figura 18 é apresentado um detalhe das valas de cabos elétricos, de baixa tensão, diretamente enterrados, onde aplicamos os resultados do estudo de queda de tensão, em que definimos fatores de agrupamento, temperatura do solo em função da profundidade, além de especificações como uso de proteção mecânica e fita de sinalização, para evitar acidentes ou rupturas com os cabos. As valas para cabos diretamente enterrados seguirão as seguintes especificações:

- A largura da vala será definida em função do número de bifólios a serem instalados;
- Os cabos serão instalados diretamente enterrados e distantes de 70 cm da superfície do terreno;
- O cabo de cobre nu será instalado diretamente enterrado e distante 80 cm da superfície do terreno;
- Fitas de sinalização serão instaladas a no mínimo 15 cm de profundidade, e a placa de proteção com profundidade de 50 cm.

Figura 18: Vala de Baixa Tensão para cabos diretamente enterrados.

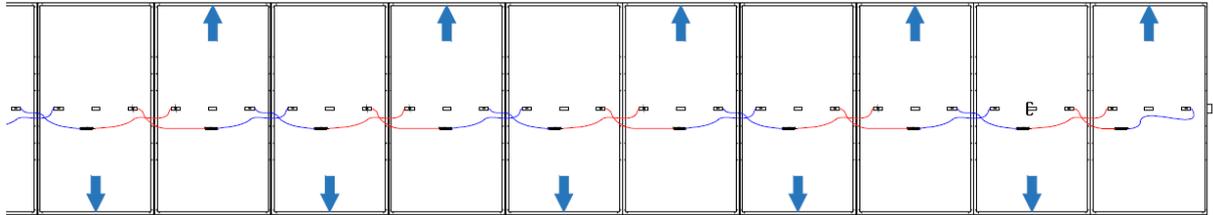


Fonte: Autoria própria.

Além disso, também somos responsáveis por definir as conexões entre os módulos fotovoltaicos, como apresentado na Figura 19, na qual utilizamos o método *leap frog* responsável por diminuir a quantidade de cabos elétricos, e conseqüentemente a queda de tensão, isso acontece porque entre as conexões físicas pula-se um módulo para que não seja necessário cabos de retorno da *string*.

A passagem dos cabos solares no tracker será feita utilizando abraçadeiras com clips de fixação até a descida na última estaca. Após a descida, os cabos irão para a string box de forma subterrânea, em eletrodutos.

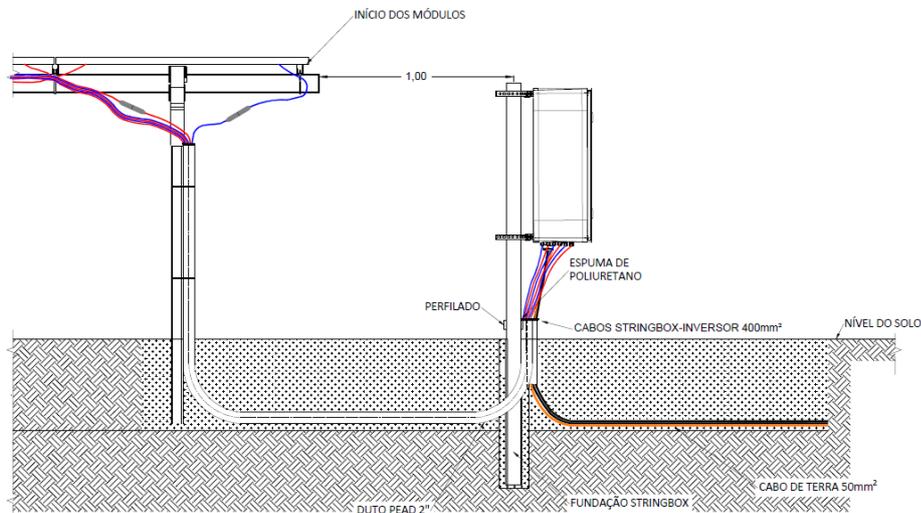
Figura 19: Conexão *leap frog* entre módulos da *string*.



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, define-se a chegada dos cabos a *string box*, apresentado na Figura 20, de forma detalhada.

