



Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Centro de Engenharia Elétrica e Informática - CEEI
Departamento de Engenharia Elétrica e Informática - DEE

Relatório de Estágio
Conectrom Engenharia LTDA

Talita do Patrocínio Dantas dos Santos

Campina Grande, PB
21 de Agosto de 2024

Talita do Patrocínio Dantas dos Santos

Relatório de Estágio

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

**Professor Jalberth Fernandes de
Araújo.**
Orientador

Campina Grande, PB
21 de Agosto de 2024

Talita do Patrocínio Dantas dos Santos

Relatório de Estágio

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

**Professor Jalberth Fernandes de
Araújo.**
Orientador

Professor Célio Anésio da Silva, D.Sc.
Avaliador

Campina Grande, PB
21 de Agosto de 2024

Agradecimentos

Em primeiro lugar à Deus, por sempre abençoar meus passos para que tudo ocorresse da melhor forma possível, fazendo-me forte e corajosa para seguir por caminhos nem sempre fáceis, mas nunca impossíveis.

À minha família, em especial, minha mãe Simplicia, por todo apoio e dedicação a mim e aos meus estudos, sempre me encorajando e sendo exemplo de pessoa e profissional. À minha segunda mãe, Joseane, à quem carinhosamente chamo de “Dodó” pelo amor e suporte dedicados a mim desde os meus primeiros passos.

À minha grande amiga Júlia Maria pela confiança em mim depositada, pelo apoio e acima de tudo por ser um exemplo de profissional na qual eu me espelho. A Jéssica, Amanda, Júlia Thais e Thayse que mesmo distantes, fizeram-se presentes nos piores e melhores momentos.

A Jackson Jales e Marcelo Abbott pela oportunidade de estágio. Além dos meus colegas de trabalho, Guilherme Oliveira por ter me recebido de braços abertos no setor de orçamentos, a Salesmeydon Izidro por estar sempre disposto a compartilhar seus conhecimentos, a Vitória Tavares por liderar nossa equipe da melhor forma possível, a Monalisa Costa pelo companheirismo em todos os desafios enfrentados diariamente.

À todos os funcionários da Conectrom Energias Renováveis, pelo acolhimento, cordialidade e confiança

Ao meu orientador Jalberth Fernandes pela orientação e oportunidades a mim dadas ao longo de toda minha graduação e por sempre acreditar na minha capacidade.

A todos os familiares e amigos que de forma direta ou indireta ajudaram-me na minha jornada acadêmica.

Resumo

Neste relatório são descritas as atividades desenvolvidas pela estudante Talitta do Patrício Dantas dos Santos, graduanda em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande, durante o período que realizou estágio na Conectrom Brasil. O estágio teve uma duração de um ano. No local, o estudante foi supervisionado por Marcelo Abbott Cerejo e realizou as seguintes atividades: levantamento e conferência de quantitativo de materiais a serem utilizados em projetos de parques eólicos e usinas fotovoltaicas; dimensionamento de condutores e demais acessórios de redes coletoras de média e baixa tensão e pesquisa de preços e cotações de cabos condutores, stringboxes, conectores, terminais, e demais itens do escopo eletromecânico de toda rede de baixa e média tensão. Ao término do estágio, a estudante conseguiu desenvolver habilidades como trabalhar sob extrema pressão, formas de tratativas com clientes, pensamento analítico, além de novas habilidades técnicas no que diz respeito ao dimensionamento de rede de média e baixa tensão e conhecimento de novas tecnologias.

Palavras-chaves: Palavras-chave: Parques Eólicos, Usinas Fotovoltaicas, levantamento de quantitativos, rede de média tensão, Conectrom Brasil.

Abstract

This report describes the activities carried out by the student Talita do Patrocínio Dantas dos Santos, an undergraduate student in Electrical Engineering at the Federal University of Campina Grande, during her internship at Conectrom Brasil. The internship lasted for one year. At the company, the student was supervised by Eduardo Felipe and performed the following activities: surveying and verifying the quantity of materials to be used in wind farm and photovoltaic plant projects; sizing conductors and other accessories for medium and low voltage collection networks; and researching prices and quotations for conductor cables, string boxes, connectors, terminals, and other items within the electromechanical scope of the entire low and medium voltage network. At the end of the internship, the student managed to develop skills such as working under extreme pressure, customer interaction methods, analytical thinking, as well as acquiring new technical skills in the sizing of medium and low voltage networks and gaining knowledge of new technologies.

Key-words: Wind Farms, Photovoltaic Plants, quantity surveying, medium voltage grid, Conectrom Engenharia.

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Fachada da Conectrom Engenharia LTDA	10
Figura 2 – Logomarca da Conectrom Engenharia LTDA	10
Figura 3 – Etapas de uma Oportunidade	12
Figura 4 – Ligação dos módulos do tipo <i>leapfrog</i>	17
Figura 5 – Conexão das <i>strings</i> na <i>String Box</i>	17
Figura 6 – Detalhe da chegada dos cabos solares na <i>String Box</i>	18
Figura 7 – Orçamento ganho pela concedente do estágio	19
Figura 8 – <i>Layout</i> de valas elaborado pelo setor de orçamentos de uma UFV.	20
Figura 9 – Principais características do empreendimento	21
Figura 10 – Quantificação de cabos condutores	21
Figura 11 – Quantificação das terminações e acessórios	22
Figura 12 – Resultado da queda de tensão do circuito 1 de um parque de um complexo eólico	23
Figura 13 – Perdas por efeito joule de cada parque e as perdas totais de um complexo eólico	23
Figura 14 – Traçado geral de baixa tensão	25
Figura 15 – Detalhe da chegada dos cabos no Eletrocentro	25
Figura 16 – Traçado geral de baixa tensão	26
Figura 17 – Elaboração de Projeto Básico	26
Figura 18 – Traçado geral de uma rede de média tensão aérea	27
Figura 19 – Visita a Usina Fotovoltaica Luzia 2 e 3 de 149,30 MWp	29
Figura 20 – Visita técnica ao complexo eólico Chafariz	30
Figura 21 – Tramo de postes contendo uma linha de circuito quádruplo realizando uma transição de rede aérea para subterrânea já na entrada da subestação coletora.	30

Sumário

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	OBJETIVO DO ESTÁGIO	8
1.2	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	9
2	A EMPRESA	10
3	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	12
3.1	Levantamento de Quantitativos	13
3.1.1	Rede de Baixa Tensão	15
3.1.2	Rede de Média Tensão	20
3.2	Elaboração de <i>Layouts</i>	23
3.2.1	Elaboração de Redes de Baixa Tensão	24
3.2.2	Elaboração de Redes de Média Tensão	26
3.3	Formação de Preço e Elaboração de Proposta Técnica Comercial	28
3.4	Visitas Técnicas	28
4	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32

1 Introdução

O presente relatório de estágio visa proporcionar ao leitor uma visão abrangente das experiências e aprendizados adquiridos durante o período de estágio realizado pela aluna Talita do Patrocínio Dantas dos Santos na empresa Conectrom Engenharia. Este documento tem como propósito contextualizar tanto o estágio quanto o próprio relatório que o detalha.

Durante o período de um ano, o estágio teve como principal objetivo aplicação prática de conhecimentos técnicos. Este relatório, por sua vez, busca não apenas relatar as atividades desempenhadas, mas também proporcionar uma análise das experiências vivenciadas e dos conhecimentos adquiridos.

A estagiária foi conduzida sob a orientação do responsável técnico Marcelo Abbott Cerejo no âmbito do setor de orçamentos. A empresa Conectrom Engenharia LTDA é reconhecida por sua atuação destacada no setor de energias renováveis e telecomunicações, e este relatório destaca as atividades mais significativas desenvolvidas durante o período, que serão minuciosamente detalhadas nas seções subsequentes.

No último parágrafo desta introdução, oferecemos uma visão antecipada das seções subsequentes, delineando a estrutura do relatório para uma compreensão mais clara do conteúdo a ser abordado.

Este relatório proporcionará uma análise aprofundada das experiências vivenciadas, contribuindo para o entendimento do contexto organizacional e das competências adquiridas durante o estágio.

1.1 OBJETIVO DO ESTÁGIO

O objetivo principal do estágio é proporcionar, por meio de experiências práticas, qualificar os estudantes para que saiam da universidade prontos para seguir os futuros desafios na carreira de Engenheiro Eletricista.

Para cumprir o objetivo principal, a estagiário teve que cumprir os seguintes objetivos específicos:

- Levantamento de quantitativos de projetos de parques eólicos e usinas fotovoltaicas;
- Dimensionamento da rede de baixa e média tensão;
- Elaboração de desenhos técnicos;

- Cotações de preços de cabos de baixa e média tensão, terminações desconectáveis, ferragens para postes, conectores e demais acessórios dentro do escopo da Conectrom Engenharia nas obras orçadas.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Este trabalho está organizado em quatro capítulos, de acordo com a descrição a seguir:

No Capítulo 2, apresenta-se a empresa onde foi realizado o estágio.

