

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

LUAN FÁBIO MARINHO GALINDO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO
ECOMAN – ENGENHARIA, CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO LTDA

Campina Grande, Paraíba, Brasil
2024

LUAN FÁBIO MARINHO GALINDO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO
ECOMAN – ENGENHARIA, CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO LTDA

*Relatório de estágio integrado submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

Professor Edgar Roosevelt Braga Filho, D.Sc.
Orientador

Campina Grande, Paraíba, Brasil
2024

LUAN FÁBIO MARINHO GALINDO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO
ECOMAN – ENGENHARIA, CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO LTDA

*Relatório de estágio integrado submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

Aprovado em 05 / 06 / 2024

Professor Célio Anésio da Silva, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Edgar Roosevelt Braga Filho, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador

Dedico este trabalho a todos os que me apoiaram durante essa desafiadora jornada da minha vida. Na senóide que nossa existência busca seguir, os altos não teriam graça sem vocês, e definitivamente eu não sobreviveria aos baixos sozinho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a toda a equipe da ECOMAN pela oportunidade, acolhimento, ensinamentos e por tudo que me foi proporcionado. Me sinto muito abençoado por ter tido a sorte de trabalhar com pessoas como vocês. Particularmente quero agradecer a meu supervisor Jorge Luiz, a Erika Delmiro, Hericles Rodrigues, Irenaldo Cesário e Jailson Souza. Seus ensinamentos e conselhos tem minha profunda gratidão, e jamais serão esquecidos.

Agradeço também ao restante da minha família e aos meus amigos, que com toda consideração e suporte, sempre me incentivaram a perseverar durante essa árdua jornada.

Por fim, agradeço a todos que passaram por minha vida durante esse processo. Aprendi com vocês que todas as experiências somam para o nosso crescimento, independentemente de serem boas ou ruins, basta sermos capazes de aprender com elas. Foi esse pensamento que me ajudou a tornar-me o homem que sou hoje.

“A persistência revela o caminho.”

Star Wars: Jedi Fallen Order™

RESUMO

Neste relatório descrevem-se as principais atividades do período de Estágio Integrado em Engenharia Elétrica de Luan Fábio Marinho Galindo, na empresa ECOMAN – Engenharia, Construção e Manutenção LTDA, pelo setor de Construção e Manutenção de Linhas de Transmissão, atuando na obra LD 138 kV Alto Fêmeas II – Mundo Verde (Lote 1), solicitada pela Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA) na cidade de São Desidério, Bahia, com carga horária total de 669h.

O texto aborda as atividades realizadas pelo estagiário, partindo da fundamentação em normas no setor de construção de linhas de transmissão até o acompanhamento de atividades tanto em campo quanto no escritório que incluem, mas não se limitam a: locação de estruturas, escavação, concretagem, aterramento, pré-montagem, içamento, lançamento de condutores e grampeamento dos cabos, finalizando com indagações sobre a experiência de estágio, sobre como a formação na UFCG contribuiu para o estágio e com conclusões técnicas sobre a obra.

O estágio ocorreu sob supervisão dos engenheiros Jorge Luiz Batista Leal e Hericles Rodrigues Ferreira e sob orientação do professor Edgar Roosevelt Braga Filho, D. Sc.

Palavras-chave: ECOMAN, COELBA, Construção de Linhas de Transmissão, Engenharia Elétrica, Estágio.

ABSTRACT

This report describes the main activities of the Integrated Internship period of Luan Fábio Marinho Galindo, at the company ECOMAN – Engenharia, Construção e Manutenção LTDA, in the Construction and Maintenance of Transmission Lines sector, working on the LD 138 kV Alto Fêmeas II – Mundo project Verde (Lot 1), requested by the Electricity Company of the State of Bahia (COELBA) in the city of São Desidério, Bahia, with a total workload of 669h.

The text addresses the activities carried out by the intern, starting from the basis of standards in the transmission line construction sector to monitoring activities both in the field and in the office which include, but are not limited to: tenantry of structures, excavation, concreting, grounding, pre-assembly, lifting, laying of conductors and clamping of cables, ending with inquiries about the internship experience, how graduating at UFCG contributed to the internship and with technical conclusions about the work.

The internship took place under the supervision of engineers Jorge Luiz Batista Leal and Hericles Rodrigues Ferreira and under the guidance of Professor Edgar Roosevelt Braga Filho, D. Sc.

Keywords: ECOMAN, COELBA, Transmission Lines Construction, Electrical Engineering, Internship.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Visão aérea da obra.	14
Figura 2 – Missão, visão e valores da ECOMAN.	16
Figura 3 – Estrutura Organizacional da ECOMAN.....	18
Figura 4 – Perfil de sondagem à percussão.	24
Figura 5 – Silhueta da família de torres SS.	28
Figura 6 – Silhueta da família de torres AS.....	29
Figura 7 – Silhueta de uma torre AT.	30
Figura 8 – Cronograma executivo da obra em 29-01-2024.....	31
Figura 9 – Histograma de pessoas estimado para a obra.	32
Figura 10 – Início da armação de tubulões.....	33
Figura 11 – Processo de armação de sapatas.....	33
Figura 12 – Primeiro acompanhamento de locação de estrutura.....	34
Figura 13 – Processo de escavação dos tubulões.	36
Figura 14 – Processo de escavação das sapatas.....	36
Figura 15 – Acompanhamento de supressão vegetal.....	37
Figura 16 – Nivelamento de tubulão pelo topógrafo.....	38
Figura 17 – Preparação e nivelamento de forma e gabarito com <i>stub</i>	39
Figura 18 – <i>Slump test</i> do concreto.	40
Figura 19 – Planilha de controle de relatórios de corpos de prova.....	40
Figura 20 – Concretagem de tubulão.....	41
Figura 21 – Concretagem de sapata.....	42
Figura 22 – Reaterro e compactação de solo em uma sapata.	42
Figura 23 – Medição da resistência de aterramento da estrutura 26/2.	43
Figura 24 – Esquema de aterramento.	44
Figura 25 – Instalação do sistema de aterramento.....	44
Figura 26 – Processo de carregamento de estrutura para o campo.....	45
Figura 27 – Acompanhamento de içamento de pé e extensão.....	46
Figura 28 – Acompanhamento de içamento de corpo básico.....	46
Figura 29 – Acompanhamento de lançamento dos cabos condutores.	47
Figura 30 – Aterramento móvel em bobina de cabo condutor.	48
Figura 31 – Dinamômetro acoplado a retroescavadeira para aferição de tração no cabo.	48
Figura 32 – Isolador preparado para instalação.....	49
Figura 33 – Final do tramo de lançamento na estrutura 8/2.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais atividades desenvolvidas durante o estágio.	15
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
LTDA	Limitada ou Sociedade Limitada
SE	Subestação de Energia
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
LD	Linha de Distribuição
NR	Norma Regulamentadora
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
TP	Transformador de Potencial
TC	Transformador de Corrente
RAB	Base de Ativos Regulatórios
SIN	Sistema Interligado Nacional
RAP	Receitas Anuais Permitidas
SESMT	Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho
RH	Setor de Recursos Humanos
DCMD	Departamento de Construção e Manutenção da Distribuição
LT	Linha de Transmissão
APP	Área de Preservação Permanente
NBR	Norma Brasileira
CAA	Cabo de Alumínio com alma de Aço Zincado
CAL	Cabo de Alumínio-Liga
T-CAA	Cabo de Alumínio Termorresistente
AS	Ancoragem Simples
SS	Suspensão Simples
AT	Ancoragem Terminal
INEMA	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
EPI	Equipamento de Proteção Individual
RDO	Relatório Diário de Obra

LISTA DE SÍMBOLOS

kV Notação utilizada para representar múltiplos de 1000 Volts

SUMÁRIO

1	Introdução	14
1.1	Objetivos.....	15
1.2	Organização do Texto.....	15
1.3	Sobre a ECOMAN.....	16
1.4	Sobre a Neoenergia/COELBA.....	18
2	Atividades de Fundamentação Normativa	20
2.1	Projeto de Linhas de Subtransmissão de 72,5 kV	20
2.2	Critérios de Projeto de Linhas de Subtransmissão de 138 kV em Torres Metálicas	22
2.3	Estruturas Utilizadas no Projeto	27
2.3.1	Torre SS.....	28
2.3.2	Torre AS	29
2.3.3	Torre AT.....	30
3	Atividades Desenvolvidas.....	31
4	Considerações Finais	51
	Referências	53
	Glossário.....	55
	Apêndice A – Semanário de Atividades.....	57

1 INTRODUÇÃO

Neste relatório são descritas as atividades desenvolvidas no período de Estágio Integrado pelo discente Luan Fábio Marinho Galindo, do curso de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), com carga horária total de 669h, iniciado 03 de janeiro de 2024 e concluído em 03 de junho de 2024, na cidade de São Desidério, Bahia. O estágio foi realizado na empresa ECOMAN – Engenharia, Construção e Manutenção LTDA sob supervisão do Engenheiro Jorge Luiz Batista Leal, do Engenheiro Hérciles Rodrigues Ferreira e orientação do professor Edgar Roosevelt Braga Filho, D. Sc. A obra na qual o estagiário atuou é a LD 138 kV – Alto Fêmeas II – Mundo Verde – Lote 1, solicitada pelo grupo Neoenergia através da subsidiária Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA). Na Figura 1 apresenta-se uma visão aérea do trecho da obra, que cobre a partir dos pórticos da Subestação de Energia (SE) Alto Fêmeas II até a estrutura 21/1¹, cobrindo também o intervalo entre as estruturas 37/1 e 39/2.

Figura 1 – Visão aérea da obra.



Fonte: Autoria Própria, 2024

¹ A nomenclatura KM/N ou KM-N significa que a estrutura está no quilômetro KM, e dentro desse quilômetro essa é a estrutura número N, no sentido da fonte para a carga.

1.1 OBJETIVOS

O estágio faz parte dos requisitos para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica, representando o primeiro contato do discente com o mercado de trabalho, sendo então um importante marco do período de transição da vida acadêmica para a vida profissional do estudante, onde ele iniciará a aplicar seus conhecimentos e habilidades desenvolvidos durante a graduação para contribuir para o desenvolvimento da sociedade. Destes conhecimentos, pode-se mencionar a análise de projetos, de Normas Regulamentadoras (NR's), de materiais elétricos e eletromecânicos. Na Tabela 1 apresentam-se as principais atividades desenvolvidas durante o estágio. Este texto visa relatar e descrever as atividades desenvolvidas pelo estagiário.

