

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

LUCAS ALEXANDRE SILVA

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO CONSTRUTIVO DE
UMA LINHA DE TRANSMISSÃO: Um estudo de caso.**

FLORIANÓPOLIS, 2024.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

LUCAS ALEXANDRE SILVA

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO CONSTRUTIVO DE
UMA LINHA DE TRANSMISSÃO: Um estudo de caso.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Santa Catarina como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Orientador:
Juliana Guarda de Albuquerque, Mestre.

FLORIANÓPOLIS, 2024.

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DA OBRA

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Silva, Lucas Alexandre
PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO CONSTRUTIVO DE
UMA LINHA DE TRANSMISSÃO : um estudo de caso / Lucas Alexandre
Silva; orientação de Juliana Guarda De Albuquerque.
- Florianópolis, SC, 2024.
96 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado
em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico
de Construção Civil.
Inclui Referências.

1. Linha de transmissão. 2. Planejamento. 3. Controle.
I. De Albuquerque, Juliana Guarda. II. Instituto
Federal de Santa Catarina. III. PLANEJAMENTO E CONTROLE
DO PROCESSO CONSTRUTIVO DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO

.


PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO CONSTRUTIVO DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO: UM ESTUDO DE CASO.

LUCAS ALEXANDRE SILVA


Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 04 de setembro, 2024.


Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 JULIANA GUARDA DE ALBUQUERQUE
Data: 26/09/2024 20:39:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Juliana Guarda de Albuquerque, Mestre

Documento assinado digitalmente
 JULIANA BONACORSO DORNELES
Data: 26/09/2024 21:08:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Juliana Bonacorso Dorneles, Mestre

Documento assinado digitalmente
 LUCIANA MOTA BECK
Data: 26/09/2024 20:02:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Luciana Mota Beck, Doutora

RESUMO

A disponibilidade de energia elétrica é um elemento básico para a população, sendo as linhas de transmissão responsáveis por conectar a fonte geradora às subestações distribuidoras e assegurar o transporte efetivo da energia. Para a implantação dessa infraestrutura, é imprescindível que seja realizada de maneira segura, confiável e economicamente viável na sua construção. Nesse contexto para um engenheiro civil participar da implantação de uma linha de transmissão, é indispensável compreender as etapas construtivas desse tipo de obra, além de ser imprescindível realizar um planejamento adequado e controlar cuidadosamente do avanço do cronograma. Essas ações visam garantir não apenas uma execução competente, mas também retornos positivos para a entidade responsável pela implantação do empreendimento. A demonstração da estruturação do planejamento e o detalhamento dos controles realizados para acompanhar a construção de linha uma transmissão mencionada acima, serão os tópicos centrais deste trabalho. O autor embasou esses temas por meio de relatórios documentais, indicadores e controle interno de uma empresa de grande renome do setor elétrico, bem como sua atuação como membro da equipe de gestão do projeto utilizado como estudo de caso desse presente trabalho.

Palavras-chave: Linha de transmissão. Planejamento. Controle.

ABSTRACT

The availability of electrical energy is a basic necessity for the population, with transmission lines being responsible for connecting the generating source to the distribution substations and ensuring the effective transportation of energy. For the implementation of this infrastructure, it is essential that it be carried out in a safe, reliable, and economically viable manner. In this context, for a civil engineer to participate in the implementation of a transmission line, it is crucial to understand the construction stages of this type of project, as well as to conduct adequate planning and carefully monitor the progress of the schedule. These actions aim to ensure not only competent execution but also positive returns for the entity responsible for the implementation of the project. The demonstration of the planning structure and the detailing of the controls carried out to monitor the construction of the transmission line mentioned above will be the central topics of this work. The author has based these themes on documentary reports, indicators, and internal controls from a well-known company in the electric sector, as well as on his role as a member of the project management team, which will be used as a case study in this work.

Keywords: Transmission line. Planning. Control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz energética brasileira	19
Figura 2 - Percentual de fonte renovável do Brasil.....	20
Figura 3 - Sistema interligado Nacional.....	23
Figura 4 - Modelo institucional do setor elétrico	24
Figura 5 - Linha de transmissão energizada	26
Figura 6 - Desenho silhueta torres autoportantes	27
Figura 7 - Desenho silhueta torre estaiada	28
Figura 8 - Cadeia de isoladores em "V"	30
Figura 9 - Cadeia simples de isolador	30
Figura 10 - Cabo condutor de alumínio	31
Figura 11 - Detalhamento do cabo para-raios	32
Figura 12 – Tempo médio para emissão da licença ambiental	37
Figura 13 - Exemplo de uma faixa de servidão	38
Figura 14 - Projeto planta e perfil	40
Figura 15 - Limpeza de faixa com retroescavadeira.....	43
Figura 16 - Nivelamento do Stub na fundação	44
Figura 17 - Sapata com stub	45
Figura 18 - Tubulão com Stub	46
Figura 19 – Pré-montagem de autoportante	47
Figura 20 - Montagem de torre com Facão	48
Figura 21 - Esquema de lançamento de cabos	49
Figura 22 - Curva S	52
Figura 23 - Histograma de consumo - Emissões GEE	53
Figura 24 - Cronograma de barras	54
Figura 25 - Organograma da metodologia	57
Figura 26 - Traçado da LT Parelhas.....	58
Figura 27 - Ferramenta RM TOTVS - Aba orçamento.....	61
Figura 28 - Ferramenta RM TOTVS - Aba composições.....	62
Figura 29 - EAP - LT Parelhas	63
Figura 30 - Cronograma inicial - Ferramenta MS Project.....	64
Figura 31 - Recorte dos Marcos do Cronograma inicial	67
Figura 32 - Recorte dos Marcos do Cronograma do Plano de aceleração.....	67
Figura 33 - Recorte Cronograma inicial - Escopo de construção	68

Figura 34 - Recorte Cronograma Plano de aceleração - Escopo de construção.....	68
Figura 35 - Cronogramas Inicial x Plano de aceleração x realizado.....	69
Figura 36 - Diagrama do Plano de ataque	71
Figura 37 - Diagrama das frentes de ataque	72
Figura 38 - Recorte do Plano de ataque - Supressão vegetal.....	72
Figura 39 - Curva S do Projeto geral.....	74
Figura 40 - Curva S - Serviços preliminares.....	75
Figura 41 - Curva S - Obra civil	76
Figura 42 - Curva S - Montagem	77
Figura 43 - Curva S - Lançamento	79
Figura 44 - Curva S – Comissionamento	80
Figura 45 - Curva S - Construção.....	81
Figura 46 - Avanço físico-financeiro da LT Parelhas.....	82
Figura 47 - Curva de avanço financeiro	83
Figura 48 - Fluxo de caixa do projeto Parelhas - Período acumulado de setembro	85
Figura 49 - Fluxo de caixa do projeto Parelhas - Período acumulado de dezembro	85
Figura 50 - Histograma mão de obra indireta.....	87
Figura 51 - Histograma mão de obra direta.....	88
Figura 52 - Histograma equipamentos indiretos.....	89
Figura 53 - Histograma equipamentos diretos.....	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo lista de projetos básicos42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRADEE.	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ANEEL.	Agência Nacional de Energia Elétrica
CCEE.	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CMSE.	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE.	Conselho Nacional de Política Energética
DUP.	Declaração de Utilidade Pública
EPE.	Empresa de pesquisa energética
GEE.	Gases de efeito estufa
IBGE.	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEMA.	Instituto de Energia e Meio Ambiente
LDs.	Linhas de distribuição
LI.	Licença de Instalação
LO.	Licença de Operação
LP.	Licença Prévia
LT.	Linha de transmissão
LTs.	Linhas de transmissão
MME.	Ministério de Minas e Energia
MW.	MEGAWATT
ONS.	Operador Nacional do sistema elétrico
OPGW.	Optical Ground Wire
RAP.	Receita anual permitida
SIN.	Sistema Interligado Nacional

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	14
1.2	Objetivo Geral.....	15
1.3	Objetivos Específicos	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Setor elétrico brasileiro	17
2.1.1	Acesso à Energia Elétrica no Brasil	17
2.1.2	Dados do setor elétrico	18
2.2	Modelo institucional – Órgãos regulamentadores	22
2.3	Linhas de transmissão	24
2.3.1	Definição e características físicas	24
2.3.2	Elementos de uma linha de transmissão	26
2.3.2.1	<i>Torre metálica</i>	26
2.3.2.2	<i>Cadeia de isoladores</i>	29
2.3.2.3	<i>Cabo condutor</i>	31
2.3.2.4	<i>Cabo para-raios</i>	32
2.3.2.5	<i>Sistema de aterramento</i>	33
2.3.3	Do leilão a concessão	33
2.3.4	Fases preliminares.....	35
2.3.4.1	<i>Licenciamento ambiental</i>	35
2.3.4.2	<i>Liberação fundiária</i>	37
2.3.4.3	<i>Estudos de traçado</i>	39
2.3.4.4	<i>Estudos preliminares</i>	40
2.3.4.5	<i>Investigação geológica</i>	41
2.3.5	Projetos	41
2.3.5.1	<i>Básico</i>	41
2.3.5.2	<i>Executivo</i>	42
2.4	Processo construtivo de linhas de transmissão	42
2.4.1	Supressão vegetal da área de faixa e abertura de acesso	42
2.4.2	Fundação	44
2.4.3	Instalação do sistema de aterramento	46
2.4.4	Montagem de torres	47
2.4.5	Lançamento de cabos	48
2.4.6	Comissionamento	49
2.5	Planejamento e controle	50
2.5.1	Planejamento	50
2.5.2	Controle.....	51
2.5.3	Representações gráficas utilizadas para o controle:.....	51
2.5.3.1	<i>Curva s</i>	51
2.5.3.2	<i>Histograma</i>	52
2.5.3.3	<i>Cronograma de barras</i>	53
3	METODO	55
3.1	Coleta de Dados:	55
3.2	Tratamento dos dados:	56
4	RESULTADO E DISCUSSÕES	57
4.1	O empreendimento do estudo de caso: LT Parelhas	57

4.2	Planejamento e Controle da Linha de Transmissão Parelhas	59
4.2.1	Orçamento	60
4.2.2	Cronograma	63
4.2.2.1	<i>Plano de aceleração do cronograma</i>	<i>66</i>
4.2.3	Plano de ataque	70
4.2.4	Avanço físico – Curva S	73
4.2.4.1	<i>Curva S - Serviços preliminares.....</i>	<i>74</i>
4.2.4.2	<i>Curva S - Obra Civil</i>	<i>75</i>
4.2.4.3	<i>Curva S - Montagem</i>	<i>77</i>
4.2.4.4	<i>Curva S - Lançamento</i>	<i>78</i>
4.2.4.5	<i>Curva S - Comissionamento</i>	<i>79</i>
4.2.4.6	<i>Curva S - Construção.....</i>	<i>80</i>
4.2.5	Avanço físico-financeiro	81
4.2.6	Fluxo de caixa	83
4.2.7	Histograma de mão de obra e equipamentos	86
4.2.7.1	<i>Mão de obra.....</i>	<i>86</i>
4.2.7.1.1	<i>Mão de obra indireta</i>	<i>86</i>
4.2.7.1.2	<i>Mão de Obra Direta.....</i>	<i>87</i>
4.2.7.2	<i>Equipamentos</i>	<i>88</i>
4.2.7.2.1	<i>Equipamentos indiretos.....</i>	<i>88</i>
4.2.7.2.2	<i>Equipamentos diretos</i>	<i>89</i>
4.3	Considerações finais	90
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de energia elétrica representa um dos principais impulsionadores do desenvolvimento econômico em qualquer sociedade. Essa energia é imprescindível no funcionamento das atividades cotidianas, como na produção industrial, impulsionando fábricas e linhas de montagem, enquanto também energiza a inovação tecnológica, alimentando pesquisas científicas e possibilitando o funcionamento de dispositivos eletrônicos e serviços de caráter vital, como hospitais (DUARTE, 2005).

Para permitir o deslocamento desse importante recurso das unidades geradoras até a população, é essencial a implantação de extensas linhas de transmissão que conduzam eficientemente esse potencial elétrico ao longo de grandes distâncias (ALVES, 2017). Essas linhas viabilizam o transporte de grandes quantidades de energia elétrica através da redução da tensão elétrica durante a transmissão, o que permite o transporte de energia em larga escala com menores perdas de eficiência mesmo por longas distâncias (MOURA; MOURA; ROCHA, 2019).

Dada a grande relevância na disponibilidade elétrica, a demanda por novas linhas de transmissão tem se intensificado ao longo dos anos. De acordo com o relatório anual da EPE (2023), Empresa de Pesquisa Energética brasileira, houve um aumento significativo na extensão das linhas de transmissão no Brasil. Entre 2013 e 2022, foram implantados um pouco mais de 58 mil quilômetros de linhas em todo o território brasileiro. Somado a isso, o ONS (2023), Operador Nacional do Sistema elétrico, prevê um aumento considerável nos números de linhas de transmissão nos próximos anos, contabilizando a construção de mais 37 mil quilômetros de novas LTs até 2027.

Considerando a importância nacional das LTs e as novas construções no setor, as empresas transmissoras são compelidas a enfrentar desafios na implantação desses projetos, visando não apenas a busca por lucratividade, mas também a garantia de acesso à energia com qualidade para a população. Os principais obstáculos são os relativos à engenharia, os quais, por sua vez, exercem um impacto direto nos custos dos projetos e na confiabilidade do sistema (ALVES, 2017). Além disso, a engenharia é responsável por ajustar o melhor traçado para implantar a LT. Um traçado é considerado ideal quando percorre o trecho com menores impactos

fundiários, maior possibilidade de liberação ambiental em tempo hábil e melhores condições de solo e relevo, o que proporcionará, o dimensionamento mais econômico das torres metálicas e fundações.

No enfrentamento desses problemas, as empresas consolidadas e reconhecidas do setor têm mitigado os riscos por meio de sua experiência no âmbito: Primeiramente, a expertise nos procedimentos construtivos facilita o êxito do projeto, sobretudo, especialmente quando aliada à aplicação de mão de obra especializada. Posteriormente, com um controle rigoroso na gestão da obra, onde investimentos em equipes de gestão, aliados ao uso de ferramentas de planejamento e controle adequados, fornecem indicadores precisos do andamento da obra, o que incluem cronogramas, orçamentos, análises monetárias físico-financeiro, fluxo de caixa e histogramas de mão de obra e equipamentos.

Sendo assim, com o propósito de disseminar os conhecimentos relativos à implantação de linhas de transmissão, este trabalho visa apresentar os métodos atualmente utilizados para o bom andamento da gestão de construção de LTs, destacado pela demonstração das ferramentas de planejamento e controle utilizados em um projeto realizado entre os estados de Paraíba e Rio Grande Do Norte, , região onde frequentemente ocorrem implantações desse tipo projeto, trazendo uma oportunidade de comparação com trabalhos futuros.

Por fim, a intenção do estudo é expor um conteúdo frequentemente desconhecido por profissionais atuantes na área de engenharia civil e que dentro da sua individualidade preenche uma lacuna enriquecedora na área investigada.

1.1 Justificativa

A escolha desse trabalho foi motivada por diversos fatores. Inicialmente, pontuar a importância das linhas de transmissão, no qual compreender o processo de construção e as dinâmicas envolvidas são de grande relevância para a os futuros engenheiros que virão participar desse tipo de empreendimento.

Outro aspecto relevante é a intenção de expor os métodos utilizados para planejar e controlar um projeto de LT a partir da perícia de uma empresa de referência no setor de energia elétrica. A abordagem incluirá a descrição e análise das

ferramentas de planejamento e controle específicas para esse tipo de empreendimento, considerando elementos impactantes nos cronogramas, como licença ambiental e questões fundiárias. Além disso, a interdependência natural dos objetivos específicos justifica a abordagem conjunta no texto.

Outro ponto foi a carência de referencial bibliográfico identificada durante a pesquisa também motivou a escolha desse tema, onde o presente estudo permitirá a inclusão de dados relevantes de uma grande empresa do setor para enriquecer o conteúdo.

O desenvolvimento e a progressão do autor como profissional envolvido no projeto constituem uma motivação adicional para a realização deste estudo. Esta pesquisa é vista como uma oportunidade para fortalecimento tanto profissional quanto acadêmico na área, permitindo ao autor aprimorar suas habilidades e conhecimentos de maneira mais abrangente.

Quanto ao projeto selecionado para o estudo de caso, que abrange áreas na Paraíba e Rio Grande do Norte, a escolha se fundamenta no seu período de execução. Com essa escolha, será possível descrever o andamento do projeto de forma alinhada ao desenvolvimento deste trabalho.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é apresentar o planejamento e controle utilizado no processo construtivo de uma obra de linha de transmissão executada entre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, bem como, abordar as ferramentas de gestão empregadas nesse estudo de caso.

1.3 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) Apresentar como foi realizado o planejamento e o posterior controle de uma construção de linha de transmissão a partir de um estudo de caso realizado entre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.

- b) Detalhar as ferramentas utilizadas para elaboração do planejamento e controles empregados pela equipe de gestão da construção do projeto estudado,
- c) Apontar situações críticas do andamento do projeto e seus impactos no decorrer do cronograma.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Setor elétrico brasileiro

2.1.1 Acesso à Energia Elétrica no Brasil

A energia elétrica se tornou uma das principais fontes de luz, calor e força utilizada no mundo moderno, proporcionando uma melhor qualidade de vida à população, alimentando máquinas que ativam as indústrias e movimentando o comércio (PERES; KALUCZ, 2014).

Ademais, o progresso de uma região está intrinsecamente ligado ao crescimento da demanda por eletricidade, tanto por parte dos fornecedores, que necessitam de uma maior capacidade energética para impulsionar a produção, quanto pelos consumidores, que adquirem uma ampla gama de produtos elétricos, como eletrodomésticos e dispositivos eletrônicos. Isso evidencia que o acesso à energia não é apenas uma comodidade, mas sim uma necessidade contínua e cotidiana (MENEZES, 2015).

Segundo dados do IBGE (2022), impressionantes 99,8% da população brasileira tinha acesso à energia elétrica. Esse número sugere um avanço significativo no sentido de garantir que a eletricidade chegue a todos os cantos do país. No entanto, é importante destacar que, apesar desse alto índice de acesso nacional, ainda existem desigualdades regionais. O IEMA (2021) realizou um levantamento que aponta que 990.103 mil brasileiros vivem sem acesso ao serviço público de energia elétrica na Amazônia Legal, com destaque para Acre, Amazonas, Pará e Piauí. Isso demonstra que, embora tenhamos alcançado grande progresso, persistem necessidades prementes de expansão do sistema elétrico para abranger todas as regiões do país.

A expansão do acesso à energia elétrica não é apenas uma questão de conveniência, mas também está intrinsecamente ligada ao desenvolvimento econômico e social de uma nação. Quando mais pessoas têm acesso à eletricidade, mais oportunidades de emprego e empreendedorismo se tornam viáveis, e a produtividade em diversos setores tende a aumentar (MUNIZ, 2021).

No entanto, garantir o acesso não é o único desafio no cenário da energia elétrica no Brasil. A manutenção adequada dos sistemas existentes também é um

fórum vivente. As concessionárias de energia elétrica têm a responsabilidade de assegurar a qualidade do serviço prestado e realizar as manutenções nos sistemas sob supervisão da ANEEL. Nos últimos anos, tem sido corriqueiro a indisponibilidade no fornecimento de energia em alguns períodos, seja por mau funcionamento ou alguma contingência. Independente do motivo, essa indisponibilidade resulta em penalizações para as empresas e prejuízos para a população nesse período de indisponibilidade de energia, o que evidencia a importância da manutenção recorrente e do investimento contínuo nesse setor (MUNIZ, 2021).

É importante ressaltar que a indústria de energia elétrica brasileira se divide em três segmentos distintos: geração, transmissão e distribuição (GONTIJO, 1994). Dentre esses, o setor de transmissão é qual é responsável pelo deslocamento do potencial elétrico dos pontos geradores até as distribuidoras locais. Esse segmento é operado por empresas que vencem leilões de concessão e são responsáveis pela construção e operação de linhas de transmissão e subestações, o que significa que o bom funcionamento das linhas de transmissão depende dessas empresas e sua gestão impacta diretamente no acesso de energia elétrica no país. Além disso, pensar na expansão das LTs é sinônimo de disponibilidade elétrica para a população que ainda sofre com falta dela (MUNIZ, 2021).

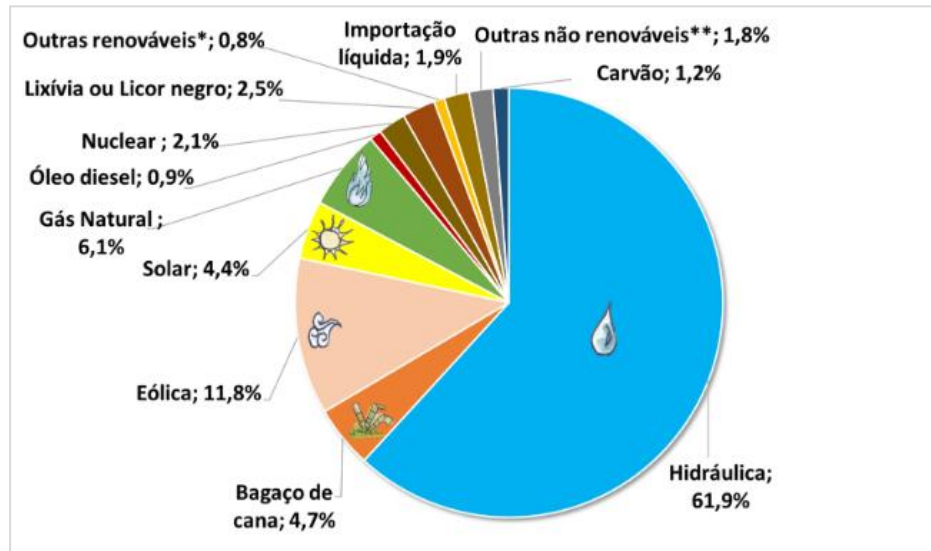
Outro desafio significativo no segmento de transmissão é o envelhecimento da infraestrutura existente. A manutenção adequada e a substituição de linhas de transmissão antigas são primordiais para garantir a confiabilidade do sistema elétrico. Estima-se que aproximadamente 40 mil quilômetros de novas linhas de transmissão sejam necessários até 2030 para atender às demandas de crescimento e modernização da infraestrutura (EPE, 2023).

2.1.2 Dados do setor elétrico

Com o aumento da demanda por energia elétrica no Brasil, o setor elétrico brasileiro tem se fortalecido ao longo do tempo. A energia elétrica está presente nos serviços do cotidiano, na inovação tecnológica e na vida da população em geral. (DUARTE) Atualmente, o setor elétrico está subdividido em geração, transmissão e distribuição. Além disso, conforme a empresa de pesquisa energética (EPE, 2023) o Brasil possui uma matriz energética diversificada, composta principalmente pela fonte

hidráulica (como as hidrelétricas), eólica, solar e bagaço de cana (Biomassa) como pode ser observado na figura 1.

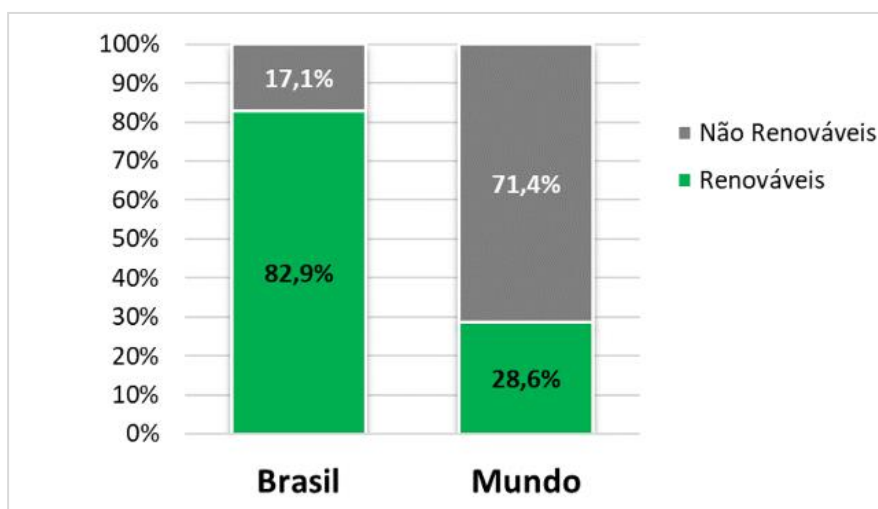
Figura 1 - Matriz energética brasileira



Fonte: EPE (2023)

Essas fontes geradoras são transformadas em potencial elétrico a partir das usinas geradoras de energia. No Brasil, devido à vasta capacidade hidráulica do país, as usinas hidrelétricas são as mais amplamente utilizadas. Além disso, merecem destaque as usinas eólicas e fotovoltaicas, que também são fontes de energia renovável e têm experimentado um crescimento significativo nos últimos anos (ENEL, 2023).

O Brasil se destaca por sua matriz energética diversificada, composta por cerca de 80% de geração de energia renovável em comparação com a média global, como é evidenciado em mais dados da EPE, (2023), a figura 2 ilustra os números citados.

Figura 2 - Percentual de fonte renovável do Brasil

Fonte: EPE, (2023)

O setor elétrico brasileiro tem registrado um crescimento constante e gradual ao longo dos anos, impulsionado pelo aumento da demanda e pelas melhorias na segurança e eficiência do sistema. A EPE é uma das instituições que embasam essa tendência, dispondo de um extenso banco de dados. De acordo com seus registros, a demanda por energia elétrica tem aumentado significativamente ano após ano, especialmente durante o mês de março, que é o período de maior consumo de energia no Brasil. Em março de 2023, o consumo atingiu a marca de 45.713 GWH, enquanto em 2004, no mesmo período, esse número estava em 27.284 GWH, representando um aumento de quase 75% no consumo no mesmo período (EPE, 2023).

Outro dado relevante que reflete o consumo de energia é a carga média consumida no Brasil no ano. Em 2013, essa carga foi de 59.666 MW, comparada aos 70.226 MW registrados em 2022, o que representa um aumento de quase 18% (EPE, 2023).

A EPE realiza esses levantamentos de dados em serviço ao Ministério de Minas e Energia (MME) com intuito de fortalecer o planejamento do setor energético do Brasil (BRASIL, 2021). Tais números evidenciam uma progressão na geração de energia no Brasil e essa crescente demanda requer a permanente expansão e reforço da malha de transmissão, para que haja qualidade e confiabilidade no atendimento (MENEZES, 2015).

De acordo com os relatórios do ONS (2023), a capacidade de geração de energia elétrica vem aumentando e tem previsão para atingir 210 MW até o final de 2023, este número marca um crescimento de 66% comparado com 2013, quando a capacidade de geração era de 130 MW. Além disso, as projeções indicam uma tendência de crescimento para 233 MW até o final de 2027.

O aumento na geração descrito pela ONS teve um impacto direto na expansão das Linhas de Transmissão. De acordo com relatórios EPE (2022), houve um crescimento significativo de mais de 54% na extensão de linhas de transmissão no Brasil no período de 2013 a 2022.

Nesse intervalo de nove anos, o comprimento total das LTs cresceu de 107.114 km para 165.667 quilômetros (EPE, 2021). Esses números destacam o esforço contínuo para que haja uma rede de transmissão que garanta a qualidade de transporte e suprimento de energia adequado no Brasil (MOURA; MOURA; ROCHA, 2019).

