

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

GABRIEL VICTOR SCHUTZ

**ESTUDO DE CASO DE OBRAS CIVIS NA IMPLANTAÇÃO DE UMA
LINHA DE TRANSMISSÃO: PROJETADO VERSUS EXECUTADO**

FLORIANÓPOLIS, 2022

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

GABRIEL VICTOR SCHUTZ

**ESTUDO DE CASO DE OBRAS CIVIS NA IMPLANTAÇÃO DE UMA
LINHA DE TRANSMISSÃO: PROJETADO VERSUS EXECUTADO**

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:
Prof. Lucas Bastianello Scremin, Me

FLORIANÓPOLIS, 2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

SCHÜTZ, GABRIEL VICTOR
ESTUDO DE CASO DE OBRAS CIVIS NA IMPLANTAÇÃO DE UMA
LINHA DE TRANSMISSÃO:: projetado versus executado / GABRIEL
VICTOR SCHÜTZ; orientação de Lucas Bastianello
Scremin. - Florianópolis, SC, 2022.
84 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. Linhas de Transmissão. 2. Análise comparativa
de quantitativos. 3. Projetado x executado. 4. Obras civis.
I. Bastianello Scremin, Lucas . II. Instituto Federal
de Santa Catarina. III. ESTUDO DE CASO DE OBRAS
CIVIS NA IMPLANTAÇÃO DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO:.


ESTUDO DE CASO DE OBRAS CIVIS NA IMPLANTAÇÃO DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO: PROJETADO VERSUS EXECUTADO

GABRIEL VICTOR SCHUTZ


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

Florianópolis, 29 de Julho de 2022.


Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 LUCAS BASTIANELLO SCREMIN
Data: 29/08/2022 21:59:45-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Lucas Bastianello Scremin, Msc.

Documento assinado digitalmente
 ELODIO SEBEM
Data: 29/08/2022 21:38:44-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Elódio Sebem, Dr.

Documento assinado digitalmente
 SAMUEL JOAO DA SILVEIRA
Data: 29/08/2022 21:32:50-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Samuel João da Silveira, Dr.

A Deus, à minha família, amigos e colegas que nunca faltaram com apoio a mim

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus que me deu a energia e oportunidades para a realização deste trabalho.

Agradeço a minha querida família, que jamais deixou de me incentivar e ajudar, mesmo quando eu não o requisitava.

Agradeço aos meus amigos que sempre foram muito prestativos para debater ideias e discutir abordagens quanto à temas.

Agradeço ao meu Professor Orientador Lucas, que tomou a empreitada que foi esta pesquisa junto a mim e teve a paciência em me guiar no decurso dela.

Agradeço a CELESC SA, ao gerente do Departamento de Projetos e Construção Marco, e ao gerente da Divisão de Linhas de Transmissão Maurício, que permitiram a realização deste trabalho.

Agradeço também a todos os meus colegas de Divisão, que brindarão seus conhecimentos, experiências e perspectivas relacionados à obras de implantação de Linhas de Transmissão.

(“Tudo alcança aquele que trabalha duro enquanto espera.”.
Thomas Alva Edison.)

RESUMO

A crescente demanda de energia elétrica do Brasil é reflexo da sua marcha no desenvolvimento. Para isso, a malha, interconectada por Linhas de Transmissão, que transmite a eletricidade, a todo tipo de consumidor, deve acompanhar o ritmo, também aumentando, mas com segurança e adequação da execução ao projeto. Assim, este trabalho, é um estudo de caso sobre a implantação de uma Linha na região de Tubarão/SC, que tem por objetivo a análise comparativa entre os quantitativos projetados e realizados dos principais serviços civis da referida Linha de Transmissão. Para diagnosticar os quantitativos em relação a seus dimensionamentos, foi concebido um indicador de variação, que demonstrou que, dos dez serviços comparados: 5 foram subdimensionados e 5 foram superdimensionados. Assim foi verificado que, individualmente ou em combinação, levantamentos de informação insuficientes, circunstâncias *in loco* inesperadas e alterações no projeto, foram responsáveis pelas variações. Para reduzir, ou mesmo extinguir, essas variações nos quantitativos, visitas *in loco* pelos responsáveis de projeto e adoção de estudos preliminares de maior qualidade e levantamentos de informações mais abrangentes e com maior nível de detalhe, mostram-se medidas de soluções adequadas.

Palavras-chave: Linhas de Transmissão, análise comparativa de quantitativos, projetado x executado, obras civis.