Tabela 1 – Principais atividades desenvolvidas durante o estágio.

1. Gerenciamento de equipes
2. Preenchimento diário de planilhas
3. Controle de entrada e saída de materiais
4. Elaboração de relatórios pertinentes a obra
5. Acompanhamento em campo nas frentes de serviços
6. Solicitação de orçamentos para compra de materiais
7. Elaboração de cronogramas e histogramas

Fonte: Autoria própria, 2024

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

O texto divide-se em 4 capítulos: A Introdução, onde o estágio é contextualizado; a Fundamentação Normativa, onde são descritas as atividades de fundamentação realizadas pelo estagiário; as Atividades Desenvolvidas, onde são relatadas as atividades realizadas em prol da empresa e por fim, as Considerações Finais, onde é refletido sobre o estágio e são tiradas conclusões sobre o processo.

1.3 SOBRE A ECOMAN

Fundada em 19 de junho de 2000, na cidade de Campina Grande - PB, a ECOMAN é uma empresa de engenharia e consultoria com foco em engenharia elétrica, composta por profissionais altamente experientes no setor elétrico brasileiro.

Com um compromisso constante com a excelência, a ECOMAN oferece uma gama de serviços que inclui a construção e manutenção de redes aéreas de distribuição de energia elétrica, linhas de transmissão, iluminação pública, poda de árvores, elaboração de projetos e serviços em subestações que incluem a construção e manutenção de redes de distribuição de 13.8 kV a 69 kV. A empresa emprega equipes especializadas para intervenções utilizando métodos de linha viva e morta. Além disso, a ECOMAN oferece serviços de poda técnica, instalação de padrões de entrada, e montagem de estruturas com transformadores e equipamentos elétricos.

A empresa realiza trabalhos que abrangem a construção e manutenção de linhas de transmissão de 138 kV a 500 kV, instalação de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) em linhas com padrão antigo e tratamento anticorrosivo de linhas de transmissão, tanto energizadas quanto desenergizadas, até 500 kV.

Comprometida com os resultados, a ECOMAN se preocupa em cumprir as leis e regulamentos que governam o país, o mercado empresarial e o setor de energia. Esses compromissos estão refletidos na visão, missão e valores da empresa e são explicitados em suas políticas internas e no Código de Conduta Ética (ECOMAN). Na Figura 2 apresenta-se a missão, visão e valores da ECOMAN.

Figura 2 – Missão, visão e valores da ECOMAN.



Fonte: (ECOMAN)

Em 2018, a ECOMAN se destacou na segunda edição do Prêmio Parceiro Energisa, que visa promover a melhoria contínua da gestão e dos serviços prestados pelos fornecedores da concessionária. A empresa foi premiada nas categorias Parceiro Estratégico Energisa (serviços de distribuição), Qualidade de Gestão e Selo Energisa Qualidade da Gestão.

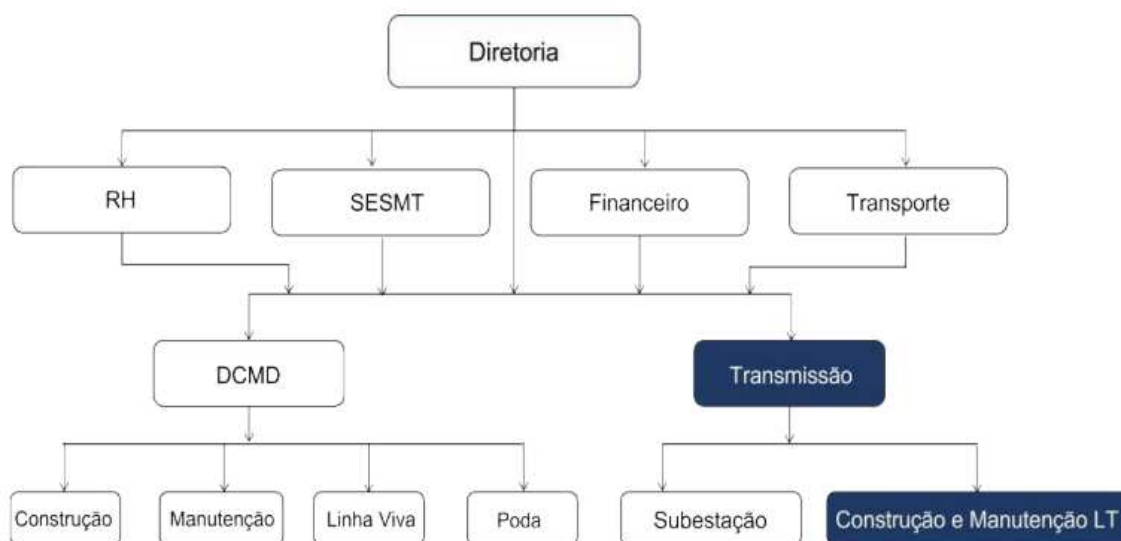
No ano de 2021, a ECOMAN recebeu o prêmio Destaque Sistema de Gestão do Prêmio Sinergisa, organizado pela Energisa para reconhecer e homenagear o trabalho realizado por seus fornecedores e parceiros. A premiação avalia critérios que vão desde a segurança no trabalho até a pontualidade das entregas.

A ECOMAN é organizada em diversos setores para melhor coordenação das atividades e serviços prestados, promovendo agilidade e comunicação entre eles. Começando pela diretoria, esta é responsável pela administração, contato direto com os clientes e fechamento de contratos de serviços.

O Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) orienta os colaboradores sobre a segurança na execução das atividades em campo e realiza inspeções minuciosas dos equipamentos e ferramentas utilizados. O setor de Recursos Humanos (RH), por sua vez, apoia a diretoria na realização de recrutamentos e na promoção de diversos eventos, sempre em colaboração com os demais setores.

O setor de Transporte gerencia toda a frota de veículos da empresa, controlando as manutenções necessárias nos veículos para garantir a segurança dos colaboradores em suas funções. O setor Financeiro mantém o controle das finanças e auxilia os demais setores conforme necessário. Os setores de produção incluem o Departamento de Construção e Manutenção da Distribuição (DCMD) e o setor de Transmissão (SILVA, 2022). Na Figura 3 apresenta-se um organograma dos setores da empresa, com destaque ao setor no qual acontecerá este estágio, que é o de Construção e Manutenção de Linha de Transmissão (LT).

Figura 3 – Estrutura Organizacional da ECOMAN.



Fonte: (SILVA, 2022)

1.4 SOBRE A NEOENERGIA/COELBA

A Neoenergia, uma empresa de capital aberto cujas ações (NEOE3) são negociadas na Bolsa de Valores de São Paulo, é controlada pelo grupo Iberdrola, da Espanha. A empresa atua de forma integrada no setor de energia, com três segmentos estratégicos: (i) Redes, que envolvem distribuição e transmissão; (ii) Renováveis, que incluem geração de energia eólica, hidrelétrica e solar; e (iii) Liberalizado, que abrangem geração térmica e comercialização de energia. A Neoenergia opera em 18 estados brasileiros e no Distrito Federal, com uma presença significativa na Região Nordeste, uma das regiões de maior crescimento do país em termos de PIB e população.

Com uma área de concessão de aproximadamente 842 mil quilômetros quadrados, a Neoenergia atende cerca de 16,1 milhões de unidades consumidoras por meio de suas cinco distribuidoras - Neoenergia COELBA (BA), Neoenergia Pernambuco (PE), Neoenergia COSERN (RN), Neoenergia Elektro (SP/MS) e Neoenergia Brasília (DF). Assim, a empresa fornece energia para 37,7 milhões de pessoas, tornando-se o maior *player* de distribuição do Brasil em número de consumidores e Base de Ativos Regulatórios (do inglês, RAB).

A Neoenergia também está presente no setor de transmissão de energia elétrica, operando e mantendo linhas de transmissão e subestações com tensão igual ou superior a 230 kV, que fazem parte do Sistema Interligado Nacional (SIN). A remuneração desses ativos ocorre por meio de Receitas Anuais Permitidas (RAP), provenientes dos Leilões

de Transmissão e/ou de resoluções autorizativas. A empresa possui um portfólio de 18 ativos (8,6 mil km de linhas e 26 subestações), dos quais 10 estão em operação (2,5 mil km e 13 subestações) e 8 estão em construção (6,1 mil km e 13 subestações).

No segmento de Geração, o grupo possui uma capacidade instalada de 5,2 GW, considerando ativos em operação ou em construção, além de um *pipeline greenfield* com potencial de 5,1 GW de capacidade instalada. A capacidade instalada total é dividida da seguinte maneira: (a) 3 GW de hidrelétricas, (b) 1,6 GW de eólicas, (c) 0,1 GW de parques solares e (d) 0,5 GW da usina térmica Termopernambuco (NEOENERGIA, 2024).

A COELBA, é a terceira maior fornecedora de energia elétrica do Brasil em termos de clientes e a sexta em termos de volume de energia fornecida. Além disso, é a principal concessionária na região Norte-Nordeste. A COELBA, que é controlada pelo Grupo Neoenergia, atende mais de 14 milhões de pessoas em 415 dos 417 municípios da Bahia, cobrindo uma área de concessão de 563 mil km². Em 2016, a empresa já possuía mais de 5,6 milhões de clientes, dos quais 88% são residenciais (COELBA, 2016).

Em 2016, 18 anos após sua privatização, a empresa aumentou sua base de clientes de 2,5 milhões em 1997 para 5,6 milhões de consumidores atendidos. O crescimento foi impulsionado pelo aumento dos investimentos e pela expansão da infraestrutura, alinhados à política de planejamento e gestão do Grupo Neoenergia, resultando na melhoria dos indicadores de qualidade (COELBA, 2016).