O Capítulo 3 retrata as principais atividades desenvolvidas durante o período de Estágio Integrado.

No Capítulo 4 será apresentada as considerações finais relativas às atividades realizadas.

2 A Empresa

A Conectrom Brasil teve sua fundação no dia 19 de novembro de 1979, sendo localizada na rua Jacaúna, número 139 no bairro de Lagoa Seca, no município de Natal no estado do Rio Grande do Norte. Sua missão é promover o desenvolvimento sustentável, com a visão de ser a melhor provedora em infraestrutura nos segmentos de energias renováveis e telecomunicações. Seus valores englobam o desenvolvimento de pessoas, entregas de serviços de alta qualidade e clientes sempre satisfeitos.

Apesar de consolidada no mercado há 44 anos, com investimentos na área de telecomunicações, com serviços de instalação e manutenção de centrais telefônicas. Foi apenas em 2009 que os serviços na área de construção de Parques Eólicos e Usinas Fotovoltaicas foram iniciados, incluindo no seu escopo a construção das redes coletoras de média tensão, execução de malhas de aterramento no geral como também aterramento das bases dos aerogeradores, execução de projetos de SPDA, montagens de DIO's e ensaios de comissionamento a frio e a quente. A Figura 1 retrata a fachada da empresa no local citado acima e a Figura 2 sua logomarca.

Figura 1 – Fachada da Conectrom Engenharia LTDA



Fonte: Conectrom, 2024.

Figura 2 – Logomarca da Conectrom Engenharia LTDA



Fonte: Conectrom, 2024.

A empresa possui sua sede na capital do estado, sendo dividida nos demais setores:

- Diretoria;
- Engenharia;
- Planejamento de Obras;
- Orçamentos;
- Suprimentos;
- Transportes;
- Recursos Humanos;
- Departamento Pessoal;

Recentemente, além dos escopos já citados, a Conectrom expandiu seus serviços para a área de construção civil, buscando atuar na construção de linhas de transmissão e subestações coletoras. Todos os setores citados acima fornecem apoio às obras que estão espalhadas por todo Nordeste brasileiro.

Os serviços prestados pela Conectrom podem ser do tipo *Engineering, Procurement and Construct* (EPC) contemplando o projeto executivo, fornecimento de material e construção da rede de média tensão. Neste caso, a empresa torna-se responsável pela definição de cronograma, compra de materiais e todo planejamento executivo do empreendimento. Porém, também existe a possibilidade do serviço ser apenas do tipo *Procurement - Construct*(PC), que pode ser a contratação apenas do projeto executivo ou apenas do serviço de construção do empreendimento, sempre com foco no escopo elétrico.

Até chegar a etapa de contratação, o processo ocorre de forma semelhante a licitações públicas, cada etapa de negociação é intitulada de “ronda”. Quando finalmente chega a ronda final, denominada de *Best and Final Offer* (BAFO), é dado o último preço com todos os descontos possíveis, ocorrendo inclusive parcerias com fornecedores.

Além das opções no serviço, existem também duas opções de contratação: a contratação de forma direta ou indireta. Na primeira, a Conectrom é contratada diretamente pelo proprietário do empreendimento para construção da RMT. Já na segunda opção, o proprietário do empreendimento contrata uma construtora civil para realização do escopo civil e eletromecânico. Essa empreiteira subcontrata a Conectrom para a execução do escopo elétrico.

3 Atividades Desenvolvidas

Durante o período do estágio integrado, foi possível aprender sobre como se dá o processo de precificação de obras de energia renovável, que visam a construção da rede de média tensão de complexos eólicos e fotovoltaicos. Para que um orçamento seja feito da maneira mais assertiva e que seja oferecido uma proposta comercial competitiva, deve ser realizado previamente um estudo de engenharia de todo projeto básico recebido do cliente, tendo como objetivo ofertar a melhor solução técnica com o menor custo. A Figura 3 ilustra como é o ciclo de uma oportunidade.

Figura 3 – Etapas de uma Oportunidade



Fonte: Autoria própria.

A proposta inicial do estágio foi no sentido de construir um novo setor de Orçamentos. Por ser conhecido como o coração da empresa, devido ao elevado índice de crescimento da firma, houve a necessidade de ser reformulado e reestruturado. A primeira semana foi destinada tanto para realização da integração com a equipe, quanto para reconhecimento de todo setor de orçamentos, no que diz respeito ao fluxo de trabalho e seu funcionamento, como também, as ferramentas utilizadas pelos colaboradores do departamento. Além disso, foi apresentado às normas que fundamentam as propostas técnicas comerciais, sendo algumas já conhecidas do âmbito acadêmico, constantemente mencionadas nas disciplinas, como por exemplo, a NBR 5410:2004 - Instalações elétricas de baixa

tensão, além das citadas abaixo:

- NBR 14039 - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV;
- 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;
- NBR 16690 - Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos: Requisitos de projeto;
- NBR 5422 - Projetos de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica;
- IEC 60502-2 - 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).

3.1 Levantamento de Quantitativos

Os primeiros dois meses de estágio foram realizando atividades que não necessitavam de maiores conhecimentos na área de renováveis, tendo como foco principal a aprendizagem das ferramentas utilizadas pela equipe, funcionamento de planilhas e dos processos existentes no setor, sendo supervisionada por um auxiliar de engenharia.

As primeiras atividades realizadas tiveram foco tanto em oportunidades de obras de usinas fotovoltaicas, quanto em empreendimentos eólicos, situados no nordeste brasileiro. Uma delas em específico tratou-se de uma usina solar de 62,37 MWp, possibilitando o aprendizado do passo a passo de cada oportunidade, desde a leitura da documentação recebida do cliente, além da elaboração de layouts para a rede de baixa e média tensão e quantificação dos materiais que serão utilizados na execução de toda parte elétrica do complexo, incluindo sistemas de circuito fechado de televisão (CFTV), interligação das Estações Solarimétricas e dos serviços auxiliares para alimentação do canteiro de obras dos equipamentos existentes dentro com complexo com necessidade de alimentação.

Durante quatro meses, as atividades realizadas concentraram-se no levantamento de quantitativos da rede de média tensão, incluindo a quantificação de cabos condutores, postes e seus acessórios. Além disso, foi realizado o envio de e-mails solicitando cotações dos itens ofertados pela Conectrom. Essas tarefas eram essencialmente práticas, exigindo apenas a familiarização com ferramentas como o pacote Office, com ênfase no Excel, e o *software* AutoCAD. Nesse período, não era necessário um aprofundamento maior com relação ao escopo da obra ou precificação.

Após seis meses de estágio, as atividades e responsabilidades foram ampliadas, incluindo o levantamento dos suprimentos necessários para a rede de baixa tensão, além da

implementação de melhorias nas planilhas existentes. Essas melhorias visavam automatizar processos, economizar tempo e tornar as planilhas mais informativas para a equipe. Essas otimizações faziam parte do plano de estágio, dado que o setor de orçamentos necessitava de uma reestruturação. A primeira planilha a ser aprimorada foi a de dados gerais das obras orçadas, que passou a fornecer informações mais úteis, como a quantidade de postes, o tipo e família dos cabos condutores, as considerações feitas pelo cliente e pela Conectrom, referenciando os documentos de onde foram extraídas as informações. Isso permite a criação de um histórico sobre a obra em questão e como se deu a composição do preço.

O levantamento de quantitativos é uma atividade primordial na elaboração de orçamentos para obras de grande porte, como aquelas voltadas para energias renováveis. Todavia, antes de iniciar tal processo, é preciso entender como será o escopo ofertado na referida oportunidade. As primeiras atividades realizadas tiveram foco tanto em oportunidades de obras de usinas fotovoltaicas, quanto em empreendimentos eólicos, situados no nordeste brasileiro. Uma delas em específico tratou-se de uma usina solar de 62,37 MWp, possibilitando o aprendizado do passo a passo de cada oportunidade, desde a leitura da documentação recebida do cliente, além da elaboração de layouts para a rede de baixa e média tensão e quantificação dos materiais que serão utilizados na execução de toda parte elétrica do complexo, incluindo sistemas de circuito fechado de televisão (CFTV), interligação das Estações Solarimétricas e dos serviços auxiliares para alimentação do canteiro de obras dos equipamentos existentes dentro do complexo com necessidade de alimentação.

O processo de levantamento de quantitativos tem início quando o cliente envia a solicitação de proposta e os documentos referente ao projeto contendo as principais informações necessárias para a execução do projeto, como local da obra, premissas de projeto como temperatura do solo utilizada, resistividade térmica do terreno, limites de perdas elétricas e queda de tensão exigidos pelo contratante, marcos contratuais, além de informações comerciais como valores/materiais para faturamento direto, exigências do canteiro de obras, requisitos de qualidade e segurança, entre outras informações consideradas importantes para o EPCista.