ABSTRACT

The growing demand for electricity in Brazil is a reflection of its pace of development. For this, the network, interconnected by Transmission Lines, which transmits electricity to all types of consumers, must keep pace, also increasing, but with safety and adequacy of execution to the project. Thus, this work is a case study on the implementation of a Transmission Line in the region of Tubarão / SC, which aims to comparative analysis between the projected and performed quantitative of the main civil services of the work. To diagnose the quantities in relation to their sizing, a variation indicator was designed, which showed, of the ten services compared: 5 were undersized and 5 were oversized. unexpected loco and design changes accounted for the variations. In order to reduce, or even extinguish, these variations in the quantities, on-site visits by those responsible for the project and adoption of higher quality preliminary studies and more comprehensive and detailed information surveys, were found adequate solution measures.

Keywords: Transmission Lines, comparative analysis of quantitative, projected x executed, oversizing, undersizing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Linhas de Transmissão no território nacional até 2024.....	13
Figura 2 - Trajeto da eletricidade da usina ao consumidor.....	19
Figura 3 - Estruturas para Linhas de Transmissão.....	20
Figura 4 - Exemplos Estruturas Monotubulares: a) Projeto, e b) Foto.....	20
Figura 5 - Projetos de Estruturas Treliçadas: a) desenho e b) montagem.....	21
Figura 6 - Organização do sistema elétrico conforme Fuchs (1977).....	22
Figura 7 - Laudo resultado do SPT.....	26
Figura 8 - Limpeza de Faixa de Servidão.....	30
Figura 9 - Bica (a), Rachão (b) e Saibro (c).....	33
Figura 10 - Tabela de Fórmulas de Subserviços de Movimento de Terra.....	34
Figura 11 - Corte e Contenção (a) e Abertura de Acesso (b).....	35
Figura 12 - Escavação à trado e Escavação manual.....	37
Figura 13 - Projeto de Fundação em Manilha.....	38
Figura 14 - Foto de Fundação Manilha pós-concretagem.....	39
Figura 15 - Tabela de Fundações.....	41
Figura 16 - Esquema Aterramento em Torres de LT por Cabos.....	44
Figura 17 - Esquema de Utilização (a) e Hastes de Aterramento (b).....	46
Figura 18 - Esquema de Seccionamento de Cercas.....	47
Figura 19 - Fragmento de Planta e Perfil.....	49
Figura 20 - Relação de Materiais (a) e Lista de Estruturas (b).....	50
Figura 21 - Lista de Isoladores (a) e Lista de Fios/Cabos (b).....	51
Figura 22 - Fragmentos da Tabela de Esticamento.....	52
Figura 23 - Fragmento da Tabela de Locação de Estruturas.....	53
Figura 24 -Planta do Traçado.....	54
Figura 25 -Fragmento do Memorial Descritivo.....	55
Figura 26 - Método de obtenção dos quantitativos de projeto.....	56
Figura 27 - Localização do município de implantação da Linha (adaptado) -Tubarão (verde) e Pedras Grandes (vermelho).....	58
Figura 28 - Traçado da Linha de Transmissão.....	59
Figura 29 - Fragmento da Planilha de Medição a Obra.....	60
Figura 30 - Serviços Analisados e unidades de medida.....	61
Figura 31 - Resultados e Indicadores.....	64
Figura 32 - Gráfico Projetado x Realizado.....	65
Figura 33 - Gráfico Locação de Estruturas.....	66
Figura 34 - Gráfico Limpeza de Faixa de Servidão.....	67
Figura 35 - Gráfico Movimentação de Terra.....	68