Além disso, criar diversificação de rotas para a distribuição de energia elétrica é fundamental para eliminar a dependência de um único caminho de transporte. Essas novas linhas não apenas aumentam a capacidade de entrega de energia, mas também minimizando o risco de apagões e interrupções por representar novas alternativas no sistema (MUNIZ, 2021).

Com isso, a energia transmitida nas LTs chega até as subestações abaixadoras de tensão e é distribuída para a população e indústrias por meio das linhas de distribuição, sendo esta etapa o último elo da cadeia produtiva na entrega de energia elétrica aos consumidores (FUCHS, 1977). Segundo o ABRADDE (2022), as empresas distribuidoras vão além de simplesmente fornecer energia no varejo. Elas são os agentes responsáveis por sustentar o fluxo financeiro do setor, uma vez que as concessionárias de distribuição atuam como a interface direta com os usuários de energia elétrica. Por meio das faturas, arrecadam os recursos necessários para financiar a operação do sistema.

O ABRADDE (2022) também disponibiliza o rateio médio do custo total do processo que chega até o consumidor: a geração de energia representa 36% da conta de luz, enquanto as transmissoras e as distribuidoras são responsáveis por 7% e 20%

dos custos do setor, respectivamente. Complementam o preço da energia os encargos e tributos, que perfazem 37%.

2.2 Modelo institucional – Órgãos regulamentadores

Segundo o governo federal é possível elencar alguns dos diversos órgãos que desenvolvem, monitoram e regulamentam o setor elétrico brasileiro: dentre os mais importantes estão o Ministério de Minas e Energia (MME), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e o Comitê de monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) (BRASIL, 2021).

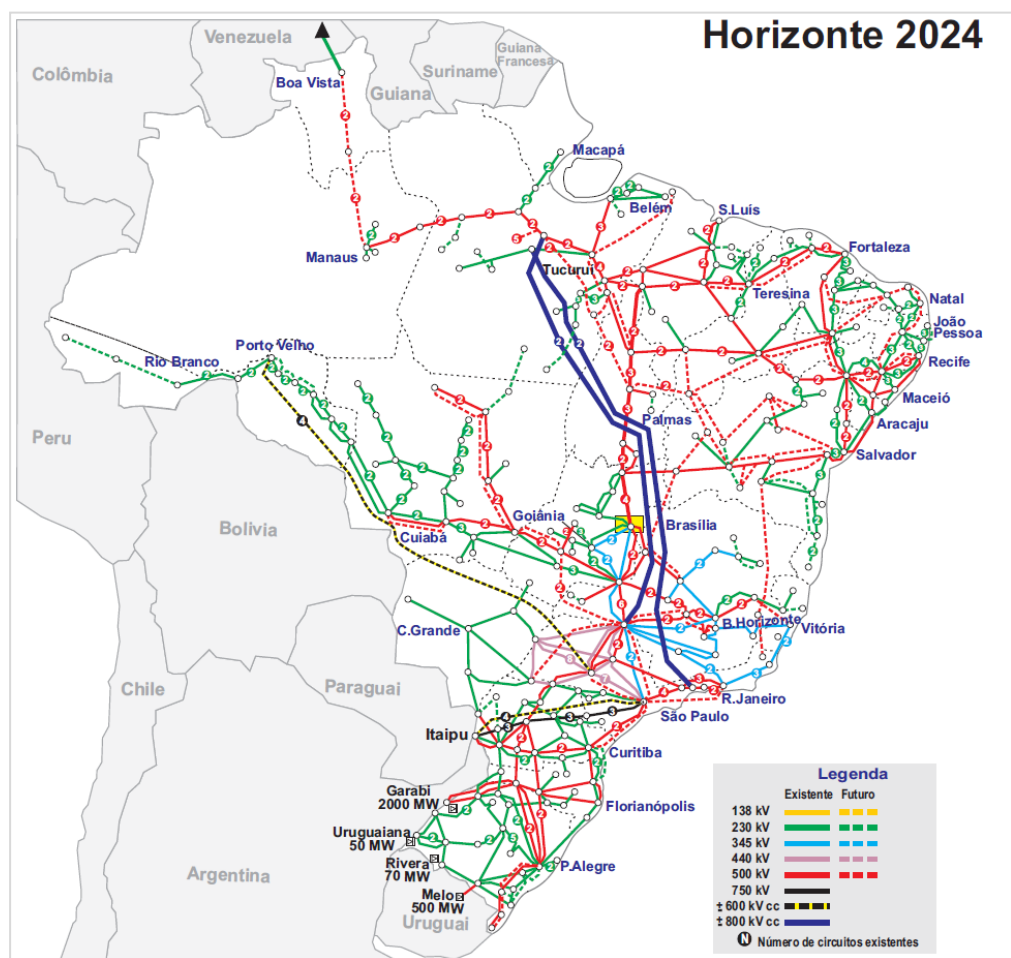
O Poder Executivo, representado pelo governo federal, tem o papel de formular políticas para o setor elétrico. Essas políticas são fundamentais para orientar o desenvolvimento e a expansão da infraestrutura elétrica no país. O governo é auxiliado pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que assessora na elaboração das diretrizes do setor (BRASIL, 2021).

A execução das políticas definidas pelo Poder Executivo recai sobre o Ministério de Minas e Energia (MME), um órgão crucial na gestão do setor elétrico. O MME supervisiona e coordena diversas entidades que desempenham funções específicas no setor, incluindo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE). A EPE é responsável por realizar estudos e pesquisas que embasam o planejamento e a expansão do setor elétrico, garantindo que as decisões sejam baseadas em dados sólidos e projeções realistas. O CMSE, por sua vez, tem a missão de avaliar e monitorar a segurança do suprimento elétrico nacional, agindo para prevenir crises e interrupções no fornecimento (BRASIL, 2021).

A regulação e a fiscalização dos segmentos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica ficam a cargo da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A ANEEL estabelece as regras do jogo para o setor, incluindo tarifas e condições contratuais, e tem o poder de penalizar as empresas que não cumprem as normas estabelecidas (BRASIL, 2021).

O Operador Nacional do Sistema (ONS) é outra peça-chave no modelo institucional. Ele é responsável por operar e controlar o despacho da geração de energia elétrica por meio das linhas de transmissão que integram o Sistema Interligado Nacional (SIN). O SIN é uma rede interconectada que abrange quase todo o território brasileiro, permitindo a transferência de energia entre diferentes regiões. Essa interconexão é fundamental para garantir o suprimento confiável de eletricidade, especialmente em momentos de alta demanda ou em situações de contingência (BRASIL, 2021).

Figura 3 - Sistema interligado Nacional



Fonte: ONS, 2023

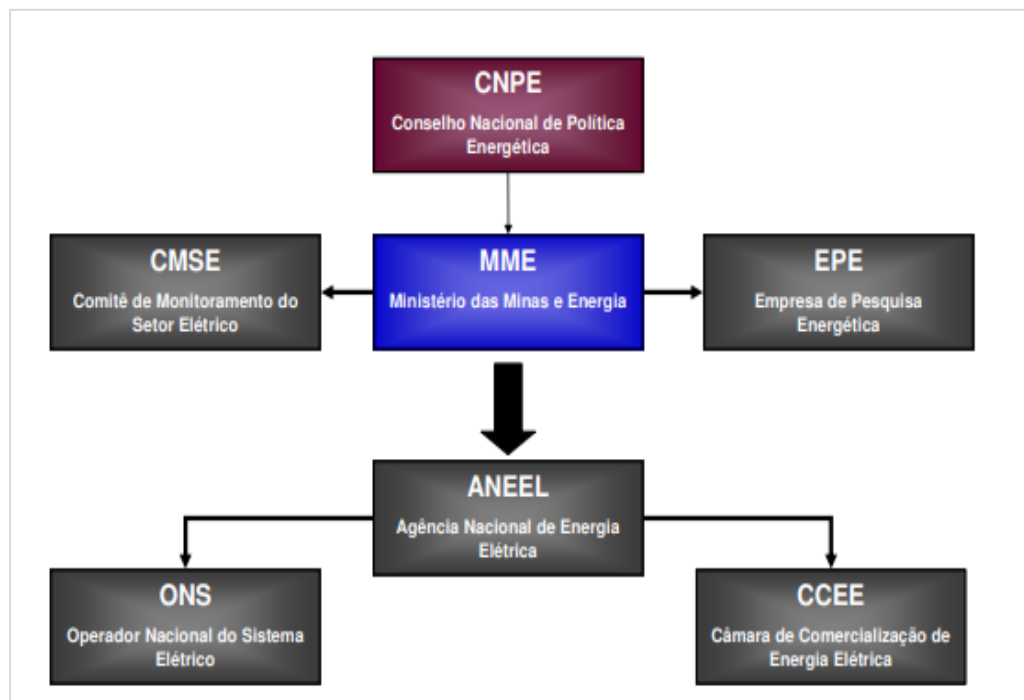
A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) é o órgão responsável pelo ambiente de comercialização e controle dos contratos de compra e venda de energia elétrica. Ela viabiliza a comercialização tanto no ambiente de contratação regulada quanto no ambiente de contratação livre, permitindo que

consumidores e geradores negociem suas necessidades e ofertas de energia de acordo com as condições do mercado (BRASIL, 2021).

Vale destacar que as atribuições dos órgãos descritos acima podem ser consultadas na lei vigente sobre o setor elétrico brasileiro Nº 10.848, de 15 de março de 2004. Embora o modelo institucional do setor elétrico brasileiro seja uma estrutura complexa. A coexistência dessas entidades é indispensável para haja controle do setor elétrico do Brasil.

A figura 4 ilustra melhor as relações de subordinação em relação ao modelo institucional do setor elétrico brasileiro.

Figura 4 - Modelo institucional do setor elétrico



Fonte: Aguiar (2007)

2.3 Linhas de transmissão

2.3.1 Definição e características físicas

De maneira geral, Linhas de Transmissão são condutores através dos quais a energia elétrica é transportada de um ponto transmissor a um terminal receptor (LEÃO, 2019).

Em um contexto técnico, linhas de transmissão são cabos condutores que operam com as tensões mais elevadas do sistema, tendo como função principal o transporte da energia entre centros de produção e centros de consumo, bem como a interligação de centros de produção e sistemas independentes (FUCHS, 1977).

De maneira mais específica, pode-se dizer que as linhas de transmissão transportam a eletricidade gerada em usinas diversas, como hidrelétricas, termelétricas, termonucleares e parques eólicos, até as subestações e distribuidoras de energia elétrica. (FURNAS, 2021)

Funcionalmente, as linhas de transmissão viabilizam o transporte de grandes quantidades de energia elétrica por longas distâncias, de forma técnica e economicamente eficaz. Isso é possível graças às subestações abaixadoras, onde a tensão é reduzida para o início da distribuição em larga escala (MOURA; MOURA; ROCHA, 2019).

O uso de altas tensões nas linhas de transmissão possibilita a transmissão de energia com correntes mais baixas, resultando em condutores com seções transversais menores. Esse design torna os projetos de transmissão mais viáveis e reduz as perdas por aquecimento durante o transporte da energia elétrica (MENEZES, 2015).

No entanto, mesmo com essas medidas de operação, o volume de energia elétrica a ser transportado ainda é substancial, o que requer cabos com bitolas consideráveis. Isso aumenta a complexidade e os custos de construção das linhas, impactando na infraestrutura de suporte, como as torres metálicas e as fundações, tornando-as mais onerosas (FUCHS, 1977).

Em suma, as linhas de transmissão é um traçado de escoamento da energia dos pontos de geração até as subestações distribuidoras para alcançar o consumidor final (MUNIZ, 2021).

Figura 5 - Linha de transmissão energizada



Fonte: Construtora "A" (2019)

2.3.2 Elementos de uma linha de transmissão

2.3.2.1 Torre metálica

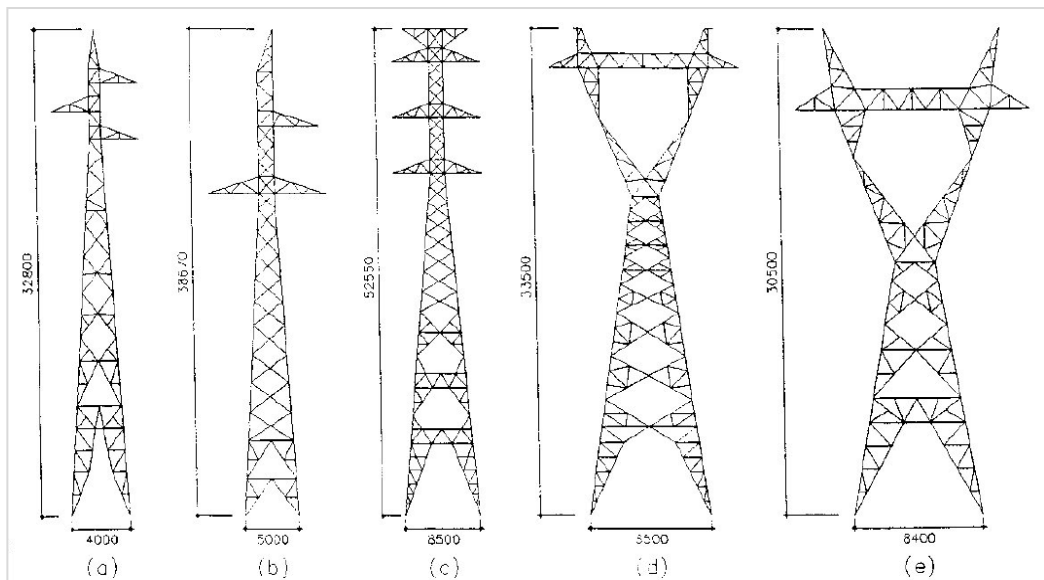
As torres de linhas de transmissão são responsáveis por sustentar os cabos condutores e para-raios, garantindo distância de segurança, desempenho e custo adequado (VELOZO, 2010). Atualmente, as torres mais comumente utilizadas são as torres metálicas treliçadas, no qual podem se construir estruturas maiores com mais leveza mantendo uma ótima resistência (GONTIJO, 1994).

Nesse caso, para uma melhor categorização existe uma classificação dessas estruturas com base em dois critérios principais: o sistema estrutural adotado e sua função na linha de transmissão. Essa classificação determina as estruturas mais adequadas, levando em conta o tipo e a magnitude dos carregamentos que serão transmitidos para uma melhor eficiência da estrutura (FUCHS, 1977).

Em termos de sistema estrutural, as torres podem ser classificadas como autoportantes, que se sustentam por conta própria, e estaiadas, que são sustentadas

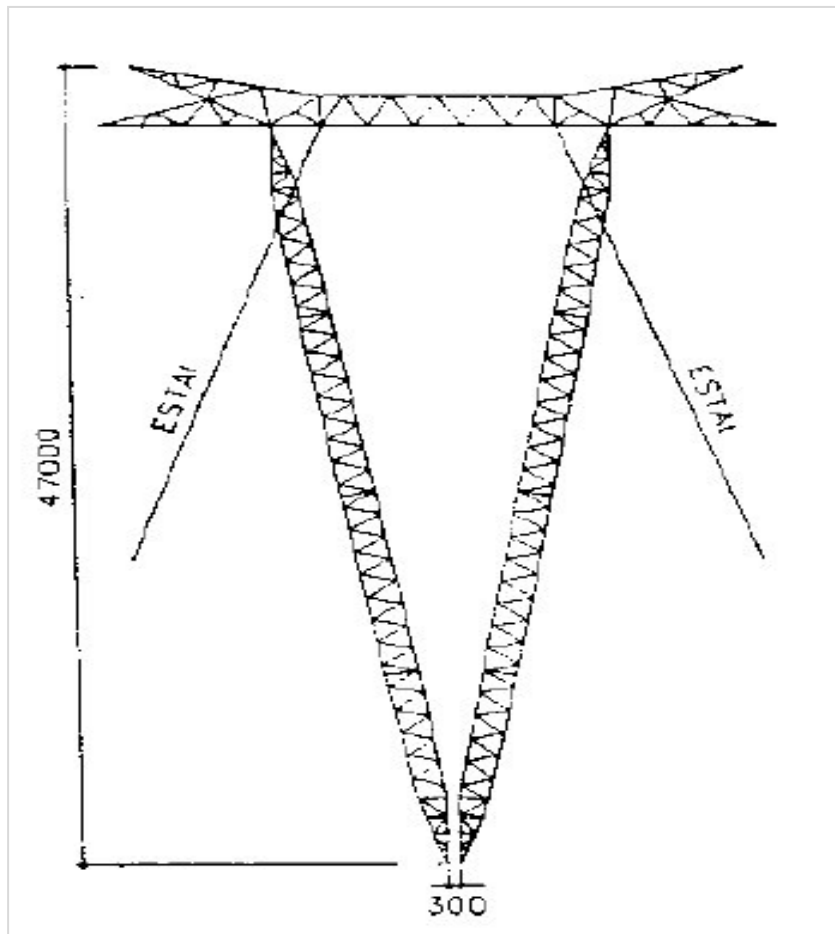
por cabos tensionados no solo (estais). Em termos técnicos, segundo Moura, Mouros e Rocha (2019) as torres autoportantes são mais dispendiosas e têm a capacidade de suportar cargas mais substanciais, incluindo acomodar mudanças de ângulo na linha de transmissão. Por outro lado, as torres estaiadas têm um custo menor, mas desempenham somente a função de suspensão. Ademais, as torres autoportantes exigem menos espaço para a instalação de suas fundações e podem ser implantadas em terrenos acidentados, ao contrário das torres estaiadas, que não são adequadas para essas condições. Quanto à usualidade, as torres autoportantes são mais comuns no Brasil, mas as torres estaiadas têm ganhado seu espaço nos últimos anos, especialmente, devido à sua leveza e esbeltez

Figura 6 - Desenho silhueta torres autoportantes



Fonte: Gontijo (1994)

Figura 7 - Desenho silhueta torre estaiada



Fonte: Gontijo (1994)

Já a respeito da função, Fuchs (1977) elucida em 3 tipos as funcionalidades de cada torre:

- Ancoragem: As torres de ancoragem, são divididas em torres de ancoragem intermediária e torres de ancoragem total. As intermediárias atuam como pontos de tensionamento e estão localizadas em pontos intermediários da linha, enquanto as torres de ancoragem total possuem estruturas mais robustas para suportar cargas unilaterais dos cabos, o que ocorre no início e no fim das linhas de transmissão, sendo também chamadas de torres fim de linha, nas quais devem ser autoportantes (FUCHS, 1977).
- Suspensão: Essas suportam carregamentos verticais e horizontais permanentes, além dos carregamentos causados pela ação do vento, tanto no sentido longitudinal quanto transversal da linha.

Também é possível prever esforços horizontais no sentido transversal quando estruturas adjacentes provocam pequenas mudanças angulares na torre ao longo do trajeto da linha de transmissão, podem ser autoportantes e estaiadas (FUCHS, 1977).

- Ângulo: São torres posicionadas nos pontos onde há mudanças no trajeto da linha de transmissão, e essas estruturas precisam ser dimensionadas para suportar as solicitações horizontais que surgem devido à formação de ângulos na linha, devem ser autoportantes (FUCHS, 1977).

Vale ressaltar que há outros fatores que influenciam na configuração final da torre, como o espaçamento entre fases, configuração dos isoladores, ângulo de proteção para-raios, distâncias elétricas mínimas entre os pares energizados e as torres, flecha dos condutores, número de circuitos e altura de segurança (MOURA; MOURA; ROCHA, 2019).

Além disso, essas torres possuem uma composição modular que permite adaptações aos locais de implantação, considerando diferentes alturas e extensões das pernas, às vezes niveladas ou com desníveis (VELOZO, 2010).

2.3.2.2 *Cadeia de isoladores*

Em uma Linha de Transmissão Aérea, a cadeia de isoladores é um componente projetado para isolar eletricamente os cabos-fase das torres. Isso impede o contato elétrico entre os elementos estruturais da torre e os condutores elétricos (ELIAS, 2015).

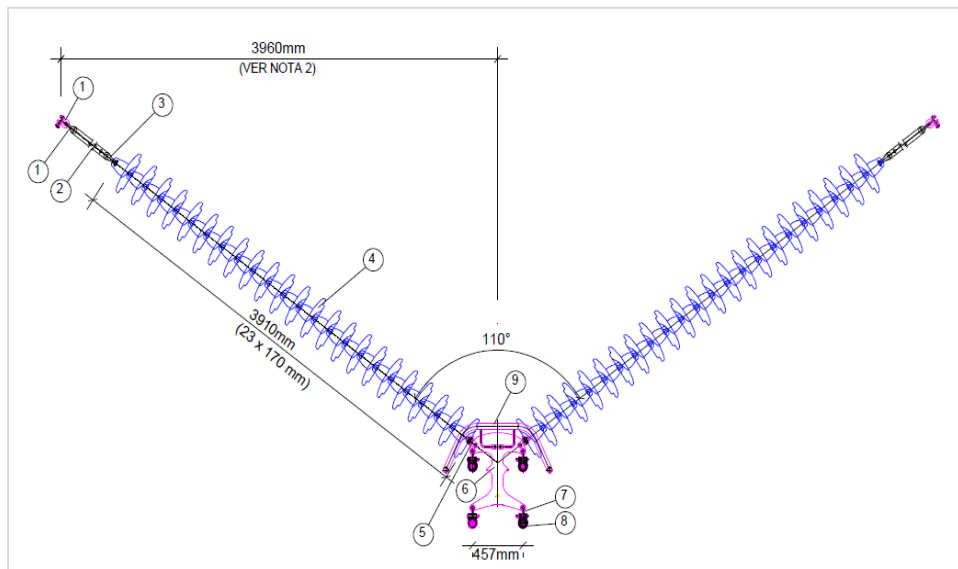
Além disso, os isoladores são projetados para resistir a forças verticais e horizontais em linhas aéreas. A quantidade de isoladores em cada cadeia é determinada com base na tensão (elétrica) da linha e na necessidade de suportar tensões (elétrica) superiores às normais de operação, incluindo a resistência a surtos atmosféricos e manobras (MENEZES, 2015).

Os isoladores também são classificados quanto à sua função, sendo divididos em isoladores de suspensão e de ancoragem. As cadeias de suspensão sustentam o peso dos condutores e podem ter a forma de "I" ou "V", enquanto as

cadeias de ancoragem, além de suportarem o peso dos condutores, resistem às forças de tração do cabo. (MENEZES, 2015).

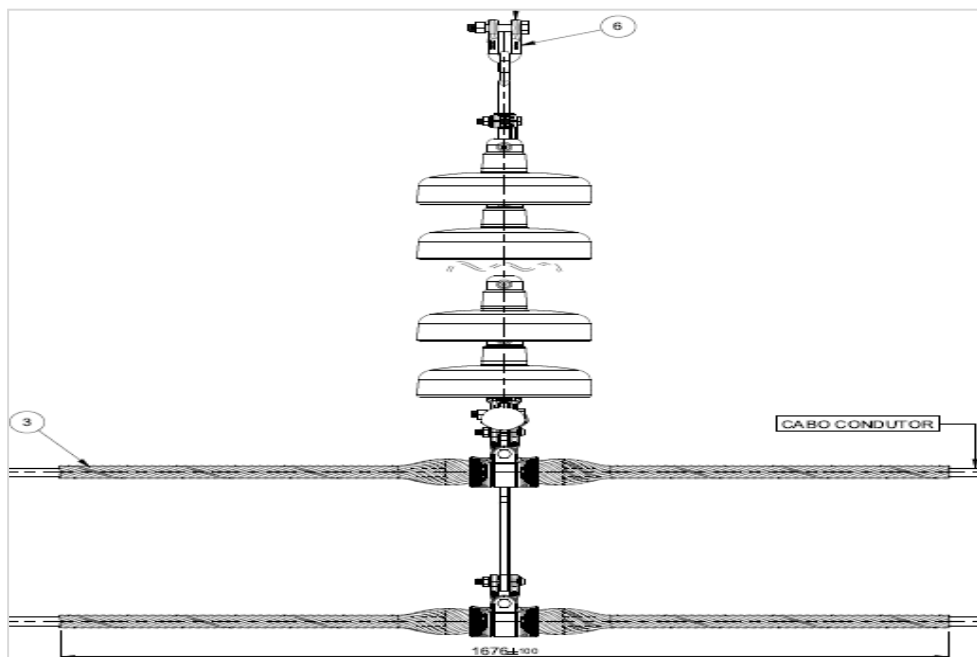
As figuras 8 e 9 demonstram dois exemplos de formato que o isolador pode ser encontrado:

Figura 8 - Cadeia de isoladores em "V"



Fonte: Construtora "A" (2023)

Figura 9 - Cadeia simples de isolador



Fonte: Construtora "A" (2023)

As cadeias de isoladores têm a responsabilidade de resistir a várias forças mecânicas transmitidas pelos cabos-fase, como também gerenciar as demandas elétricas causadas por sobretensões, que ocorrem quando a tensão elétrica ultrapassa os níveis usuais de operação da instalação. Os isoladores são encontrados no mercado em vidro, polímero e porcelana, este último é o material mais comumente utilizado (ELIAS, 2015).

2.3.2.3 Cabo condutor

O cabo condutor é o componente ativo responsável pelo transporte da energia elétrica. Sua operação pode variar entre a suspensão e tração, dependendo da função ao longo da linha (ELIAS, 2015).

No contexto das LTs, os cabos podem ser fabricados a partir de diferentes materiais, como alumínio, ligas de alumínio-aço e alumínio com alma de aço. O uso de materiais derivados do alumínio deve-se a sua excelente condutividade elétrica e, principalmente, ao seu custo acessível em comparação com outros metais, como o cobre (ELIAS, 2015).

Vale ressaltar que o tipo de isolamento necessário e as cargas mecânicas, tanto nas estruturas quanto nas fundações, também são influenciados pelo tipo e tamanho do condutor, o que significa que a escolha e distribuição dos condutores impactam diretamente nos projetos de outros componentes que compõem a LT (MENEZES, 2015).

Figura 10 - Cabo condutor de alumínio



Fonte: Menezes (2015)

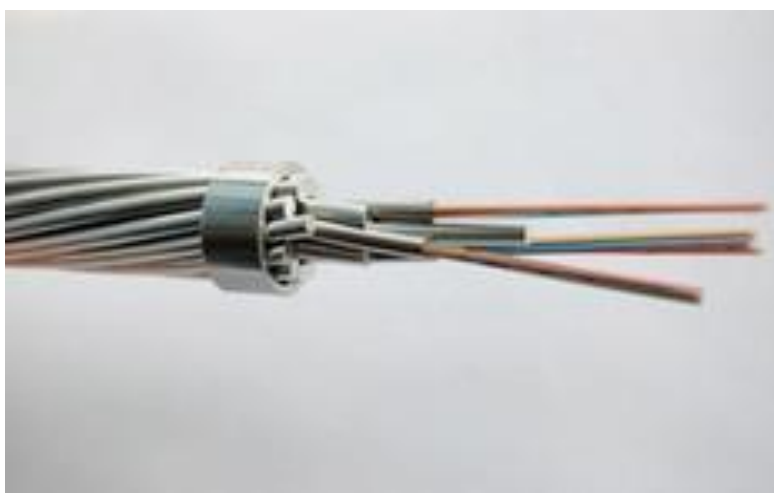
Geralmente, não é possível atender a demanda de energia do projeto com somente um cabo fase, tornando necessário o emprego de 2 ou mais condutores por fase. Essa solução evita a necessidade de empregar cabos com diâmetros excessivamente grandes, reduzindo assim os esforços nas estruturas, fundações e, conseqüentemente, o custo total do empreendimento (MENEZES, 2015).