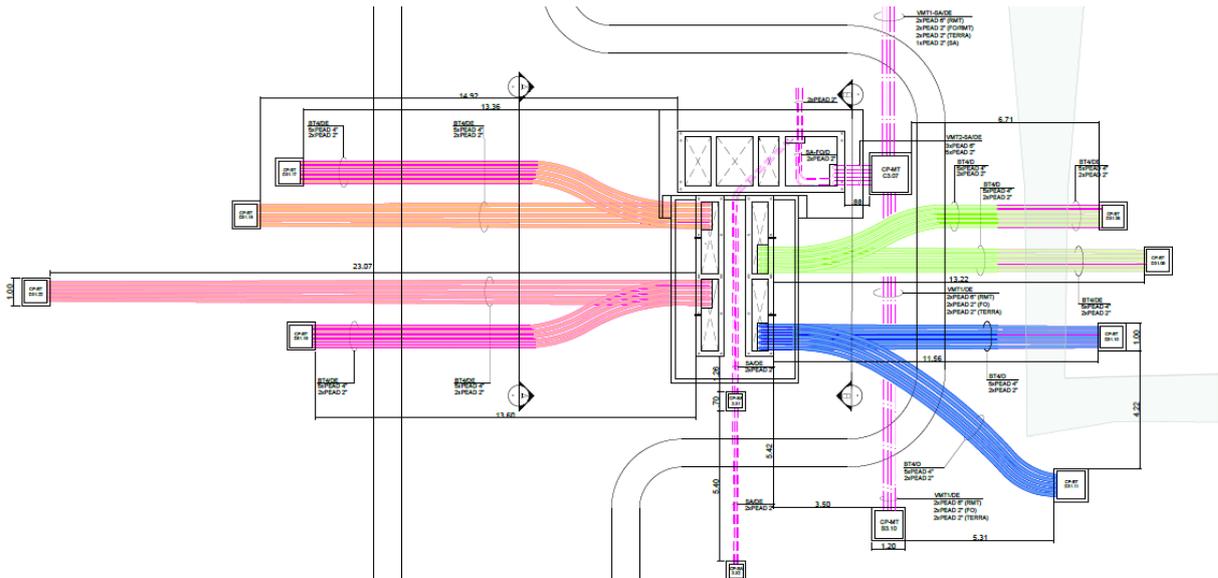
Figura 20: Detalhe de chegada dos cabos na *string box*.



Fonte: Autoria própria.

Assim, é feita a chegada dos cabos nos Eletrocentros, para cada Eletrocentro foi feito um detalhe de chegada dos cabos, podemos identificar na Figura 21 a chegada dos cabos de baixa tensão, média tensão e serviços auxiliares.

Figura 21: Detalhe de chegada dos circuitos no Eletrocentro.



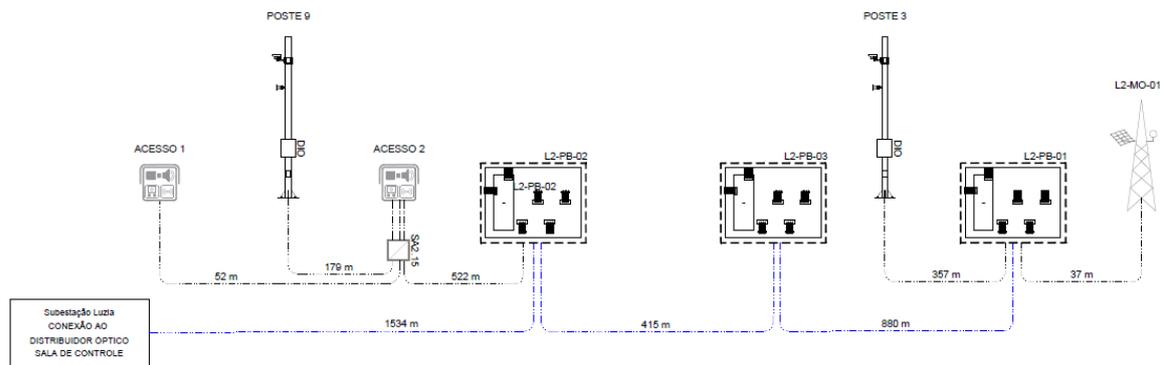
Fonte: Autoria própria.

Note que, além dos circuitos elétricos é possível verificar sistema de drenagem, o que acarreta em estudos de otimização de traçado, para evitar cruzamentos, e definições de como será realizado o cruzamento quando necessário. Para todos os eletrocentros é necessário circuito de serviços auxiliares, responsáveis por alimentar o sistema de segurança da usina (câmeras de segurança, alarmes, sensores, auto falantes e portões), torre meteorológica e os equipamentos de comunicação dos *trackers*.

O sistema de automação dos *trackers* utiliza comunicação *Zigbee* (que não necessita de cabos), composto por NCU, TCU e RSU. A TCU (Unidade de Controle *Tracker*) está localizada no *tracker*, é responsável por determinar o melhor ângulo para rastreamento solar e comandar o acionamento do motor para posicionar o *tracker*. A NCU (Unidade de Controle de Rede), implementa um *gateway* entre a rede *Zigbee* dos *trackers* e a rede ethernet, possibilitando o monitoramento local via software Scada, e oferecendo alarme relacionado a velocidade do vento para a TCU. A RSU (Unidade de Sensor Remoto), permite que o usuário monitore as variáveis atmosféricas do local que podem resultar em risco para as estruturas, transmitindo alarmes para a NCU.