É imprescindível que a equipe esteja ciente de todos os detalhes do projeto. Caso haja ausência de dados, cabe ao setor de orçamentos elaborar seus questionamentos ao contratante, especialmente nas fases iniciais. É necessário conferir com atenção todas as informações fornecidas, pois divergências ou peculiaridades nas ferragens da rede coletora, como nível básico de isolamento (NBI), nível de tensão, tensão máxima de operação, distância de escoamento de equipamentos, tipo de material dos isoladores, corrente da chave seccionadora, tamanho e esforço da cruzeta dos postes, blindagem, presença de proteção contra cupim dos condutores isolados, podem impactar significativamente o custo

e, conseqüentemente, o valor final. Se não houver tempo hábil, são feitas considerações embasadas na vivência da empresa e tudo é retificado na proposta técnica comercial enviada ao cliente.

Em todas as oportunidades do tipo EPC, o cliente fornece um projeto básico para que as participantes do processo licitatório ofertem preço. Nesse caso, o EPCista possui a liberdade de estudar o projeto básico e analisar se existe ou não a possibilidade de melhorias ou otimizações com o intuito de baratear a proposta. No caso de complexos eólicos, é possível propor um novo traçado de RMT, sendo ela mais curta na sua extensão, ou até mesmo, propor o uso de uma linha tripla ou quádrupla de postes, caso essa solução diminua quantidades de cabos, postes e suas ferragens. Já no caso de usinas fotovoltaicas, é mais comum que já nas primeiras rondas, toda a rede de baixa e média tensão seja sugerida pela Conectrom, tendo a liberdade de dimensionar circuitos, além de sugerir o melhor caminho possível para a rede de baixa tensão. Caso o cliente já forneça toda sua rede pronta, a Conectrom precisa validar todo o projeto, pois caso haja irregularidades, erros de dimensionamento de condutores e de esforços/altura dos postes, o prejuízo é da contratada.

Embora sejam propostas mudanças, estas precisam estar dentro das premissas impostas pelo cliente em suas especificações técnicas, como por exemplo, número máximo de circuitos por estrutura e quantidade máxima de trifólios por vala. Todas as considerações feitas no decorrer do levantamento, são qualificadas na proposta e enviadas para o cliente. Caso a nossa solução seja aprovada, seguimos o processo.

3.1.1 Rede de Baixa Tensão

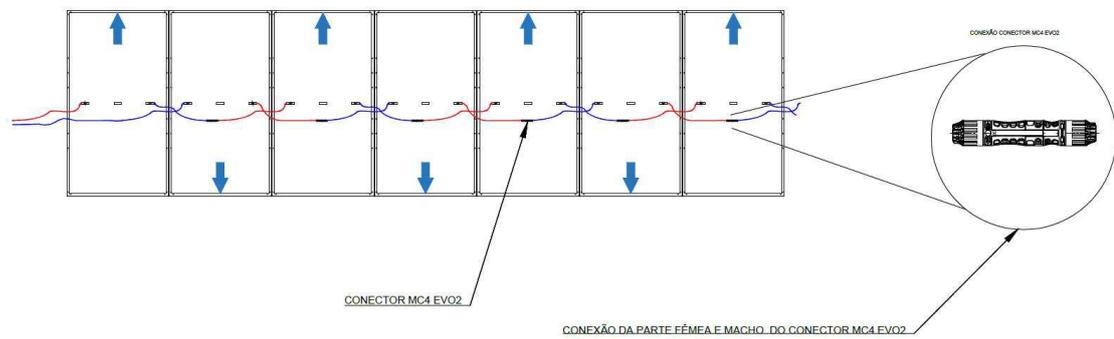
Em usinas fotovoltaicas de grande porte, além da rede de média tensão, é necessário quantificar a rede de baixa tensão para precificação. A geração solar ocorre integralmente em baixa tensão, sendo elevada para média tensão somente após a conexão das centrais transformadoras (eletrocentros). Portanto, toda essa rede é projetada pela equipe de engenharia do setor de orçamentos.

Para que fosse possível que a estagiária levantasse os suprimentos da rede de baixa tensão, fez-se necessário que a mesma criasse um método eficaz para diminuição dos erros e que fosse didática para que todos os colaboradores do setor pudessem manuseá-la, além de tornar o setor autossuficiente de subcontratações para este fim, tornando-o mais independente, contribuindo para que o processo seja mais ágil. Logo, com os conhecimentos adquiridos com o setor de engenharia no decorrer do estágio e com base no material recebido pelo engenheiro contratado pelo setor, nasceu a planilha de suprimentos de baixa tensão. Essa planilha levanta todos os itens utilizados nessa rede, dividida por trechos, onde cada item listado nela possui uma explicação sobre como ele deve ser quantificado e em qual local ele se encaixa.

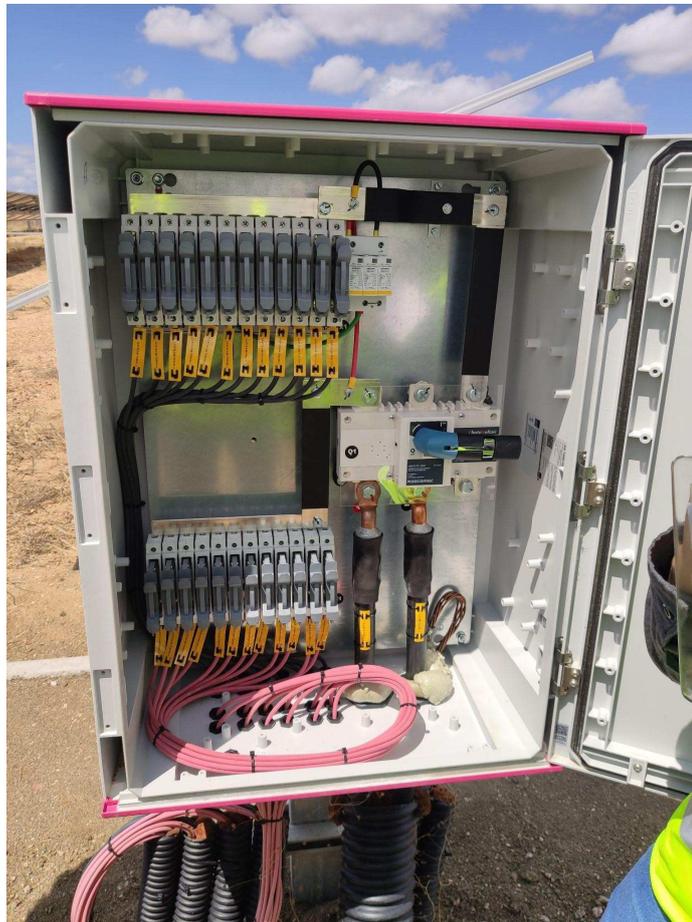
Em usinas fotovoltaicas de grande porte, além da rede de média tensão, é necessário quantificar a rede de baixa tensão para precificação. A geração solar ocorre integralmente em baixa tensão, sendo elevada para média tensão somente após a conexão das centrais transformadoras (eletrocentros). Portanto, toda essa rede é projetada pela equipe de engenharia do setor de orçamentos.

O levantamento de baixa tensão começa com a coleta de informações sobre a usina, como quantidades de módulos, *strings*, número de módulos por *strings*, *trackers*, *string boxes* pois essas informações são inputs inseridos na planilha de suprimentos, além do tipo de conexão dos módulos, se é do tipo *leapfrog* ou *daisychain*, conforme ilustrado na Figura 4. De posse dessas informações, inicia-se a quantificação e o dimensionamento dos cabos, bem como de todos os consumíveis necessários para a execução do serviço, incluindo terminais para conexões, itens para identificação dos equipamentos e circuitos, até porcas e arruelas. Essa contagem de materiais é realizada por trecho, sendo divididos da seguinte forma:

- Arranjo Solar - Neste trecho são quantificados os itens utilizados para uma boa execução do serviço de lançamento de cabo solar, conexão das *strings* na *string box*, tagueamento, organização e segurança da instalação, de acordo com as Figuras 5 e 6;
- Trecho BT - CC/CA - Nessa etapa é quantificado os itens necessários para instalação da rede BT - CC/CA, como os terminais bimetálicos, termocontrátil, infraestrutura para fixação da *string box* e as valas por onde passarão os cabos;
- Malha de Aterramento e SPDA - Todos os equipamentos devem estar interligados à malha do parque, logo, contabiliza-se a quantidade de cabo de aterramento, terminais a compressão, consumíveis para execução de soldas, hastes, assim como os itens para composição do SPDA dos eletrocentros como captor tipo Franklin e os postes para acomodação desse sistema, além do aterramento da cerca perimetral da UFV;
- Serviços auxiliares - É preciso quantificar uma infraestrutura necessárias para alimentação de iluminação e tomadas para as casas de comando e das estações meteorológicas presentes no parque e alguns acessórios de monitoramento do tracker caso necessário;
- Circuito Fechado de TV (CFTV) - A Conectrom oferta a infraestrutura para alimentação e instalação desse sistema de vigilância, como a fibra óptica necessária, cabos PP, postes e se for exigência do cliente, o SPDA de cada poste que contenha as câmeras.