2 ATIVIDADES DE FUNDAMENTAÇÃO NORMATIVA

O período de estágio também exige que o aluno continue se aperfeiçoando para atender as demandas que lhe são esperadas pelo mercado de trabalho. Nesse contexto, fizeram-se necessários estudos e pesquisas, da mesma forma que as demais disciplinas da graduação exigem, para que o estagiário se habitue com as atividades da empresa. Por esse motivo, este capítulo será dedicado aos estudos e análises das normas apresentadas e demais conteúdos técnicos necessários para um melhor preparo do estagiário.

2.1 PROJETO DE LINHAS DE SUBTRANSMISSÃO DE 72,5 kV

Com código DIS-NOR-008 e data de aprovação em 28/10/2019, essa normativa busca estabelecer critérios mínimos a serem atendidos na elaboração dos projetos de Linhas de Subtransmissão em 72,5 kV, e definir seus tipos de estruturas básicas padronizadas (DO RIO, 2019). Essa normativa foi analisada para fins de que o estagiário entenda sobre algumas etapas de construção.

As linhas de subtransmissão aéreas possuem três arranjos básicos para disposição dos condutores: i) Triangular: disposição onde os condutores estão dispostos segundo os vértices de um triângulo; ii) Horizontal: onde os condutores devem ser fixados em um mesmo plano horizontal (sendo predominantemente utilizadas em Linhas de Subtransmissão Rurais, por exigir estruturas mais largas) e iii) Vertical, onde os condutores devem ser fixados num mesmo plano vertical (com utilização predominante em Linhas de Subtransmissão Urbanas, devido a limitação nos espaços disponíveis em centros urbanos).

Para os estudos de viabilidade e definição do projeto, etapa conhecida como traçado, a área de planejamento da Distribuidora (e.g. COELBA) deve apresentar análises de viabilidade econômica e de expansão do sistema elétrico, para garantir que exista uma demanda que precise ser suprida. Esses estudos também auxiliam a logística do projeto, e atenuam o tempo hábil para execução dele, garantindo o menor custo possível sem afetar a qualidade da obra, respeitando as características da região.

Para isso, o traçado inicial é definido com a menor distância, menor número de ângulos e menor número de obstáculos entre as duas extremidades da linha. Em seguida, com esse traçado teórico é feito um estudo preliminar com materiais cartográficos como ortocartas, mapas, cartas geográficas e informações meteorológicas para garantir uma boa definição do traçado, onde a construção e manutenção da linha sejam facilitadas, sem maiores encargos financeiros ou logísticos.

Além disso, há obstáculos que podem impedir ou atrasar a construção da linha, além de dificultarem sua manutenção, como áreas de preservação ambiental, áreas rochosas, travessias sobre rios ou açudes, caminhamento por cidades e/ou propriedades privadas de alto valor (que devem ser indenizadas), zonas especiais de administração pública (aeroportos, zonas militares e afins) e intervenção com outros sistemas energizados.

Com esses obstáculos contornados, passa-se da fase de Projeto Básico para a fase de Projeto Executivo, na qual, é feita a plotagem das estruturas, catenárias da linha, sistema de aterramento na planta perfil, definição de quantitativos de materiais, projetos de travessias, tabelas de flechas e esforços, listas de construção e memoriais descritivos (PRADO PINA, 2022). A Norma Brasileira (NBR) 5422² especifica as cargas mecânicas atuantes e hipóteses de carga a serem consideradas nos projetos e cálculos dos suportes das linhas, como:

- i. Cargas verticais: componentes verticais de esforços de tração dos cabos como condutores e para-raios; pesos dos acessórios de fixação dos cabos como ferragens e isoladores; peso próprio do suporte e cargas eventuais devido ao estaiamento e sobrecargas eventuais que podem surgir.
- ii. Cargas horizontais transversais: ação do vento sobre os cabos e respectivos acessórios de fixação ou sobre o suporte na direção normal da linha e componentes horizontais de esforços de tração dos cabos e esforços introduzidos pelo estaiamento.

² A NBR 5422 (que se encontra na norma DIS-NOR-008) se trata de Projeto de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica, mas há uma NBR 5422 que se refere apenas a Exposição a Campos Elétricos e Magnéticos em Frequência de 50Hz e 60Hz. Neste texto, o autor refere-se à primeira dessas NBR's. Convém mencionar a NBR 8842 que se refere a Suportes Metálicos Treliçados para Linhas de Transmissão - Resistência ao Carregamento e Método de Ensaio.

- iii. Cargas horizontais longitudinais: componentes horizontais dos esforços dos cabos e eventuais esforços introduzidos pelo estaiamento e a ação do vento sobre o suporte, na direção normal da linha.

Há distâncias mínimas de segurança que devem ser obedecidas e determinadas em função de estudos que levem em consideração as várias solicitações elétricas que a linha de subtransmissão é submetida, com o capítulo 10 da NBR 5422 informando valores e recomendações para isso. Ademais, todas as ferragens das estruturas devem ser aterradas, visando evitar tensões de passo e toque no poste além do admissível por norma, sendo as formas de aterramento precedidas por estudos na fase de projeto, e as resistências de aterramento devendo serem medidas durante a implantação da linha. Outrossim, o aterramento deve se restringir à faixa de servidão e não interferir com outras instalações existentes ou atividades dentro da faixa. Além disso, todas as linhas de subtransmissão devem possuir blindagem contra descargas atmosféricas, com o projeto considerando elementos padronizados como espaçamentos elétricos, número de isoladores e ângulos de blindagem.

A sinalização das estruturas também é importante, como em travessias de estradas, ferrovias, rios e onde possa haver dificuldade de identificar a linha devido a existência de outras. Ademais, as estruturas devem ser numeradas com informações como número do km, da estrutura, códigos de origem e destino da LT, código operacional e do poste. Esse tipo de ação facilita a manutenção da linha.

Os aspectos ambientais também devem ser considerados, com todas as licenças ambientais necessárias obtidas antes da efetivação do projeto executivo. Com isso, o projeto deve prever o mínimo possível de desmatamento, reduzindo-o ao mínimo possível sem comprometer a manutenção da linha e preservando ao máximo a fauna e flora local.

2.2 CRITÉRIOS DE PROJETO DE LINHAS DE SUBTRANSMISSÃO DE 138 kV EM TORRES METÁLICAS

Com código DIS-NOR-064 e data de aprovação em 14/10/2022, essa normativa estabelece critérios para elaboração dos projetos de linhas de subtransmissão em 138 kV

com cabos para-raios, suportadas em torres treliçadas nas distribuidoras do grupo Neoenergia (PRADO PINA, 2022).

As torres treliçadas de aço devem conter os cabos condutores e cabos de aterramento, de tal forma que os requisitos elétricos e mecânicos sejam atendidos com níveis aceitáveis de segurança e confiabilidade, além de devida atenção à segurança ao público, durabilidade, manutenibilidade e estética. Nesse contexto, a geometria das torres de linhas de subtransmissão é influenciada por fatores como nível de tensão, número de circuitos, distância mínima do solo e outros.

As linhas de subtransmissão como um sistema é composto por quatro componentes principais: cabos condutores e aterramento, isoladores (interfaces), suporte (estrutura da torre) e as fundações. Nos suportes, os elementos são estruturas de aço, parafusos e/ou cabos estais. As famílias das torres são compostas pelas seguintes subestruturas:

- i. Corpo básico: Comum em todas as torres de cada família, sendo constituído pela cabeça da torre e tronco básico inferior. Na cabeça, são fixados os isoladores e os cabos condutores, sustentados pelas mísulas. Na extremidade superior da cabeça se encontra o perfil que receberá o cabo para-raios.
- ii. Extensões do corpo básico: Variam para cada projeto em função das condições topográficas e elétricas do local onde a torre será instalada e indicam a altura da torre a ser montada, com cada trecho se alterando a cada 6m.
- iii. Pernas: Parte inferior da torre, que se apoiam nas fundações. Uma torre com seção quadrada ou retangular possui quatro pernas, que podem ter tamanho diferentes dependendo das condições topográficas do terreno, variando de 1,5 m a 9,0 m em segmentos de 1,5 m.

Detalhando melhor o que foi discutido em 2.1 no que tange a definição do traçado, deve-se assegurar a implantação de vias de acesso até a faixa de servidão, com o distanciamento assegurado de Áreas de Proteção Permanente (APPs) e de regiões com fragmentos de vegetação nativa. Destaca-se que faixa de servidão deve estar afastada num raio de 10 km a partir do eixo da linha de comunidades indígenas e quilombolas.

Em resumo, a Figura 4 demonstra os resultados do processo de penetração dinâmica em 1 ponto, onde quedas sucessivas de um martelo padronizado acontecem até ocorrer uma penetração de 0,45 m, com a quantidade de golpes necessários para tal sendo registrada a cada 0,15 m, conforme a NBR 6848/01 (Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT - Método de ensaio) (PROJELETRIC, 2021). Observando-se o gráfico, vê-se baixa inclinação das curvas de penetração, e conforme a Figura 4 indica, o solo possui características moles, logo, será necessário um projeto de fundação reforçado para garantir a estabilidade da estrutura.

O projeto eletromecânico da torre deve ser elaborado com base nos carregamentos, alturas e distâncias de segurança, com a definição do treliçamento, cálculos de esforços na estrutura metálica, dimensionamento de barras, ligações e fundações. Além disso, deve ser dada atenção especial a torres com desenvolvimento de cargas incomuns ou em ângulos, com observância sobre quaisquer tensões desequilibradas durante o processo de lançamento dos condutores. Nesse contexto, as cargas atuantes no topo das fundações (tração, compressão e cisalhamento) devem ser determinadas com base na hipótese de carregamento das estruturas e com base na ação do vento sobre elas, e o projeto como um todo precisa de critérios bem definidos com vista ao aumento de sollicitação mecânica nos condutores em razão da ocorrência de fortes rajadas de vento.

Ademais, deve ser assegurado no projeto que não ocorram dificuldades técnicas para a montagem das torres/suportes no tocante a localização dos vértices e suportes da LT. Assim, as torres devem ser locadas, preferencialmente, afastadas de taludes e, na impossibilidade disso, o talude deve ter proteção contra erosão.

O sentido da Carga e da Fonte deve ser informado no projeto para que a convenção estabelecida entre as fases seja única durante todas as etapas de projeto, construção e manutenção. Essa convenção é definida considerando um observador de costas para a fonte e observando de frente a estrutura, com a contagem das fases sendo feita da esquerda para a direita, de cima para baixo, independentemente da estrutura. O projeto pode ser concebido com circuito simples ou duplo.