2.3.2.4 Cabo para-raios

Para a proteção da linha de transmissão são empregados cabos de aço que se conectam às torres por meio de ferragens de fixação com intuito de proteger a instalação com eventuais descargas atmosféricas, esses cabos são nomeados “cabos para-raios” (ELIAS, 2015).

Nos últimos anos, com os avanços tecnológicos recentes no setor, temos observado a crescente utilização do cabo OPGW (Optical Ground Wire). Este cabo para-raios é empregado em linhas de transmissão de energia não apenas para proteger contra descargas atmosféricas, mas também para viabilizar a transmissão de dados em alta capacidade, atendendo às crescentes demandas de comunicação. (FURUKAWA,2023)

Figura 11 - Detalhamento do cabo para-raios



Fonte: Furukawa, 2023

Uma das vantagens da implementação do cabo OPGW é que, além de sua função inicial de proteção contra descargas, ele também permite a transmissão de dados em tempo real (facilitando o monitoramento das condições da linha, a detecção

de falhas e várias outras aplicações em telecomunicações) e possui uma interferência eletromagnética reduzida em comparação com os cabos convencionais (DUARTE, 2007).

Vale destacar, que o uso do cabo para-raios, em geral, fornece um caminho de menor resistência até o solo para as descargas, diminuindo assim as possibilidades de desligamentos da linha e a consequente interrupção do fornecimento de energia elétrica (ELIAS, 2015).

2.3.2.5 Sistema de aterramento

O sistema de aterramento de uma linha de transmissão tem como objetivo permitir o escoamento de cargas ou correntes de descarga até o solo de forma segura (ELIAS, 2015).

Sendo assim, são componentes que protegem o sistema de descargas atmosféricas, indução de corrente de LTs próximas e acidentes como ruptura da cadeia de isoladores ou rompimento do cabo condutor (MENEZES, 2015). O sistema de aterramento de uma linha de transmissão tem como objetivo permitir que essa descarga escoe até o solo de forma segura, impedindo assim a energização do suporte que fica exposto (ELIAS, 2015).

Os elementos que compõem o sistema de aterramento, tais como: conjunto de hastes, contrapeso (condutor enterrado no solo ao longo da faixa de passagem da linha), conectores e cabos para-raios são instalados junto aos suportes de uma LT (ELIAS, 2015).

2.3.3 Do leilão a concessão

A construção de uma linha de transmissão é realizada por uma empresa que se torna responsável pelo empreendimento e recebe anualmente uma receita anual permitida (RAP) para construir, operar e controlar esse ativo. No Brasil, para adquirir esse direito a concessionária deve conquistar essa posição por meio de um leilão (ALVES, 2017).

Um leilão pode ser definido como um instrumento de alocação de recursos que tem sido usado extensamente por governos para a escolha do melhor prestador de serviços ou do melhor fornecedor de um determinado bem (PAULO, 2012).

Em se tratando especificamente de leilões de linhas de transmissão, vale ressaltar que os certames permitem a participação de empresas nacionais e estrangeiras, públicas e privadas, que podem concorrer isoladamente ou em consórcio (ALVES, 2017).

Antes da realização do leilão, de acordo com Menezes (2015), a ANEEL publica editais e relatórios técnicos, estabelecendo custos de investimento com base em estimativas das empresas da área e custos de referências levantados pela própria agência.

De acordo com Alves (2017), quando os agentes de transmissão têm acesso a esses relatórios, são iniciados os estudos para avaliar a viabilidade econômica do empreendimento. Nesta fase, são conduzidos estudos aprofundados para otimizar as soluções propostas nos relatórios R2, R3 e R4, com foco na exequibilidade do projeto. Além disso, são consideradas questões como a sinergia entre ativos já em operação e os pleiteados, bem como desafios relacionados à regularização fundiária e às questões ambientais. Vale ressaltar, que esses fatores influenciam principalmente nos preços ofertados pelas empresas e servem como base de tomada de decisão estratégica dentro do certame.

Com o máximo de informações em mãos, as empresas podem entrar na disputa pelo empreendimento entendendo qual a sua margem para o deságio. A BM&F BOVESPA, sediada em São Paulo, é a entidade responsável pela condução dos leilões de transmissão, e o processo apresenta regras e características específicas, como detalhado por Paulo (2012):

- Em um mesmo leilão vários lotes podem ser ofertados e o contrato de concessão é válido por 30 anos. Esse contrato detalha as obrigações da concessionária em relação à construção, montagem, operação e manutenção da instalação, bem como as condições financeiras para a prestação dos serviços de transmissão (PAULO, 2012).
- É imprescindível que as empresas atendam aos requisitos de pré-qualificação jurídica, técnica, econômico-financeira e de

regularidade fiscal. Também é necessário apresentar garantias financeiras para submeter propostas (PAULO, 2012).

- O número de participantes é conhecido previamente, quando os resultados da pré-qualificação são divulgados (PAULO, 2012).
- São aceitos lances com valores inferiores à Receita Anual Permitida (RAP) máxima estabelecida pela ANEEL (PAULO, 2012).
- Os lances são apresentados simultaneamente, por escrito, em envelopes fechados (PAULO, 2012).
- A ANEEL divulga informações técnicas preliminares sobre as instalações de transmissão e suas respectivas RAPS por meio de edital público (PAULO, 2012).
- A empresa, consórcio ou fundo de investimento que oferecer o lance correspondente à menor RAP para a prestação dos serviços públicos de transmissão é declarada vencedora do leilão e tem o direito de assinar o contrato de concessão. Se a diferença entre a menor oferta e as demais for inferior a 5%, ocorrem lances a viva voz, continuando até que reste apenas um participante (PAULO, 2012).
- O vencedor recebe como RAP o valor proposto durante o leilão (PAULO, 2012).

Com a definição do vencedor, é estipulado um prazo de 90 dias para ANEEL e a transmissora vencedora assinarem um contrato. O contrato explana diretrizes precisas sobre tarifas, regularidade, continuidade, segurança, atualização e qualidade dos serviços prestados aos consumidores. Além disso, ele define sanções a serem aplicadas nos casos em que a fiscalização da ANEEL identifica quaisquer irregularidades (ALVES, 2017).

Finalizado o processo, a concessionário está apta a iniciar o processo de implantação do empreendimento (PAULO, 2012).

2.3.4 Fases preliminares

2.3.4.1 *Licenciamento ambiental*

Grandes projetos como as extensas linhas de transmissão, podem gerar impactos ambientais significativos. Sendo assim, para atestar que esses projetos avancem com o menor impacto ambiental possível, ou mesmo com medidas de

compensação adequadas, as obras são conduzidas de acordo com as premissas definidas pelo licenciamento ambiental.

De acordo com Duarte (2005) apud Bastos, Almeida (1999), o licenciamento ambiental trata-se de um instrumento prévio de controle ambiental para o exercício legal de atividades modificadoras do meio ambiente.

Ainda conforme Duarte (2005), embora não seja uma tarefa fácil é necessário buscar um equilíbrio do desenvolvimento econômico com a preservação da natureza. O que significa projetar atendendo as premissas para conquista do licenciamento.

Para obter a liberação ambiental, as empresas devem elaborar um termo de referência, na qual indica as diretrizes metodológicas que devem ser seguidas para a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental, que é exigido do empreendedor para que o órgão licenciador possa avaliar a viabilidade ambiental (PETROBRAS, 2020).

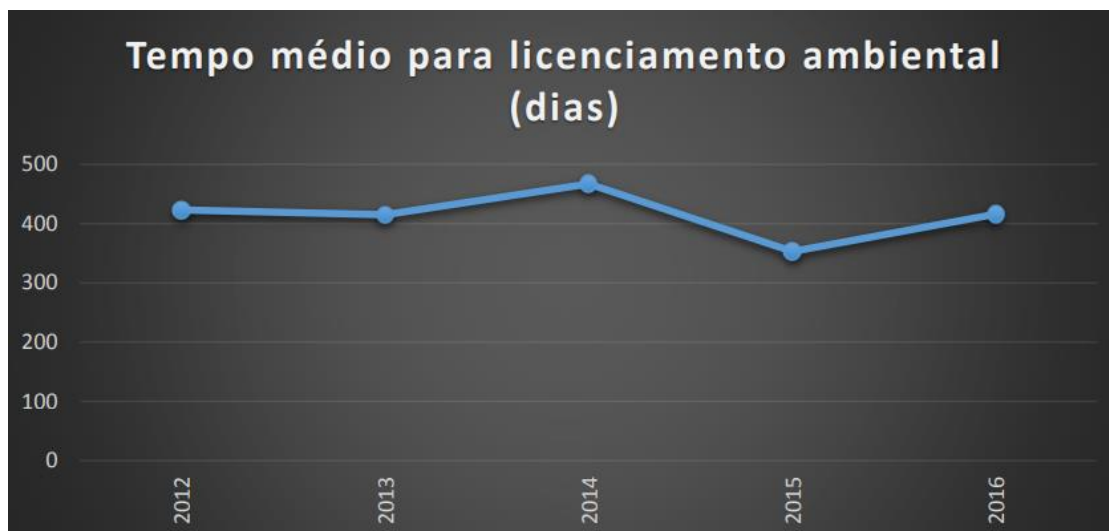
Com base no termo de referência, toda a documentação essencial para a avaliação das questões ambientais pelos órgãos competentes será elaborada, uma vez que atendido ao que se exige é possível receber três níveis de liberações diferentes, conforme detalhado abaixo por Menezes (2015):

- Licença Prévia (LP) – É concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade. Atesta a viabilidade ambiental, que inclui sua concepção e a aprovação da localização, estabelecendo todos os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas etapas de implementação.
- Licença de Instalação (LI) – Possibilita a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, englobando todas as medidas de controle ambiental e demais condicionantes.
- Licença de Operação (LO) – Autoriza a operação da atividade ou empreendimento, caso esteja em conformidade com o cumprimento das licenças anteriores. Traz ainda medidas de controle ambiental e condicionantes definidos para a operação (Menezes, 2015, p 34).

Embora deva existir uma análise cuidadosa na questão das licenças ambientais, as concessionárias enfrentam uma grande burocratização no processo. Como a regulamentação ambiental é implementada de forma diferenciada de acordo com o estado, o que ocorre são inúmeros conflitos de competências, seja causado

pelos órgãos licenciadores ou por intervenções do Ministério Público (MENEZES, 2015). A figura 12 elucida um dado que respalda o que foi descrito acima.

Figura 12 – Tempo médio para emissão da licença ambiental



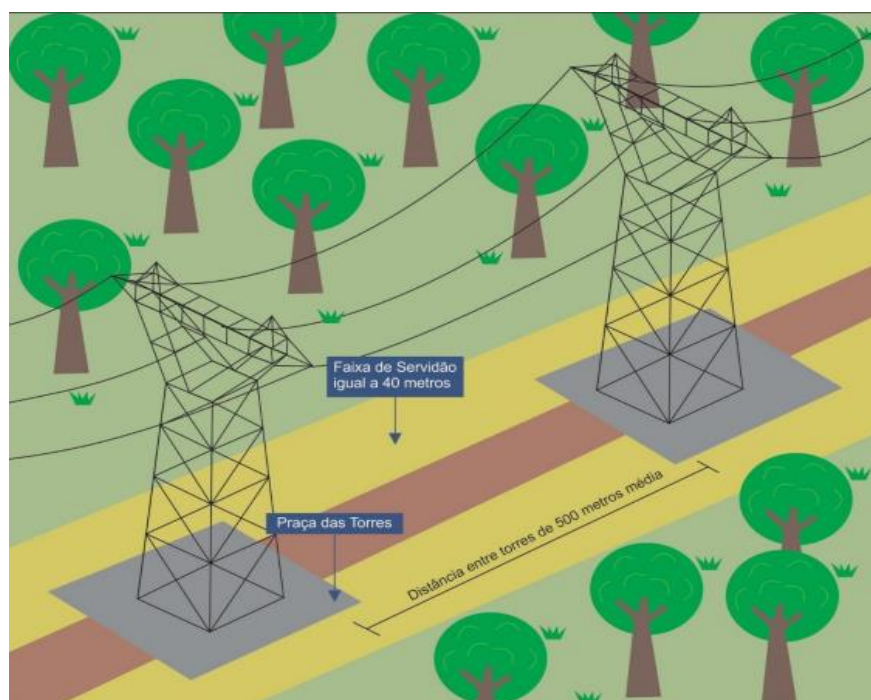
Fonte: Alves (2017)

2.3.4.2 Liberação fundiária

Para que uma LT seja construída é necessário um traçado de dezenas ou até centenas de quilômetros para poder levar o potencial elétrico do ponto de geração até as subestações distribuidoras. Além de evitar rotas onde a implantação causaria um prejuízo ambiental maior, o traçado deve ser pensado em impactar a menor quantidade de propriedades possíveis focando em uma liberação fundiária menos onerosa.

Peres e Kalucz (2014) apud COPEL (2012) definem a liberação fundiária como: os processos para execução de serviços técnicos especializados da engenharia de avaliação, referente à liberação da faixa de segurança de LT's, e instituição da faixa de passagem ou desapropriação. Na figura 13 é possível visualizar a ilustração com a distância entre as torres e a faixa de servidão.

Figura 13 - Exemplo de uma faixa de servidão



Fonte: EIA (2023)

Vale destacar que, em linhas gerais, quanto maior a extensão da linha de transmissão, maiores são os desafios no que diz respeito à aquisição de terras, especialmente em áreas onde o valor das propriedades é mais alto e as negociações com os proprietários se tornam mais complexas (ALVES, 2017).

No que se refere a disposição do terreno, existem duas formas de negociação que se referem a utilização da propriedade. A primeira é a aquisição do imóvel que é feita quando o projeto requer uma área significativa da propriedade para sua operação e manutenção ao ponto que não será possível dispor parte da edificação para utilização paralela de forma segura. A segunda é a instituição de faixa de servidão, que representa uma ação legal pela qual uma determinada parte da área de terra é designada para fins específicos, dessa maneira a concessionária pode negociar somente essa parcela do imóvel necessária para disposição da construção (PERES; KALUCZ, 2014).

Em caso de não haver acordo entre as partes é onde entra a (DUP) Declaração de Utilidade Pública. A DUP é um documento que declara que um

determinado objeto será necessário para a prestação de um serviço público (BRASIL, 2022).

Este documento tem por objetivo facilitar a liberação fundiária, permitindo a construção empreendimentos de geração, subestações e Linhas de Transmissão das quais não chegaram a um acordo entre as partes envolvidas. Ou seja, a emissão da DUP é um processo administrativo que tem como objetivo permitir a desapropriação ou a instituição de servidões administrativas, quando as negociações diretas falham (BRASIL, 2022).

2.3.4.3 Estudos de traçado

Algumas premissas básicas são fundamentais para a escolha do melhor traçado. A principal delas é a definição da menor extensão total possível, reduzindo assim a quantidade de torres e de materiais e serviços associados a elas (MENEZES, 2015).

No entanto, percursos retilíneos nem sempre são possíveis (MENEZES, 2015). Para alcançar um traçado mais eficaz em linhas de transmissão, é fundamental aderir às diretrizes estabelecidas por Moura, Moura e Rocha (2019):

- i. Definir a menor extensão total possível (isso pode não ser possível, pois existem as áreas de proteção e a faixa de servidão deve ser afastada de aldeias), reduzindo assim a quantidade de torres, de materiais e serviços associados à construção da LT.
- ii. Evitar deflexões fortes, pois quanto mais agudos os ângulos entre duas estruturas, maiores os esforços nas torres e fundações, obrigando assim a instalação
- iii. de ancoragens mais robustas e dispendiosas do ponto de vista econômico.
- iv. Escolher relevos favoráveis à alocação das estruturas, evitando a utilização de torres com alturas elevadas ou vãos de comprimento reduzido.
- v. Escolher solos apropriados à execução de fundações normais.
- vi. Evitar as travessias no percurso da LT (rodovias, rios, outra LT, ferrovias etc.).
- vii. Se possível, manter o paralelismo da faixa de servidão com linhas de transmissão já construídas no local. Se possível, implantar o corredor da linha em locais próximos a meios de transporte para facilitar o apoio logístico, a chegada de materiais, equipamentos e o acesso dos trabalhadores aos canteiros de obra. (Moura, Moura e Rocha, 2019, p. 37)

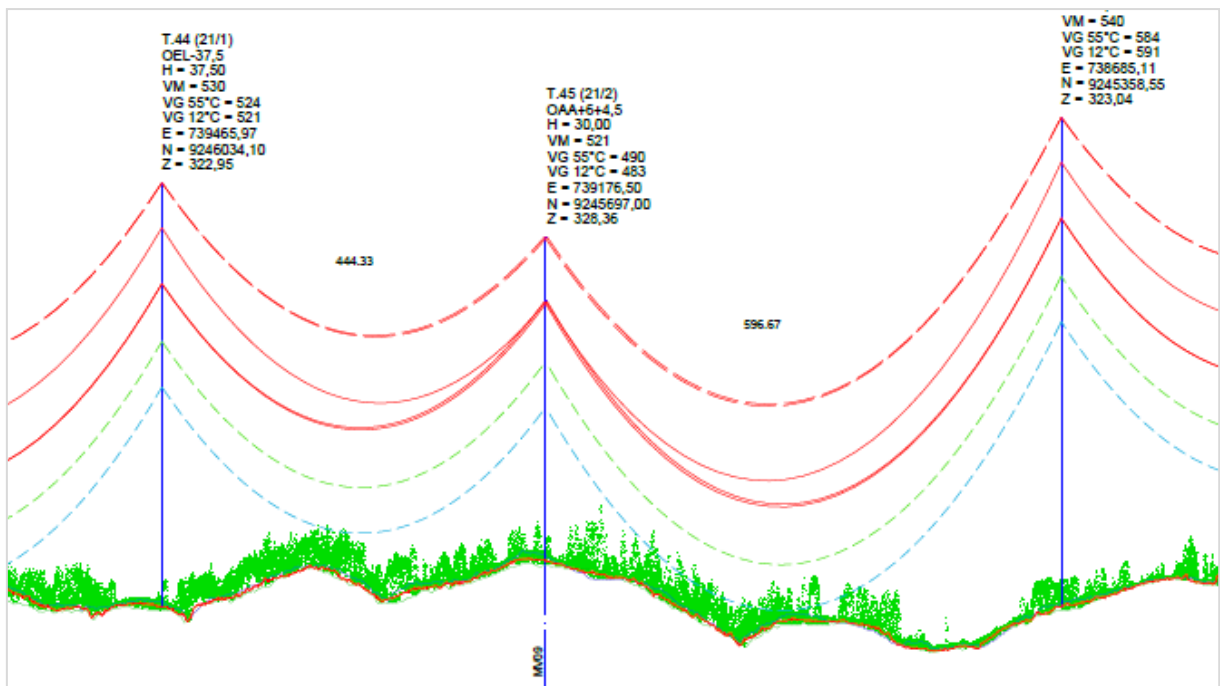
Nesse sentido, a escolha da melhor diretriz, além de propiciar a redução do custo final do empreendimento, favorece as concessionárias nas posteriores fases de construção e de operação do empreendimento (MENEZES, 2015).

2.3.4.4 Estudos preliminares

Após a definição do traçado da linha, a próxima etapa é a execução do levantamento topográfico do seu futuro percurso (GONTIJO, 1994). No levantamento topográfico é possível obter dados importantes como desníveis, ângulos e distâncias onde será implantado a LT (PERES; KALUCZ, 2014).

Dessa maneira, é possível elaborar os desenhos de planta e perfil e estimar as coordenadas do traçado dentro do corredor da LT com os futuros pontos de deflexão do trecho (MOURA; MOURA; ROCHA, 2019), como está representado na figura 14.

Figura 14 - Projeto planta e perfil



Fonte: Construtora "A" (2023)

Com a realização dessas etapas, são liberadas as investigações geológicas que definirão a tipificação da fundação (AZEVEDO, 2011).

2.3.4.5 *Investigação geológica*

Em LT's devido ao grande número de fundações não é economicamente viável a execução de sondagens em todos os pontos de implantação das fundações (AZEVEDO, 2011). No entanto, mesmo que não seja executada uma sondagem em cada perna da torre, será necessário no mínimo uma sondagem em cada torre (AZEVEDO, 2011).

Com base nos resultados das sondagens, são escolhidos alguns locais em cada área geográfica para investigações mais detalhadas. Geralmente, são realizadas sondagens a percussão e a criação de poços manuais para medir as características do solo em diferentes profundidades, e, ocasionalmente, coletar amostras intactas para testes específicos. Isso ajuda a identificar os tipos de solo presentes e determinar parâmetros necessários para os projetos de estruturas na obra (VELOZO, 2010).

Além disso, após a de investigação geológica e geotécnica e a definição do traçado da linha de transmissão, torna-se possível classificar os solos ao longo do projeto com base em suas características geotécnicas semelhantes. Essa etapa visa agrupar os diferentes tipos de solo em classes que compartilham competências geomecânicas comparáveis, cujos parâmetros geotécnicos são confiáveis para a elaboração das fundações. Essa abordagem permite que o projetista desenvolva projetos tipos de estruturas de fundações com base nos parâmetros geotécnicos estabelecidos para cada classe de solo, simplificando assim o processo de projeto (AMARAL, 2015).

2.3.5 Projetos

2.3.5.1 *Básico*

O projeto básico é um documento que fornece detalhes técnicos essenciais para compreender uma obra ou serviço, incluindo seu escopo, materiais, equipamentos, estudos ambientais e responsabilidades. No caso de projetos de linhas de transmissão, o projeto básico deve abranger elementos como a série de torres, especificações dos cabos condutores, para-raios, isoladores e outros componentes, fornecendo a base para aquisição de materiais, estudos ambientais e o

desenvolvimento do projeto Executivo (MENEZES, 2015). Na tabela 1 é possível observar a lista de projetos básicos da construtora A em estudo.

Tabela 1 - Exemplo lista de projetos básicos

PROJETOS BÁSICOS	
SUMÁRIO DO PROJETO BÁSICO	LARGURA DA FAIXA DE SERVIDÃO
NORMAS TÉCNICAS	COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO
ESTUDO DOS VENTOS	ISOLADORES E FERRAGENS
DADOS CLIMATOLÓGICOS	SISTEMA DE ATERRAMENTO
CARREGAMENTOS DEVIDO A VENTOS	SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA VIBRAÇÕES EÓLICAS
CONDUTOR E PÁRA-RAIOS	PROJETO BÁSICO - ESTRUTURAS
ESTUDO MECÂNICO DO CONDUTOR E PÁRA-RAIOS	CRITÉRIOS DE PROJETOS DE FUNDAÇÃO
DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS	PLANTA DO TRAÇADO

Fonte: Construtora "A" (2023)

2.3.5.2 *Executivo*

Nesta etapa, denominada Projeto Executivo, ocorre o detalhamento de todas as instruções necessárias para a execução da obra de linhas de transmissão. São compilados os desenhos, especificações, e a descrição da montagem dos equipamentos. O processo inicia após a conclusão do levantamento topográfico e dos desenhos de planta e perfil. Os cálculos envolvem condições de temperatura, ventos, carga de ruptura do cabo, e outros fatores que afetam a escolha das estruturas e a alocação das torres (MENEZES, 2015).

2.4 **Processo construtivo de linhas de transmissão**

2.4.1 **Supressão vegetal da área de faixa e abertura de acesso**

Durante a etapa de supressão vegetal e abertura de acessos, são executadas ações que incluem a remoção de vegetação, seja de forma manual ou mecanizada, a limpeza da faixa de servidão da linha de transmissão, a criação de novos caminhos e

acessos, bem como quaisquer outras tarefas necessárias para garantir que máquinas e pessoal possam chegar com facilidade até os locais designados para cada torre (MUNIZ, 2021). A figura 15 ilustra os serviços descritos sendo executados.

Figura 15 - Limpeza de faixa com retroescavadeira



Fonte: Muniz (2021)

A faixa de servidão acompanha o traçado da linha de transmissão, englobando as áreas das torres e dos pátios para cabos. A sua largura é determinada com base em critérios de segurança, como efeitos elétricos, balanço dos cabos e posicionamento das fundações de suportes e estais. Essa faixa proporciona um espaço limpo e amplo para a instalação, operação e manutenção da linha de transmissão (MENEZES, 2015).

Os acessos também são vias construídas para possibilitar o transporte de materiais, mão-de-obra e equipamentos pesados necessários para a construção da linha de transmissão. Porém, são construídos fora do traçado da linha quando as estradas existentes não atendem às necessidades da obra, interligando áreas de alocação de estruturas às estradas próximas e facilitando a passagem de caminhões e equipamentos de grande porte (MENEZES, 2015).

2.4.2 Fundação

Durante a etapa de obras civis, inicia-se a atividade de fundação de torres (ALVES, 2017). Nessa fase são realizadas as escavações das fundações, fôrma e nivelamento de stubs, concretagem das fundações, desforma e o reaterro das fundações (MENEZES, 2015).

O nivelamento de stubs (exemplo apresentado na figura 16) é uma prática específica de construção de torres metálicas autoportantes usadas em transmissão. Os stubs servem de elementos de ligação que ancoram as pernas da torre à fundação e seu nivelamento deve ser feito por um topógrafo experiente com uma estação total durante o serviço de armadura e fôrma (MUNIZ, 2021)

Figura 16 - Nivelamento do Stub na fundação



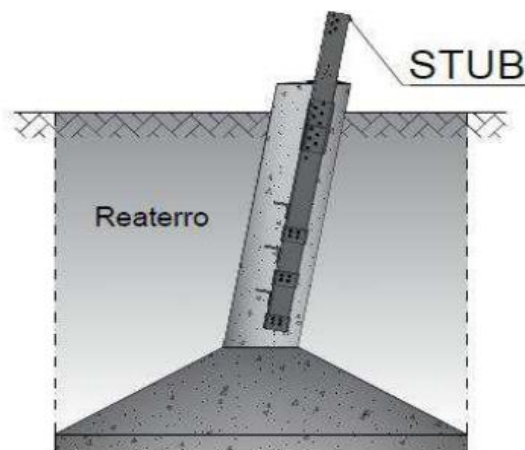
Fonte: Construtora "A"

As fundações mais utilizadas em linhas de transmissão são: tubulão com ou sem base alargada, sapata pré-moldada ou concretada in loco, bloco ancorado em rocha, fundação tipo viga L para estais e estacas helicoidais (MUNIZ, 2021).

Dentre eles, existe a sapata que é usada em torres de linhas de transmissão, onde são aplicadas em pequenas profundidades de 2,0 a 3,0 metros. A inclinação dos fustes, que segue a inclinação dos pés da torre autoportante, permite uma distribuição

eficaz dos esforços e um bom cobrimento do stub, sem a necessidade de aumentar suas dimensões, conforme a figura 17 (AMARAL, 2015).