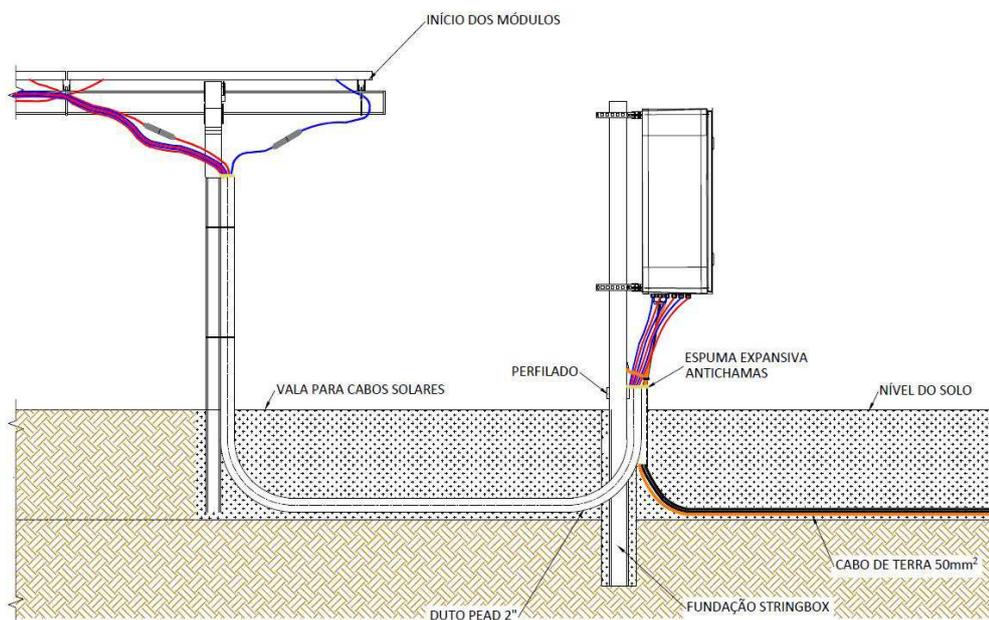
Figura 4 – Ligação dos módulos do tipo *leapfrog*

Fonte: Conectrom, 2024.

Figura 5 – Conexão das *strings* na *String Box*

Fonte: Autoria própria, 2024.

Para realizar o dimensionamento da rede de baixa tensão, a planilha foi aprimorada tanto visual quanto tecnicamente pela estagiária. Com base nas normas mencionadas neste relatório, foram implementadas automatizações para minimizar erros. Entre as melhorias, destacam-se a inclusão de fatores de correção automáticos conforme a resistividade e temperatura, um banco de dados com valores de corrente e tensão dos módulos previa-

Figura 6 – Detalhe da chegada dos cabos solares na *String Box*.

Fonte: Conectrom,2024.

mente utilizados no setor, de acordo com seus datasheets, e um resumo das quantidades separadas por eletrocentros, que informa a quantidade de strings, módulos, trackers e string boxes de cada um, facilitando a construção do cronograma da obra.

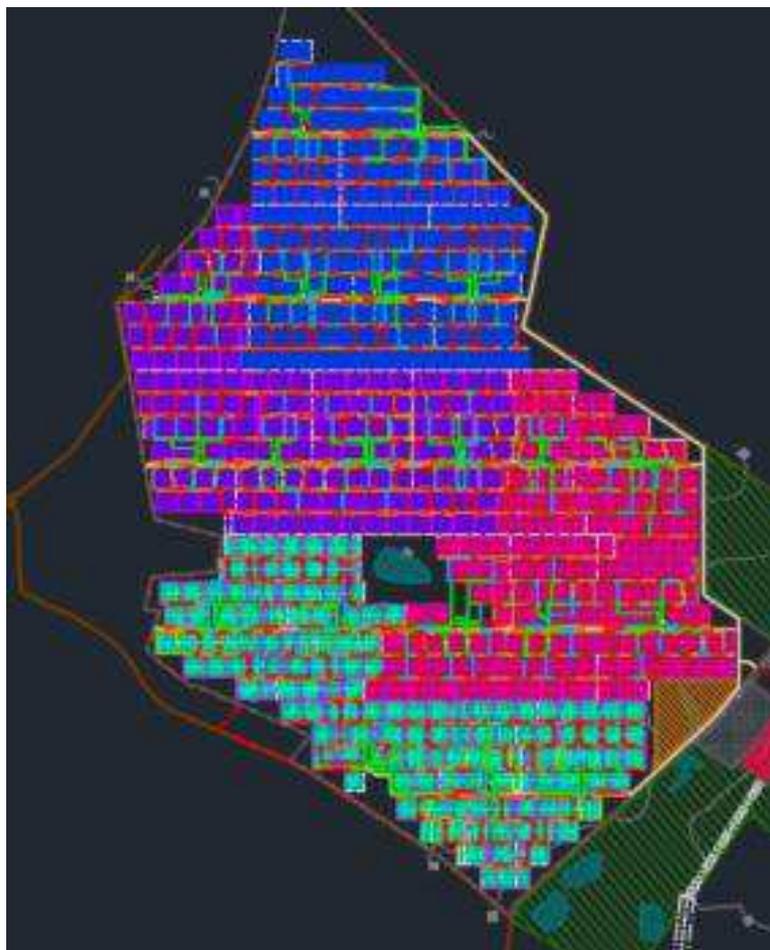
Dentre os projetos trabalhados pela estagiária, destaca-se um orçamento vencedor para uma usina fotovoltaica com 195,919 MWp de potência instalada, composta por 337.792 módulos, 3.016 *trackers* e 20 eletrocentros, dividida em quatro subparques, como mostra a Figura 7. Nesse projeto, a estagiária participou diretamente do dimensionamento das redes de baixa e média tensão, realizando a quantificação dos suprimentos necessários para os trechos Arranjo Solar e Trecho BT - CA, além de colaborar na elaboração da rede de baixa tensão do complexo.

Para realizar o dimensionamento, foi necessário destacar no layout todos os arranjos fotovoltaicos. Embora esses arranjos tenham sido previamente fornecidos pelo proprietário do parque, é essencial identificá-los no layout para quantificar cada tipo, já que cada arranjo possui um número diferente de strings, de agrupamento e requer uma quantidade específica de cabos. O primeiro passo do dimensionamento consiste em calcular o cabo solar, realizando um estudo de perdas e queda de tensão. Para isso, é imprescindível reunir todas as informações necessárias do módulo, conforme especificadas em seu datasheet, como a corrente de curto-circuito, a tensão de circuito aberto e a tensão na potência máxima.

Além disso, são necessárias informações sobre a configuração do parque, como o número de módulos por string e as premissas de projeto, incluindo a temperatura do solo

e do ambiente, assim como a resistividade do solo, para aplicar os fatores de correção adequados. As principais informações obtidas na primeira fase do dimensionamento são a quantidade e o tipo de cabo solar necessário para a construção do complexo, além dos resultados da queda de tensão. Este último é um fator determinante na escolha da bitola do cabo fotovoltaico, já que, mesmo que um cabo de certa bitola suporte a corrente que passa por ele, a queda de tensão não pode ultrapassar 3%, conforme estabelecido pela NBR 16690. Neste caso, a estagiária conseguiu demonstrar que o cabo de 6 mm² era o mais adequado para o projeto.

Figura 7 – Orçamento ganho pela concedente do estágio



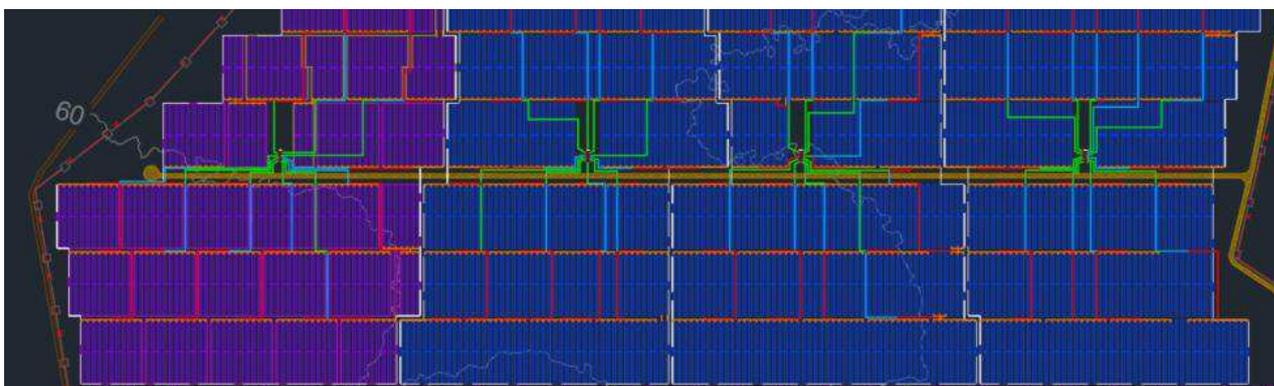
Fonte: Conectrom,2023.