O projeto deve possuir critérios bem definidos para minimizar possíveis impactos de rompimentos de condutores, considerando a instalação de torres de ancoragem segundo critérios técnico-econômicos. Essas torres têm a função de absorver os esforços de tração dos cabos e evitar que eles se soltem ou se desloquem em caso de ruptura, devendo ser projetadas de acordo com as hipóteses de cargas mais severas, considerando

peso próprio, ação do vento e temperatura e devendo ser instaladas em locais onde o risco de ruptura é maior, como cruzamentos, desvios, derivações e pontos terminais. Estruturas ou materiais não autorizados não devem ser utilizados, salvo em demanda especial analisada e aprovada pela área de Normalização da Neoenergia.

As linhas que atendem a cargas importantes devem ser configuradas de modo a permitir que seja feita manutenção, substituição e ampliação com técnicas de linha viva, sempre visando a menor exposição ao risco.

Sobre a suportabilidade ao carregamento, as torres podem ser classificadas como estaiadas ou autoportantes, de acordo com seu carregamento.

- i. As torres estaiadas utilizam elementos que reagem à tração em decorrência de carregamentos horizontais, em especial as ações devidas ao vento. Estes estais são fixados na parte superior da estrutura com ângulo de 30° com relação a vertical.
- ii. As torres autoportantes tem seu equilíbrio proporcionado pela própria estrutura, em locais onde não é possível instalar os estais.

Os condutores a serem utilizados nas linhas de subtransmissão são definidos a partir de estudos realizados pela Área de Planejamento, podendo ser Cabos de Alumínio nus com Alma de Aço Zincado (CAA), Cabos de Alumínio-Liga (CAL) ou Cabo de Alumínio Termorresistente (T-CAA).

A faixa de servidão, em linhas rurais, pode ser variável e é calculada conforme a NBR 5422, com faixa mínima de 30 m (15 m para cada lado da estrutura). Caso haja árvores de grande porte perto da linha de subtransmissão, a faixa de servidão deve ser estendida em 60 m (30 m para cada lado, com os brotos remanescentes erradicados por empresas especializadas. As negociações e contratos com os proprietários das terras para a permissão da passagem da faixa de servidão devem ser realizados conforme legislação vigente e definições do órgão regulador com registro em cartório público, com todas as ações indenizatórias constando em escritura. A NBR 5422 define os critérios para convivência da linha de subtransmissão com obstáculos e com atividades realizadas por terceiros dentro da faixa de passagem³ e seu entorno.

³ Faixa de passagem é a área de terreno necessária para a implantação da linha aérea, incluindo as áreas de segurança e manobra dos equipamentos, enquanto a faixa de servidão é a área com restrição imposta a uso e gozo do proprietário, cujo domínio e uso é atribuído à concessionária, através de contrato ou escritura de

Para a padronização das estruturas metálicas em 138 kV, usa-se nas extremidades das mísulas cabos condutores vinculados à estrutura da torre de ancoragem por meio de isoladores bastão poliméricos, com comprimento de 1800 mm a 1950 mm. A amarração desses isoladores deve ser feita com o grampo de ancoragem. As distâncias mínimas nos suportes devem ser determinadas em função de estudos que levem em consideração as várias solicitações elétricas que a linha de subtransmissão é submetida.

As cercas transversais ou paralelas a linha de subtransmissão devem ser seccionadas e aterradas. Em particular, as cercas paralelas a uma distância menor ou igual a 30 m entre o condutor e o arame mais próximo devem ser seccionadas a cada 500 m e aterradas a cada 250 m, com os aterramentos próximos aos pontos de seccionamentos. As extremidades próximas a porteiras também devem ser aterradas. A distribuidora deve tomar para si a responsabilidade de fazer o aterramento.

2.3 ESTRUTURAS UTILIZADAS NO PROJETO

As estruturas de uma linha aérea de transmissão de energia são os elementos de sustentação mecânica dos cabos (condutores e para-raios), responsáveis pela manutenção das distâncias de segurança entre os cabos e o solo e qualquer elemento estranho à LT, além dos distanciamentos mínimos entre toda a parte energizada (LABEGALINI, LABEGALINI, *et al.*, 1992). Dessa forma, a torre deve suportar seu próprio peso e o peso dos cabos, que varia de acordo com o tamanho do vão⁴ e das condições climáticas do local, dado que, por exemplo, a ação do vento causa variações nos esforços de tração da estrutura. A torre é composta pela fundação (que permite sua estabilização no solo), a estrutura em si (geralmente metálica, mas podendo ser de concreto, madeira ou fibra), os isoladores (para separar a estrutura das partes energizadas), os cabos e o aterramento (também conhecido como *cabo contrapeso*) (DA COSTA ARRUDA, 2014). Neste relatório, serão abordadas as estruturas AS (Ancoragem Simples), SS (Suspensão Simples) e AT (Ancoragem Terminal), que são as estruturas presentes nesta obra.

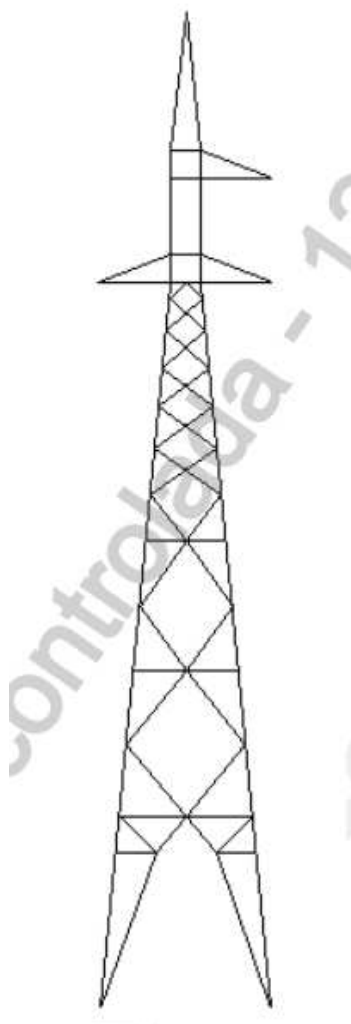
servidão administrativa firmada com o proprietário, para permitir a implantação e manutenção de linhas de energia elétrica.

⁴ Define-se como vão a distância entre duas torres numa LT, variando de acordo com o projeto. Convém mencionar o tramo, que é a distância entre duas ancoragens, geralmente contendo vários vãos.

2.3.1 TORRE SS

É a estrutura mais utilizada nesta obra. Sendo uma torre de suspensão, ela sustenta os cabos sem transmitir esforços de tração ao solo, tendo formato horizontal e sendo autoportante⁵. Na Figura 5 mostra-se uma estrutura do tipo SS.

Figura 5 – Silhueta da família de torres SS.



Fonte: (PRADO PINA, 2022)

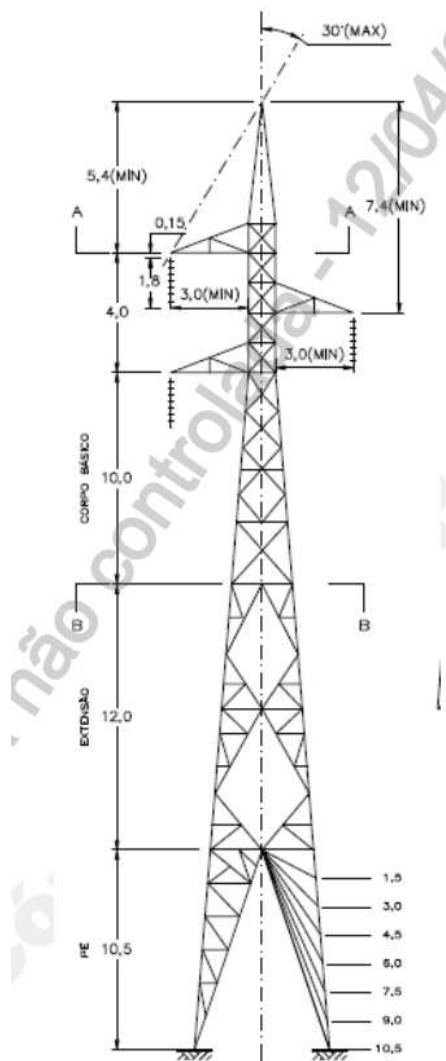
Essas estruturas são projetadas para trechos predominantemente lineares na trajetória da LT, não sendo capazes de resistir a esforços laterais de magnitude considerável. Isso as torna mais leves e econômicas (ENGETOWER, 2021).

⁵ Em geral, uma estrutura autoportante é aquela que não precisa de estais para manter sua estabilidade.

2.3.2 TORRE AS

É uma estrutura mais resistente aos esforços de tração, mas menos usada devido ao seu custo de construção e menor necessidade crítica de aplicação, dado que a estrutura do tipo SS satisfaz boa parte dos traçados retilíneos conforme 2.3.1. Sua aplicação surge quando há maior necessidade de desvio no traçado da linha, onde a torre SS não pode ser empregada. Na Figura 6 mostra-se a silhueta da família de torres AS.

Figura 6 – Silhueta da família de torres AS.