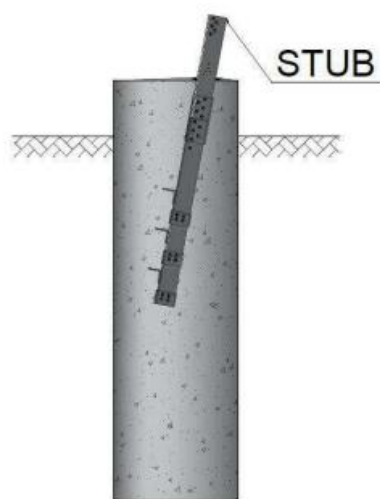
Figura 17 - Sapata com stub



Fonte: Amaral (2015)

Além do mais, a sapata pode ser executada do tipo pré-moldada para o mastro central de torre estaiada, a vantagem dessa fundação é evitar o deslocamento de caminhão betoneira até o piquete da torre, onde muitas vezes o acesso é difícil (MUNIZ, 2021).

Já o tubulão (figura 18) é o mais comum para utilização em camadas de solo mais profundas quando a capacidade de suporte do solo na superfície é insuficiente. Com comprimento variando de 3 a 10 metros, o tubulão minimiza escavações, evita reaterro e interferência ambiental. Além disso, protege a cantoneira de ancoragem (stub) devido à sua ampla largura e cobertura de concreto (AMARAL, 2015).

Figura 18 - Tubulão com Stub

Fonte: Amaral (2015)

A fundação viga L também é recorrentemente utilizada nesse tipo de empreendimento, sendo aplicada nas torres estaiadas. Essa fundação é do tipo pré-moldada, ou seja, concretada no canteiro central e posteriormente colocada na profundidade prevista em projeto com auxílio de caminhão guindauto (MUNIZ, 2021).

2.4.3 Instalação do sistema de aterramento

O sistema de aterramento é composto por cabos contrapesos e impedâncias instaladas tanto nos pés das torres de ancoragem quanto nas bases do mastro central e estais de estruturas estaiadas (MENEZES, 2015).

A execução dessa atividade compreende a abertura de valas até a profundidade indicada no projeto, colocação do cabo contrapeso dentro da vala e por fim reaterrar (MUNIZ, 2021).

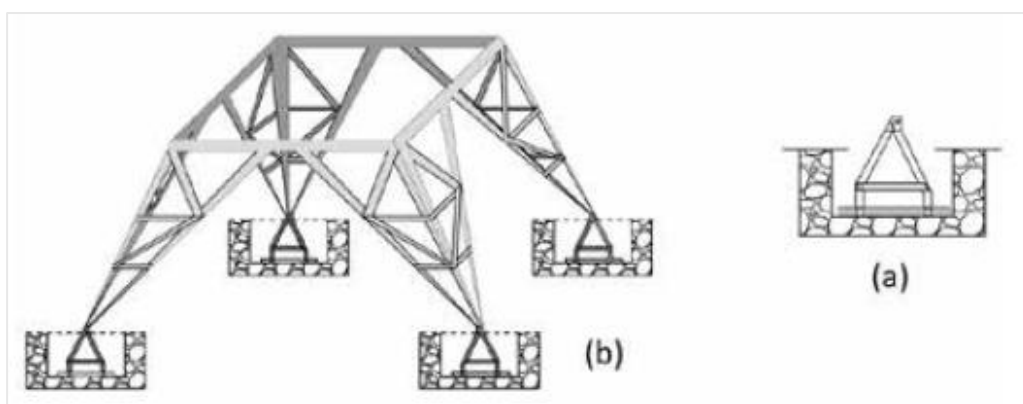
Além do aterramento correto e confiável das estruturas, o projetista deve assegurar que todas as cercas metálicas situadas nas proximidades do corredor da linha de transmissão sejam aterradas de acordo com o estipulado pela norma (MENEZES, 2015).

2.4.4 Montagem de torres

A montagem pode ser realizada por meio de três métodos tradicionais: montagem manual, montagem com guindaste e montagem mista (MENEZES, 2015).

Na montagem manual, é comum realizar a pré-montagem das estruturas no solo para simplificar o processo de içamento das torres. Esse procedimento é repetido até que toda a estrutura esteja devidamente montada (MENEZES, 2015). O procedimento de pré-montagem pode ser exemplificado pela figura 19:

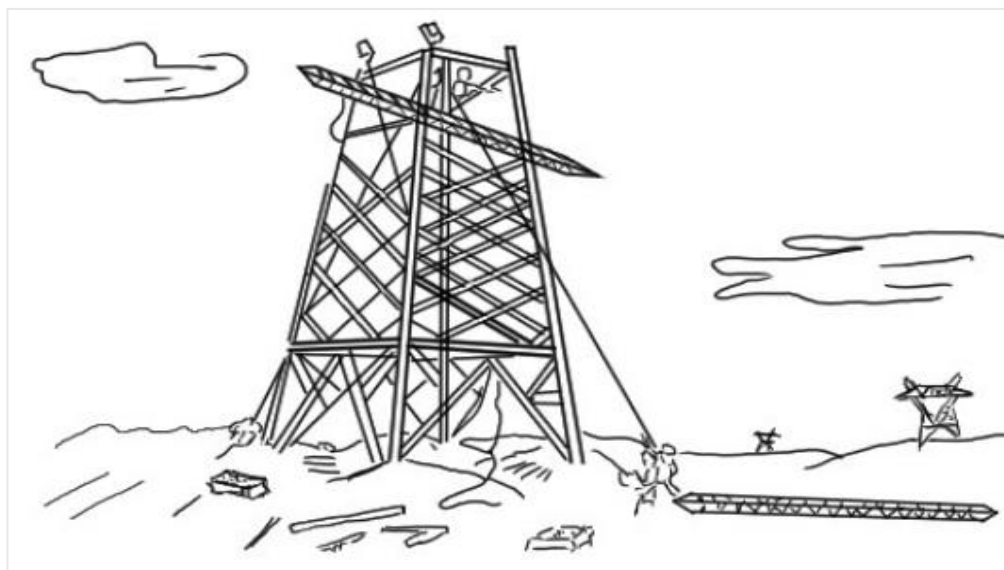
Figura 19 – Pré-montagem de autoportante



Fonte: Moura, Moura e Rocha (2019)

Na montagem com guindaste, o modo é semelhante, porém agora as peças são içadas por um guindaste com mais velocidade, assim, aumenta-se a produtividade, mas eleva-se o custo com o equipamento (MENEZES, 2015). A figura 20 ilustra a montagem de torre com o uso da ferramenta “Facão”:

Figura 20 - Montagem de torre com Facão



Fonte: Moura, Moura e Rocha (2019)

E quando a lança do guindaste não atinge a altura necessária para a montagem mecânica, recorre-se à montagem mista, combinando ambos os métodos para completar a instalação das estruturas (MENEZES, 2015).

2.4.5 Lançamento de cabos

Após a montagem das estruturas é iniciada a etapa de instalação dos cabos para-raios e condutores, que compreende as atividades de lançamento, emenda, flechamento e grampeação de acordo com as especificações técnicas (MENEZES, 2015).

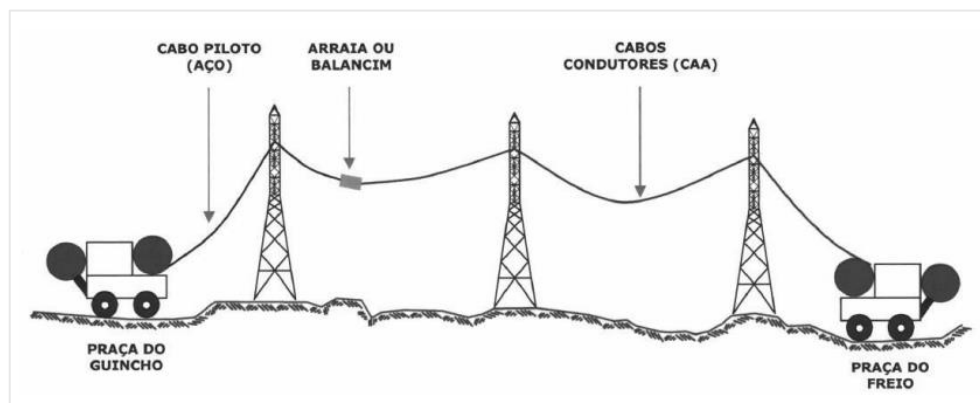
Antes de qualquer lançamento de cabos, deve ser elaborado o “Plano de lançamento”, no qual é especificado as diretrizes para o procedimento de lançamento dos cabos (MUNIZ, 2021).

O documento define locais de início e fim do lançamento em cada trecho, ordem de posicionamento das bobinas, locais de emendas, vãos de controle de flechas e locais de travessias sobre rodovias, ferrovias ou outras LTs/LDs (MENEZES, 2015).

Para o lançamento dos cabos, ilustrados na figura 21, são utilizados os cabos pilotos que conduzem os cabos principais através de um balancim ou arraia (ALVES, 2017). O procedimento se aplica aos cabos condutores e cabos para raios com

emprego de equipamentos tracionadores e frenadores conhecidos como “Puller” e “Freio” (MUNIZ, 2021).

Figura 21 - Esquema de lançamento de cabos



Fonte: Alves (2017)

Após a conclusão do lançamento e a devida realização das emendas, os cabos passam por um processo de nivelamento. Esse procedimento envolve o ajuste da flecha, que representa a distância vertical entre o ponto mais baixo do cabo e seus pontos de apoio (ALVES, 2017).

Por fim, são instalados as ferragens e os acessórios, onde são realizadas a fixação dos isoladores, a grampeação e ancoragem dos cabos na estrutura da torre. Os acessórios, como grampos, emendas e espaçadores, asseguram a qualidade da transmissão de energia, bem como, as sinalizações necessárias que também são instaladas nessa etapa da obra (MUNIZ, 2021).

2.4.6 Comissionamento

Por fim, é realizada a fase de testes e comissionamento, nessa etapa são avaliados se os critérios construtivos e especificações técnicas foram seguidos pelo construtor (MUNIZ, 2021).

Essa tarefa requer a colaboração de profissionais com diversas funções, aptos a identificar e corrigir quaisquer falhas observadas, como peças ausentes, problemas de galvanização, aterramento, contrapeso, limpeza da área, manutenção de estradas

de acesso e verificação da verticalidade das cadeias, entre outros aspectos de revisão para entrega final da obra (MENEZES, 2015).

2.5 Planejamento e controle

As funções imprescindíveis dos sistemas de gerenciamento compreendem o planejamento e o controle. O planejamento tem como objetivo estabelecer metas e uma sequência desejada de eventos para alcançá-las. Por sua vez, o controle atua para garantir que os eventos se aproximem da sequência desejada, iniciando o replanejamento quando a sequência não é viável ou desejável. Além disso, o controle proporciona a geração de aprendizado quando os eventos não se conformam ao plano (MACHADO, 2003 apud BALLARD, 2000).

2.5.1 Planejamento

O planejamento pode ser conceituado como um processo no qual objetivos são estabelecidos, expectativas de situações previstas são discutidas, informações são compartilhadas e resultados desejados são comunicados entre indivíduos, unidades de trabalho, departamentos de uma empresa e até entre diferentes empresas (COSTA, 2017).

Esse processo oferece às pessoas e organizações uma garantia razoável de alcançar seus objetivos, resultando em confiança, clareza nas ações a serem tomadas e uma visão antecipada do que precisa ser feito e para onde se deve direcionar. Isso, por sua vez, pavimenta o caminho para a eficiência nas ações e a obtenção máxima de eficácia nos resultados, conforme destacado por (SILVA, 2011).

De acordo com Costa (2017) o planejamento permite definir:

- A organização para executar a obra;
- Tomar decisões;
- Alocar recursos;
- Integrar e coordenar esforços de todos os envolvidos;
- Assegurar boa comunicação entre os envolvidos na obra;
- Suscitar a conscientização dos envolvidos para prazos, qualidade e custos;
- Caracterizar a autoridade do gerente;

- Estabelecer um referencial para controle;
- Definir uma diretriz para o empreendimento. (Costa, 2017, p. 15)

2.5.2 Controle

Já o controle representa a etapa lógica final do ciclo administrativo, monitorando a implementação do programa, assegurando a conformidade com os padrões estabelecidos e buscando eliminar obstáculos ou anomalias que possam prejudicar o funcionamento adequado do sistema (COSTA, 2017).

Ademais, o controle acompanha a execução, avaliando os resultados obtidos, comparando-os com o que foi previsto e planejado para então apontar as discrepâncias aos responsáveis pelas decisões corretivas (COSTA, 2017).

Segundo Costa (2017), o controle possibilita avaliar as anormalidades durante a execução da obra, permitindo a identificação e correção imediata de possíveis falhas ou omissões no planejamento. Além disso, concede a capacidade de intervir no sistema, corrigindo prontamente as anomalias identificadas, especialmente durante a execução.

2.5.3 Representações gráficas utilizadas para o controle:

2.5.3.1 *Curvas*

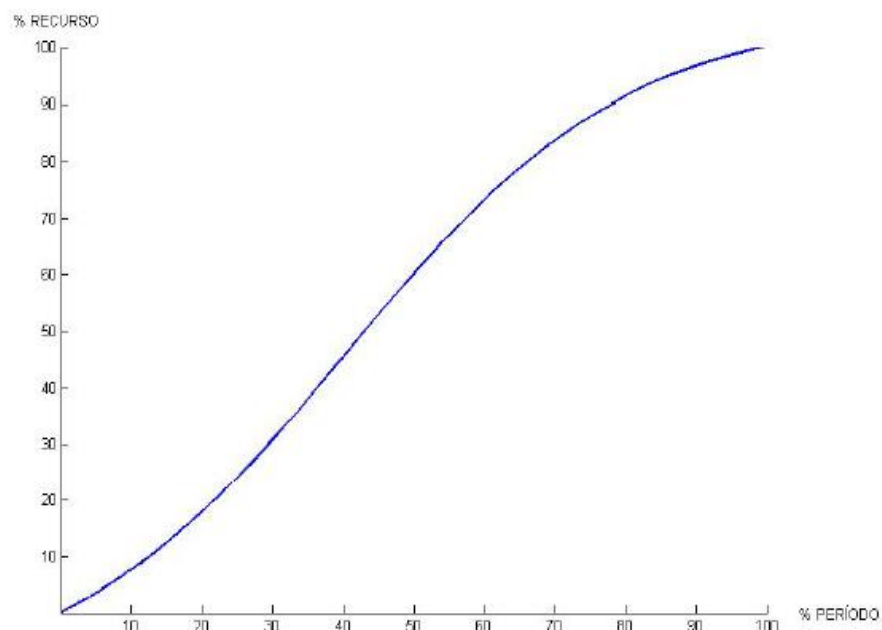
A Curva “S” é uma ferramenta muito utilizada para o acompanhamento da evolução de uma variável (custo, produção etc.) no decorrer do tempo. É facilmente reconhecida pelo seu formato curvo, lembrando a letra “S” (LIMA; COUTINHO, 2006).

A representação da distribuição cumulativa de um recurso ou população é exemplificada pela Curva S. No gráfico, exemplificado na figura 22, os valores acumulados ao longo dos períodos podem ser igualmente expressos em um plano cartesiano, utilizando o período no eixo das abscissas e os valores acumulados no eixo das ordenadas. O resultado é uma curva conhecida como Curva S, nomeada devido à sua semelhança com a configuração dessa letra no gráfico (COSTA, 2017).

Na utilização desta ferramenta ocorre a comparação entre a curva projetada e a real, possibilitando avaliar se o consumo da variável analisada segue

conforme o planejado. Essa análise determina a necessidade de ajustes no plano do projeto, sendo uma prática comum em projetos de engenharia. Se a curva real estiver acima da prevista, indica que o consumo ou fluxo da variável ocorreu mais rapidamente que o esperado. Por outro lado, se a curva real estiver abaixo da prevista, indica que o consumo real da variável está atrasado em relação ao planejado (LIMA; COUTINHO, 2006).

Figura 22 - Curva S



Fonte: Costa (2017)

Dessa maneira, a curva possibilita visualizar o ritmo planejado para a implementação. Em geral, a Curva S é uma ferramenta importante na verificação do desembolso de recursos para as atividades do cronograma físico (COSTA, 2017).

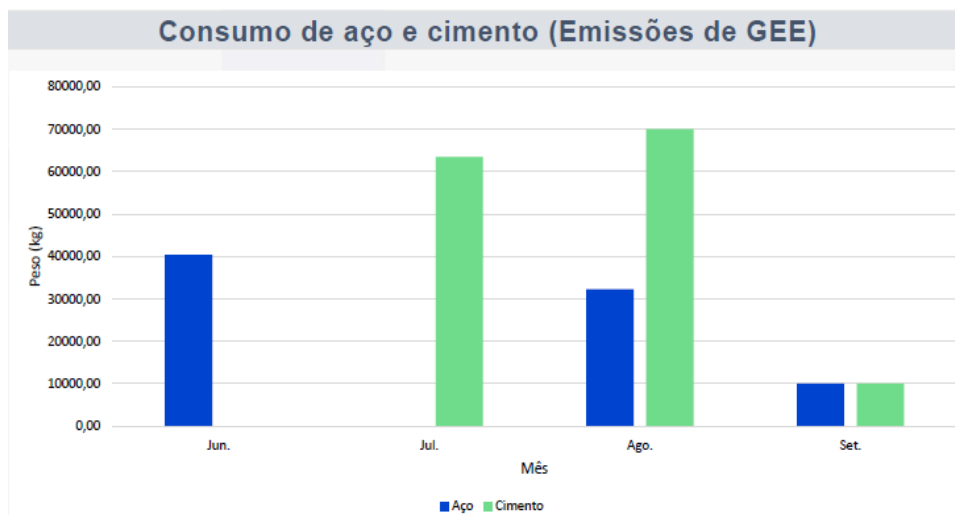
2.5.3.2 *Histograma*

O histograma é uma ferramenta gráfica empregada para representar numericamente extensos conjuntos de dados. Sua análise facilita a interpretação dessas informações de maneira mais acessível e direta, em comparação com a

consulta a tabelas extensas ou relatórios repletos apenas de números e valores (KUROKAWA; BORNIA, 2002).

Representar histogramas é mais simples do que traçar curvas contínuas, que demandam a localização de numerosos pontos. Para criar um histograma em relação a um par de eixos cartesianos, as classes do intervalo de tempo são marcadas no eixo das abscissas. Uma barra vertical é então desenhada, com comprimento equivalente à média dos valores no início e fim da classe considerada (COSTA, 2017). A figura 23 a seguir, elucida a imagem de um histograma:

Figura 23 - Histograma de consumo - Emissões GEE



Fonte: Construtora "A" (2023)

De acordo com Kurokawa e Bornia (2002) apud Paladini (2000) os histogramas exemplificam como se pode descrever, de forma simples e eficiente, uma dada situação; estimulam o uso de imagens como elementos básicos de descrição da realidade e induzem as pessoas a utilizarem visões globais dos processos para melhor entendê-los.

2.5.3.3 Cronograma de barras

O cronograma de barras é elaborado ao listar as atividades de um projeto em uma coluna, acompanhadas das suas respectivas durações. Essas durações são

representadas por barras horizontais em colunas adjacentes, sendo a extensão das barras proporcional à unidade de tempo adotada no projeto (COSTA, 2017).

No entanto, uma limitação do cronograma de barras é a falta de representação visual da interdependência de atividades por meio de setas pontilhadas ou outra forma visual (COSTA, 2017).

Apesar dessa desvantagem, a simplicidade de aplicação e compreensão do cronograma de barras (exemplo da figura 24) contribui para sua ampla aceitação e uso. Esta ferramenta destaca-se em situações que envolvem um número reduzido de atividades e durações curtas, sendo particularmente indicada para o detalhamento de pacotes de trabalho (COSTA, 2017).

Figura 24 - Cronograma de barras



Fonte: Costa (2017)

3 METODO

Configurado como um estudo de caso, esta pesquisa visa demonstrar a partir de um estudo de caso, o planejamento e controle do processo de construção de linhas de transmissão, incluindo o corrente histórico do estudo e seus mecanismos. Para realizar esse estudo, foi utilizado um projeto de uma grande empresa do setor elétrico, no qual o autor faz parte da equipe de gestão.

A construção escolhida foi uma linha de transmissão de energia localizada entre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, que será caracterizada no capítulo de análises e resultados. Antes de quaisquer coletas de dados, será necessário o acompanhamento constante do autor nos processos de gestão da construção do empreendimento, assim como o acompanhamento e sua participação ativa no uso dos mecanismos de planejamento e controle deste projeto.

A metodologia do presente trabalho está dividida em duas partes: Etapa 1 – coleta de dados e Etapa 2 – Tratamento dos dados.

3.1 Coleta de Dados:

O autor acompanhou o desenvolvimento do planejamento e as ferramentas de controle atreladas aos serviços executados em campo, através de um acompanhamento feito de forma remota em um escritório da empresa em Florianópolis, juntamente com visitas mensais ao local de instalação do projeto. Desta forma, foram selecionados os dados relevantes para atender ao primeiro objetivo específico deste trabalho: demonstrar como foi realizado o planejamento e o posterior controle de uma construção de linha de transmissão. Os seguintes documentos e informações foram coletados para apresentar, de maneira técnica e específica, os itens relevantes para o alcance do primeiro objetivo:

- Registros de planejamento, planos de ações e de ataque;
- Registros financeiros;
- Relatórios semanais e mensais;
- Indicadores gerados pela equipe de gestão;
- Dados de produção, orçamento, mão de obra e equipamentos;
- Histórico do andamento do contrato.

Para atender ao segundo objetivo deste trabalho, que é detalhar as ferramentas utilizadas para elaboração do planejamento e controles, foram obtidos os seguintes dados e informações para apresentar esse tópico:

- Dados de planilhas da elaboração do planejamento;
- Dados dos mecanismos de controle (Plataformas, planilhas e relatórios);
- Histórico da operação e elaboração dos controles.

3.2 Tratamento dos dados:

Com a obtenção dos dados relativos a cada objetivo específico, foi feita a análise e tratamento das informações obtidas. A ideia foi juntar todos os elementos relativos aos tópicos centrais e formular uma compilação que coincidissem com objetivos propostos.

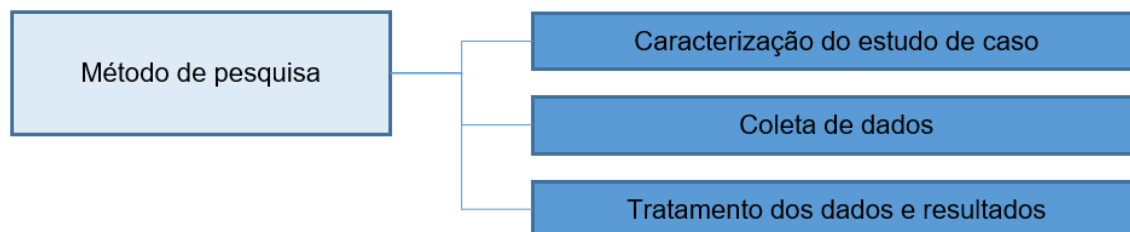
No que diz respeito à demonstração do planejamento e controle, os dados foram organizados e descritos conforme seu desenvolvimento ao longo do projeto, enfatizando os aspectos singulares da LT em estudo, uma vez que cada empreendimento possui suas características particulares.

No que se refere ao detalhamento dos mecanismos de planejamento e controle, o conjunto de dados coletados foi moldado para expor suas funcionalidades, elementos que o compõem e a importância de sua aplicabilidade no projeto.

Vale ressaltar que os resultados desse trabalho foram reforçados por relatos específicos da experiência do autor como parte integrante da equipe de gestão do projeto, como também, pelo respaldo institucional de uma empresa competente no setor de construção de linhas de transmissão.

A figura 25 descreve um organograma das etapas que serão executadas no próximo capítulo:

Figura 25 - Organograma da metodologia



Fonte: Autor (2023)

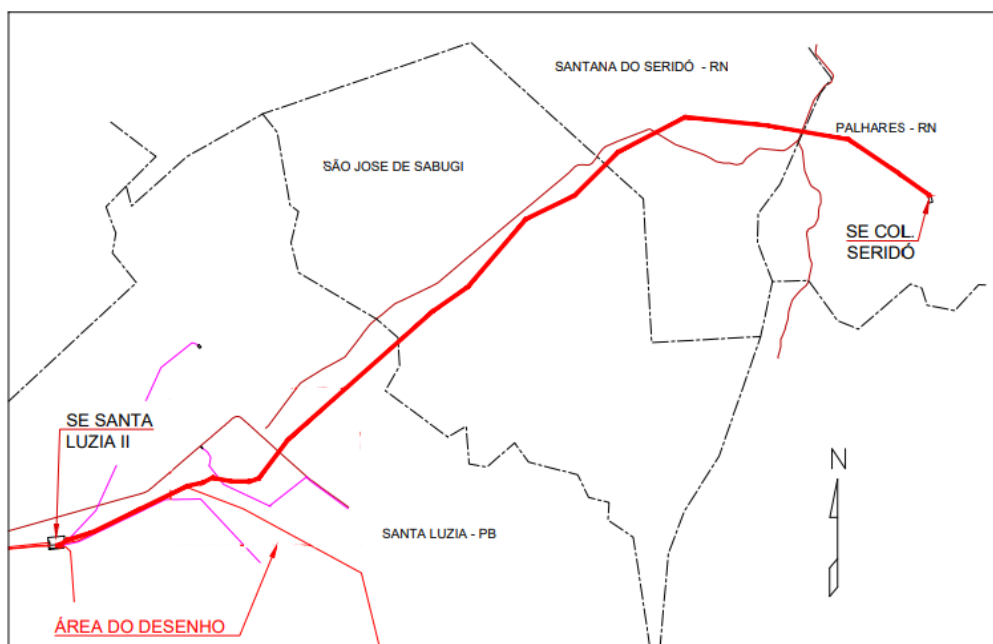
4 RESULTADO E DISCUSSÕES

4.1 O empreendimento do estudo de caso: LT Parelhas

O projeto do estudo tratou-se da construção de uma linha de transmissão de energia elétrica energizada no final de 2023. Com uma extensão total de 45 quilômetros, esta linha é composta por 88 torres metálicas, incluindo tanto torres autoportantes quanto estaiadas. Com 550 KV de tensão, a linha de transmissão atravessa dois estados brasileiros – Paraíba e Rio Grande do Norte – e atravessa quatro municípios ao longo de seu trajeto, começando em Santa Luzia, na Paraíba, e terminando em Parelhas, no Rio Grande do Norte.

O principal objetivo da implementação deste projeto foi integrar a energia gerada por um complexo eólico a partir da subestação de Santa Luzia II a uma subestação de distribuição, conforme mostra a figura 26 a seguir. Como o nome do empreendimento não pôde ser divulgado, para fins deste trabalho, o projeto em questão será denominado "Parelhas", em razão do local que foi realizado a construção.

Figura 26 - Traçado da LT Parelhas



Fonte: Construtora "A" (2022)

A construção deste empreendimento foi administrada por uma empresa do tipo EPC - Engineering, Procurement, and Construction (Engenharia, Suprimentos e Construção). A empresa em questão foi contratada para gerenciar integralmente a construção do empreendimento, desde a concepção do projeto até a entrega final, de modo a garantir a conclusão dentro do prazo estipulado, respeitando o orçamento estabelecido e rigorosos padrões de qualidade e segurança. Para preservar a identidade da empresa, esta foi denominada como Construtora "A" ao longo deste trabalho.

A Construtora "A" foi contratada por uma concessionária particular de grande renome no setor de energias renováveis, que tinha como objetivo receber o empreendimento em condições ideais e no prazo acordado, visando adicionar um novo ativo ao seu portfólio de operações no mercado.