Figura 36 - Gráfico Retirada de Materiais.....	69
Figura 37 - Gráfico Aplicação de Manilhas.....	70
Figura 38 - Gráfico Aplicação de Aço.....	71
Figura 39 - Alteração em Fundações, antes (a) e depois (b).....	72
Figura 40 - Gráfico Aplicação de Concreto.....	73
Figura 41 - Gráfico Aterramento com Cabo HS.....	74
Figura 42 - Gráfico Aterramento com Haste.....	75
Figura 43 - Gráfico Seccionamento de Cercas.....	76
Figura 44 - Fluxograma das Origens das Divergências.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
CAA - Cabo de Alumínio com Alma de Aço
CELESC SA S.A. – Centrais Elétricas de Santa Catarina Sociedade Anônima
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DC - Desvio de Custo
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDC - Índice de Desempenho de Custo
km - quilômetro
km² - quilômetro quadrado
kV - kiloVolts
LAI – Licença Ambiental de Instalação
LAP – Licença Ambiental Prévia
LAO – Licença Ambiental de Operação
LED – *Light Emitting Diode*
LTs – Linhas de Transmissão
m² - metro quadrado
m³ - metro cúbico
MS – Microsoft
MW - Megawatt
NBR – Norma Brasileira
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico
OPGW – *Optical Ground Wires*
RB – Rede Básica
RTK - *Real Time Kinematic*
SE – Subestação
SECC. – Seccionamento
SIN – Sistema Interligado Nacional
SPT - *Standard Penetration Test*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Justificativa.....	15
1.2 Definição do Problema.....	16
1.3 Objetivo Geral.....	16
1.4 Objetivos Específicos.....	17
1.5 Estrutura do Trabalho.....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 O Sistema Elétrico Nacional e o Sistema Interligado Nacional (SIN).....	18
2.2 Serviços Cíveis de Linhas de Transmissão.....	23
2.2.1 Estudos e Projetos.....	24
2.2.2 Execução da Infraestrutura.....	28
2.2.2.1 <i>Locação de Estruturas.....</i>	<i>28</i>
2.2.2.2 <i>Limpeza de Faixa de Servidão.....</i>	<i>29</i>
2.2.2.3 <i>Movimentação de Terra.....</i>	<i>32</i>
2.2.2.4 <i>Retirada de materiais.....</i>	<i>36</i>
2.2.2.5 <i>Fornecimento/Aplicação de Manilhas, Aço e Concreto para Fundações</i>	<i>37</i>
2.2.2.6 <i>Aterramentos por Cabo, por Haste e Seccionamento de Cercas.....</i>	<i>42</i>
2.3 Peças de um Projeto de Linha de Transmissão.....	48
2.4 Levantamento de Quantitativos.....	56
3 METODOLOGIA.....	57
3.1 Caracterização da pesquisa.....	57
3.2 Caracterização da obra de Linha de Transmissão.....	57
3.3 Levantamento de dados nos documentos da obra.....	59
3.4 Comparação dos dados projetados versus executados.....	61
3.5 Indicador de Desempenho Aplicado.....	62
3.6 Superdimensionamento e Subdimensionamento em Projetos.....	62
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	64
4.1 Análise e Discussão.....	64
4.2 Locação de Estruturas.....	66
4.3 Limpeza de Faixa de Servidão.....	67
4.4 Movimentação de Terra.....	68
4.5 Retirada/Remoção de Materiais.....	69
4.6 Fornecimento e aplicação de Manilhas.....	70
4.7 Fornecimento e aplicação de Aço.....	71
4.8 Fornecimento e aplicação de Concreto.....	73
4.9 Aterramento com cabo HS 5/16”	74
4.10 Aterramento com Haste COPPERWELD.....	75
4.11 Seccionamento de Cercas.....	76
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
5.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	80
6 REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