A última etapa do dimensionamento foca no trecho BT-CA. Neste projeto, utilizou-se *string inverters* em vez de *string boxes*, ou seja, a conversão de corrente contínua para alternada ocorre diretamente no dispositivo, resultando na saída de um trifólio por dispositivo. Nessa fase, são definidas não apenas as bitolas dos condutores, mas também as dimensões das valas, que têm um grande impacto no custo. Para que as valas possam ser quantificadas, são elaborados *layouts* específicos, destacando os diferentes tipos de valas, que variam conforme a quantidade de bifólios ou trifólios que elas transportam. A Figura 8 ilustra esse conceito, onde cada cor representa um tipo de vala. A estagiária elaborou

grande parte da rede, contando com a ajuda dos demais colegas de setor, considerando o tamanho do parque e o prazo de entrega.

Nessa etapa, é elaborada uma lista De-Para, considerando o percurso entre o *string inverter* e o *skid*, com o objetivo de calcular a quantidade total de cabo BT-CA necessária. Além disso, são verificadas a taxa de utilização do cabo, sua resistência em CA, as perdas elétricas e a queda de tensão. A estagiária concluiu que o cabo mais adequado para esse projeto seria o de 400 mm² e que as valas deveriam agrupar no máximo três trifólios, para garantir que a taxa de utilização do cabo não ultrapassasse 93%.

Figura 8 – *Layout* de valas elaborado pelo setor de orçamentos de uma UFV.



Fonte: Conectrom,2023.

3.1.2 Rede de Média Tensão

Tanto em empreendimentos eólicos ou de usinas fotovoltaicas, faz-se necessário uma rede de média tensão para coleta da energia gerada nos parques. Para quantificação de todos os insumos referentes a ela, é realizado o preenchimento de uma planilha com as principais características do empreendimento, como por exemplo:

- Número de circuitos;
- Tipo de entrada na subestação;
- Topologia da RMT adotada, ou seja, se será predominantemente aérea, contendo rede subterrânea apenas no trechos entre as saídas dos aerogeradores até o poste que fará a transição entre rede subterrânea e aérea, ou completamente subterrânea;
- Tipo, família e isolamento dos cabos condutores que serão utilizados tanto na rede aérea quanto na subterrânea;
- Quantidade máxima de circuitos da rede aérea que podem ser simples, duplo, triplo ou quádruplo;
- Travessias de acesso caso existam.

A Figura 9 mostra como é descrito as principais características do projeto, onde é definido a quantidade de circuitos, bem como suas potências e como é a distribuição deles entre os aerogeradores e/ou eletrocentros, com a quantidade total de máquinas de cada circuito. Além disso, é importante indicar a forma de instalação da rede subterrânea, se é diretamente enterrada ou diretamente enterrada em eletroduto. As informações contidas nesta aba são de suma importância para elaboração do dimensionamento dos condutores, assim como para o planejamento executivo da obra.

Figura 9 – Principais características do empreendimento

CONFIGURAÇÃO DO EMPREENDIMENTO										Número de CKTS	5	Cenário do Plano Altimétrico	2	Tipo de Entrada na SE	SUBTERRÂNEA	
PARQUE	CIRCUITO	AEG-1	AEG-2	AEG-3	AEG-4	AEG-5	AEG-6	AEG-7	AEG-8	TOTAL DE AEG'S NO CKT	POTÊNCIA (MW)	SE COLETORA				
BOR I	C1	BOR-I-01	BOR-I-02	BOR-I-03	BOR-I-04	BOR-I-05	BOR-I-06			5	35,4					
BOR II	C2	BOR-II-05	BOR-II-06	BOR-II-07	BOR-II-08					4	23,6					
	C3	BOR-II-01	BOR-II-02	BOR-II-03	BOR-II-04					4	23,6					
BOR III	C4	BOR-III-01	BOR-III-02	BOR-III-03						3	17,7					
BOR IV	C5	BOR-IV-01	BOR-IV-02	BOR-IV-03	BOR-IV-04					4	23,6					
										0	0					
										0	0					

Tipo de Geração	EÓLICO
Tipo de RMT	AÉREA
Tipo de Instalação Subterrânea	Em Eletroduto
O projeto solicita Para-raio desconectável?	SIM

Fonte: Conectrom,2024.

Na Figura 10 é apresentado o levantamento de cabos, com uma lista de De-Para, seguindo o traçado da RMT trecho a trecho, pois cada circuito percorre um caminho até a subestação e todos os trechos são levados em consideração. É por meio desta lista que é obtida a quantidade total de cabos utilizados no empreendimento pois é colocado o tipo de condutor, bitola, distância percorrida, tipo de rede (aérea ou subterrânea), como também, todos os equipamentos utilizados nas transições de rede aérea para subterrânea, como por exemplo, quantidades de mufas, terminais desconectáveis, emendas caso necessário, além de eletrodutos de aço galvanizado, como ilustrado na Figura 11.

Figura 10 – Quantificação de cabos condutores

LEVANTAMENTO DE CABOS										Potência AEG (MW)	5,9	Fator de Potência	0,95		
Trecho		Condutor		Seção do Condutor (mm²)	Distância [m]	Distância com folgas[m]	ESTRUTURA DO (DE)	ESTRUTURA DO (PARA)	QTD AEG's	VIAS DE CABOS	Potência Total Acumulada	Amplacidade do condutor [A]	CORRENTE NOMINAL [A]	3 VIAS DE CABOS (TO [m])	
CIRCUITO 1	BOR-I-01	PDT-I-01	SUBTERRÂNEO	XLPE 90°C AL 20/35 KV 120 mm²	120 mm²	65	80	AEG	POSTE TRANSIÇÃO	1	1	5,9	178	103,9	240
	PDT-I-01	PDT-I-02	AÉREO	CA DUXLP 4/0 AWG	-	285	285	POSTE TRANSIÇÃO	POSTE TRANSIÇÃO	1	1	5,9	380	103,9	855
	BOR-II-01	PDT-II-02	SUBTERRÂNEO	XLPE 90°C AL 20/35 KV 120 mm²	120 mm²	116	131	AEG	POSTE TRANSIÇÃO	1	1	5,9	178	103,9	393
	PDT-II-02	BOR-TR2	AÉREO	CA DUXLP 4/0 AWG	-	221	221	POSTE TRANSIÇÃO	POSTE TRANSIÇÃO	2	1	11,8	380	207,9	663
	BOR-TR2	BOR-TR1	SUBTERRÂNEO	XLPE 90°C AL 20/35 KV 240 mm²	240 mm²	34	64	POSTE TRANSIÇÃO	POSTE TRANSIÇÃO	2	1	11,8	259	207,9	192
	BOR-TR1	PDT-I-03	AÉREO	CA DUXLP 4/0 AWG	-	127	127	POSTE TRANSIÇÃO	POSTE TRANSIÇÃO	2	1	11,8	380	207,9	381
	BOR-I-03	PDT-I-03	SUBTERRÂNEO	XLPE 90°C AL 20/35 KV 120 mm²	120 mm²	68	83	AEG	POSTE TRANSIÇÃO	1	1	5,9	178	103,9	240
	PDT-I-03	PDT-I-04	AÉREO	CA GOLDENUFFT 450 MCM	-	373	373	POSTE TRANSIÇÃO	POSTE TRANSIÇÃO	3	1	17,7	692	311,8	1119
	BOR-I-04	PDT-I-04	SUBTERRÂNEO	XLPE 90°C AL 20/35 KV 120 mm²	120 mm²	83	98	AEG	POSTE TRANSIÇÃO	1	1	5,9	178	103,9	294
	PDT-I-04	PDT-I-05	AÉREO	CA GOLDENUFFT 450 MCM	-	460	460	POSTE TRANSIÇÃO	POSTE TRANSIÇÃO	4	1	23,6	692	425,7	1390
	BOR-I-05	PDT-I-05	SUBTERRÂNEO	XLPE 90°C AL 20/35 KV 120 mm²	120 mm²	64	79	AEG	POSTE TRANSIÇÃO	1	1	5,9	178	103,9	237
	PDT-I-05	PDT-I-06	AÉREO	CA ORCHID 636 MCM	-	395	395	POSTE TRANSIÇÃO	POSTE TRANSIÇÃO	5	1	29,5	760	519,7	1185
	BOR-I-06	PDT-I-06	SUBTERRÂNEO	XLPE 90°C AL 20/35 KV 120 mm²	120 mm²	119	134	AEG	POSTE TRANSIÇÃO	1	1	5,9	178	103,9	402
	PDT-I-06	CK PASSAGEM	AÉREO	CA ANENOWE 97,5 MCM	-	927	927	POSTE TRANSIÇÃO	POSTE TRANSIÇÃO	6	1	35,4	1.045	623,6	2781
	CK PASSAGEM	CUB. SUBESTAÇÃO	SUBTERRÂNEO	XLPE 90°C AL 20/35 KV 24030 mm²	630 mm²	12	107	POSTE TRANSIÇÃO	CUBICULO SE	6	2	35,4	1636	623,6	622

Fonte: Conectrom,2024.