Dessa maneira, o presente trabalho, seguirá focado nas operações de construção do empreendimento LT Parelhas realizadas pela construtora "A", desde a formalização do contrato entre as partes até a entrega final do empreendimento para a concessionária contratante. Com isso, será um estudo sobre o planejamento e

controle da construção de uma linha de transmissão, excluindo aspectos de sua futura operação e manutenção, que são de responsabilidade da concessionária, ou seja, a empresa contratante.

O período da implantação do empreendimento LT Parelhas teve seu registro inicial com a assinatura do contrato em abril de 2022, sendo a entrega definitiva feita ao final de dezembro de 2023, totalizando aproximadamente 620 dias de contrato. O contrato foi formalizado em abril de 2022, com um cronograma contratual que previa o início das atividades de construção para agosto do mesmo ano. No entanto, devido a atrasos na emissão das licenças necessárias, o prazo foi estendido e a liberação para a instalação do canteiro de obras ocorreu apenas em dezembro de 2022. Além disso, a construção propriamente dita só pôde ser iniciada após a autorização para a supressão vegetal, que foi concedida em junho de 2023.

Apesar dos atrasos no início das atividades de construção, o período anterior foi utilizado de forma eficiente para desenvolver tarefas preliminares do escopo. Durante este tempo, foram emitidos os projetos executivos, definidos os fornecimentos exigidos, realizada a entrega de materiais eletromecânicos e completados os levantamentos topográficos e sondagens iniciais.

Essas ações realizadas durante o período de pré-liberação da licença permitiram um bom avanço nas etapas preliminares de construção, avaliando uma preparação robusta para a fase de obra.

4.2 Planejamento e Controle da Linha de Transmissão Parelhas

Para construir um planejamento e controle eficientes durante todo o processo de implantação do empreendimento em estudo, foi imprescindível compor um time coeso de colaboradores. Para isso, foram formadas duas equipes de planejamento e controle distintas: uma localizada na sede da empresa executante, responsável pelo acompanhamento estratégico e macro do projeto, focada em planejamento e controle de resultados; e outra em campo, encarregada do acompanhamento diário das atividades e da coleta e exportação desses dados.

A construtora “A” entende que as equipes de gestão são determinantes para alcançar os resultados esperados de cada projeto. Essas equipes têm a função

de definir os recursos necessários, programar as atividades a serem executados e organizar a logística mais eficiente, entre outras atribuições que impactam diretamente na performance do contrato.

Durante o projeto, o planejamento e os indicadores de acompanhamento foram utilizados para informar não apenas a alta direção, mas também todos os responsáveis pelas frentes de serviço do projeto. O intuito foi de que os indicadores desenvolvidos auxiliassem na identificação dos principais obstáculos, permitindo que as lideranças atuassem de forma precisa para mitigar riscos e otimizar a utilização dos recursos.

4.2.1 Orçamento

O orçamento foi o primeiro e principal norteador do planejamento do projeto LT Parelhas, tendo a sua primeira versão elaborada, derivada do fechamento do contrato com base nas negociações comerciais. Este orçamento comercial serviu como base para definir os prazos contratuais e premissas de custo do projeto, além de definir o preço final para a contratante, a partir do cálculo do BDI.

Após o fechamento do contrato, a equipe de planejamento e gestão iniciou os trabalhos para desenvolver um orçamento executivo a partir do orçamento comercial. Neste caso, o orçamento executivo foi um estudo mais detalhado, com premissas específicas do projeto e um enfoque minucioso sobre os prazos contratuais e os recursos a considerar.

Além disso, a partir dessa etapa, a equipe de planejamento passa a receber informações adicionais específicas do projeto, oriundo do início dos levantamentos topográficos e sondagens realizadas pelas equipes de engenharia em campo, acrescentando maior nível de detalhamento ao orçamento com informações de possíveis realocações de torres, ajustes no traçado e principalmente, nas tipificações de fundações.

Assim que pronto, a primeira versão do orçamento executivo serviu como planejamento base para os demais indicadores que serão discutidos posteriormente, especialmente o cronograma, onde as premissas de produtividade e custo definiram as permanências. Vale ressaltar, que conforme o projeto avançou, o orçamento foi

revisado trimestralmente, ajustando os custos reais e replanejando o previsto dos próximos meses.

A criação e atualização do controle deste orçamento foram realizadas na ferramenta ERP da TOTVS, que permitiu planejar, replanejar e monitorar dinamicamente todos os custos do projeto. A imagem 27 abaixo mostra um recorte de como o orçamento executivo era organizado na ferramenta utilizada pela construtora “A”. Nesse recorte da planilha de atividades/orçamento da ferramenta RM-TOTVS é possível visualizar que, na linha macro, o custo total do projeto foi um pouco mais de 66,3 milhões de reais.

Figura 27 - Ferramenta RM TOTVS - Aba orçamento

[x]	Ativa	Código da Tarefa	UA	Cod. Composição Local	Cód. Insumo L	Descrição	Nome	Cód. Unid.	Quantidade	Custo Unitário	Custo Parcial	% Planilha	% na Obra
	<input checked="" type="checkbox"/>	1				LT 500 KV -	LT 500 KV - CE SER...		1,0000	66.344.959,4207	66.344.959,...	100,0000	100,00
	<input checked="" type="checkbox"/>	1.1				DIRETO	DIRETO			51.106.201,7383	51.106.201,...	77,0310	77,03
	<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.01				ENGENHARIA	ENGENHARIA			1.080.152,3124	1.080.152,3124	1,6281	1,62
	<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.01.001	20101...	CSV_PROJETO_0020		PROJETO BÁSICO E EXECUTIVO	PROJETO BÁSICO E E...	VB	1,0000	314.650,0000	314.650,0000	0,4743	0,47
	<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.01.002	20101...	CSV_PROJETO_0001		PROJETO DE ESTRUTURAS METÁLICAS	PROJETO DE ESTRUT...	VB	1,0000	445.700,0000	445.700,0000	0,6718	0,67
	<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.01.003	20101...	CSV_TOPOGR_0021		TOPOGRAFIA	TOPOGRAFIA	VB	1,0000	131.119,2200	131.119,2201	0,1976	0,19
	<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.01.004	20101...	CSV_GEOFISI_0001		SONDAGEM E RESISTIVIDADE	SONDAGEM E RESISTI...	UN	1,0000	182.957,4923	182.957,4923	0,2758	0,27
	<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.01.005	20101...		SV_CONS...	ART'S	ART'S	VB	1,0000	5.725,6000	5.725,6000	0,0086	0,00
	<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.02				FORNECIMENTO	FORNECIMENTO			32.794.401,5700	32.794.401,57...	49,4301	49,43
	<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.02.001	20201...	CMAT_ESTR_M_0...		ESTRUTURAS METÁLICAS	ESTRUTURAS METÁLI...	VB	1,0000	10.470.363,5700	10.470.363,57...	15,7817	15,78
	<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.02.002	20201...	CMAT_CB_CON_0...		CABO CONDUTOR	CABO CONDUTOR	VB	1,0000	13.235.179,9000	13.235.179,90...	19,9490	19,94
	<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.02.003	20201...	CMAT_PROTEN_0...		CABO ESTAI...	CABO ESTAI...	VB	1,0000	000.463,5100	000.463,5100	1,3573	1,35

Fonte: Construtora “A” (2024)

Dentro da ferramenta RM-TOTVS o orçamento funcionava de forma dinâmica, os preços unitários elencados na imagem acima gerados a partir da ferramenta com o recurso de criação de CPU's (Composição de preço unitária) em conjunto com a base de dados riquíssima já abastecida com os preços unitários dos insumos historicamente cotados pela equipe de suprimentos.

Dessa forma, foi possível formular todos os preços das atividades do projeto, a imagem 28 ilustra um exemplo com a composição de “Concretagem usinada”:

Figura 28 - Ferramenta RM TOTVS - Aba composições

Código: Descrição: Tipo da Composição: Composição por Produção: Produção por Hora: Chefe da Equipe:

Unidade: Não pode ser Composição Auxiliar

Standard:

TCOP para utilização como composição auxiliar:

Grupo DNIT	Recurso at...	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Equipe	Preço Unitário	Preço Parcial	Pr...
Grupo DNIT: A									
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CVEI_UTL_0063	JEEP TOYOTA BANDEIRANTE 4x4 - 12 LUGARES	H	1,00000000	0,0000	39,5675	39,5675	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CEQP_ESPEC_0126	Motor e vibrador imersão	H	4,00000000	0,0000	4,6000	18,4000	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CEQP_BRANCA_03...	Caminhao toco - 4x2 - c; gabine aux. - carroceria	H	1,00000000	0,0000	86,6350	86,6350	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CEQP_BRANCA_02...	Caminhao betoneira - 8m3 6x4	H	2,00000000	0,0000	177,9620	355,9240	
Grupo DNIT: B									
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CMOD_H_DIR_0109	Enc. de obra III	H	1,00000000	0,0000	64,4363	64,4363	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CMOD_H_DIR_0077	Carpinteiro	H	2,00000000	0,0000	31,1920	62,3840	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CMOD_H_DIR_0087	Pedreiro	H	1,00000000	0,0000	27,6001	27,6001	

0

Parâmetro de recálculo automático habilitado

Data Último Cálculo: 24/05/2024 17:15:32

Valor: 1.601,1822

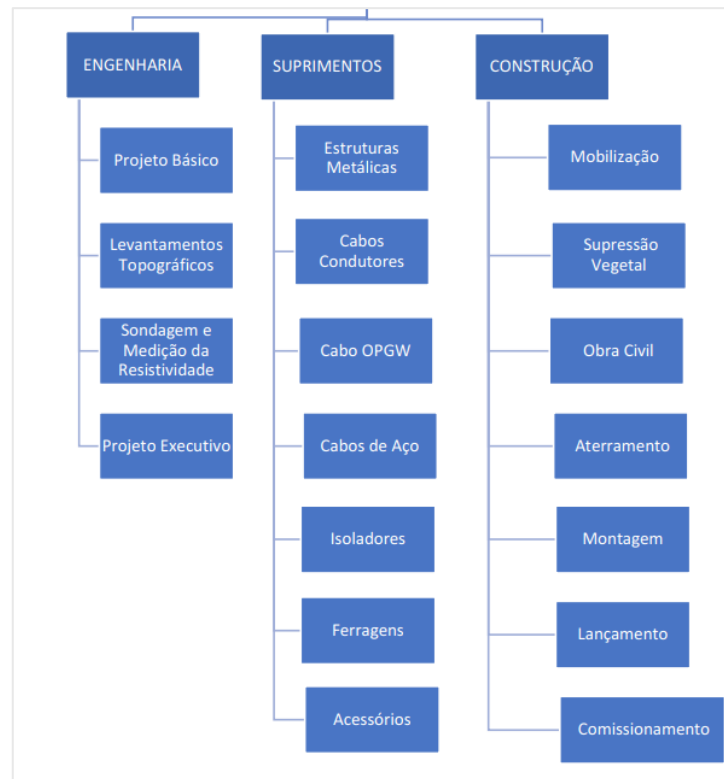
Fonte: Construtora "A" (2024)

À medida que o projeto avançava, para cada mês/competência todos os custos reais eram inseridos na plataforma RM-TOTVS, incluindo notas fiscais de fornecedores, lançamentos financeiros de salários, faturas de locadoras de equipamentos, impostos e demais despesas. Com isso, a cada três meses, era possível substituir os custos planejados pelos custos realizado para o período já executado e replanejar os custos para os meses seguintes do projeto. A cada replanejamento, a plataforma guardava a versão anterior do orçamento, permitindo análise e acompanhamento contínuos. Esse processo foi utilizado durante todo o Projeto Parelhas.

Além disso, os orçamentos possuíam grupo de custos conforme a sua tipificação, de forma a agrupar as despesas de origens semelhantes para facilitar a atuação em caso de distorções. Nesse caso, a subdivisão utilizada foi a mesma definida para a EAP (Estrutura Analítica de Projeto).

A EAP detalhada abaixo na figura 29, representa todo o escopo executivo da construtora "A", em nível de detalhamento que permitiu o acompanhamento da programação, execução dos serviços e custos. O projeto foi dividido em três grandes etapas: Engenharia, Suprimentos e Construção.

Figura 29 - EAP - LT Parelhas



Fonte: Construtora "A" (2024)

A EAP foi utilizada para fracionar o projeto em divisões menores, apresentando de forma mais organizada os custos no orçamento. Além disso, ela facilitou a representação do planejamento no tempo através do cronograma, tema que será tratado no próximo capítulo.

4.2.2 Cronograma

A ferramenta que foi desenvolvida após o orçamento foi o cronograma, nele foi possível, a partir das premissas e marcos definidos em orçamento, definir os intervalos das datas previstas para execução de todo o escopo contratual. Esse estudo foi importante, sobretudo para poder avaliar os principais pontos de atenção com relação aos prazos dentro das atividades e estimar um término para execução de todos os serviços.

Assim como no orçamento, após o início das investigações em campo nas etapas preliminares da engenharia, o cronograma inicial teve que ser revisto e

ajustado conforme as novas premissas reais de campo, tal medida, propiciou entender onde o cronograma foi impactado por alterações extras escopo antes mesmo de iniciar a construção do empreendimento, e assim, renegociar os quantitativos extras e estender os prazos dos marcos de entregas com a contratante.

Na construção da Linha de Transmissão Parelhas, a equipe de planejamento utilizou o MS Project, uma plataforma da Microsoft especializada na elaboração de cronogramas. O MS Project ofereceu uma vantagem significativa: a automatização das tarefas. Por meio da vinculação entre atividades predecessoras e sucessoras, a ferramenta ajusta automaticamente as datas de outras tarefas, conforme necessário. Isso facilitou a reorganização dinâmica do cronograma, assegurando que quaisquer alterações sejam refletidas de maneira integrada. O formato visual e dados do cronograma inicial macro pode ser visto na figura 30 abaixo.

Figura 30 - Cronograma inicial - Ferramenta MS Project

Task Name	Duração da Linha de Base	Início da Linha de Base	Término da linha de base	Início real	Término real	Início	Término
4 Cronograma LT 500 kV Seridó - Santa Luzia II	303 dias	Seg 18/04/22	Sex 30/06/23	Seg 18/04/22	ND	Seg 18/04/22	Sex 30/06/23
▸ CONTRATO EÓLICA SERIDÓ x ELASTRI	150 dias	Seg 18/04/22	Ter 22/11/22	ND	ND	Seg 18/04/22	Ter 22/11/22
4 ENGENHARIA	128 dias	Ter 19/04/22	Qua 19/10/22	Ter 17/05/22	ND	Ter 17/05/22	Qua 19/10/22
▸ PROJETO BÁSICO	20 dias	Ter 19/04/22	Ter 17/05/22	Sex 20/05/22	Sex 03/06/22	Sex 20/05/22	Sex 03/06/22
▸ LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS	60 dias	Sex 17/06/22	Sex 09/09/22	Seg 04/07/22	ND	Seg 04/07/22	Sex 09/09/22
▸ SONDAGEM E MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE	60 dias	Qua 06/07/22	Qua 28/09/22	ND	ND	Seg 25/07/22	Qua 28/09/22
▸ PROJETO EXECUTIVO	110 dias	Seg 16/05/22	Qua 19/10/22	Ter 17/05/22	ND	Ter 17/05/22	Qua 19/10/22
4 SUPRIMENTOS / FORNECIMENTO DE MATERIAIS	183 dias	Seg 30/05/22	Qua 15/02/23	Qui 26/05/22	ND	Qui 26/05/22	Qua 15/02/23
▸ Estruturas Metálicas	165 dias	Seg 30/05/22	Sex 20/01/23	Qua 01/06/22	ND	Qua 01/06/22	Sex 20/01/23
▸ Cabos Condutores	174 dias	Seg 30/05/22	Qui 02/02/23	Qui 26/05/22	ND	Qui 26/05/22	Qui 02/02/23
▸ Cabo OPGW	174 dias	Seg 30/05/22	Qui 02/02/23	Qua 01/06/22	ND	Qua 01/06/22	Qui 02/02/23
▸ Cabos de Aço	174 dias	Seg 30/05/22	Qui 02/02/23	Sex 27/05/22	ND	Sex 27/05/22	Qui 02/02/23
▸ Isoladores	174 dias	Seg 30/05/22	Qui 02/02/23	Qua 01/06/22	ND	Qua 01/06/22	Qui 02/02/23
▸ Ferragens (Arranjos e Conjuntos)	174 dias	Seg 30/05/22	Qui 02/02/23	Sex 10/06/22	ND	Sex 10/06/22	Qui 02/02/23
▸ Acessórios	183 dias	Seg 30/05/22	Qua 15/02/23	Sex 10/06/22	ND	Sex 10/06/22	Qua 15/02/23
4 CONSTRUÇÃO	187 dias	Qui 01/09/22	Qua 31/05/23	ND	ND	Qui 01/09/22	Qua 31/05/23
▸ MOBILIZAÇÃO	50 dias	Qui 01/09/22	Seg 14/11/22	ND	ND	Qui 01/09/22	Seg 14/11/22
▸ SUPRESSÃO VEGETAL	85 dias	Seg 03/10/22	Qua 01/02/23	ND	ND	Seg 03/10/22	Qua 01/02/23
▸ OBRA CIVIL	104 dias	Seg 31/10/22	Ter 28/03/23	ND	ND	Seg 31/10/22	Ter 28/03/23
▸ ATERRAMENTO	105 dias	Seg 05/12/22	Qui 04/05/23	ND	ND	Seg 05/12/22	Qui 04/05/23
▸ MONTAGEM	73 dias	Sex 13/01/23	Sex 28/04/23	ND	ND	Sex 13/01/23	Sex 28/04/23
▸ LANÇAMENTO	49 dias	Seg 20/03/23	Ter 30/05/23	ND	ND	Seg 20/03/23	Ter 30/05/23
▸ COMISSONAMENTO	21 dias	Ter 02/05/23	Ter 30/05/23	ND	ND	Ter 02/05/23	Ter 30/05/23
ENERGIZAÇÃO	1 dia	Qua 31/05/23	Qua 31/05/23	ND	ND	Qua 31/05/23	Qua 31/05/23
▸ MARCOS CONTRATUAIS	283 dias	Ter 17/05/22	Sex 30/06/23	ND	ND	Ter 17/05/22	Sex 30/06/23

Fonte: Construtora "A" (2024)

Conforme ilustrado na imagem acima, o cronograma macro final do empreendimento foi organizado, destacando os marcos de início e término das

principais atividades. Com base nesse cronograma, são realizadas análises a partir de três informações:

- Linha de base (coluna azul) – Esta coluna representa as datas fixadas em contrato, consideradas o cronograma inicial. Essas datas devem ser seguidas rigorosamente e, preferencialmente, não devem ser ultrapassadas. Qualquer desvio em relação a estas datas podem ser vistas pelo cliente como um atraso na execução do projeto.
- Previsto (Coluna vermelha) - As datas nesta coluna indicam as previsões para a execução das atividades. Inicialmente, essas datas coincidem com as datas contratuais. No entanto, à medida que as atividades são executadas, a coluna é atualizada com as datas reais de conclusão. Isso permite a reprogramação das atividades sucessoras de acordo com os planos de ação estabelecidos pela equipe de planejamento, refletindo as adaptações necessárias durante a execução do projeto. Tal coluna, possibilita o controle e acompanhamento do cronograma.
- Realizado (Coluna verde) – Nesta coluna, são registradas as datas efetivas de conclusão das atividades. À medida que as tarefas são finalizadas, essas datas são comparadas com as da Linha de Base e replanejado. Essa comparação promove o monitoramento dos desvios em relação ao cronograma original e ajuda a identificar onde serão necessários recursos ou esforços adicionais para recuperar o cronograma.

Geralmente, cronogramas de projetos genéricos comparam duas informações principais: o previsto e o realizado. Nesse contexto, o previsto assume o papel da linha de base, permanecendo fixo, enquanto o realizado é atualizado conforme o progresso do projeto. Para o cronograma da construção da Linha de Transmissão Parelhas, foi adotada uma metodologia mais detalhada e com controle contínuo como apresentada acima. O cronograma não apenas possui uma linha de base fixa, mas também um cronograma previsto que é ajustado dinamicamente. Esse cronograma previsto é continuamente reprogramado em resposta a desvios ou reformulações no planejamento.

À medida que o projeto avança, as datas previstas são comparadas com as datas efetivamente realizadas. Essa comparação permite a reprogramação das atividades ainda pendentes, garantindo a elaboração de planos de recuperação ou

otimização para o trabalho restante. Assim, o cronograma previsto não apenas reflete o plano inicial, mas também incorpora ajustes e atualizações necessários para manter o projeto no caminho certo com a otimização de tempo e de recursos disponíveis.

Com relação ao desempenho do cronograma, não pode ser medido pelos dados apresentados acima, pois, conforme mencionado no capítulo de apresentação do empreendimento, o cronograma original do projeto enfrentou dificuldades devido a atrasos na emissão das licenças necessárias para o início da construção.

É importante frisar que as atividades preliminares, como Engenharia e Suprimentos, que não dependiam das licenças para serem executadas, foram realizadas conforme o cronograma, dentro dos prazos estabelecidos.

Como a responsabilidade pela obtenção das licenças necessárias para o início efetivo da construção era da empresa contratante, o ajuste no cronograma original se tornou inevitável e a concessionária precisou renegociar seus novos prazos de necessidade. Esse processo de ajuste do cronograma será mais bem detalhado e descrito no próximo tópico.

4.2.2.1 Plano de aceleração do cronograma

Em 19 de junho de 2023, com um atraso de 233 dias, a empresa contratante recebeu a autorização do órgão ambiental para iniciar a construção. No entanto, do ponto de vista de cronograma, o cenário era impraticável, esse grande atraso gerou impacto em todas as atividades previstas e, conseqüentemente, na data de conclusão da obra (energização).

A imagem 31 abaixo demonstra a comparação entre o cronograma inicial e o novo cronograma (após negociação do plano de aceleração) evidencia o atraso mencionado. Nessa figura é demonstrado o recorte do primeiro cronograma contratual, onde a liberação para construir estava amarrada na Ordem de serviço emitida pela contratante prevista para ocorrer em 30/09/22, podendo se iniciar as atividades no dia posterior.

Figura 31 - Recorte dos Marcos do Cronograma inicial

Task Name	Duração da Linha de	Início da Linha de Base	Término da linha de base
▲ Cronograma LT 500 kV Seridó - Santa Luzia II	303 dias	Seg 18/04/22	Sex 30/06/23
▲ CONTRATO EÓLICA SERIDÓ x ELASTRI	150 dias	Seg 18/04/22	Ter 22/11/22
Assinatura do Contrato	0 dias	Seg 18/04/22	Seg 18/04/22
Ordem de Serviço Preliminar (Contratante)	0 dias	Qua 15/06/22	Qua 15/06/22
Ordem de Mobilização para Canteiro	0 dias	Qua 31/08/22	Qua 31/08/22
Liberação integral e irrestrita de 60% de todas as áreas (Contratante)	0 dias	Qui 29/09/22	Qui 29/09/22
Liberação integral e irrestrita de 100% de todas as áreas (Contratante)	0 dias	Ter 22/11/22	Ter 22/11/22
Ordem de Serviço para Execução dos Serviços em Campo (Contratante)	0 dias	Sex 30/09/22	Sex 30/09/22

Fonte: Construtora "A" (2024)

Já na figura 32 a seguir, é retratado o recorte do segundo cronograma contratual (Cronograma do plano de aceleração), onde após definição na data de liberação e tratativas contratuais a data para início ficou para 19/06/23, ao total 233 dias depois.

Figura 32 - Recorte dos Marcos do Cronograma do Plano de aceleração

Task Name	Duração Linha de Base1	Início da Linha de Base1	Término da Linha de Base1
▲ Cronograma LT 500 kV Seridó - Santa Luzia II	518 dias	Seg 18/04/22	Sáb 30/12/23
▲ CONTRATO EÓLICA SERIDÓ x ELASTRI	431 dias	Seg 18/04/22	Sex 15/09/23
Assinatura do Contrato	0 dias	Seg 18/04/22	Seg 18/04/22
Ordem de Serviço Preliminar (Contratante)	0 dias	Qua 15/06/22	Qua 15/06/22
Ordem de Mobilização para Canteiro	0 dias	Sex 16/12/22	Sex 16/12/22
Liberação integral e irrestrita de 60% de todas as áreas (Contratante)	0 dias	Qua 30/11/22	Qua 30/11/22
Liberação integral e irrestrita de 100% de todas as áreas (Contratante)	0 dias	Sex 15/09/23	Sex 15/09/23
Ordem de Serviço para Execução dos Serviços em Campo (Contratante)	0 dias	Seg 29/05/23	Seg 29/05/23
Autorização de Supressão Vegetal	1 dia	Seg 19/06/23	Seg 19/06/23

Fonte: Construtora "A" (2024)

Já na figura 32 acima é retratado o recorte do segundo cronograma contratual (Cronograma do plano de aceleração), onde após definição na data de liberação e tratativas contratuais a data para início ficou para 19/06/23, ao total 233 dias depois.

O plano de aceleração citado, foi uma proposta feita pela empresa contratante para construtora "A" para que fosse elaborado um plano de aceleração para reduzir o prazo das atividades de construção de 8 meses para 6, com o objetivo de minimizar o impacto dos atrasos nas autorizações ambientais.

Essa proposta teve desfecho positivo e com a aprovação de ambas as partes, o contrato foi ajustado para formalizar o novo cronograma. A seguir, na figura 33, é possível visualizar o recorte do 1º cronograma contratual da linha de base 1 (Previsto) onde está estabelecido a data prevista para construção das atividades com a supressão vegetal até a entrega do comissionamento no prazo de 8 meses entre o início da primeira atividade (03/10/2022) até o término da última atividade (30/05/2023).

Figura 33 - Recorte Cronograma inicial - Escopo de construção

▾ CONSTRUÇÃO	187 dias	Qui 01/09/22	Qua 31/05/23
▸ MOBILIZAÇÃO	50 dias	Qui 01/09/22	Seg 14/11/22
▸ SUPRESSÃO VEGETAL	85 dias	Seg 03/10/22	Qua 01/02/23
▸ OBRA CIVIL	104 dias	Seg 31/10/22	Ter 28/03/23
▸ ATERRAMENTO	105 dias	Seg 05/12/22	Qui 04/05/23
▸ MONTAGEM	73 dias	Sex 13/01/23	Sex 28/04/23
▸ LANÇAMENTO	49 dias	Seg 20/03/23	Ter 30/05/23
▸ COMISSIONAMENTO	21 dias	Ter 02/05/23	Ter 30/05/23

Fonte: Construtora "A" (2024)

Em seguida na figura 34, é retratado o novo prazo com recorte do 2º cronograma contratual da linha de base 2 (Previsto – Plano de aceleração) onde está estabelecido a data prevista para construção das atividades de supressão vegetal até entrega do comissionamento com prazo de 6 meses entre o início da primeira atividade (05/06/2023) até o término da última atividade (30/11/2023).