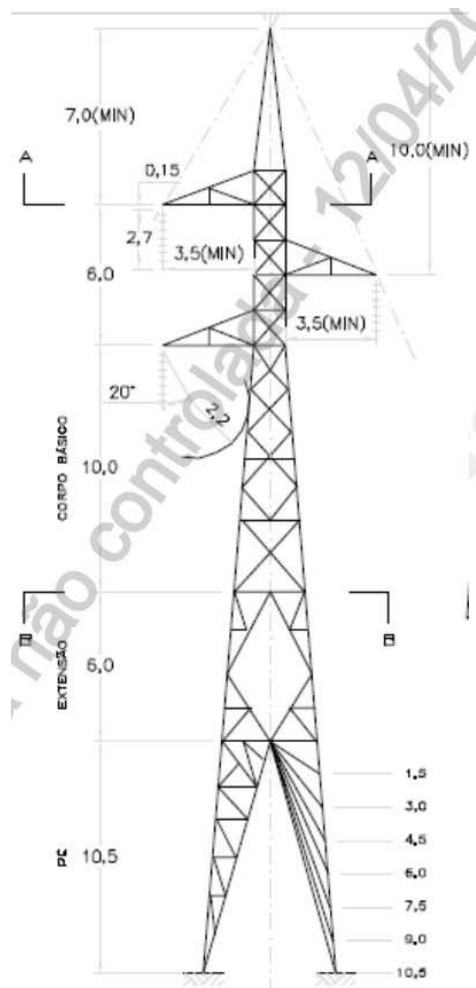


Fonte: (PRADO PINA, 2022)

2.3.3 TORRE AT

É uma estrutura mais robusta do que a AS, sendo empregada apenas em pontos críticos da linha nos quais os esforços de tração e suspensão exigem esforços consideráveis da estrutura, como em pontos terminais ou grandes deflexões angulares. Esse tipo de torre também possibilita que aconteça uma rotação de fases, para garantir o equilíbrio elétrico da linha e reduzir perdas por efeito corona. Na Figura 7 mostra-se a silhueta de uma torre AT. No item 2.2 menciona-se sobre estruturas de ancoragem.

Figura 7 – Silhueta de uma torre AT.



Fonte: (PRADO PINA, 2022)

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A etapa inicial da obra é denominada como mobilização, onde as atividades se concentram no setor administrativo da empresa, com os integrantes desse setor desenvolvendo atividades como contratação de novos colaboradores, entrega e preparo de alojamentos, compra de materiais necessários para as atividades, procedimentos de regularização trabalhistas (como exames médicos, reconhecimentos de vínculos empregatícios e treinamentos obrigatórios para execução das atividades) e demais desafios que possam surgir e retardar o cronograma da obra, que é apresentado na Figura 8. O estagiário teve participação ativa em todas essas atividades, haja vista que um dos motivos fundamentais do período de estágio é a formação de novos líderes para a empresa e o conhecimento profundo dessas atividades são essenciais para uma boa gestão.

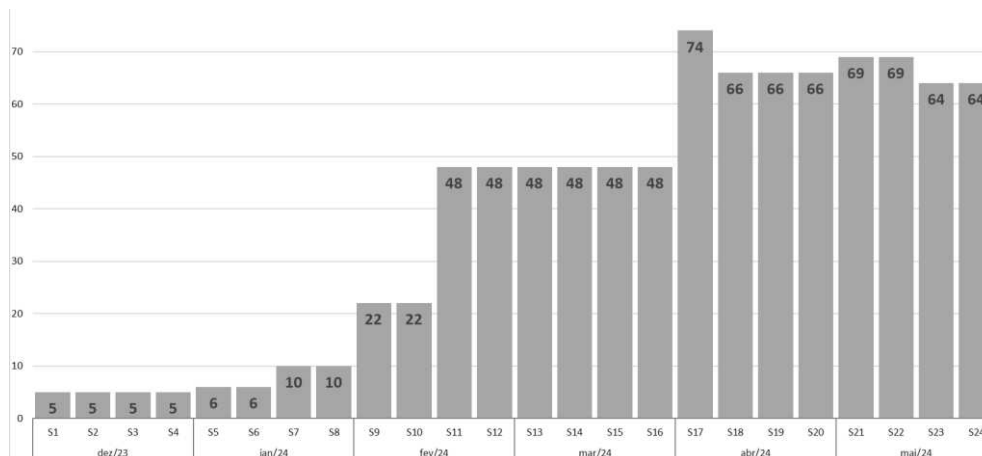
Figura 8 – Cronograma executivo da obra em 29-01-2024.

CRONOGRAMA EXECUTIVO																										
FASE FUNÇÃO	dez/23				jan/24				fev/24				mar/24				abr/24				mai/24					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24		
Mobilização																										
Locar Estruturas																										
Executar Abertura de Faixa e Construção de Acesso																										
Executar Escavação																										
Corte, dobra e armação de ferragem																										
Executar Fundação																										
Implantar Postes /Seccionamento de LD																										
Montar Estruturas Metálicas																										
Executar Aterramento																										
Montar Cadeia de Isoladores																										
Lançar cabos																										
Instalar Defensas																										
Retirar Pendências de Comissionamento																										
Energização																										

Fonte: ECOMAN, 2024

Com isso, destaca-se que conforme a obra for se desenvolvendo, mais frentes de serviço atuando paralelamente serão necessárias para a execução da obra dentro do prazo, com a Figura 9 mostrando um histograma com número estimado de colaboradores que serão necessários durante esse período, com funções como ajudante, motorista, encarregado, topógrafo, operador de máquinas, e montador.

Figura 9 – Histograma de pessoas estimado para a obra.



Fonte: ECOMAN, 2024

Nesse contexto, é imperativo que o estagiário contribua com seus supervisores e demais colaboradores do setor administrativo na gestão dessas pessoas, juntamente com qualquer outro desafio que possa surgir. Nesse período, o estagiário atuou com o setor oferecendo suporte e contribuindo para o início efetivo da obra, sendo um momento de bastante aprendizagem e preparação para que o estagiário se torne eventualmente um gestor.

Com a obra se desenvolvendo, o estagiário começou a estudar os projetos da obra, planejar (juntamente com seu supervisor) e fiscalizar atividades como armação de tubulões e sapatas, de modo a garantir que a execução siga aquilo determinado em projeto. A maioria das execuções ocorreram com sucesso; no entanto, surgiram desafios que exigiram manobras, como no caso dos tubulões da estrutura 5/1, que precisaram ser redimensionados aumentando a quantidade de ferro e seu diâmetro de largura, enquanto seu comprimento é diminuído devido à alta incidência de pedras no local previsto para escavação. As alterações foram sugeridas pelo supervisor, para posterior aprovação pelo responsável técnico da COELBA. Na Figura 10 mostra-se uma parte do processo de armação dos tubulões, enquanto a Figura 11 faz-se o mesmo para o processo de armação de sapatas.

Figura 10 – Início da armação de tubulões.



Fonte: Autoria própria, 2024

Figura 11 – Processo de armação de sapatas.



Fonte: Autoria própria, 2024

O tubulão é uma fundação profunda de concreto armado e forma cilíndrica, destinado a transmitir os esforços da estrutura para a terra. Por isso, geralmente são utilizados em locais com resistência mecânica do solo diretamente proporcional à profundidade. Esses tubulões são armados de acordo com especificações de projeto, e fazem parte da fundação da estrutura. Segundo (LABEGALINI, LABEGALINI, *et al.*,

1992), a fundação geralmente é a última etapa do projeto estrutural de uma LT, dado que esta fase precisa de dados acerca das cargas mecânicas sobre a estrutura e dos dados geotécnicos do terreno antes de dimensionar a fundação.

As sapatas são o tipo de fundação mais robusto, complexo e oneroso utilizado nesta obra, restringindo-se apenas as fundações das torres AT. Nas sapatas, os esforços verticais são vencidos pelo peso próprio e pela compressão da base somados ao peso do tronco de pirâmide do solo sobre a sapata, enquanto os esforços horizontais são absorvidos pelo cisalhamento do terreno (LABEGALINI, LABEGALINI, *et al.*, 1992).

No que tange a execução geral, a armação é uma das primeiras etapas da obra a se iniciarem, dado que outras frentes cuidam de supressão vegetal (quando necessária) e escavação das fundações, para que quando as ferragens se encontrarem prontas, o topógrafo possa iniciar o trabalho de nivelar e gabaritar os tubulões, preparando-os para concretagem. Este processo será explicado adiante, e é mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Primeiro acompanhamento de locação de estrutura.



Fonte: Aatoria própria, 2024

Concomitante a armação, a frente de topografia realiza a locação das estruturas na linha. Esse processo exige elevada confiabilidade e baixa margem de erro, caso contrário

os custos para a empresa serão consideráveis. No processo de locação⁶, o topógrafo referencia-se no traçado da linha e com base nisso determina os pontos de centro e os pés da estrutura. Tal trabalho exige precisão de 1mm/m considerando a distância entre os pés da torre (segundo o projeto), reiterando a importância do trabalho do topógrafo.

O ponto geográfico onde a torre deve ser locada é especificado via projeto, no entanto, nem sempre esses locais (que o projetista geralmente obtém via *software* de geolocalização) são adequados para a instalação da estrutura, que é o caso da locação da torre 1/4. Após uma visita a campo junto com o supervisor, foi constatado que o local onde a locação foi realizada impossibilitava a instalação de uma estrutura, devido a existência de uma rocha aflorada com aproximadamente 1,5 m de altura sob o local de um dos pés da torre. A solução encontrada pelo supervisor tornou sendo a relocação da estrutura em 11 m sentido ré, que foi aprovada pela COELBA.

Com as estruturas locadas, a próxima etapa é a escavação da estrutura, onde a fundação começa a ser preparada para receber os tubulões ou sapatas (de acordo com as especificações do projeto). Na Figura 13 e Figura 14 mostra-se o processo de escavação de tubulões e sapatas fiscalizados pelo estagiário, respectivamente. As cavas dos tubulões nesta obra podem possuir diâmetro de 0,8 m ou 1 m, com profundidade variando de 3 m a 4 m, enquanto as sapatas possuem entre 1,8 m e 2,4 m de profundidade com 4 m de lado da base. Nessa etapa, o maior obstáculo que pode aparecer é o surgimento de rochas subterrâneas sob o local onde a escavação está sendo feita, que foi o caso da estrutura 2/4, que demonstrou uma alta incidência de pedras.

A solução encontrada pelo supervisor fñdou sendo a relocação da estrutura a 40m vante, e escavação sendo realizada de modo manual, obedecendo a NR 18 (Obras de Construção, Demolição e Reparos), com a fundação da estrutura permanecendo a mesma.

⁶ A ISO 7078 (*Buildings and civil engineering works — Procedures for setting out, measurement and surveying*) define como locação “estabelecer marcos e linhas de referência que permitam definir a posição e as cotas dos elementos de uma construção”.

Figura 13 – Processo de escavação dos tubulões.



Fonte: Autorial própria, 2024

Figura 14 – Processo de escavação das sapatas.