Logo, também foi necessário realizar o Diagrama de Fibra óptica do parque fotovoltaico, onde definimos os *DIOs*, *Switches*, anel de conexão, na Figura 16 podemos observar o Diagrama de Interligação simplificado.

Figura 22: Diagrama de Interligação de Fibra Ótica.



Fonte: Autoria própria.

Podemos observar na Figura 22 as conexões de fibra ótica para os postes de segurança (Poste 3 e Poste 9), assim como torre meteorológica (L2-MO-01), portões identificados como acesso (Acesso 1 e Acesso 2) que comportam câmeras e alarmes, e as conexões dos eletrocentros a subestação.

A última etapa do projeto foi o escopo de aterramento, para a malha de aterramento foram realizados estudos com software dedicado, o aterramento dos itens como *trackers*, *string box* e torres meteorológicas possuem premissas a serem atendidas, assim o nosso papel seria adequar esses itens a realidade da nossa malha de aterramento.

Dessa forma, além dos documentos citados também somos responsáveis por realizar o plano de corte dos cabos, adequado para as bobinas definidas pelo fornecedor, lista de materiais como terminais conectores, parafusos, abraçadeiras, quantidade de cabos, entre outros itens. A obra já iniciou, e além do projeto também somos responsáveis pela execução da parte eletromecânica, na Figura 23 é possível identificar alguns *trackers* já montados.

Figura 23: Instalação dos *trackers*.



Fonte: Autoria própria.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio acadêmico é um momento em que o estudante pode obter a consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo da sua vida acadêmica, aplicando os conteúdos vistos nas disciplinas em situações reais do mercado de trabalho. Durante o estágio além do desenvolvimento dos projetos elétricos, foi desenvolvida habilidades em outras áreas, como gestão de projetos, onde pode-se constatar na prática a importância das disciplinas de Instalações Elétricas, Sistemas Elétricos, Equipamentos Elétricos, entre outras.

É importante destacar ainda que a atividade prática propiciou o aprendizado sobre as normas regulamentadoras e, o mais importante, como interpretá-las para o desenvolvimento de projetos que atendam os requisitos do cliente. Além disso, o estágio na Conectrom possibilitou uma vivência inédita ao aluno, com a obtenção de experiência no mercado de trabalho e a possibilidade do desenvolvimento da competência de identificação e resolução de problemas na etapa de projeto.

Neste momento é satisfatório olhar para tudo que foi definido em escritório estar sendo construído, e saber que fui e sou parte importante de um projeto deste porte. Além disso, é possível enxergar que a Engenharia vai além dos cálculos ou normas, nós possuímos papel importante no desenvolvimento do país, autonomia energética, mais empregos (principalmente para a região), entre outros aspectos.

REFERÊNCIAS

- [1] GOVERNO DO BRASIL. **Energia renovável chega a quase 50% da matriz energética brasileira**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/08/energia-renovavel-chega-a-quase-50-da-matriz-eletrica-brasileira-1#:~:text=Quase%20metade%20da%20energia%20energ%C3%A9tica,a%20solar%20vem%20ganhando%20destaques>. Acesso em: 21 nov. 2021.
- [2] ANEEL. **ANEEL bate meta de expansão da matriz elétrica em 2021, três meses antes do previsto**. [S. l.], 2021. Disponível em: bit.ly/3ilB05i. Acesso em: 21 nov. 2021.
- [3] Conectrom Engenharia e Telecomunicações. 2021.
- [4] SIGMA. **Você sabe o que significa EPC?**. [S. l.], 2 ago. 2017. Disponível em: <https://www.sigmagp.com.br/blog/2017/08/02/voce-sabe-o-que-significa-epc/>. Acesso em: 1 dez. 2021.
- [5] VINTURINI, Mateus. **Entenda as especificações básicas dos componentes da string box: Saiba mais sobre as funções da string box e suas especificações**. [S. l.], 22 set. 2019. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/entenda-as-especificacoes-basicas-string-box/>. Acesso em: 12 dez. 2021.
- [6] Prysmian. Datasheet: Cabo Prysun Fotovoltaico. 2022.
- [7] NBR-5410 - Instalações elétricas de baixa tensão – ABNT, 2004.
- [8] NBR 16612 - Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores - Requisitos de desempenho – ABNT, 2020.
- [9] NBR 16690 - Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos - Requisitos de projeto – ABNT, 2019.
- [10] IEC 60364-7-712: Requirements for special installations or locations - Solar photovoltaic (PV) power supply systems.
- [11] ABNT NBR 5419:2015: Proteção Contra Descargas Atmosféricas.
- [12] IEC 60502-2-2014: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) – Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV).
- [13] IEC 61730-2:2016: Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 2: Requirements for testing.