Figura 34 - Recorte Cronograma Plano de aceleração - Escopo de construção

Task Name	Início da Linha de Base1	Término da Linha de Base1
▾ CONSTRUÇÃO	Seg 12/12/22	Sex 01/12/23
▸ MOBILIZAÇÃO	Seg 12/12/22	Sáb 22/07/23
▸ SUPRESSÃO VEGETAL	Seg 05/06/23	Sex 22/09/23
▸ OBRA CIVIL	Qui 08/06/23	Ter 03/10/23
▸ ATERRAMENTO	Qua 05/07/23	Sáb 04/11/23
▸ MONTAGEM	Sáb 29/07/23	Sex 03/11/23
▸ LANÇAMENTO	Seg 02/10/23	Qua 29/11/23
▾ COMISSIONAMENTO	Qua 01/11/23	Qui 30/11/23

Fonte: Construtora "A" (2024)

Vale ressaltar que, após a montagem do novo cronograma, todas as datas das atividades preliminares do escopo da EAP de Engenharia e Suprimentos foram ajustadas para refletir os valores reais na repactuação do contrato. Com a reformulação das datas de atividade não executadas, não havia mais necessidade de discutir atividades já concluídas, pois essas não impactariam o resultado do projeto.

Dessa maneira, ao final do projeto, o cronograma teve sua estruturação com três curvas: Linha de Base 0 (Previsto - Cronograma Inicial), Linha de Base 1 (Previsto - Cronograma de Aceleração) e Linha de Base Real. A coluna que indica o Previsto/Reprogramado também foi utilizada para reajustes ao longo do projeto, mas não será detalhada aqui, pois, após a conclusão de todas as atividades, o Replanejado se iguala ao Real, não havendo mais datas para ajuste.

Convém mencionar que a coluna da 1ª Linha de Base (Linha de base 0) é apresentada apenas para fins comparativos, uma vez que, após a pactuação do cronograma do plano de aceleração, o cronograma inicial deixou de ser aplicável.

A figura 35 abaixo ilustra a compilação das informações do cronograma utilizados no Projeto LT Parelhas.

Figura 35 - Cronogramas Inicial x Plano de aceleração x realizado

Task Name	Duração da Linha de Base	Início da Linha de Base	Término da linha de base	Duração da Linha de Base 1	Início da Linha de Base 1	Término da Linha de Base 1	Início real	Término real
↳ Cronograma LT 500 kV Seridó - Santa Luzia II	303 dias	Seg 18/04/22	Sex 30/06/23	518 dias	Seg 18/04/22	Sáb 30/12/23	Seg 18/04/22	Sex 29/12/23
↳ CONTRATO EÓLICA SERIDÓ x ELASTRI	150 dias	Seg 18/04/22	Ter 22/11/22	431 dias	Seg 18/04/22	Sex 15/09/23	Seg 18/04/22	Ter 10/10/23
↳ ENGENHARIA	128 dias	Ter 19/04/22	Qua 19/10/22	203 dias	Ter 17/05/22	Sex 13/01/23	Ter 17/05/22	Sex 13/01/23
↳ PROJETO BÁSICO	20 dias	Ter 19/04/22	Ter 17/05/22	13 dias	Sex 20/05/22	Sex 03/06/22	Sex 20/05/22	Sex 03/06/22
↳ LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS	60 dias	Sex 17/06/22	Sex 09/09/22	38 dias	Seg 04/07/22	Ter 16/08/22	Seg 04/07/22	Ter 16/08/22
↳ SONDAAGEM E MEDIÇÃO DE RESISTIVIDADE	60 dias	Qua 06/07/22	Qua 28/09/22	25 dias	Ter 26/07/22	Ter 23/08/22	Ter 26/07/22	Ter 23/08/22
↳ PROJETO EXECUTIVO	110 dias	Seg 16/05/22	Qua 19/10/22	203 dias	Ter 17/05/22	Sex 13/01/23	Ter 17/05/22	Sex 13/01/23
↳ SUPRIMENTOS / FORNECIMENTO DE MATERIAIS	183 dias	Seg 30/05/22	Qua 15/02/23	293 dias	Qui 26/05/22	Sex 12/05/23	Qui 26/05/22	Sex 12/05/23
↳ Estruturas Metálicas	165 dias	Seg 30/05/22	Sex 20/01/23	251 dias	Qua 01/06/22	Seg 27/03/23	Qua 01/06/22	Seg 27/03/23
↳ Cabos Condutores	174 dias	Seg 30/05/22	Qui 02/02/23	259 dias	Qui 26/05/22	Qui 30/03/23	Qui 26/05/22	Qui 30/03/23
↳ Cabo OPGW	174 dias	Seg 30/05/22	Qui 02/02/23	200 dias	Qua 01/06/22	Qua 25/01/23	Qua 01/06/22	Qua 25/01/23
↳ Cabos de Aço	174 dias	Seg 30/05/22	Qui 02/02/23	226 dias	Sex 27/05/22	Seg 20/02/23	Sex 27/05/22	Seg 20/02/23
↳ Isoladores	174 dias	Seg 30/05/22	Qui 02/02/23	288 dias	Qua 01/06/22	Sex 12/05/23	Qua 01/06/22	Sex 12/05/23
↳ Ferragens (Arranjos e Conjuntos)	174 dias	Seg 30/05/22	Qui 02/02/23	215 dias	Sex 10/06/22	Qua 22/02/23	Sex 10/06/22	Qua 22/02/23
↳ Acessórios	183 dias	Seg 30/05/22	Qui 04/05/23	174 dias	Sex 10/06/22	Qua 04/01/23	Sex 10/06/22	Qua 04/01/23
↳ CONSTRUÇÃO	187 dias	Qui 01/09/22	Qua 31/05/23	296 dias	Seg 12/12/22	Sex 01/12/23	Seg 12/12/22	Sex 29/12/23
↳ MOBILIZAÇÃO	50 dias	Qui 01/09/22	Seg 14/11/22	187 dias	Seg 12/12/22	Sáb 22/07/23	Seg 12/12/22	Sáb 22/07/23
↳ SUPRESSÃO VEGETAL	85 dias	Seg 03/10/22	Qua 01/02/23	93 dias	Seg 05/06/23	Sex 22/09/23	Seg 05/06/23	Qua 11/10/23
↳ OBRA CIVIL	104 dias	Seg 31/10/22	Ter 28/03/23	99 dias	Qui 08/06/23	Ter 03/10/23	Qui 08/06/23	Sex 10/11/23
↳ ATERRAMENTO	105 dias	Seg 05/12/22	Qui 04/05/23	103 dias	Qua 05/07/23	Sáb 04/11/23	Qua 05/07/23	Seg 25/12/23
↳ MONTAGEM	73 dias	Sex 13/01/23	Sex 28/04/23	81 dias	Sáb 29/07/23	Sex 03/11/23	Qua 19/07/23	Ter 14/11/23
↳ LANÇAMENTO	49 dias	Seg 20/03/23	Ter 30/05/23	48 dias	Seg 02/10/23	Qua 29/11/23	Seg 18/09/23	Sex 29/12/23
↳ COMISSONAMENTO	21 dias	Ter 02/05/23	Ter 30/05/23	24 dias	Qua 01/11/23	Qui 30/11/23	Qui 19/10/23	Seg 11/12/23
↳ ENERGIZAÇÃO	1 dia	Qua 31/05/23	Qua 31/05/23	1 dia	Sex 01/12/23	Sex 01/12/23	Sex 01/12/23	Sex 01/12/23
↳ MARCOS CONTRATUAIS	283 dias	Ter 17/05/22	Sex 30/06/23	497 dias	Sex 13/05/22	Sáb 30/12/23	Sex 13/05/22	Sex 22/12/23

Fonte: Construtora “A” (2024)

O progresso das atividades com relação ao cronograma será detalhado no capítulo “Avanço Físico – Curva S”, onde será possível analisar o andamento das atividades ponderados financeiramente e identificar os desvios, sejam eles positivos ou negativos. Ainda assim que de maneira geral, observando os dados do cronograma as atividades tenham sido concluídas com uma boa aderência ao planejado.

4.2.3 Plano de ataque

Com intuito de definir prioridades e antecipar possíveis entraves na execução das atividades, foi elaborado um “Plano de Ataque” para o projeto. No Projeto Parelhas, o plano de ataque foi desenvolvido para definir de maneira detalhada e específica o caminho a ser percorrido durante o avanço das atividades, bem como serviu para estabelecer logisticamente o início e o progresso das frentes de serviço com devida alocação de recurso.

O plano de ataque foi um estudo aprofundado do cronograma, cuja implementação ajudou a minimizar o risco de ociosidade das equipes devido à falta de frentes de trabalho. Esse planejamento permitiu identificar possíveis restrições nas sequências executivas das atividades antecessoras e ajustar as tarefas anteriores, mitigando os riscos de paralisação das equipes.

Para a elaboração do plano de ataque da LT Parelhas, foram considerados os seguintes dados e informações principais:

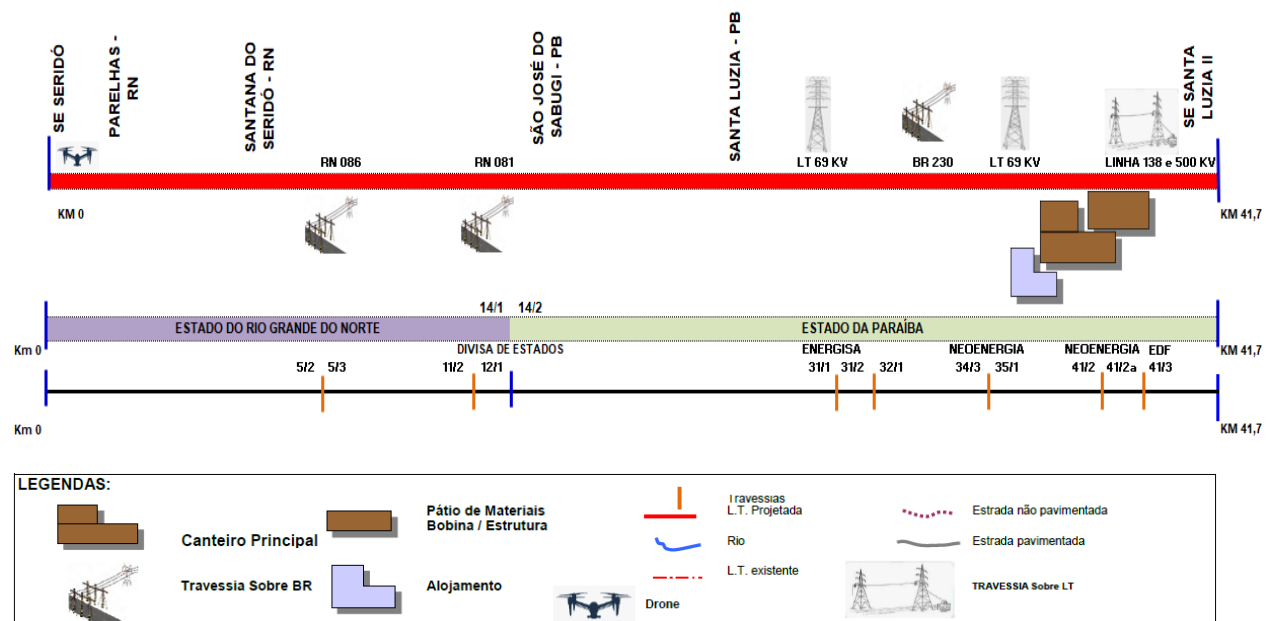
- Cronograma
- Análise do caminho crítico
- Condições de aporte dos recursos
- Análise dos riscos
- Logística da obra

Para compreender melhor a dinâmica logística da linha e definir as estratégias de execução, foi montado um diagrama que indica os pontos mais relevantes da LT em questão, como o canteiro central, divisas de estados e travessias. Entre esses pontos, as travessias são particularmente importantes, pois são obstáculos que se encontram entre o traçado da linha, podendo impactar significativamente o planejamento e

método executivo das torres próximas. Podem ser considerados travessias elementos como rios, rodovias e outras linhas de transmissão.

A imagem 36 ilustra diagrama que aponta as principais características da LT Parelhas. Abaixo é possível notar a representação de 6 travessias, sendo 3 estradas e 3 linhas de transmissão, representadas ilustrativamente ao longo de sua posição na linha.

Figura 36 - Diagrama do Plano de ataque

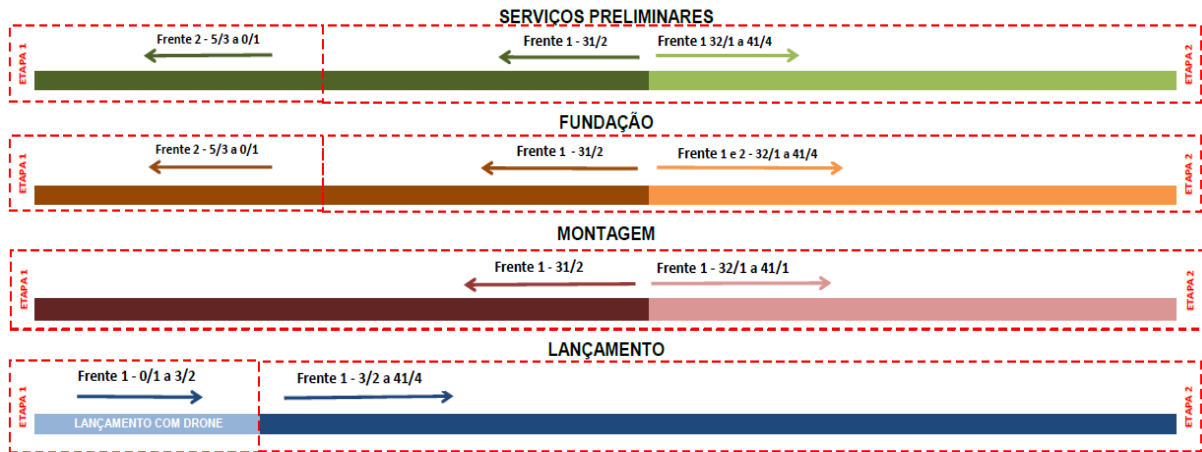


Fonte: Construtora "A" (2024)

Em seguida, foi elaborado um diagrama da figura 37 a seguir, que ilustra visualmente a direção dos ataques para o início das atividades de serviços preliminares, fundação, montagem e lançamento.

Nessa representação, as frentes de trabalho foram indicadas pela numeração das torres em seus pontos de partida. Vale ressaltar que a identificação das torres é descrita com base em duas referências: o primeiro número indica o quilômetro em que a torre se encontra e o segundo número indica a posição da torre dentro desse quilômetro específico. Dessa forma, as atividades iniciaram na supressão vegetal na torre 31/2, ou seja, o primeiro ponto de ataque foi no quilômetro 31, sendo a torre de posição número 2 dentro desse quilômetro. O diagrama também indicou a divisão das equipes, com uma partindo para cada sentido da linha.

Figura 37 - Diagrama das frentes de ataque



Fonte: Construtora "A" (2024)

Com os pontos iniciais definidos, foi possível realizar um controle mais detalhado para cada atividade. Utilizando uma planilha do Microsoft Excel, são planejados os dados relevantes de cada atividade, como equipes, frente de serviço (torre a ser trabalhada) e o dia de execução da atividade.

A imagem 38 a seguir exemplifica uma das atividades de construção, a "Supressão vegetal". Nela, é possível visualizar as torres designadas para cada equipe ao longo do tempo, respeitando os prazos definidos no cronograma, conforme indicado nas colunas "Início" e "Término". A planilha também apresentou nas suas colunas informações sobre as atividades e as equipes, enquanto nas suas linhas apresentaram as torres a serem trabalhadas em cada data.

Figura 38 - Recorte do Plano de ataque - Supressão vegetal

Descrição	29/05/2023													
		Início	Término	4/ago	5/ago	6/ago	7/ago	8/ago	9/ago	10/ago	11/ago	12/ago	13/ago	
LT 500 kV		06/06/2023	13/09/2023											
Supressão vegetal		06/06/2023	13/09/2023											
Abertura de faixa - Equipe 01	Gerson	15/06/2023	13/09/2023	10/1 - 9/2	-	-	-	9/1 - 8/2	8/2 - 8/1	-	7/2 - 7/1	7/1 - 6/1	-	-
Abertura de área de torre - Equipe 01	Gerson	06/06/2023	13/09/2023	-	-	-	10/2 - 10/1 - 9/2	-	-	9/1 - 8/2 - 8/1	-	-	-	-
Abertura de faixa - Equipe 02	Jardel	15/06/2023	07/07/2023											
Abertura de área de torre - Equipe 02	Jardel	15/06/2023	16/08/2023					0/2						
Abertura de Acesso - Equipe 02	Jardel	15/06/2023	16/08/2023	0/2	-		0/2	0/2	-	0/1	0/1	0/1		
Abertura de Acesso - Equipe 01	Freitinhas	12/06/2023	16/08/2023	35/1 - 35/2	-		35/3	36/1	36/2	38/1 - 38/2	39/1 - 39/2	40/1 - 40/2		

Fonte: Construtora "A" (2024)

O recorte do plano de ataque acima, utilizado em Parelhas, especificava o que seria executado diariamente e com qual equipe. Esse controle foi aplicado para todas as atividades, respeitando a produtividade prevista no orçamento e os marcos do cronograma, conforme as prioridades estabelecidas pela gestão do projeto.

Com a implantação do plano de ataque, a gestão das atividades tornou-se mais competente e os desvios puderam ser replanejados com maior simplicidade. Além disso, o plano proporcionou uma melhor compreensão da logística diária das equipes, o que facilitou o planejamento dos recursos necessários para a execução das atividades.

4.2.4 Avanço físico – Curva S

Entre os controles mais utilizados para analisar o andamento do projeto de Parelhas, a análise do avanço físico foi indispensável, especialmente quando combinada com outros controles. Em LT Parelhas, o avanço físico foi avaliado graficamente por meio da elaboração das curvas S. Para gerar esse indicador, foi necessário atribuir um peso para cada atividade do projeto com base nas datas de execução. Dessa forma, os valores de avanço são acumulados no eixo "y" (percentual executado) ao longo do tempo no eixo "x" (andamento cronológico da obra).

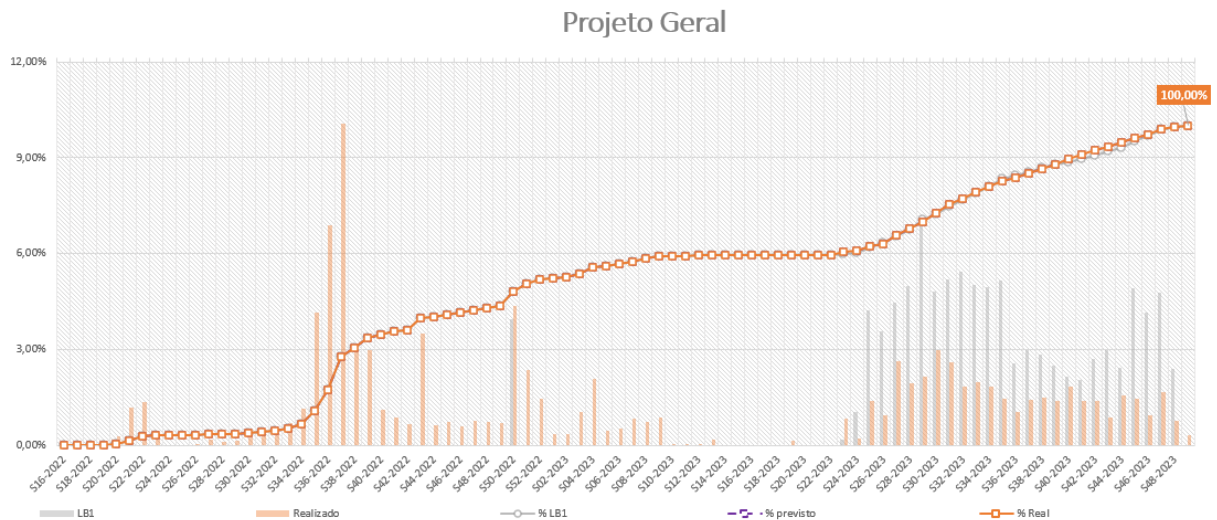
É importante destacar que a ponderação das atividades foi baseada no valor monetário desembolsado pelo cliente para cada atividade concluída conforme o contrato. Esse valor reflete a dificuldade (riscos) e os recursos necessários (custos) para a execução das atividades.

Para realizar a análise, foram construídas duas curvas: a curva esperada (Curva Prevista), que representa os avanços nas datas previstas no cronograma, e a curva realizada (Curva Realizada), que mostra os dados efetivamente executados. Cabe lembrar que, ao longo do projeto, o cronograma contratual teve suas datas ajustadas para alinhar as atividades já executadas com as previstas na repactuação contratual. Esse ajuste reduziu as distorções entre os avanços previstos e realizados, refletido na curva S.

Com a atualização contratual, quase 55% do avanço da curva S foi igualado devido à conclusão das atividades de “Engenharia” e “Suprimentos”, que

representavam uma parte significativa do projeto. A figura 39 a seguir demonstra essa situação.

Figura 39 - Curva S do Projeto geral



Fonte: Construtora "A" (2024)

Devido ao longo período coberto pelo gráfico (1 ano e 8 meses) e às mínimas distorções em relação ao cronograma, as diferenças entre a curva prevista (Cinza) e a curva realizada (Laranja) são quase imperceptíveis.

Dessa maneira, com a Curva S de período do contrato sendo pouco efetiva, foi necessário direcionar os olhares para uma análise individual do que tinha a ser executado ainda, visto que vigorava um plano de aceleração onde atrasos relevantes na entrega final da obra poderiam ser penalizados pela contratante.

Assim, para obter informações mais precisas, foram criadas as Curvas de avanço físico de cada atividade, possibilitando as análises individuais das distorções para cada tarefa como será descrito a seguir.

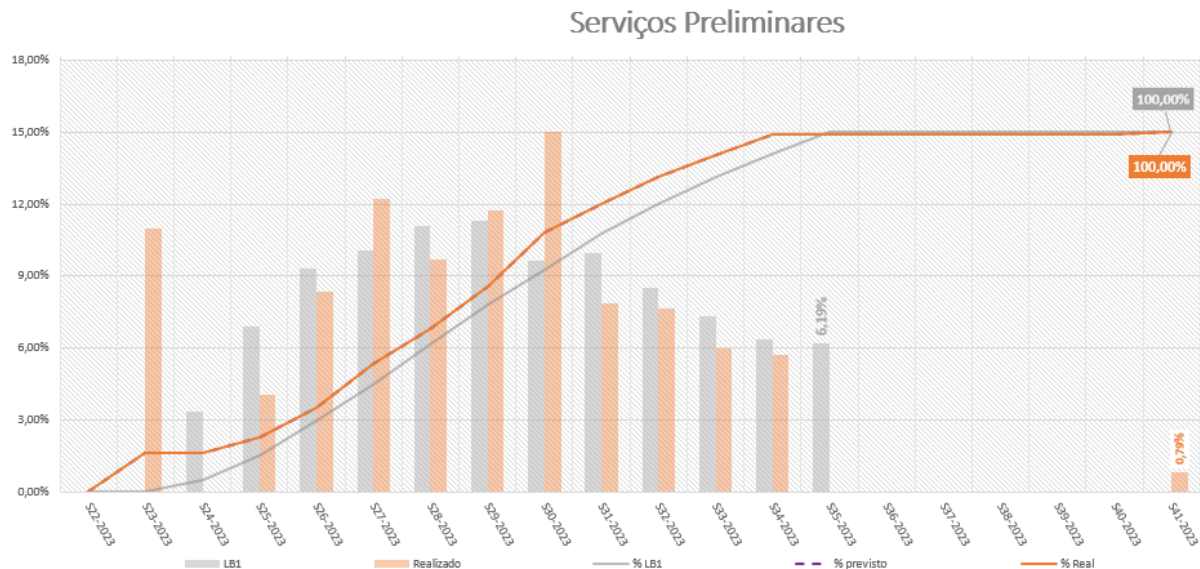
4.2.4.1 Curva S - Serviços preliminares

A primeira categoria de atividades da construção são os serviços preliminares, neles estão inclusos todos os serviços com supressão vegetal na área de faixa e de torre e abertura de acessos.

Como é possível ver na imagem 40 abaixo, as atividades de supressão iniciaram na data planejada e com o prazo para emissão das licenças se estendeu por

um longo período, a primeira atividade foi bem planejada, permitindo a realização de visitas in loco aos pontos críticos e o dimensionamento adequado das equipes.

Figura 40 - Curva S - Serviços preliminares



Fonte: Construtora "A" (2024)

Com um bom prazo de planejamento, todas as pendências ambientais e fundiárias já haviam sido resolvidos, evitando atrasos por embargos em trechos da linha no decorrer da execução. Ainda assim, como é mostrado na figura acima, a equipe de execução corroborou para o bom resultado, distanciando-se da curva de aprendizado prevista no início e mantendo um bom índice de produtividade ao longo de todo projeto.

4.2.4.2 Curva S - Obra Civil

Após a conclusão da supressão nas áreas das torres, iniciou-se a etapa de obras civis, que incluía escavação, execução das fundações e reaterro. Essa etapa começou na data prevista no cronograma, uma vez que a supressão vegetal das primeiras torres foi realizada dentro do prazo, permitindo o início das atividades civis na mesma semana sem impacto.

Durante o andamento das atividades, alguns atrasos foram registrados devido a alterações no projeto de fundação. Esses ajustes foram necessários porque os projetos de fundação são baseados em sondagens realizadas em diversos pontos da

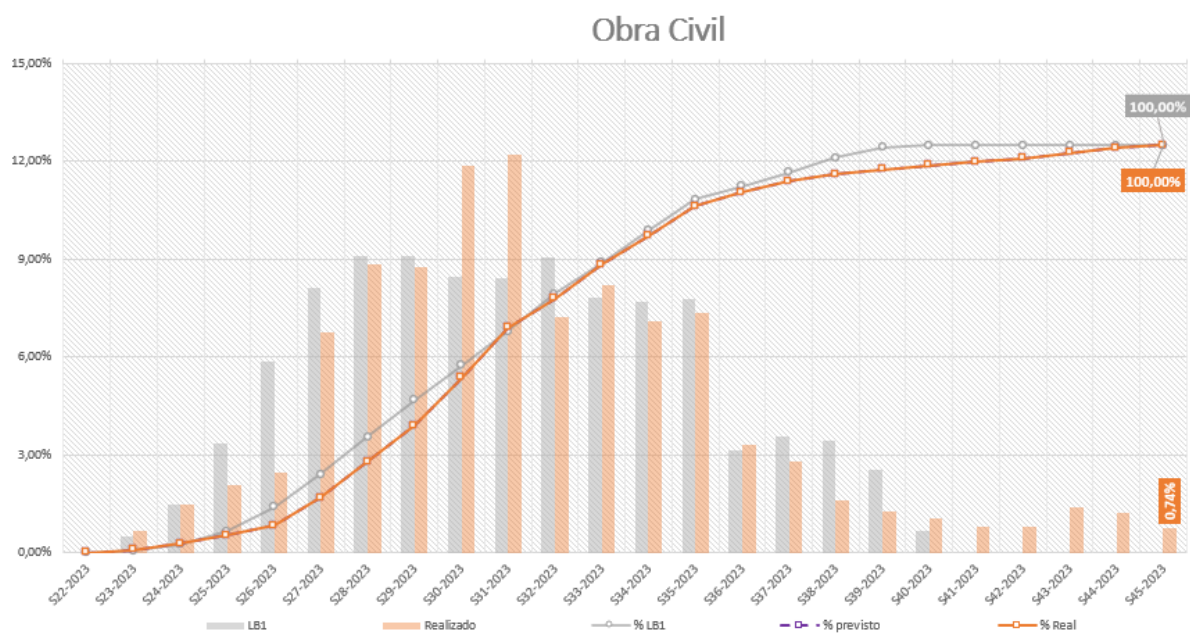
linha, mas nem todos os pontos de cavas foram sondados, assim, não foi possível prever com exatidão o tipo de solo em todos os locais específicos.