Fonte: Autorial própria, 2024

Antes de ser possível escavar, pode ser necessário que seja feita a supressão vegetal na região do traçado. O item 2.2 discute sobre faixa de servidão e ações indenizatórias aos proprietários das terras onde se passará a supressão e a faixa de servidão. Nesta obra, fez-se necessário a realização de treinamentos ambientais (portaria 29.234_2023 do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA)) antes do início da supressão, que deve ser acompanhada por fiscais de meio ambiente. Nesse treinamento, os colaboradores da empresa são orientados sobre como proceder com relação as questões ambientais, de saúde e segurança pertinentes ao trabalho em LT's. Na Figura 15 mostra-se um dia de supressão vegetal fiscalizada pelo estagiário.

Os desafios que a supressão apresentou concentraram-se em setores como regulamentação (que independe da ECOMAN, e restou a empresa esperar pela COELBA conseguir liberação do INEMA para o início dessas atividades) e na manutenção de equipamentos, onde o estagiário atuou como responsável na manutenção, pesquisa por orçamentos e posterior compra das ferramentas necessárias para o serviço.

Figura 15 – Acompanhamento de supressão vegetal.



Fonte: Autoria própria, 2024

Após a escavação, chega-se na fase de concretagem da fundação, onde são inseridos os tubulões ou sapatas nas cavas. Antes do despejo do concreto, alguns preparativos são necessários na cava, como inserção e alinhamento dos tubulões, em seguida gabaritar e nivelar os *stubs* para finalmente poder concretar a cava. Na Figura 16

mostra-se o topógrafo realizando o trabalho de nivelamento de um tubulão. Na Figura 17 mostra-se o preparo do gabarito com *stub* e forma para o afloramento do concreto. Nessa etapa, o estagiário atuou como coadjuvante no processo, observando e aprendendo como se dá a nivelção com uso do teodolito⁷, fundamentando-se na NBR 13133 (Execução de Levantamento Topográfico – Procedimento), e entendendo o processo como um todo.

Figura 16 – Nivelamento de tubulão pelo topógrafo.



Fonte: Aatoria própria, 2024

⁷ O teodolito é um instrumento óptico capaz de realizar a medida de ângulos verticais e horizontais, formado por um sistema de eixos, círculos graduados, luneta de visada e níveis de bolha (NAKAMURA, 2019).

Figura 17 – Preparação e nivelamento de forma e gabarito com *stub*.



Fonte: Autoria própria, 2024

Com o pé da torre preparado, o processo de despejo de concreto na cava pode ser iniciado. Antes disso, o próprio concreto deve ser testado, para averiguar sua qualidade e consistência. Para isso, realiza-se o *slump test*, que se resume no empilhamento de concreto na forma de um tronco de cone e posterior análise de seu decaimento com relação à altura original. Assim, o *slump* é a quantidade de centímetros que o concreto é abatido com relação a sua altura original. O projeto da obra, fundamentado nas NBR's 14931 (Execução de Estruturas de Concreto Armado, Protendido e com Fibras — Requisitos), 6122 (Projeto e Execução de Fundações) e 6118 (Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento), exige que o *slump* esteja entre 10 cm e 16 cm. O *slump test* deve ser realizado para cada despejo de caminhão betoneira que for utilizado na obra, registrado e enviado para a COELBA. Na Figura 18 mostra-se o resultado do supervisor realizando o *slump test* enquanto transmite o treinamento desse procedimento para o estagiário.

Figura 18 – *Slump test* do concreto.

Fonte: Aatoria própria, 2024

Após isso, o concreto deve ser separado em pequenos volumes de corpos de prova para testes de resistência à compressão, de acordo com a NBR 5738 (Concreto — Procedimento para Moldagem e Cura de Corpos de Prova). O estagiário ficou responsável por desenvolver uma planilha no *Microsoft Excel* e manter o controle desses testes, além de manter o controle da quantidade físico-financeira de concreto utilizado na obra. Na Figura 19 mostra-se um recorte da planilha de controle dos corpos de prova. Os dados de resistência são em MPa, sendo o valor mínimo aceitável de 25,0 MPa.

Figura 19 – Planilha de controle de relatórios de corpos de prova.



CONTROLE DE ENVIO DE RELATÓRIOS PARA A COELBA

REMESSA	CONCRETAGEM	ESTRUTURA 1	ESTRUTURA 2	DATA PARA ROMPIMENTO	STATUS	DATA DE ENVIO	RESISTÊNCIA FINAL
5124	02/02/2024	11/1		01/03/2024	OK	22/03/2024	27,5
5138	03/02/2024	11/1	10/2	02/03/2024	OK	22/03/2024	27,2
5143	05/02/2024	10/2	10/3	04/03/2024	OK	22/03/2024	27,8
5188	06/02/2024	10/1	10/3	05/03/2024	OK	22/03/2024	30,1
5187	06/02/2024	10/2	10/3	05/03/2024	OK	22/03/2024	28,1
5172	07/02/2024	10/1		06/03/2024	OK	22/03/2024	28,4
5186	07/02/2024	13/3		06/03/2024	OK	22/03/2024	29,4
5206	08/02/2024	12/1	11/3	07/03/2024	OK	22/03/2024	28,6
5209	08/02/2024	12/1	11/3	07/03/2024	OK	22/03/2024	27,7
5216	09/02/2024	12/2		08/03/2024	OK	22/03/2024	28,7
5237	12/02/2024	13/1	12/2	11/03/2024	OK	22/03/2024	29,5
5243	12/02/2024	15/4		11/03/2024	OK	22/03/2024	28,9
5244	12/02/2024	13/1	15/4	11/03/2024	OK	22/03/2024	28,9
5262	14/02/2024	16/2	17/1	13/03/2024	OK	22/03/2024	29,6

Fonte: Aatoria própria, 2024

Finalmente, chega-se no momento de despejo de concreto nas cavas. Na Figura 20 mostra-se o processo de concretagem de um tubulão, enquanto a Figura 21 expõe o processo de concretagem de uma sapata.

Figura 20 – Concretagem de tubulão.



Fonte: Autoria própria, 2024

Convém mencionar, conforme exposto na Figura 20, a importância de vibrar o concreto usando motor com mangote vibrador (algo também exigido pelo projeto e pela NBR 14931), de modo a adensar o concreto e diminuir pequenas bolhas de ar que possam se infiltrar no mesmo, algo que atenuaria sua resistência a esforços mecânicos. Os desafios dessa etapa se concentram no *timing* entre a saída do caminhão betoneira da usina de concreto até sua chegada no local da estrutura, pois é preciso garantir que o concreto possua o *slump* correto para ser despejado. Para isso, a estrutura já deve estar pronta para receber concreto quando a betoneira estiver a caminho. Assim, o estagiário contribuiu nessa etapa estabelecendo a comunicação entre a equipe em campo e o escritório para o alinhamento da execução.

Figura 21 – Concretagem de sapata.



Fonte: Autoria própria, 2024

No caso das fundações tipo sapatas, o processo de concretagem é concluído após o reaterro e compactação do terreno após 7 dias da concretagem, em camadas de 15 cm de modo a propiciar um peso específico mínimo de 1750 kgf/m^3 , segundo o projeto. Na Figura 22 mostra-se o reaterro de uma sapata da estrutura 8/3 com uso de um aparelho compactador de solo.

Figura 22 – Reaterro e compactação de solo em uma sapata.



Fonte: Autoria própria, 2024

A próxima etapa é a pré-montagem das torres ou o aterramento. O aterramento consiste em 4 cabos de Aço Cobreado 4 AWG, instalados em valetas com profundidade de aproximadamente 1 m (variante de acordo com o projeto) conforme ilustra a Figura 24, retirada do projeto da obra. O comprimento de cada cabo também varia com o projeto, mas o objetivo final é de que a resistência seja menor ou igual a 20 Ω . Se esse valor for ultrapassado, a média aritmética das resistências das torres vante, ré e atual deve ser menor ou igual a 20 Ω .

A medição dessa resistência, segundo o projeto, pode ocorrer através da isolação do aterramento da torre realização do curto-circuito de cada ramal. A resistência é medida com um terrômetro. Na Figura 25 mostra-se um dia de acompanhamento da instalação do sistema de aterramento pelo estagiário, enquanto na Figura 23 mostra-se uma das medições realizadas no processo usando o terrômetro. Convém mencionar que a planilha de controle de medição de resistências de aterramento foi desenvolvida pelo estagiário.

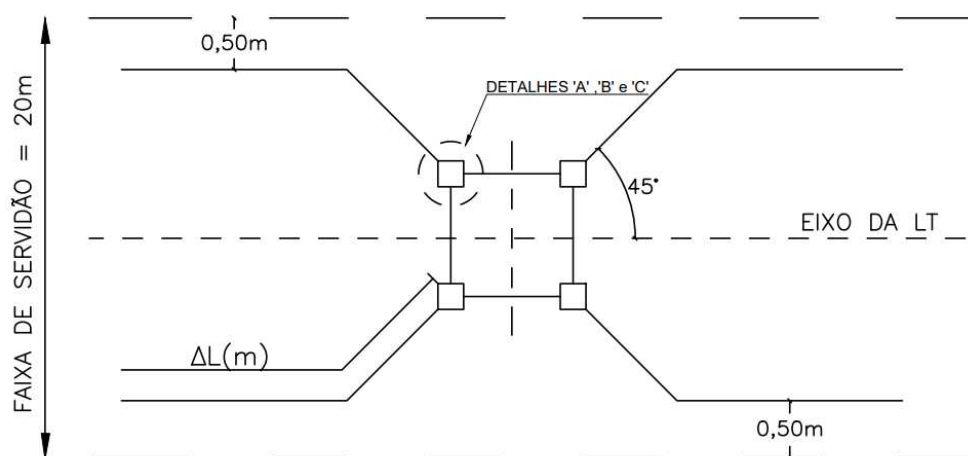
Os desafios dessa fase surgiram quando as resistências estavam resultando em valores maiores que o aceitável, devido a baixa umidade do solo combinada com elevada quantidade de insumos agrícolas aplicados nesse pelos fazendeiros locais. A solução aplicada pelo supervisor foi o aumento de comprimento do sistema, que resolveu o problema.

Figura 23 – Medição da resistência de aterramento da estrutura 26/2.