Figura 11 – Quantificação das terminações e acessórios

3 VIAS DE CABOS (TOTAL) (m)	TERMINAIS DESCONNECTÁVEIS	MUFLAS	COMISSIONAMENTOS	COMPRIMENTO DA BOBINA	EMENDAS	ELET. AÇO GALVANIZADO Ø2" F.O (m)	ELET. AÇO GALVANIZADO Ø6" CABOS MT (m)	ELET. AÇO GALVANIZADO Ø8" CABOS MT (m)	Kit de vedação (mastique)	LUVAS Conexão CP (Liso-Corrugado)
240	3,0	3,0	3	1800	0	6	6	0	4	4
855	0,0	0,0	0	-	-	0	0	0	0	0
393	3,0	3,0	3	1800	0	6	6	0	4	4
663	0,0	0,0	0	-	-	0	0	0	0	0
192	0,0	6,0	3	1200	0	6	6	0	4	4
381	0,0	0,0	0	-	-	0	0	0	0	0
249	3,0	3,0	3	1800	0	6	6	0	4	4
1119	0,0	0,0	0	-	-	0	0	0	0	0
294	3,0	3,0	3	1800	0	6	6	0	4	4
1380	0,0	0,0	0	-	-	0	0	0	0	0
237	3,0	3,0	3	1800	0	6	6	0	4	4
1185	0,0	0,0	0	-	-	0	0	0	0	0
402	3,0	3,0	3	1800	0	6	6	0	4	4
2781	0,0	0,0	0	-	-	0	0	0	0	0
642	6,0	6,0	6	500	0	6	6	3	5	5

Fonte: Conectrom,2024.

Também são quantificados os cabos de baixa tensão presentes na ligação das torres anemométricas até um aerogerador de cada parque contido no complexo. Em seguida, é contabilizada a quantidade de circuitos simples, duplos, triplos ou quádruplos existentes. A partir desse resultado, é determinada a quantidade de postes necessários para essa linha, assim como seus devidos acessórios, como cruzetas, isoladores, chaves seccionadoras e para-raios, bem como a área suprimida. As estruturas de concreto variam entre os tipos N1, N2, N3, N4 e N5, ou estruturas especiais, caso seja necessário.

Para o dimensionamento dos postes, é realizada uma análise detalhada do terreno ao longo do traçado da RMT. Essa análise permite verificar se o terreno possui aclives ou declives consideráveis, possibilitando estimar a necessidade de utilizar uma maior quantidade de estruturas do tipo amarração (N3 e N4), que são mais onerosas do que as de suspensão (N1 e N2), ou estruturas com maiores alturas e esforços.

Após o término da lista "De-Para", é iniciado paralelamente o dimensionamento dos condutores. Esse dimensionamento tem como finalidade garantir a segurança da instalação, calculando a taxa de utilização dos cabos, resistência CA, perdas elétricas e queda de tensão. O objetivo é assegurar que a rede esteja dentro dos limites estabelecidos pelas normas, bem como respeite as exigências do cliente.

Durante a execução do dimensionamento, é considerada a norma NBR 14039 para determinar os fatores de correção de agrupamento, temperatura e resistividade. Isso refina o dimensionamento e garante que o orçamento seja exequível, realista e seguro, tendo em vista o impacto significativo que o insumo cabo possui no valor final da proposta. Ao final deste estudo, é elaborado um resumo e os resultados obtidos são enviados ao cliente, incluindo a queda de tensão por circuito, as perdas por efeito joule de cada parque e as perdas totais do complexo, conforme ilustrado nas Figuras 12 e 13.

Diante dos resultados obtidos no resumo ilustrado na Figura 13, se as perdas por SPE, assim como a queda de tensão por circuito estiverem significativamente abaixo do limite estipulado pelo cliente, é possível realizar alterações nos cabos condutores, utilizando cabos de bitolas menores em alguns trechos para reduzir custos, uma vez que cabos de maior bitola possuem um custo por metro mais elevado. Essa estratégia pode

Figura 12 – Resultado da queda de tensão do circuito 1 de um parque de um complexo eólico

SPE 01 - Circuito 1								
Trecho		Condutor	Distância de Projeto [m]	Temperatura do Condutor [°C]	Corrente Nominal [A]	Resistência CA [Ω/Km]	Reatância [Ω/Km]	Queda de Tensão Δv[%]
De	Para							
SDP-01-01	EST 1	XLPE 90°C AL 20/35 kV 120 mm ²	102	90	105,69	0,3250	0,1520	0,02%
EST 1	EST 2	CA ORCHID 636 MCM	695	50	105,69	0,1012	0,3802	0,08%
SDP-01-02	EST 2	XLPE 90°C AL 20/35 kV 120 mm ²	101	90	105,69	0,3250	0,1520	0,02%
EST 2	EST	CA ORCHID 636 MCM	3885	50	211,39	0,1012	0,3802	0,89%
EST	PT ENCAB	CA MAGNOLIA 954 MCM	19675	50	211,39	0,0683	0,3649	3,73%
PT ENCAB	CUB.SE	XLPE 90°C AL 20/35 kV 300 mm ²	93	90	211,39	0,1300	0,1320	0,02%
QUEDA DE TENSÃO PERCENTUAL - Δv (%)								4,75%

Fonte: Conectrom,2024.

Figura 13 – Perdas por efeito joule de cada parque e as perdas totais de um complexo eólico

Parque	Circuito	Alimentador	Potência Instalada [MW]	Nº Geradores	Potência FC1 [MWh/Ano]	Perdas Totais FC1 [MWh/Ano]	Perdas FC1 [%]	Perdas/SPE FC1 [%]	Potência FC2 [MWh/Ano]	Perdas Totais FC2 [MWh/Ano]	Perdas FC2 [%]	Perdas/SPE FC2 [%]
SPE01	CIRCUITO 1	-	12,00	2	105.120,00	2.093,87	1,99%	1,98%	63.072,00	753,79	1,20%	1,19%
	CIRCUITO 2	-	12,00	2	105.120,00	2.120,12	2,02%		63.072,00	763,24	1,21%	
	CIRCUITO 3	-	12,00	2	105.120,00	2.039,32	1,94%		63.072,00	734,16	1,16%	
SPE02	CIRCUITO 4	-	6,00	1	52.560,00	880,97	1,68%	1,94%	31.536,00	317,15	1,01%	1,16%
	CIRCUITO 5	-	12,00	2	105.120,00	2.082,63	1,98%		63.072,00	749,75	1,19%	
	CIRCUITO 6	-	12,00	2	105.120,00	2.124,67	2,02%		63.072,00	764,88	1,21%	
SPE03	CIRCUITO 7	-	12,00	2	105.120,00	2.080,51	1,98%	1,96%	63.072,00	755,63	1,20%	1,19%
	CIRCUITO 8	-	12,00	2	105.120,00	2.047,44	1,95%		63.072,00	743,73	1,18%	
TOTAIS			648,00	108	5.676.480,00	99.188,20	1,75%		3.405.888,00	35.898,32	1,05%	

Fonte: Conectrom,2024.

ser aplicada apenas em casos onde há uma margem considerável nos resultados das perdas elétricas. Em uma das oportunidades trabalhadas, a estagiária realizou essa metodologia, diminuindo 30 mil metros do cabo CA Petunia 750 MCM, mesclando com a utilização dos cabos CA Goldentuft 450 MCM e CA Orchid 636 MCM, obtendo uma expressiva redução no custo final.

Após finalização do estudo de perdas, os cabos utilizados na rede de média tensão são finalmente definidos e inseridos na lista “De-Para” no levantamento de cabos. Com os devidos quantitativos levantados, é iniciada a etapa de precificação, dimensionamento de equipes e tempo de permanência em obra, levando em consideração todos os encargos individuais de cada estado e elaboração da proposta técnico-comercial, onde estão presentes todas as premissas de projetos e todas as considerações feitas no decorrer da fase de orçamentos.