Em alguns pontos, a escavação encontrou rochas e lençóis freáticos, quando rochas foram encontradas, a solução foi relativamente simples com a implementação da “fundação ancorada em rocha”. No entanto, a presença de lençóis freáticos exigiu um estudo mais específico para cada situação, levando a definição de fundação para esses casos a prazos maiores.

Como resultado, nas situações em que foi necessário alterar o projeto, a finalização da fundação na referida torre foi adiada até que o novo projeto fosse elaborado. Nessa situação, a equipe de execução avançava para a próxima torre sem finalizar a atividade, fato que gerou um pequeno atraso no cronograma.

Na figura 41 a seguir, é possível observar que o progresso real não acompanhou fielmente o planejado, especialmente nas semanas iniciais e finais. Embora tenha ocorrido uma recuperação no cronograma durante as semanas intermediárias, esses problemas voltaram a impactar o andamento na reta final do projeto. No entanto, o impacto foi mínimo e a atividade foi concluída aproximadamente um mês depois do previsto.

Figura 41 - Curva S - Obra civil



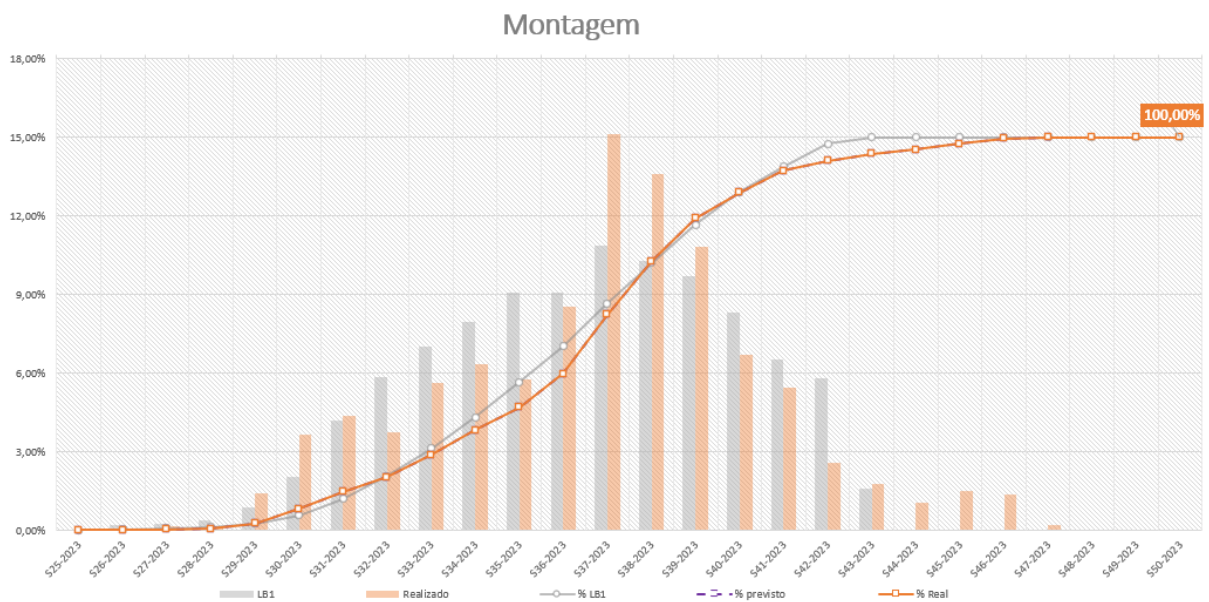
Fonte: Construtora “A” (2024)

4.2.4.3 Curva S - Montagem

O início da montagem das torres se deu após 3 semanas do início da atividade civil, um prazo seguro para estabilização e cura do concreto nas fundações. As montagens foram realizadas com montagem in loco e em paralelo a pré-montagem no solo, fator que contribuiu na produtividade ao longo da execução.

Como pode ser visto na figura 42, durante o andamento da atividade de montagem, quase não houve percalços. A leve distorção na curva de execução a partir da semana 33 foi causada por atrasos na mobilização de novas equipes de montagem, mas essa questão foi rapidamente resolvida com a entrada de mão de obra na semana 36. Na etapa final, houve também uma breve ociosidade devido à espera pela conclusão das atividades civis tratado no capítulo anterior, no entanto, assim que liberadas, as atividades foram prontamente executadas.

Figura 42 - Curva S - Montagem



Fonte: Construtora "A" (2024)

No geral, a atividade transcorreu com poucas distorções, finalizando com um pequeno atraso devido à demora na conclusão da atividade predecessora.

4.2.4.4 Curva S - Lançamento

No empreendimento Parelhas, as atividades de lançamento começaram na Semana 37, uma semana antes do previsto. Esse início antecipado foi possível graças à execução de atividades que não dependiam da conclusão da montagem das torres (atividade antecessora), como foi o caso, do escopo “seccionamento de cercas”.

O processo de lançamento dos cabos iniciou assim que um tramo de torres (sequência de torres de um lançamento de cabos) estava montado. A partir disso, a atividade, como um todo, desempenhou a produtividade acima do previsto, mantendo a quantidade de mão de obra estabelecida no orçamento.

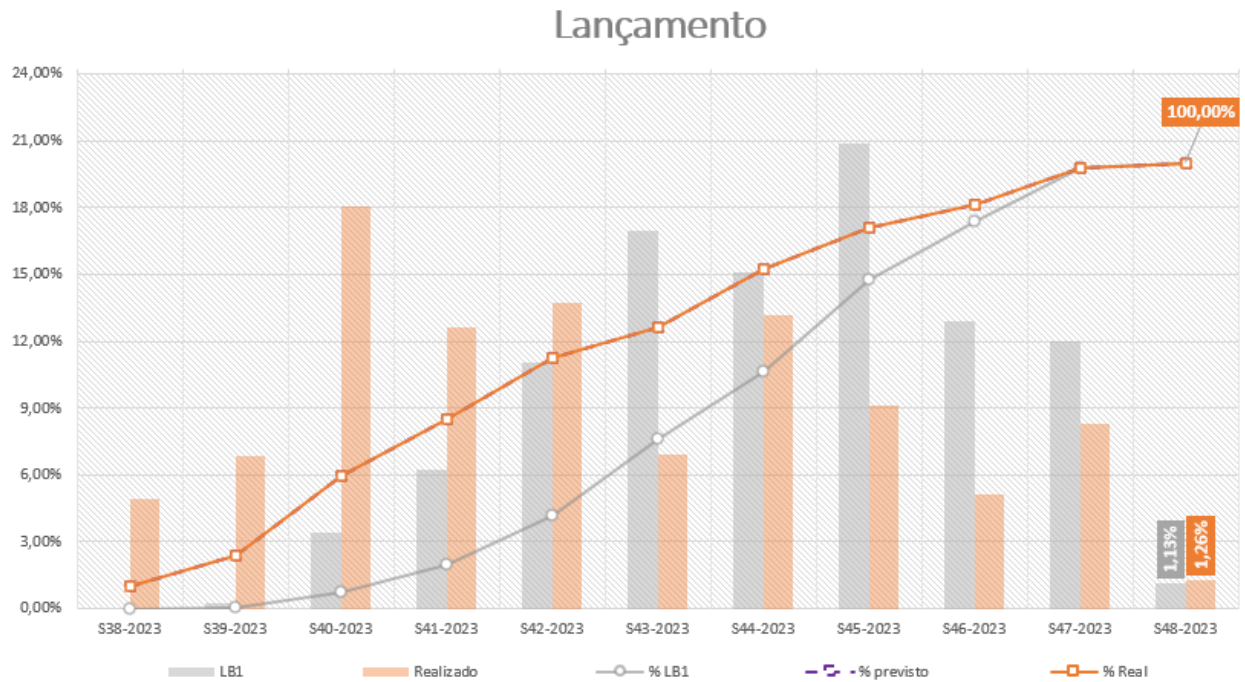
Esse resultado positivo deu-se à experiência da equipe contratada, composta por montadores (que executam também a atividade de lançamento) com ampla experiência tarefa em questão, o que permitiu o desenvolvimento das atividades de lançamento sem acidentes e com uma boa velocidade de execução.

Como resultado, ao final das atividades, foi possível desmobilizar as equipes antes do prazo estimado, o que cooperou para um bom desempenho em relação ao custo da atividade. Essa desmobilização de algumas equipes foi inevitável, uma vez que as equipes sofreriam ociosidade aguardando a conclusão das últimas montagens para finalizar o lançamento.

Vale lembrar que a atividade de montagem gerou esse pequeno impacto no lançamento por estarem minimamente atrasadas devido a problemas nas fundações especiais. Ainda assim, a atividade foi concluída dentro do prazo previsto, colaborando para que a última categoria de atividades fosse finalizada conforme o cronograma.

As oscilações informadas acima podem ser averiguadas na figura 43 abaixo.

Figura 43 - Curva S - Lançamento



Fonte: Construtora "A" (2024)

Em resumo, o progresso da atividade de lançamento foi bastante positivo, com a curva de execução superando o previsto nas semanas iniciais, onde permitiu a desmobilização antecipada das equipes, gerando economia no orçamento.

4.2.4.5 Curva S - Comissionamento

A última etapa das atividades, composta pelo comissionamento, teve como objetivo resolver pendências geradas em qualquer uma das etapas anteriores (supressão vegetal, civil, montagem e lançamento). Qualquer não conformidade identificada durante a entrega do empreendimento foi vistoriada e direcionada para tratamento.

No empreendimento Parelhas, o comissionamento começou de forma satisfatória, assim como as demais atividades, visto que o avanço inicial foi impulsionado pelas vistorias nas primeiras torres já finalizadas, nas quais não foram encontradas pendências, sendo consideradas como concluídas.

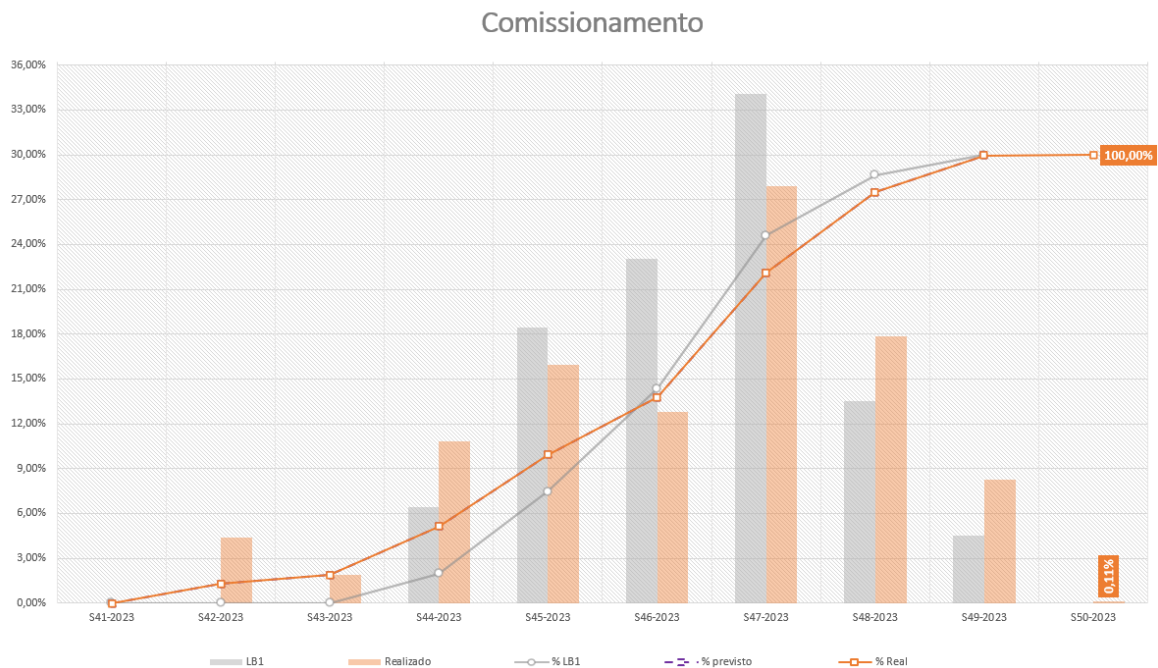
No entanto, a partir da semana 46, a curva de execução começou a desviar negativamente devido à identificação de não conformidades, principalmente

relacionadas ao assoreamento do solo, causado pela movimentação de terra em alguns pontos de execução das fundações.

Como resultado, parte das equipes de comissionamento precisou dedicar mais esforço do que o previsto para resolver as pendências supracitadas, o que impactou o cronograma final. Ainda assim, o impacto foi mínimo, resultando em apenas uma semana de atraso para uma atividade que, essencialmente, serviu como uma lista de verificação para liberar todo o empreendimento para energização.

A Figura 44 a seguir, retrata a bem o desempenho da atividade ao longo do tempo.

Figura 44 - Curva S – Comissionamento



Fonte: Construtora "A" (2024)

Por fim, é importante destacar, que na atividade de comissionamento, o início ocorreu antes do previsto, mas a conclusão foi realizada após o prazo estipulado no cronograma, contabilizados ao total uma semana de atraso.

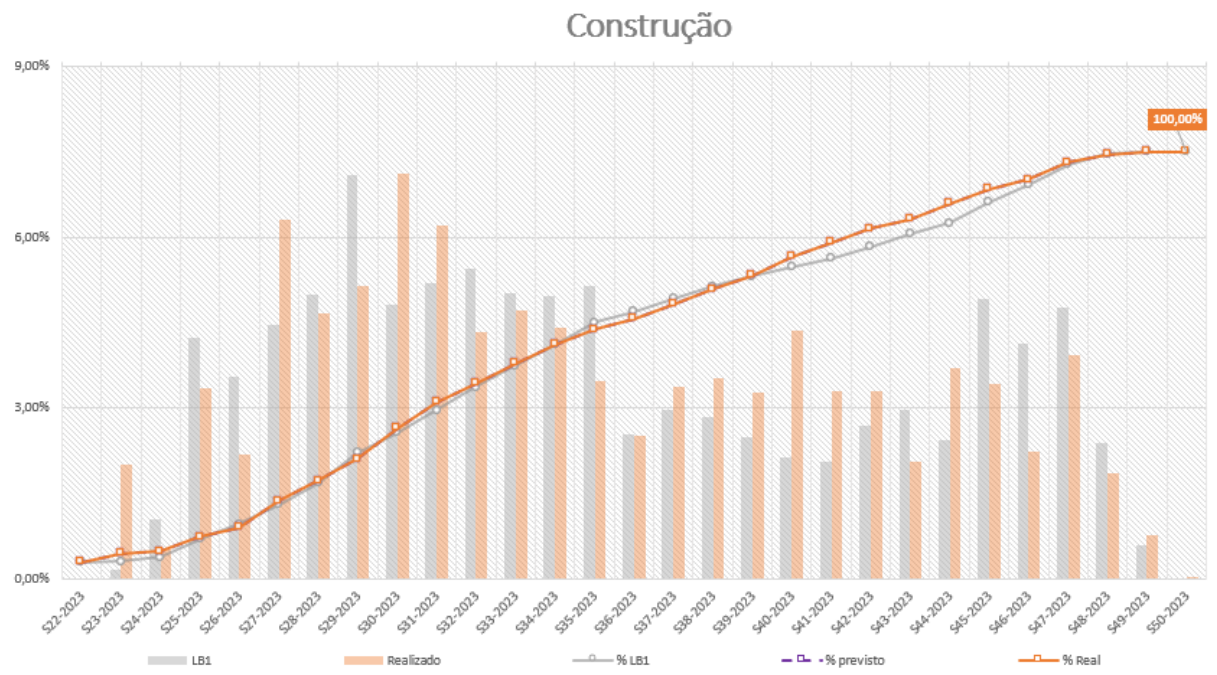
4.2.4.6 Curva S - Construção

Ao analisar todos os itens da construção, podemos observar na imagem 45 a seguir que, a curva de execução foi amplamente aderente ao previsto ao longo de

todo o processo. Apesar do prazo de conclusão ter sido ultrapassado em relação ao marco definido no cronograma, o atraso foi mínimo, especialmente considerando o plano de aceleração arrojado implantado no projeto.

Os principais desvios observados na curva geral incluíram um pequeno desvio negativo, causado pelas alterações nas fundações, que impactou as atividades civis e de montagem entre as semanas 30 e 37. Por outro lado, o maior desvio foi positivo, resultante da boa produtividade na atividade de "lançamento de cabos" durante as semanas 40 a 46. Esse desvio positivo foi ajustado após a desmobilização antecipada de algumas equipes, o que proporcionou um ganho financeiro, com a execução da atividade demandando menos horas de trabalho do que o inicialmente orçado.

Figura 45 - Curva S - Construção



Fonte: Construtora "A" (2024)

Ao final, pode-se considerar que o avanço físico da obra foi muito próximo do previsto, o que resultou em um excelente desempenho para o projeto.

4.2.5 Avanço físico-financeiro

O avanço físico-financeiro da LT Parelhas foi um controle utilizado para monitorar o valor monetário a ser recebido com base nas atividades executadas durante os períodos de medição do contrato. Esse indicador começou a ser

desenvolvido na fase de planejamento, quando, a partir do cronograma e da definição das atividades, foi estabelecido o que seria executado em cada período conforme o contrato.

Para prever quanto seria recebido a cada mês com base nas atividades realizadas, foram considerados os valores e critérios de medição definidos em contrato. Assim, foi possível estipular, o montante e o momento em que esses valores seriam recebidos, de acordo com o progresso das atividades.

No caso em estudo, devido às burocracias associadas à apresentação de evidências de execução e à aprovação dos boletins de medição, os valores a serem recebidos pela empresa construtora foram efetivamente recebidos e considerados no avanço financeiro somente no mês seguinte ao da competência das atividades como pode ser visualizado na atividade “Lançamento de cabos com Drone” conforme exemplo destacado em vermelho na imagem 46.

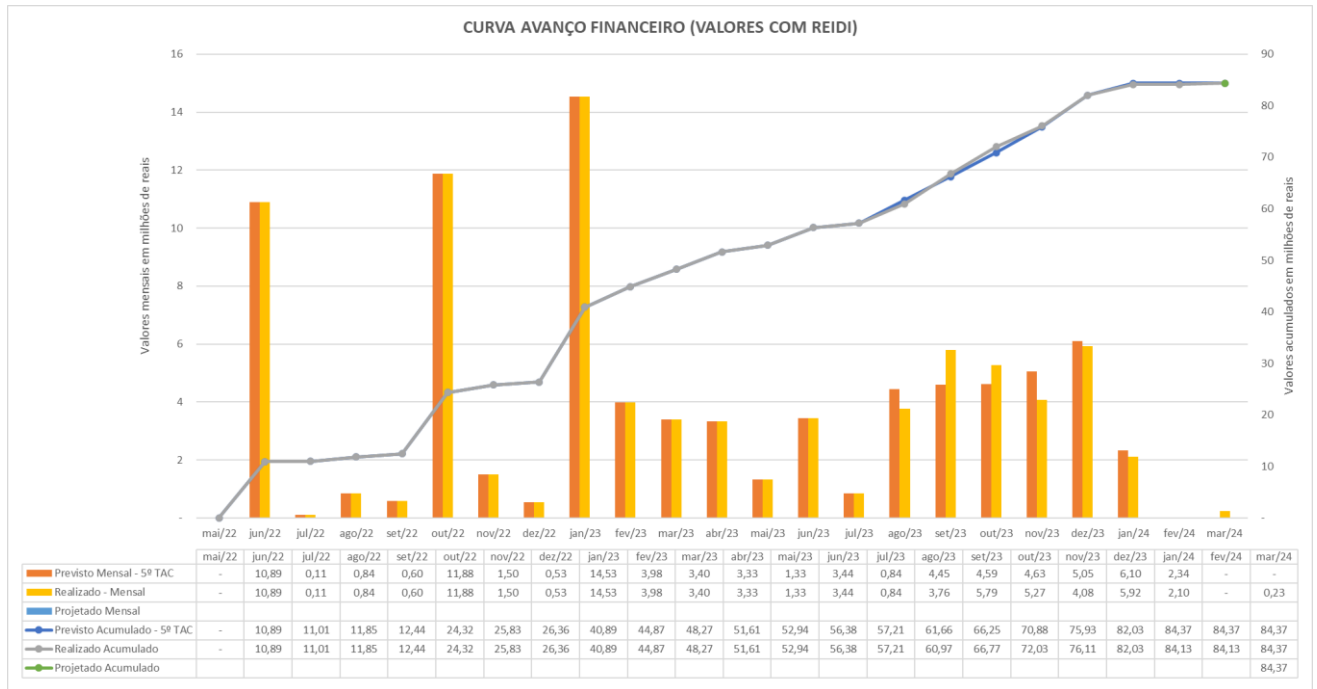
Figura 46 - Avanço físico-financeiro da LT Parelhas

Cod	ITEM	Valor Evento	Físico (%) / Financeiro (R\$)	ago/23	set/23	out/23	nov/23	dez/23	Total
4	Obra Civil								-
4.1	Fundações	8.659.500,84	Físico (%) Financeiro (R\$)	26,14% 2.263.278,63	26,14% 2.263.278,63	20,28% 2.263.278,63	1756.501,02	-	100,00% 8.659.500,84
4.2	Aterramento	403.131,63	Físico (%) Financeiro (R\$)	29,55% 68.715,62	30,68% 119.107,07	22,73% 123.668,11	91.620,82	-	100,00% 403.131,63
4.3	Ensaio de arrancamento	427.300,00	Físico (%) Financeiro (R\$)	-	-	100,00% -	427.300,00	-	100,00% 427.300,00
5	Montagem								-
5.1	Pré-Montagem	1.903.870,38	Físico (%) Financeiro (R\$)	22,73% -	35,23% 432.697,81	42,05% 670.681,61	800.490,96	-	100,00% 1.903.870,38
5.2	Montagem	2.192.329,22	Físico (%) Financeiro (R\$)	14,77% -	37,50% 323.866,82	36,36% 822.123,46	11,36% 797.210,63	249.128,32	100,00% 2.192.329,22
5.3	Revisão	634.623,46	Físico (%) Financeiro (R\$)	11,36% -	37,50% 72.116,30	35,23% 237.983,80	15,91% 223.560,54	100,962,82	100,00% 634.623,46
6	Lançamento de Cabos								-
6.1	Lançamento DPGW	951.541,38	Físico (%) Financeiro (R\$)	-	-	40,00% -	60,00% 380.616,55	570.924,83	100,00% 951.541,38
6.2	Grampeação e Descida DPGW	570.924,83	Físico (%) Financeiro (R\$)	-	-	40,00% -	60,00% 228.369,93	342.554,90	100,00% 570.924,83
6.3	Lançamento Condutor	2.022.466,22	Físico (%) Financeiro (R\$)	-	-	30,00% -	70,00% 606.739,86	1.415.726,35	100,00% 2.022.466,22
6.4	Grampeação Condutor	761.233,11	Físico (%) Financeiro (R\$)	-	-	30,00% -	70,00% 228.369,93	532.863,18	100,00% 761.233,11
6.5	Lançamento de Cabos com Drone	409.722,00	Físico (%) Financeiro (R\$)	-	-	-	100,00% -	409.722,00	100,00% 409.722,00
6.6	Instalação de Protetor Pré-formado de Pássaros	70.887,00	Físico (%) Financeiro (R\$)	-	-	-	100,00% -	70.887,00	100,00% 70.887,00
6.7	Emenda Adicional DPGW e Guindastes	269.027,00	Físico (%) Financeiro (R\$)	-	-	-	100,00% -	269.027,00	100,00% 269.027,00
6.8	Emergência Rio Alto	423.667,21	Físico (%) Financeiro (R\$)	-	-	-	100,00% -	423.667,21	100,00% 423.667,21

Fonte: Construtora “A” (2024)

Utilizando o Microsoft Excel como ferramenta de controle, foi possível, ao final, compilar o total dos recebimentos financeiros e gerar uma curva de avanço financeiro, conforme ilustrado na imagem 47 abaixo.

Figura 47 - Curva de avanço financeiro



Fonte: Construtora “A” (2024)

A curva do avanço financeiro conteve poucas distorções pelo mesmo motivo da curva do avanço físico do escopo total conter poucos desvios, todas as previsões até junho de 2023 foram igualadas devido a repactuação contratual. No caso desse avanço financeiro, as distorções, mesmo que pequenas, iniciaram em julho de 2023, mês subsequente do início das atividades de construção.

Em relação ao uso da ferramenta, o controle do avanço físico-financeiro foi reprogramado regularmente com base no progresso das atividades, permitindo a atualização dos recebimentos reais e o replanejamento das possíveis entradas financeiras para os meses subsequentes. Esse procedimento resultou em maior segurança para a equipe de planejamento na alocação dos recursos ao longo do projeto.

4.2.6 Fluxo de caixa

O fluxo de caixa foi um controle importante para tomada de ação dentro do contrato de Parelhas, sendo uma ótima ferramenta que controlou a entrada de receita e desembolsos do projeto.

Embora apresente algumas semelhanças com o avanço físico-financeiro, o fluxo de caixa oferece uma visão financeira mais abrangente: Ele detalha a saúde financeira do projeto, com foco na movimentação de caixa ao longo do tempo, nos faturamentos mensais e na projeção final dos resultados. Esse controle foi inicialmente criado utilizando as premissas do planejamento, após essa etapa, ele foi continuamente atualizado com dados reais e reprogramações, funcionando como um controle dinâmico ao longo do projeto.

Como citado anteriormente, essa ferramenta além de controlar, permitiu ao gestor tomar decisões mais precisas, com base em informações do resultado acumulado previsto para cada mês. Esse acompanhamento mensal facilitou o gerenciamento dos recursos e o ajuste das atividades, evitando impactos financeiros negativos devido a desembolsos precipitados.

Na imagem 48 abaixo, é possível observar o fluxo de caixa para o período de setembro de 2023, que apresenta os números realizados até esse mês. Os dados referentes a períodos posteriores ao de setembro consistem em projeções para os próximos meses. As principais informações destacadas incluem a receita, os custos categorizados, o resultado e o faturamento direto¹. No mais, os dados em cor representam valores já realizados e, portanto, fixos, enquanto os dados em preto indicam as tendências para os meses seguintes.

¹ O faturamento direto é uma categoria de faturamento onde a construtora contratada é responsável tanto pelo preço quanto pela qualidade dos materiais ou serviços fornecidos. No entanto, a aquisição dos materiais é feita em nome da empresa contratante, que também se encarrega de realizar o pagamento diretamente. Ao final, o título gerado em nome da contratante é deduzido do faturamento da contratado nos boletins de medições. Isso impede a bitributação dos materiais ou serviços, tornando ainda mais viável todo o processo.