Fonte: Aatoria própria, 2024

Figura 24 – Esquema de aterramento.



Fonte: Projeletric, 2021

Figura 25 – Instalação do sistema de aterramento.



Fonte: Autoria própria, 2024

O processo de montagem se dá em duas etapas: pré-montagem e revisão. Na pré-montagem, o processo acontece separadamente, com pé e extensão sendo montados juntos, e o corpo básico montado em separado. Após isso, é feita a revisão, que consiste na verificação de aperto dos parafusos com porcas e aplicação de *palnuts*, que são contraporcas responsáveis por garantir que a porca do parafuso não se desloque no sentido de abertura e comprometa a estabilidade da estrutura. Esse processo teve problemas de

falta de peças, algo que é de responsabilidade da COELBA, e por esse motivo a obra sofreu pequenos atrasos com relação ao seu prazo original.

Em particular, a estrutura 1/3 solicitava em projeto pés de 4,5 m (que não estavam em estoque), e então o supervisor solicitou a COELBA uma mudança de projeto para uso de pés de 3 m, algo que foi aceito pela empresa. O estagiário foi responsável por separar as partes das estruturas no pátio de ferragens da empresa para posterior envio das estruturas desmontadas ao campo. Na Figura 26 mostra-se um dos dias em que o estagiário coordenou o carregamento de uma estrutura para o campo.

Figura 26 – Processo de carregamento de estrutura para o campo.



Fonte: Autoria própria, 2024

Em sequência, ocorre o içamento da estrutura com auxílio de guindaste. Na Figura 27 mostra-se o estagiário acompanhando o processo de içamento de pé e extensão, enquanto na Figura 28 mostra-se o acompanhamento de içamento do corpo comum, concluindo assim essa etapa.

Figura 27 – Acompanhamento de içamento de pé e extensão.



Fonte: Autorial própria, 2024

Figura 28 – Acompanhamento de içamento de corpo básico.



Fonte: Autorial própria, 2024

A parte final da construção de uma LT é o lançamento e grampeamento dos cabos condutores e para-raios. Essa etapa começa com a preparação, que se resume no

transporte das bobinas, preparação das cadeias de isoladores e instalação da praça de lançamento. Na Figura 29 mostra-se o estagiário na praça de lançamento, em um dia de fiscalização do processo. Para a segurança dos colaboradores, é imperativo que as bobinas estejam devidamente aterradas, visando garantir que não haja processo de indução eletromagnética durante o avanço do cabeamento. A NBR 7430 de 05/2016 (Manuseio e Lançamento de Cabos CAA em Linhas de Transmissão de Energia Elétrica) trata-se de todo o processo de lançamento e manuseio de cabos CAA, e foi responsabilidade do estagiário garantir que os procedimentos fossem seguidos. Na Figura 30 mostra-se o aterramento móvel instalado em uma bobina.

Nessa etapa, é fundamental o desenvolvimento de um plano de lançamento adequado, visto que cada metro de cabo condutor deve ser aproveitado ao máximo e o uso de emendas deve ser minimizado, pois essas são fontes de possíveis pontos quentes na LT, algo que pode causar falhas no sistema elétrico. O estagiário acompanhou com atenção a confecção desses planos realizada pelo supervisor.

Figura 29 – Acompanhamento de lançamento dos cabos condutores.



Fonte: Autoria própria, 2024

Figura 30 – Aterramento móvel em bobina de cabo condutor.



Fonte: Autorial própria, 2024

De modo a controlar o tamanho das catenárias, o projeto possui uma tabela de trações que devem ser obedecidas em cada tramo de lançamento. Para isso, usa-se um dinamômetro acoplado na retroscavadeira responsável por puxar o cabo. Na Figura 31 mostra-se como essa instalação é feita.

Figura 31 – Dinamômetro acoplado a retroscavadeira para aferição de tração no cabo.



Fonte: Autorial própria, 2024

O posicionamento dos cabos nas estruturas só pode ocorrer quando as cadeias de isoladores estão devidamente instaladas e preparadas para recebê-los. Na Figura 32

mostra-se um isolador sendo preparado pela equipe em conjunto com o estagiário, para o seu içamento até as mísulas da estrutura 8/2, que é do tipo AT. A DIS-NOR-064 possui a descrição de todos os materiais que compõem a cadeia.

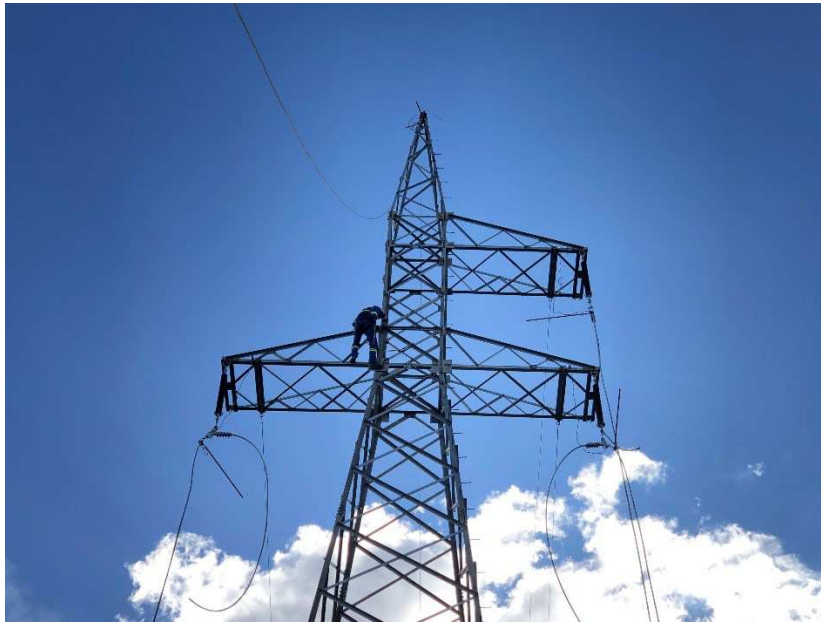
Figura 32 – Isolador preparado para instalação.



Fonte: Autoria própria, 2024

Na Figura 33 mostra-se a estrutura 8/2 com os cabos lançados. Com essa etapa concluída, passa-se a fase final que é o grampeamento dos cabos. Destaca-se que o aterramento dos cabos é feito temporariamente na própria estrutura, para garantir que não haja efeitos de indução durante o processo de grampeamento. Esse processo visa fixar os cabos na estrutura através dos grampos de suspensão ou ancoragem. Com isso concluído, esse tramo já se encontra completamente construído e pronto para ser energizado.

Figura 33 – Final do tramo de lançamento na estrutura 8/2.



Fonte: Aatoria própria, 2024

Somado a isso, o estagiário foi responsável por realizar diversas tarefas de escritório, como organização do almoxarifado, distribuição e controle de estoque de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), emitir os Relatórios Diários de Obra (RDO's) e enviá-los para a gerência da ECOMAN e para a COELBA, além de fazer a programação de execução da obra (em conjunto com seu supervisor) e realizar cotações de preços para diversos materiais da obra, peças para a frota de carros da empresa e serviços mecânicos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É inegável que o período de estágio proporciona elevado crescimento humano e profissional do discente. Neste estágio, o estagiário teve a oportunidade de conhecer lugares novos, pessoas novas e novas maneiras de pensar tanto como pessoa quanto como futuro engenheiro. No que tange a obra, o estagiário adquiriu uma visão completamente nova sobre o que é o setor de energia elétrica no Brasil, e particularmente como ele nasce e cresce para atender nossa demanda energética.

Com efeito, o discente adquiriu bastante conhecimento sobre construção de linhas de transmissão de energia elétrica, desde seus campos normativos e regulamentatórios, passando pela parte de topografia, concretagem, pré-montagem, içamento e o lançamento de condutores.

O estágio também testemunhou a importância de uma forte formação em disciplinas como Sistemas Elétricos, Análise de Sistemas Elétricos, Equipamentos Elétricos, Técnicas de Medição, Instalações Elétricas, Mecânica Geral I, Administração, Direito, Engenharia Econômica, Proteção de Sistemas Elétricos, Operação de Sistemas Elétricos e Materiais Elétricos. O conhecimento teórico juntamente com a abordagem em resolução de problemas e o pensamento crítico adquiridos nas disciplinas da graduação é fundamental para que o aluno se adapte bem no mercado de trabalho como engenheiro.

No entanto, a graduação em Engenharia Elétrica da UFCG mostrou-se aquém no quesito segurança, dado que o graduando não possuía conhecimento sobre o que é um EPI, ou para que serviam os treinamentos como NR 10 (Instalação e Serviços de Eletricidade), algo que causou um pouco de dificuldade no começo do estágio.

Outrossim, do ponto de vista técnico, pode-se concluir que:

- i. A topografia exige elevada precisão e atenção a detalhes; um erro nesse processo pode causar um custo considerável a empresa;
- ii. Garantir concreto de qualidade para a fundação assegura um elevado grau de confiabilidade a estrutura. Para isso, é necessário testar o concreto por meio do *slump*, e depois averiguar o teste por meio da análise de compressão;

- iii. Nem sempre o estudo do solo via percussão irá garantir que a escavação nesse local será possível, e isso pode exigir manobras por parte da construtora;
- iv. A gestão de materiais é fundamental para o andamento da obra, particularmente das peças de torres, as quais possuem um elevado tempo de espera entre realização do pedido e entrega;
- v. Para se adequar aos mais elevados padrões de qualidade, é fundamental atender-se as Normas Regulamentadoras da atividade em questão. Isso também é uma importante ferramenta de proteção jurídica para a empresa, posto que se algum imprevisto acontecer, a empresa fica isenta de sanções por ter seguido os procedimentos corretamente.
- vi. A programação de execução da obra é fundamental para quantificar a conclusão da obra e para estimar com boa precisão quando cada etapa deve ser finalizada;

Por fim, conclui-se que o estágio representa não somente a transição entre universidade e mercado de trabalho, mas também representa o auge do período de graduação, pois é nesse momento que o graduando tem acesso a um leque de experiências genuinamente novas, além de desafiadoras e que condensam o que o aluno aprendeu nas disciplinas teóricas. Isso ajuda o graduando a desenvolver não só suas habilidades técnicas, mas também suas habilidades como gestor, tais como liderança, trabalho em equipe, gestão de recursos e planejamento.