3.2 Elaboração de *Layouts*

Como já mencionado anteriormente, a elaboração de traçados tanto para a rede de média quanto para a rede de baixa tensão é essencial para realizar um levantamento de quantitativos. No entanto, com base na experiência adquirida durante o período de estágio, observou-se que, na maioria dos casos, o traçado da rede de média tensão é frequentemente fornecido pelos proprietários dos empreendimentos, tanto em projetos eólicos quanto fotovoltaicos. Contudo, a rede de baixa tensão, na totalidade dos processos,

precisou ser completamente desenvolvida internamente.

3.2.1 Elaboração de Redes de Baixa Tensão

Durante o estágio, a estagiária teve a oportunidade de desenvolver alguns layouts, sempre sob a supervisão e aprovação dos superiores. A elaboração do traçado da rede de baixa tensão é fundamental para a construção precisa do orçamento de um empreendimento dessa magnitude. Na concepção das valas, estas são separadas de acordo com a quantidade de bifólios agrupados em seu interior, já que cada configuração demanda uma largura específica. A espessura das camadas de areia lavada e do material de reaterro de escavação varia conforme essa especificidade, e, em casos de solos com alta resistividade, pode ser necessário o uso de materiais mais selecionados, o que eleva os custos. Além disso, o concreto pode ser utilizado em situações de envelopamento e precisa ser quantificado. Valas de cabos que cruzam valas de drenagem, assim como aquelas que atravessam vias de acesso do parque, também necessitam de envelopamento.

A Figura 14 mostra o primeiro traçado geral de baixa tensão elaborado pela estagiária. O parque em questão possui 62,37MWp de potência instalada, 99712 módulos, 294 *trackers* de comunicação *Zigbee*, ou seja, não necessita de cabeamento, composto por uma TCU, NCU e RSU, com 7 eletrocentros. Na imagem, é possível observar o layout geral de um dos sete eletrocentros. Para facilitar a compreensão do desenho, as valas são representadas por cores distintas, com cada cor correspondendo à quantidade de bifólios ou trifólios agrupados no interior da vala. Além disso, cada tipo de vala está organizado em camadas (*layers*) diferentes, garantindo uma quantificação precisa, tendo em vista a variação de suas dimensões. A identificação das valas envelopadas segue o mesmo princípio, conforme ilustrado na Figura 15. Esta figura detalha de forma mais clara alguns exemplos de envelopamentos, incluindo cruzamentos de valas contendo cabo BT de 400 mm² com valas de drenagem, valas de cabos solares e cruzamentos com a via de acesso à central de transformação.

A Figura 16 faz parte de um dos layouts desenvolvidos pela estagiária, referente a um parque com 56,028 MWp (CC) e 50,6 MW (CA) de potência instalada, que conta com 89.040 módulos, 799 *trackers* e 6 eletrocentros. Cada projeto apresenta suas particularidades, o que pode resultar em variações na quantidade de bifólios agrupados e nas dimensões das valas, de acordo com o cabo utilizado e com a potência concentrada na *string box*. No entanto, o padrão de elaboração segue sempre a mesma lógica, com foco na otimização do uso de cabos condutores. Isso é feito buscando os caminhos de menor distância até o eletrocentro, evitando cruzamentos quando possível, e respeitando as distâncias mínimas entre valas adjacentes.

Uma das variações no processo licitatório ocorre quando o cliente solicita que o próprio EPCista realize um estudo de viabilidade técnica do empreendimento. No caso de

Figura 14 – Traçado geral de baixa tensão



Fonte: Conectrom,2023.

Figura 15 – Detalhe da chegada dos cabos no Eletrocentro

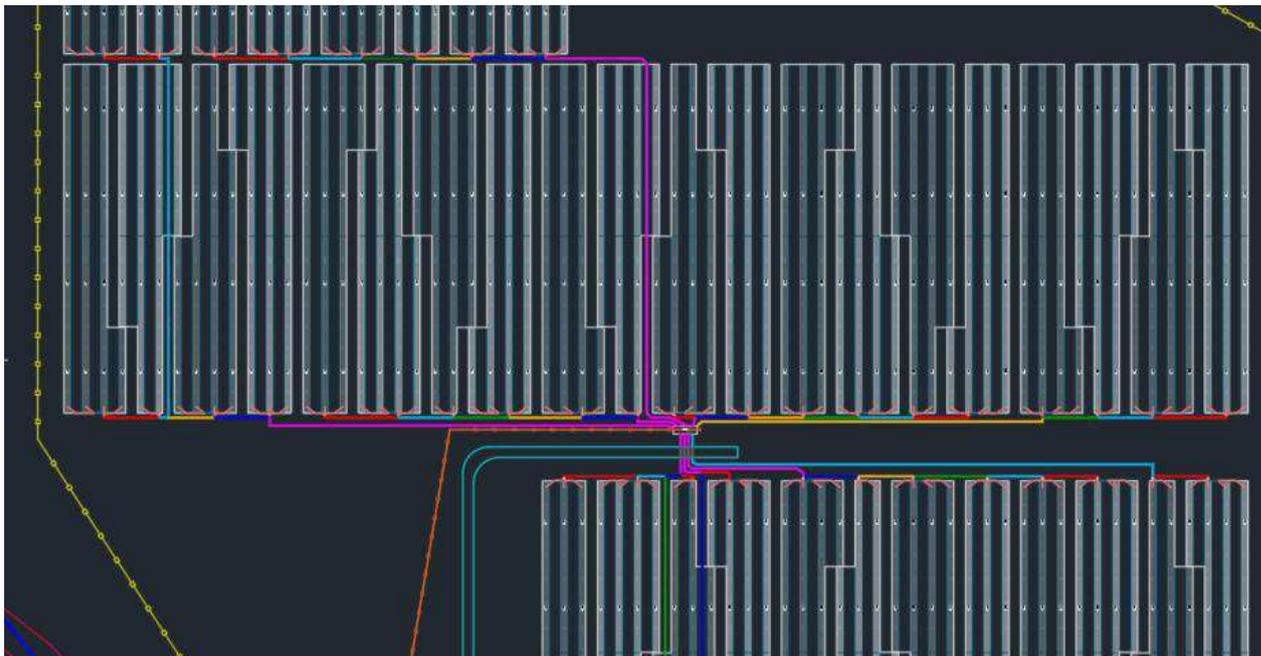


Fonte: Conectrom,2023.

usinas fotovoltaicas, o proprietário fornece a potência instalada desejada, a área disponível para movimentação de terra, os tipos de equipamentos, e a quantidade de módulos e *trackers* que pretende contratar. Com base nessas informações, a contratada é responsável por construir o orçamento e desenvolver o projeto básico

Durante esse processo, a estagiária teve a oportunidade de participar na elaboração de um projeto básico, contribuindo na criação dos arranjos fotovoltaicos, que é o primeiro passo do projeto, e também na elaboração da rede de baixa tensão. Essa experiência proporcionou um aprendizado prático e direto, permitindo um envolvimento profundo em

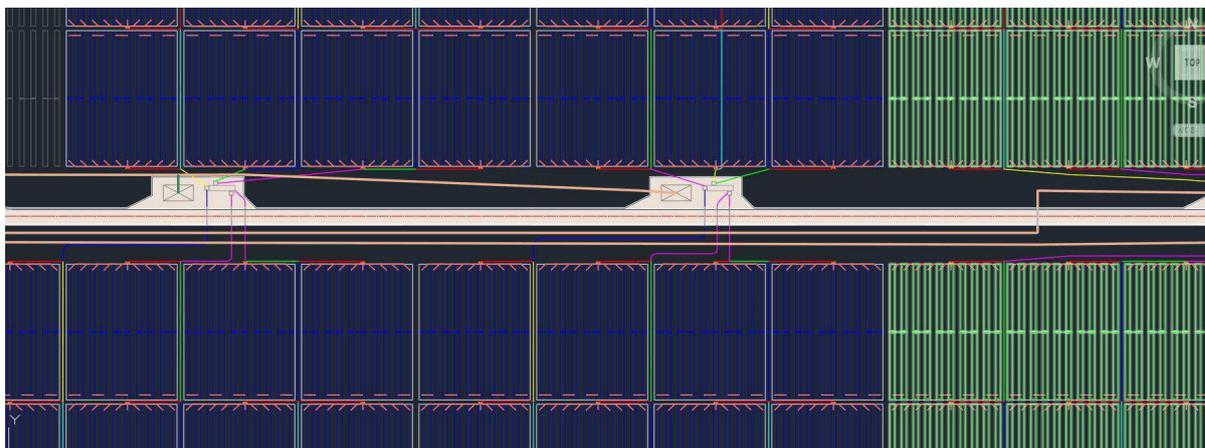
Figura 16 – Traçado geral de baixa tensão



Fonte: Conectrom,2023.

atividades essenciais para o desenvolvimento do projeto. projeto é o ilustrado na Figura 17, possuindo uma potência instalada de 136,22 MWp (CC), 227040 módulos e 7095 *trackers* e 16 eletrocentros.