Figura 48 - Fluxo de caixa do projeto Parelhas - Período acumulado de setembro

COMPETENCIA													
Santa Luzia	Acumulado Setembro/23	mar/23	abr/23	mai/23	jun/23	jul/23	ago/23	set/23	out/23	nov/23	dez/23	jan/24	Acumulado
(+) RECEITA BRUTA	28.289	-	2.505	456	641	3.707	5.242	2.797	4.125	4.707	103	-	37.223
(-) Dedução Impostos (PIS, COFINS, ISS)	1.359	-	120	22	31	178	252	134	198	226	25	-	1.808
(=) RECEITA LÍQUIDA	26.930	-	2.385	434	611	3.529	4.991	2.663	3.927	4.481	78	-	35.415
(-) DESPESAS	9.168	490	434	547	898	1.466	7	2.467	6.524	4.230	1.503	1.504	23.185
(-) Com Pessoal	6.633	229	252	236	424	986	1.496	1.942	3.964	2.649	592	-	13.839
(-) Com Materiais	(944)	42	3	63	146	202	(1.992)	135	239	132	34	-	(540)
(-) Com Serviços	2.063	101	71	171	158	129	310	272	1.364	722	326	17	4.492
(-) Com Equipamentos	825	87	65	78	121	91	166	83	935	705	540	-	3.005
(-) Financeiras	590	33	43	-	49	57	27	35	22	22	10	1.487	2.389
(=) RESULTADO BRUTO	17.762	(490)	1.951	(113)	(288)	2.063	4.984	196	(2.598)	251	(1.425)	(1.504)	12.230
Faturamento direto	44.820	2.485	126	902	547	1.409	2.829	2.785	2.164	988	138	-	48.110

Fonte: Construtora "A" (2024)

Mesmo com alguns meses apresentando desembolsos superiores às receitas, o fluxo de caixa manteve-se positivo no resultado durante todo o período, evidenciando a busca pela autossustentação do projeto.

Além disso, ao final do controle, foi possível apurar o resultado financeiro do contrato da construção LT Parelhas, considerando todos os custos, incluindo impostos. O valor total recebido chegou a pouco mais de 85,8 milhões de reais, e o contrato teve um lucro de cerca de 15 milhões de reais líquidos, conforme mostrado na imagem 49 abaixo.

Figura 49 - Fluxo de caixa do projeto Parelhas - Período acumulado de dezembro

CAIXA						
Cta Financeira	Descrição	Acumulado até Dezembro/23	jan/24	fev/24	mar/24	Orçamento Total
(+)	VALOR MEDIDO	83.335.234	2.218.293	246.477		85.800.004,16
(-)	FATURAMENTO DIRETO - PREVISTO NO CO	35.244.137	262	-		35.244.399,61
(-)	FATURAMENTO DIRETO - ADICIONAL	15.571.667	1.085.888	-		16.657.554,66
(-)	IMPOSTOS	2.814.392	97.981	21.331		2.933.704,32
(=)	RECEBIMENTO LÍQUIDO	29.705.038	1.034.162	225.146		30.964.345,58
1450	(-) DESPESAS	15.316.399	548.885	1.341.334	786.618	17.993.236,58
1100	(-) COM PESSOAL	9.306.672	285.802	14.709	786.618	10.393.801,07
3000	(-) CUSTOS COM MATERIAIS	1.372.611	62.839	-	-	1.435.450,02
4000	(-) CUSTOS COM SERVIÇOS	2.812.922	24.943	66	-	2.837.930,64
5000	(-) COM EQUIPAMENTOS	1.664.234	1.905	70.260	-	1.736.398,72
6000	(-) FINANCEIRAS	159.960	11.301	-	-	171.261
1310	(=) RESULTADO DO CAIXA MÊS	14.388.639	2.633.073	997.902	561.472	15.009.615,64
	(=) RESULTADO DO CAIXA ACUMULADO	14.388.639	17.021.712	18.019.614	17.458.142	15.009.615,64

Fonte: Construtora "A" (2024)

4.2.7 Histograma de mão de obra e equipamentos

Durante a fase de construção do projeto Parelhas, os principais custos estiveram relacionados ao uso de equipamentos e à mão de obra. Ou seja, para manter o orçamento saudável até a conclusão do projeto, foi necessário um controle rigoroso da quantidade desses recursos.

Os quantitativos desses recursos foram definidos conforme as condições de orçamento e planejamento da obra. Embora esses recursos sejam essenciais para agregar valor ao projeto, eles também geram custos, o que torna fundamental que sua alocação siga o planejamento rigorosamente para evitar impactos financeiros.

Esse controle também foi útil para prever as possíveis contratações e demissões ao longo do projeto e avaliar o cumprimento do planejamento em relação à quantidade de recursos. Um bom desempenho nesse indicador foi um fator determinante para garantir resultados positivos no contrato.

O acompanhamento deste indicador, foi iniciado após a liberação para a construção em junho de 2023, quando o volume de mão de obra e equipamentos se tornou relevante. Os gráficos referentes a esses recursos foram divididos em duas categorias: diretos e indiretos. Os recursos indiretos oferecem apoio à construção, enquanto os diretos participam diretamente da execução do empreendimento.

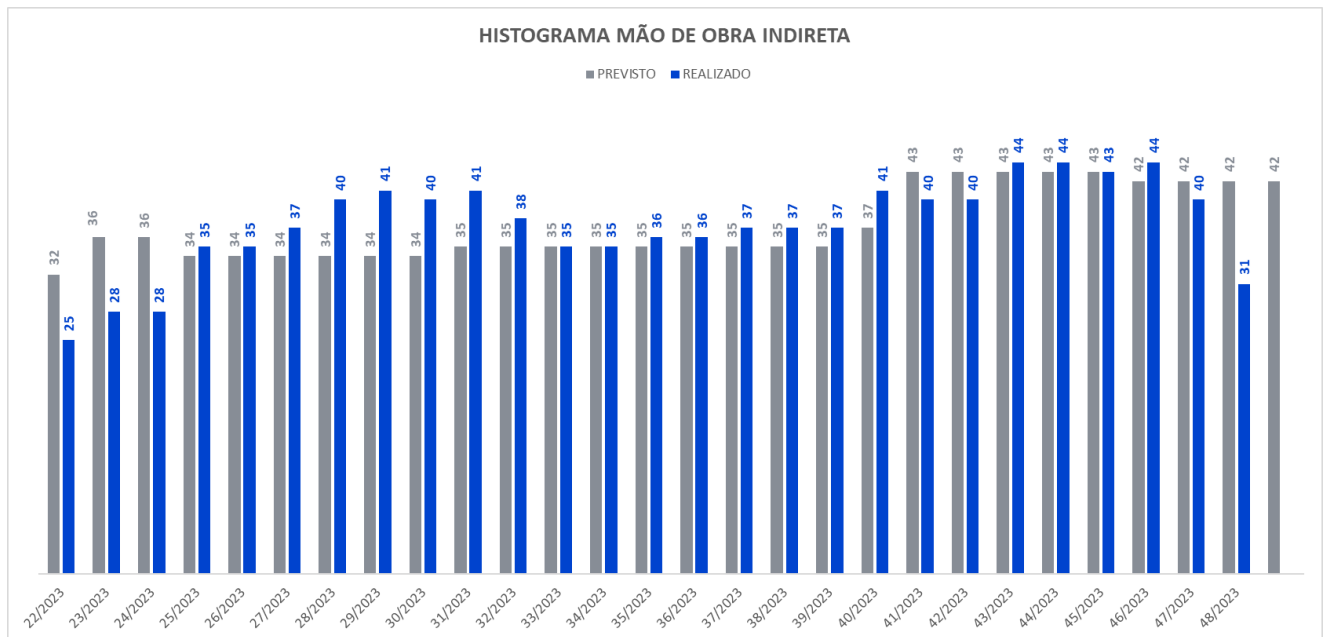
4.2.7.1 Mão de obra

4.2.7.1.1 Mão de obra indireta

Inicialmente tratando da mão de obra indireta, essa contou com equipes de apoio e gerenciais, como engenheiros residentes, de sala técnica, segurança, planejamento e produção, além de técnicos de meio ambiente e segurança, e equipes de suporte nos alojamentos e canteiros.

A imagem 50 ilustra o desempenho do histograma de mão de obra indireta ao longo do projeto.

Figura 50 - Histograma mão de obra indireta



Fonte: Construtora "A" (2024)

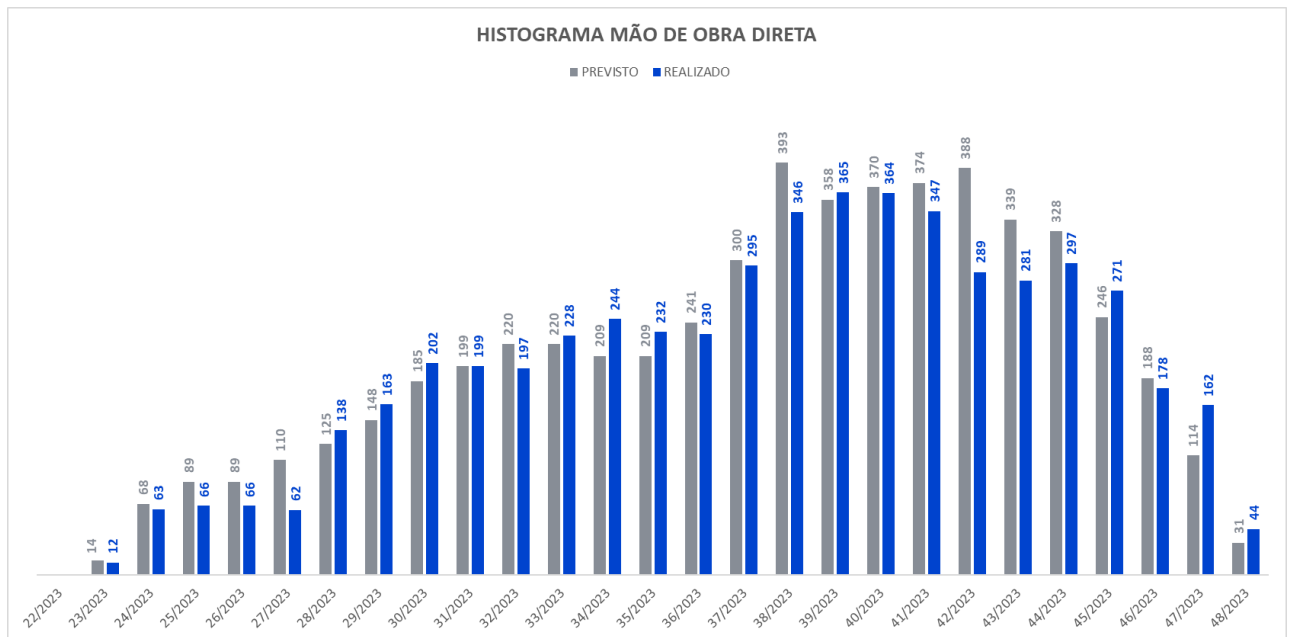
Acima, o gráfico revelou um leve desvio negativo na fase intermediária do projeto, indicando que houve mais mão de obra do que o planejado. Como essa mão de obra era especializada, os custos salariais eram elevados, o que exigiu atenção redobrada. Apesar desse desvio, ele foi pequeno, e, considerando a mobilização tardia no início e as desmobilizações prematuras no final, foi possível equilibrar essas variações ao longo do projeto.

4.2.7.1.2 Mão de Obra Direta

A mão de obra direta incluiu todas as funções que atuaram diretamente na construção, como encarregados, líderes, pedreiros, montadores e serventes. Embora o custo individual dos colaboradores diretos fosse menor que o dos indiretos, o grande volume de trabalhadores dessa categoria exigiu atenção constante.

A figura 51 a seguir apresentou os números da mão de obra direta ao longo do projeto.

Figura 51 - Histograma mão de obra direta



Fonte: Construtora "A" (2024)

O gráfico acima, que detalha a variação de colaboradores durante o período de construção, revelou que, ao contrário do gráfico anterior, não houve períodos definidos de flutuações; as variações entre positivo e negativo ocorreram de forma imprevisível, alterando-se de uma semana para outra e apesar de algumas distorções um pouco mais acentuadas, o saldo final foi equilibrado.

Ao final, o aumento tardio da mobilização de mão de obra, demonstrada no gráfico acima, permitiu manter as equipes de mão de obra direta por um período maior, ajudando a equilibrar a força de trabalho até o término das atividades.

4.2.7.2 Equipamentos

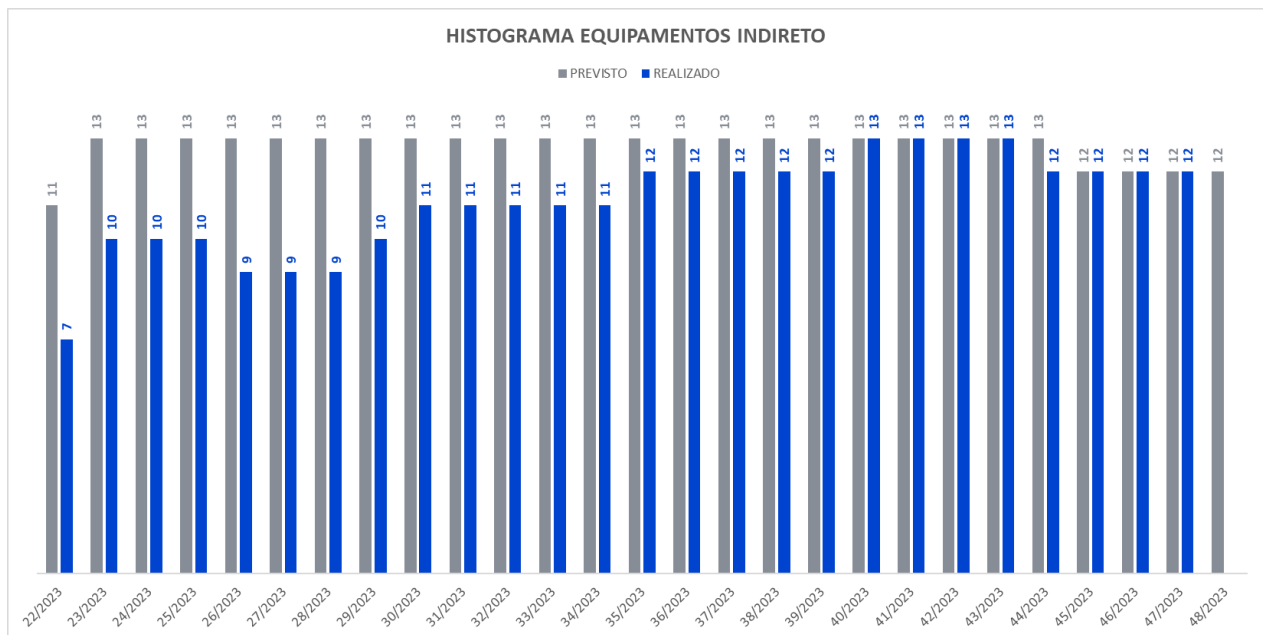
4.2.7.2.1 Equipamentos indiretos

Assim como ocorre com a mão de obra, os equipamentos foram classificados em diretos e indiretos. Os equipamentos indiretos, assim como a mão de obra indireta, se referiam a recursos que apoiavam as atividades de construção, mas não participavam diretamente da execução. Exemplos desses equipamentos incluíam veículos leves e máquinas que operavam exclusivamente no canteiro ou em

atividades de suporte, como o caminhão comboio responsável pelo abastecimento, por exemplo.

A figura 52 abaixo ilustra o histograma do período de construção da LT Parelhas.

Figura 52 - Histograma equipamentos indiretos



Fonte: Construtora "A" (2024)

Acima é possível ver que ao longo de todo o projeto, o recurso de equipamentos indiretos, se manteve aderente durante todo o projeto, além disso, os poucos desvios que houve, foram positivos, fortalecendo ainda mais o resultado do empreendimento.

4.2.7.2.2 Equipamentos diretos

Em contrapartida, os equipamentos diretos foram indispensáveis para a execução da construção. Em Parelhas, entre os equipamentos mais comuns, destacaram-se os caminhões cabinados, os caminhões guindautos e as retroescavadeiras.

A imagem 53 abaixo ilustra a comparação entre as quantidades previstas e as realmente utilizadas desses equipamentos ao longo do projeto.

Figura 53 - Histograma equipamentos diretos



Fonte: Construtora "A" (2024)

Ao contrário dos outros histogramas, que apresentaram desvios equilibrados, o histograma para os equipamentos diretos mostrou distorções predominantemente positivas. Durante a maior parte da execução da construção, o histograma real permaneceu abaixo do previsto no projeto.

4.3 Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo demonstrar o planejamento e o controle implementados no empreendimento LT Parelhas, evidenciando a importância dessas ferramentas no sucesso de uma obra de linha de transmissão.

O planejamento foi um estudo preliminar para dimensionar recursos, identificar caminhos críticos, estabelecer métricas de análise e antecipar possíveis obstáculos. Com isso, foi possível aumentar a eficiência operacional e garantir a adesão ao cronograma contratual. No entanto, embora o planejamento inicial tenha proporcionado um bom início, ele não assegurou o acompanhamento contínuo das atividades.

À medida que a obra avançava, surgiram eventos que desviaram do plano original, exigindo ajustes e decisões baseadas em análises contínuas. Nesse

contexto, os controles tornaram-se ferramentas imprescindíveis para detectar os desvios e reprogramar as atividades conforme a realidade do projeto. Além disso, os indicadores de acompanhamento permitiram tomadas de decisão rápidas e fundamentadas, um fator determinante para o sucesso de um contrato de grande investimento financeiro e com prazo reduzido.

Em resumo, o desempenho da implantação do planejamento e controle impactou positivamente as áreas de qualidade, financeira e de segurança, aspectos obrigatórios para o andamento e a entrega de empreendimentos no setor. Dessa forma, é considerável que, para um desenvolvimento estável e bem-calculado, é impreterível utilizar ferramentas de planejamento e controle na execução de projetos desse porte.

Para estudos futuros, sugiro explorar bibliografias focadas em etapas específicas da construção de linhas de transmissão, uma área que ainda carece de estudos aprofundados e que tende a crescer substancialmente. Abaixo, são destacados alguns temas relevantes que tangenciaram o desenvolvimento do presente estudo e são considerados relevantes para área de construção de linhas de transmissão:

- Construção de fundações em obras de linhas de transmissão
- Tipificação e projetos de fundações para torres de linhas de transmissão
- Impactos financeiros em construções de linhas de transmissão decorrentes das variantes de traçado

Por fim, o estudo apresentou informações relevantes, não apenas para a comunidade acadêmica, que muitas vezes desconhece as particularidades desse tipo de construção, mas também ofereceu novos insights para engenheiros de planejamento experientes da área e entusiastas do tema.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR FILHO, Fernando Luiz. **MODELO INSTITUCIONAL DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO: ANÁLISE DA CAPACIDADE DE ATRAÇÃO DE CAPITAL PRIVA.** 2007. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, À Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Cap. 6. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-09012008-110052/pt-br.php>. Acesso em: 11 set. 2023.

ALVES, Raphael Barbosa. **IMPLANTAÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO: DO LEILÃO À OPERAÇÃO COMERCIAL.** 2017. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Cap. 4. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10022649.pdf>. Acesso em: 5 set. 2023.

AMARAL, Rodrigo Costa do. **DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES PARA TORRES METÁLICAS DE LINHA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.** 2015. 157 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Cap. 6. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/157039>. Acesso em: 19 ago. 2023.

AZEVEDO, Crysthian Purcino Bernardes. **Fundações para Linhas de Transmissão - Dimensionamento e Execução -.** Belo Horizonte: Fundac, 2011. 412 p. Disponível em: https://www.engenhariaadonai.com.br/___livro_Fundacoes_2011.pdf. Acesso em: 19 out. 2023.

BRASIL (org.). **Conheça as instituições do setor elétrico brasileiro e as competências de cada uma.** 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/conheca-as-instituicoes-do-setor-eletrico-brasileiro->. Acesso em: 22 set. 2023.

BRASIL. ABRADÉE. (org.). **O papel das distribuidoras no processo de modernização do setor elétrico.** 2022. Disponível em: <https://abradee.org.br/o-papel-das-distribuidoras-no-processo-de-modernizacao-do-setor-eletrico/>. Acesso em: 24 out. 2023.

BRASIL. ANEEL. (org.). **RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL.** 919. ed. XXX: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2021. 9 p. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2021919.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2023.

BRASIL. BRASIL. (org.). **Declaração de Utilidade Pública (DUP).** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/declaracao-de-utilidade-publica-dup>. Acesso em: 23 out. 2023.

CHAVES, Ronaldo Azevedo. **Fundações de Torres de Linhas de Transmissão e de Telecomunicação.** 2004. 214 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte,

2004. Cap. 9. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/FACO-6AYNJF>. Acesso em: 2 out. 2023.

COSTA, Amaurí Harvey da. **Aplicações da Curva S e do Método do Caminho Crítico no Planejamento de Obras**. 2017. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Matemática Aplicada e Computacional., Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017. Cap. 6. Disponível em: Aplicações da Curva S e do Método do Caminho Crítico no Planejamento de Obras. Acesso em: 11 ago. 2023.

DUARTE, Cláudia Maria. **DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO DA IMPLANTAÇÃO DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA SOB A Ó**. 2005. 231 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Cap. 5. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102524>. Acesso em: 8 out. 2023.

DUARTE, Fabio Terra Passos. **REDUÇÃO DE PERDAS POR INDUÇÃO EM CABOS PÁRA-RAIOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DOTADAS DE UM CABO PÁRA-RAIO OPGW E OUTRO EHS**. 2007. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Cap. 4. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/7075/1/monopoli10000445.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2023.

ELIAS, Karine Murta. **TORRE DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: NOVO DESIGN E OS DESAFIOS DA INSERÇÃO NO CONTEXTO URBANO**. 2015. 160 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós Graduação, Ufmg, Belo Horizonte, 2015. Cap. 9. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-A5BNFT>. Acesso em: 8 ago. 2023.

Empresa de pesquisa energética (org.). **Matriz energética brasileira**. 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 10 out. 2023.

ENEL (org.). **As energias renováveis para a transição energética**. 2023. Disponível em: <https://www.enelgreenpower.com/pt/learning-hub/transicao-energetica/fontes-renovaveis>. Acesso em: 29 set. 2023.

ENERGÉTICA, Empresa de Pesquisa. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021 ano base 2020**. Brasil: Epe, 2021. 255 p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 20 out. 2023.

FUCHS, Rubens Dario. **Transmissão de energia elétrica - Linhas Aéreas**: teoria das linhas em regime permanente. Itajubá: Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 1977. 1 v. Disponível em: https://www.drbrm.org/transmissao/17Transmissao_de_Energia_Eletrica_Linhas_A.pdf. Acesso em: 15 ago. 2023.

FURNAS (org.). **FURNAS realiza manutenção em “Linha Viva” em Sistema de Transmissão de 345 kV no Rio de Janeiro**. 2021. Disponível em: <https://www.furnas.com.br/noticia/103/noticias/1681>. Acesso em: 23 ago. 2023.

GONTIJO, Carlos Roberto. **Contribuição à análise e projetos de torres autoportantes de linhas de transmissão**. Belo Horizonte/Mg: Ufmg, 1994. 129 p. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/PASA-8AEEXJ>. Acesso em: 19 out. 2023.

IBGE. **Acesso a energia no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias>. Acesso em: 10 out. 2023.

IEMA. **Amazônia Legal: Quem está sem Energia Elétrica**. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/produto/amazonia-legal-quem-esta-sem-energia-eletrica>. Acesso em: 20 out. 2023.

KUROKAWA, Edson; BORNIA, Antonio Cezar. UTILIZANDO O HISTOGRAMA COMO UMA FERRAMENTA ESTATÍSTICA DE ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA DE GO. **Aidis**, Goiás, v. 1, n. 1, p. 1-8, 21 out. 2002. Disponível em: <http://estprob.pbworks.com/w/file/53332540/artigo-histograma-capacidade-proc.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023.

LEÃO, Ruth. **Linhas de Transmissão de Energia Elétrica**. 2019. Disponível em: www.dee.ufc.br/~rleao. Acesso em: 12 set. 2023.

LIMA, Thiago Tamm; COUTINHO, Ítalo de Azeredo. **APLICAÇÃO DA CURVA “S” NO CONTROLE DE DOCUMENTOS PARA A GESTÃO DE PROJETOS**. 2006. 14 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Gestão de Projetos de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Brasília, 2006. Cap. 3. Disponível em: <https://pmkb.com.br/uploads/2013/08/aplicacao-da-curva-s.pdf>. Acesso em: 18 out. 2023.

MACHADO, Ricardo Luiz. **A SISTEMATIZAÇÃO DE ANTECIPAÇÕES GERENCIAIS NO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO DE SISTEMAS DA CONSTRUÇÃO C**. 2003. 282 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, De Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Cap. 6. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/84505>. Acesso em: 19 out. 2023.

MENEZES, Victor Prangiel de. **LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ASPECTOS TÉCNICOS, ORÇAMENTÁRIOS E CONSTRUTIVOS**. 2015. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro,, Rio de Janeiro, 2015. Cap. 5. Disponível em: <https://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015383.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2023.

MOURA, Ailson P.; MOURA, Adriano Aron F.; ROCHA, Ednardo P.. **Transmissão de Energia Elétrica em Corrente Alterada**. Fortaleza: Edições Ufc, 2019. 356 p. Disponível em: <https://imprensa.ufc.br/wp-content/uploads/2021/07/2019->

transmissao-de-energia-eletrica-em-corrente-alternada.pdf. Acesso em: 15 ago. 2023.

MUNIZ, Briand Morais. **Caracterização e produtividade na obra civil em uma linha de transmissão de energia**. 2021. 160 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021. Cap. 5. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/228430>. Acesso em: 8 ago. 2023.

ONS (org.). **O SISTEMA EM NÚMEROS**. 2023. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acesso em: 13 out. 2023.

PAULO, Goret Pereira. **A Utilização de Leilões em Modelos de Expansão da Rede de Transmissão de Energia Elétrica**. 2012. 134 f. Tese (Doutorado) - Curso de Administração Pública, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2012. Cap. 3. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/10279/TESE_FINAL_versao%20final.pdf. Acesso em: 17 ago. 2023.

PERES, Leonardo Luiz; KALUCZ, Rafael. **ESTUDO DE PROJETO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO TRIFÁSICAS AÉREAS COM ÊNFASE NOS CÁLCULOS ELÉTRICOS**. 2014. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Cap. 7. Disponível em: <https://www.eletrica.ufpr.br/p/arquivostccs/335.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2023.

PETROBRAS (org.). **Ibama emite Termo de Referência para elaboração do EIA/RIMA referente à Etapa 4**. 2020. Disponível em: <https://comunicabaciadesantos.petrobras.com.br/w/ibama-emite-termo-de-referencia-para-elaboracao-do-eia/rima-referente-a-etapa-4>. Acesso em: 12 out. 2023.

SOUSA, Elisa de Castro. **TRAÇADO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO: UM MAPEAMENTO DAS COMPLEXIDADES AMBIENTAIS PARA O LICENCIAMENTO**. 2015. 77 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2015. Cap. 5. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/22105>. Acesso em: 12 ago. 2023.

TEIXEIRA, Douglas Angelo. **Linha de Transmissão Aérea Compacta: Seleção dos Cabos e Posicionamento Ótimo dos Feixes de Condutores**. 2017. 136 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Cap. 6. Disponível em: <https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/1169D.PDF>. Acesso em: 12 ago. 2023.

VELOZO, Liliane Tojeira. **Metodização do Estudo das Fundações para Suportes de Linhas de Transmissão**. 2010. 153 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós Graduação, Puc, Rio de Janeiro, 2010. Cap. 9. Disponível

em: <https://web.tecgraf.puc-rio.br/press/publication/Velozo2010/Velozo2010.pdf>.
Acesso em: 20 out. 2023.