REFERÊNCIAS

COELBA. A COELBA. **Quem somos**, 2016. Disponível em: <<https://web.archive.org/web/20160127073721/http://www.coelba.com.br/Pages/A%20Coelba/quem-somos.aspx>>. Acesso em: 05 Fevereiro 2024.

COELBA. A COELBA. **História**, 2016. Disponível em: <<https://web.archive.org/web/20160127073659/http://www.coelba.com.br/Pages/A%20Coelba/historia.aspx>>. Acesso em: 05 Fevereiro 2024.

DA COSTA ARRUDA, C. K. **Cálculo mecânico de linhas de transmissão**. CEFET - RJ. [S.l.], p. 44. 2014.

DICIONÁRIO DO PETRÓLEO. **Greenfield**: O que é e como funciona esse modelo de Investimento, 2023. Disponível em: <<https://dicionariodopetroleo.com.br/novo-projeto/>>. Acesso em: 05 Fevereiro 2024.

DO RIO, A. C. **Projeto de Linhas de Subtransmissão de 72,5 kV**. Neoenergia. [S.l.], p. 291. 2019. (DIS-NOR-008).

DRONENG - DRONES E ENGENHARIA. Você sabe a diferença entre mapa, carta e planta? **DronEng**, 2017. Disponível em: <<https://blog.droneng.com.br/voce-sabe-diferenca-entre-mapa-carta-e-planta/>>. Acesso em: 2024 Fevereiro 09.

ECOMAN. ECOMAN - Excelência em Engenharia. **ECOMAN - Engenharia, Construção e Manutenção LTDA**. Disponível em: <<http://ecoman.com.br/site/>>. Acesso em: 04 Fevereiro 2024.

ELETOBRAS CEPEL. Furnas e Cepel iniciam projeto pioneiro no Brasil para aumentar confiabilidade e reduzir custos de linhas de transmissão. **Eletrobras Cepel**, 2022. Disponível em: <<https://www.cepel.br/2022/03/11/furnas-e-cepel-iniciam-projeto-pioneiro-no-brasil-para-aumentar-confiabilidade-e-reduzir-custos-de-linhas-de-transmissao/#:~:text=A%20m%C3%ADsula%2C%20em%20geral%2C%20%C3%A9%20um%20elemento%20met%C3%A1lico,material%20e%20am>>. Acesso em: 23 Fevereiro 2024.

ENGETOWER. Engetower Engenharia. **Torres de suspensão**, 2021. Disponível em: <<https://engetower.com.br/torres-de-suspensao/>>. Acesso em: 28 Março 2024.

LABEGALINI, P. R. et al. **Projetos Mecânicos das Linhas Aéreas de Transmissão**. 2a. ed. São Paulo, SP, Brasil: Edgard Blücher LTDA, v. 1, 1992.

LEITE, A. Manobra de By-pass em uma subestação de transmissão e/ou distribuição. **LinkedIn**, 2021. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/manobra-de-by->

pass-em-uma-subesta%C3%A7%C3%A3o-transmiss%C3%A3o-eou-anderson-leite/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 2024 Fevereiro 07.

MAIS RETORNO. **RAB (base de ativos regulatórios)**. Disponível em: <<https://maisretorno.com/portal/termos/r/rab-base-de-ativos-regulatorios>>. Acesso em: 05 Fevereiro 2024.

MUNDOGEO. Ortofotocarta: Mapa e Fotografia. **MundoGEO**, 2012. Disponível em: <<https://mundogeo.com/1998/08/02/ortofotocarta-mapa-e-fotografia/>>. Acesso em: 2024 Fevereiro 09.

NAKAMURA, J. Sienge. **O que é teodolito e como ele é usado na topografia?**, 2019. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/teodolito-topografia/>>. Acesso em: 26 Maio 2024.

NEOENERGIA. Relação com investidores Neoenergia. **Neoenergia**, 2024. Disponível em: <<https://ri.neoenergia.com/a-companhia/perfil-corporativo-e-historico/>>. Acesso em: 05 Fevereiro 2024.

PRADO PINA, R. **Critérios de Projeto de Linhas de Subtransmissão de 138 kV em Torres Metálicas**. Neoenergia. [S.l.], p. 143. 2022. (DIS-NOR-064).

PROJELETRIC. **Relatório de Sondagens**. Projeletric - Projetos de Linhas de Transmissão. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, p. 21. 2021.

SILVA, E. D. **Relatório de Estágio Integrado**. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, Paraíba, Brasil, p. 61. 2022.

GLOSSÁRIO

Pórtico	Estrutura rígida composta por vigas e pilares responsável por suportar equipamentos e condutores de energia elétrica na subestação
Linha Viva	Termo utilizado para se referir técnicas de manutenção em sistemas de potência energizados
<i>stub</i>	Peça metálica responsável por transmitir os esforços entre a estrutura e o concreto (LABEGALINI, LABEGALINI, <i>et al.</i> , 1992)
Subtransmissão	Rede para casos em que a distribuição não se conecta à transmissão, havendo um estágio intermediário de repartição da energia entre várias regiões (DO RIO, 2019). Esse estágio intermediário pode ser entre subestações ou para grandes consumidores, com tensão entre 69 kV e 230 kV.
Ortocarta	Ou ortofotocarta, é uma imagem fotográfica que corrige deformações existentes em fotografias aéreas (MUNDOGEO, 2012)
Carta geográfica	Representação em média escala os aspectos artificiais e/ou naturais de uma área em um documento cartográfico (DRONENG - DRONES E ENGENHARIA, 2017)
Faixa de servidão	Área de terra com restrição imposta à faculdade de uso do proprietário, com domínio atribuído a concessionária, para permitir implantação e manutenção de LT's (DO RIO, 2019)
Talude	É um terreno com inclinação em relação à horizontal ou terreno em declive
Mísula	Elemento metálico da torre que sustenta uma cadeia de isoladores, quando esta não é por si só um desses (ELETROBRAS CEPEL, 2022).

RAB	RAB, <i>Regulatory Asset Base</i> , é um recurso contábil que permite às empresas privadas monitorarem o investimento realizado para a prestação de serviço e, com base nisso, justificar os custos cobrados da população (MAIS RETORNO).
<i>Pipeline greenfield</i>	No setor de energia, um <i>pipeline greenfield</i> se refere a uma série de novos projetos de geração de energia (como usinas eólicas ou solares) que estão em fase de planejamento e ainda não foram construídas, ou seja, será erguido a partir do nada, trazendo vantagens de em termos de eficiência e segurança, devido ao seu elevado grau de planejamento (DICIONÁRIO DO PETRÓLEO, 2023).

APÊNDICE A – SEMANÁRIO DE ATIVIDADES

PERÍODO	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	OBSERVAÇÕES ADICIONAIS
SEMANA 0	Adaptação à rotina com tarefas de escritório*, visita de fiscal da obra, estudo de normas da Neoenergia e organização do almoxarifado	
SEMANA 1	Realização de tarefas de escritório*, estudo de projeto e primeira visita em campo	
SEMANA 2	Realização de tarefas de escritório*, houve também visita de fiscal, além início da armação dos tubulões e visita ao km 0 da obra	
SEMANA 3	Realização de tarefas de escritório*, treinamento ambiental e visitas a campo	Início do processo de concretagem das fundações e pré-montagem das torres
SEMANA 4	Realização de tarefas de escritório* e visitas a campo	
SEMANA 5	Realização de tarefas de escritório* e treinamento de análise de concreto, juntamente com visitas a campo	O estagiário foi treinado para fazer testes de slump e armazenar corpos de prova para submissão à testes de qualidade em laboratório
SEMANA 6	Realização de tarefas de escritório*, visitas a campo e treinamentos ambientais	Realizado treinamento ambiental para conscientização e normatização da equipe com relação às políticas de meio ambiente da Neoenergia; além disso, houve acompanhamento do içamento de pés e extensões de estruturas tipo SS
SEMANA 7	Realização de tarefas de escritório*, visitas a campo e reunião mensal da Neoenergia	Na reunião mensal, são discutidos fatores de qualidade e segurança referentes a obras realizadas pelos parceiros Neoenergia, com troca de ideias e soluções; nesta semana, houve também o içamento dos corpos comuns das estruturas, colocando-as completamente em posição ativa e prontas para receberem cabeamento
SEMANA 8	Realização de tarefas de escritório*	
SEMANA 9	Realização de tarefas de escritório* e visitas a campo	Em uma das visitas a campo, foi realizada uma inspeção surpresa de equipamentos para garantir a qualidade dos serviços e segurança dos colaboradores
SEMANA 10	Realização de tarefas de escritório* e visitas a campo	Houve o início do processo de armação de sapatas
SEMANA 11	Realização de tarefas de escritório* e visitas a campo	
SEMANA 12	Realização de tarefas de escritório* e visitas a campo	Houve o início da execução do aterramento
SEMANA 13	Realização de tarefas de escritório* e visitas a campo	Com o TST saindo de folga, o estagiário ficou responsável pelo almoxarifado,

		fazendo o controle e entrega dos EPI's aos colaboradores
SEMANA 14	Realização de tarefas de escritório* e visitas a campo	Houve o acompanhamento do processo de locação do km 38 e da concretagem das primeiras sapatas
SEMANA 15	Realização de tarefas de escritório* e visitas a campo	
SEMANA 16	Realização de tarefas de escritório* e visitas a campo	
SEMANA 17	Realização de tarefas de escritório* e visitas a campo	
SEMANA 18	Tarefas de escritório* e visitas a campo	Nesta semana houve acompanhamento do lançamento dos cabos, revisão de relatórios de procedimentos operacionais (POP's) e auditoria da obra, onde a ECOMAN recebeu nota máxima.
SEMANA 19	Tarefas de escritório* e visitas a campo	O estagiário participou da preparação para lançamento de cabos auxiliando na montagem de cadeias de isoladores
SEMANA 20	Tarefas de escritório* e visitas a campo	
OBSERVAÇÃO	* As tarefas de escritório abrangem confecção de relatórios, cotação de materiais, gestão de equipe, materiais, frota e reuniões ou treinamentos.	