Figura 17 – Elaboração de Projeto Básico



Fonte: Conectrom,2024.

3.2.2 Elaboração de Redes de Média Tensão

Embora não seja comum a elaboração do traçado da RMT (Rede de Média Tensão) pelo EPCista em empreendimentos eólicos, pode ocorrer que o cliente solicite ajustes no traçado com o objetivo de reduzir custos, diminuindo o número de postes e cabos condutores. Nessas situações, é frequente a inclusão de redes aéreas com circuitos triplos

ou quádruplos. Ou ainda, caso a redução seja significativa, o cliente pode sinalizar o interesse de licenciar novas áreas que diminuam a extensão da rede.

A Figura 18 ilustra o traçado da rede de média tensão desenvolvido pela estagiária, que otimizou a rede em 5 km lineares ao utilizar uma linha de postes com circuitos quádruplos. Este empreendimento, que inclui 14 aerogeradores, apresenta uma RMT aérea com derivações subterrâneas apenas nas saídas dos aerogeradores e entrada na subestação coletora também de forma aérea. O desenho foi elaborado para facilitar o entendimento tanto do cliente quanto do projetista, com cada tipo de linha representado em camadas (*layers*) distintas. Assim, diferentes cores indicam linhas de circuitos simples, duplos, triplos ou quádruplos.

É importante salientar que, para criação ou otimização da rede coletora, é fundamental conhecer as áreas que já possuem licenciamento pelo proprietário do parque, a fim de evitar novos transtornos.

Figura 18 – Traçado geral de uma rede de média tensão aérea



Fonte: Conectrom,2023.

3.3 Formação de Preço e Elaboração de Proposta Técnica Comercial

Após o levantamento de quantitativos inicia-se a etapa final do orçamento. Tendo todos os quantitativos de cabos, sejam eles de baixa ou média tensão, postes, e comprimento total de valas, é possível definir quanto irá custar o serviço prestado pela Conectrom, de forma a definir as equipes para cada atividade, frota, máquinas e equipamentos necessários para cada uma delas e estruturação do canteiro de obras. É nesse momento que todos os custos existentes em função da obra são identificados.

Para o fechamento do preço, é preciso definir o valor do BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) pretendido, tanto para o serviço quanto para os materiais. Em paralelo ao levantamento de quantitativos, à medida que a equipe define as quantidades de projeto, cotações são solicitadas aos fornecedores, considerando a localização da obra. Dessa forma, o preço dos materiais pode ser inserido na composição do orçamento, incluindo a entrega no local da obra e todos os impostos aplicáveis, como IPI e ICMS.

Logo, tendo o valor do serviço e os valores referentes aos materiais ofertados, a empresa constrói uma planilha chamada de EAP, resultando no preço de venda para construção da obra, assim como o seu custo para a empresa.

A proposta técnica comercial é elaborada com base em todas as premissas de projeto utilizadas no orçamento, detalhando a execução de todas as atividades previstas para o empreendimento. Além disso, inclui todas as considerações feitas pela engenharia, como as perdas máximas obtidas após os dimensionamentos, tipo de ligação para quantificação de cabos, tipos de cabos utilizados com suas principais características, critérios de definição das valas, tipos de postes e cruzetas, e tipo de entrada na subestação, entre outros aspectos.

É fundamental que todas essas considerações estejam presentes na proposta, para garantir que o cliente compreenda claramente o que a Conectrom irá fornecer e o que não está incluído em sua responsabilidade. A proposta serve como um documento anexo ao contrato, assegurando a empresa contra qualquer exigência do cliente que esteja fora do escopo ou do fornecimento. Isso é crucial, considerando que os valores envolvidos são significativamente altos.

3.4 Visitas Técnicas

No decorrer do período de estágio, foi realizada uma visita técnica a Usina Fotovoltaica Luzia 2 e 3, localizada na cidade de Santa Luzia, no estado da Paraíba, sendo ela projetada e construída pela Conectrom. A visita foi de extrema importância pois foi possível a visualização do que é feito todos os dias no escritório, na prática. Toda a equipe

do setor de orçamentos julgou a visita bastante esclarecedora, ao mesmo tempo sendo capaz de solidificar o conhecimento adquirido. Foi possível esclarecer dúvidas sobre como eram posicionadas as abraçadeiras e quantas são usadas em cada string box, assim como a ligação e aterramento dos equipamentos.

Figura 19 – Visita a Usina Fotovoltaica Luzia 2 e 3 de 149,30 MWp



Fonte: Autoria própria.

Além da usina solar, também foi visitado o Complexo Eólico de Chafariz, localizado em Santa Luzia, na Paraíba, também construído pela Conectrom. O complexo eólico possui 90 aerogeradores, com uma potência instalada de 311,85 MW. A visita foi altamente relevante devido a topologia de sua rede de média tensão, permitindo visualizar de perto as transições de rede subterrânea para aérea e vice-versa, como mostra a Figura 21, esclarecendo dúvidas quanto aos acessórios utilizados nessas transições, além de visualizar estruturas especiais de postes, como por exemplo, uma N5.

Figura 20 – Visita técnica ao complexo eólico Chafariz



Fonte: Autoria própria.

Figura 21 – Tramo de postes contendo uma linha de circuito quádruplo realizando uma transição de rede aérea para subterrânea já na entrada da subestação coletora.



Fonte: Autoria própria.

4 Considerações Finais

Neste relatório foram descritas as atividades realizadas pela estagiária durante o estágio integrado realizado na empresa Conectrom Engenharia LTDA na cidade de Natal, no estado do Rio Grande do Norte.

A disciplina de estágio integrado foi de extrema importância para a formação pessoal, técnica e profissional da estudante. Ela possibilitou o desenvolvimento de diversas atividades, como o dimensionamento de redes de média tensão e seu escopo eletromecânico, além de proporcionar uma valiosa vivência corporativa, onde foram trabalhadas *soft skills* como trabalho em equipe e gestão de pessoas. Por essa razão, os conhecimentos adquiridos ao longo de disciplinas como Circuitos Elétricos, Dispositivos Eletrônicos, Sistemas Elétricos, Instalações Elétricas, Equipamentos Elétrico, Operação e Controle de Sistemas Elétricos, Proteção de Sistemas Elétricos e Engenharia Econômica foram imprescindíveis para facilitar o processo de aprendizagem sobre cada metodologia aplicada no decorrer do estágio.

O estágio proporcionou o desenvolvimento de novas habilidades técnicas e interpessoais, enriquecendo o portfólio técnico da estagiária. Além dos conhecimentos adquiridos, houve uma expansão significativa na área orçamentária voltada para a construção civil, incluindo cálculos de custo de serviços, inserção de impostos e análise de lucratividade. Também foram aprofundados os conhecimentos sobre redes de comunicação por meio de fibra óptica. Ademais, foi perceptível o amadurecimento profissional, evidenciado pela execução de atividades como gerenciamento de projetos e cumprimento de prazos.

Diante disso, pode-se concluir que a discente atingiu o objetivo do estágio integrado de forma satisfatória, pois foi possível colocar em prática os conhecimentos adquiridos ao longo de sua jornada acadêmica, além de consolidar a formação como profissional de Engenharia Elétrica inserida no mercado de trabalho, estabelecendo boas relações dentro do ambiente de trabalho e obtenção de aprendizados significativos para sua formação.

Referências

- [1] 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: 9 de maio de 2024. Nenhuma citação no texto.
- [2] SYDLE. BDI: O que é e como realizar o cálculo?. [S. l.], 11 de julho de 2024. Disponível em: <<https://www.sydle.com/br/blog/bdi-como-realizar-o-calculo-63c06569ec512f1302b5b107.>>. Acesso em: 30 de julho de 2024. Nenhuma citação no texto.
- [3] NBR-5410 - Instalações elétricas de baixa tensão – ABNT, 2004.
- [4] 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.
- [5] NBR 16690 - Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos - Requisitos de projeto – ABNT, 2019.
- [6] IEC 60364-7-712: Requirements for special installations or locations - Solar photovoltaic (PV) power supply systems.
- [7] ABNT NBR 5419:2015: Proteção Contra Descargas Atmosféricas.
- [8] 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).
- [9] IEC 61730-2:2016: Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 2: Requirements for testing. ABU-SIADA, A.; ISLAM, S. High frequency transformer computer modeling. IEEE Power Engineering Conference. [S.l.]: [s.n.]. 2007.