No século XXI, a eletricidade tornou-se ferramenta indispensável para a sociedade humana, de tal forma que, cada vez as pessoas dependem mais e mais da sua utilização para a vida cotidiana, desde um pequeno LED, informar-se através de mídias eletrônicas, lavar roupas, congelar alimentos, até abastecer uma grande empresa.

Fundamental ao estilo de vida contemporâneo, a eletricidade está tão arraigada no dia-a-dia que é quase necessário um apagão ou interrupção do fornecimento dela por parte da concessionária de energia para lembrar da importância e papel dela em nossa sociedade. Em maior parte, isso acontece pois o cidadão comum que consome a energia desconhece o tamanho e grau de detalhe envolvido no sistema elétrico.

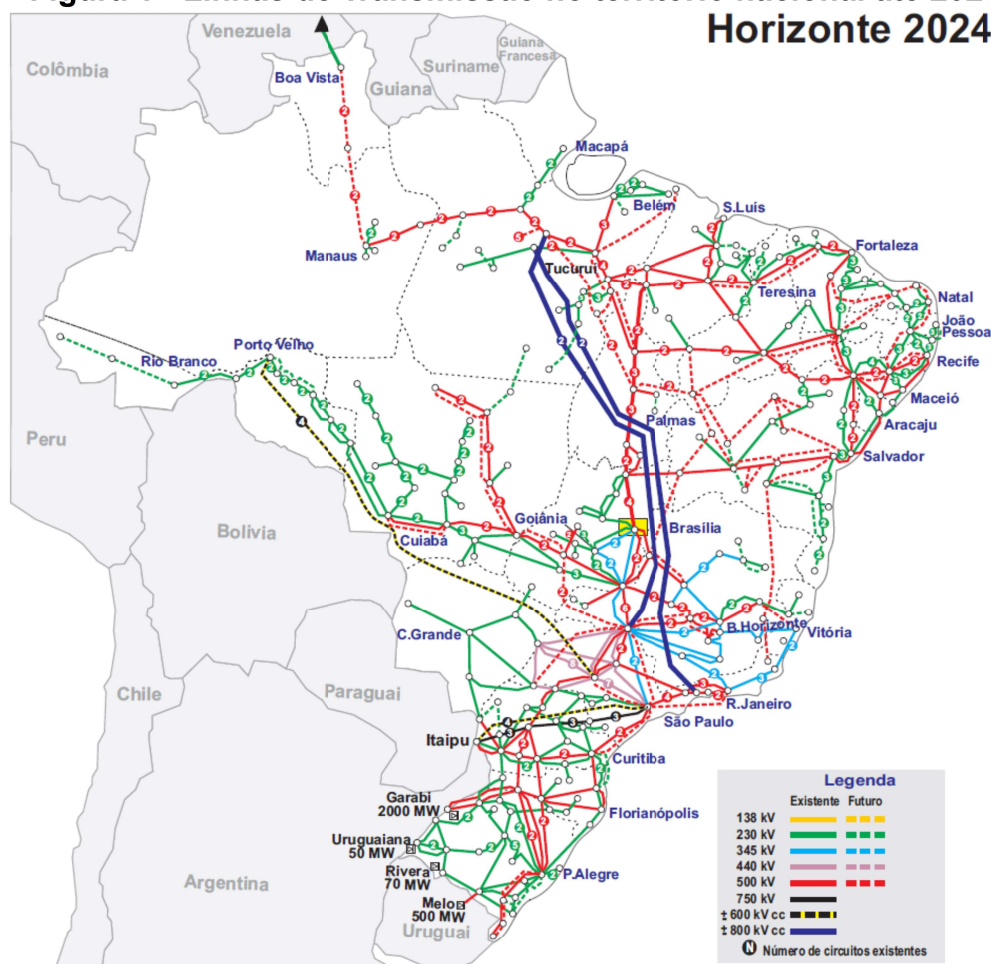
Devido ao constante desenvolvimento do país em ambas as esferas econômica e social, esse sistema elétrico tem que ser, constantemente, atualizado, melhorado e expandido, para que, assim, venha a suprir o aumento da demanda de energia, desse modo, fornecendo às pessoas, empresas, órgãos e organizações seu produto.

Esse consumo, sempre crescente, pode ser notado conforme o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2020), onde foi demonstrado que houve crescimento do consumo elétrico em todas as regiões do Brasil, e, em especial no Nordeste e Centro-Oeste, com respectivamente, taxas de 3,8% e 5,3%.

Do mesmo modo, corroborando, quanto a expansão do sistema elétrico, o boletim emitido pela ANEEL no mês de Janeiro de 2021, nosso país atingiu, nesse período, 179.733 MW de capacidade instalada total de potência de geração de energia, um aumento de 4,1% quando comparado ao mesmo período do ano anterior.

Pode ser visto com maior facilidade o quão importante para o país é o crescimento da demanda e do suprimento, na expansão da malha elétrica de Linhas de Transmissão. Na Figura 1, fica demonstrado o quão necessário é o esforço por expandir o sistema elétrico, atualmente com mais de 170 mil Km de extensão, através da quantidade de linhas pontilhadas, novas LTs a serem construídas.

**Figura 1 - Linhas de Transmissão no território nacional até 2024
Horizonte 2024**



Fonte: Energês (2020)

As Linhas de Transmissão são as artérias e veias do sistema elétrico, já que são elas que conduzem a energia produzida nas usinas, normalmente muito afastadas dos grandes centros, por grandes extensões de terra e mata até chegar

nas subestações, onde ocorrerá a transformação da tensão para que essa então seja distribuída aos mais variados consumidores.

Obras de grande porte como são as implantações de Linhas de Transmissão possuem impacto enorme no ambiente, e por isso desde seus estudos iniciais até a execução dos projetos confeccionados para cada situação, são altamente complexas e envolvem numerosos profissionais de diversas áreas do conhecimento, entre essas vários ramos da engenharia.

As engenharias elétrica, mecânica, florestal, ambiental e civil, têm papéis principais numa obra de Linha de Transmissão, todavia, dentre as atividades que englobam essas engenharias, existe destaque especial para a referente aos serviços de caráter civil. Isso se dá, pois é da engenharia civil que advém a parte de infraestrutura da obra, importante numa construção assim.

Estabelece Menezes (2015) essa importância através do segmento:

[...] engenheiros civis são peças fundamentais para que as instalações sejam implantadas, pois atuam diretamente no cálculo de todas as cargas possíveis de serem suportadas pelas estruturas, participam de estudos que detalham as características geotécnicas do terreno e elaboram os projetos de fundação, dentre outras atividades. (MENEZES, p. 42, 2015)

Existe uma gama de serviços relacionados a obras civis para a implantação de uma Linha de Transmissão, mas os que serão adentrados neste trabalho são, de acordo com Menezes (2015), os majoritariamente civis, isto é, limpeza de faixa de servidão, supressão vegetal; abertura de acessos, movimentações de terra; fundações, escavação e detonação de rochas; e aterramento, ressaltando outros serviços como montagem e içamento de estruturas também podem ser considerados serviços civis, entretanto não formaram o foco deste trabalho.

Dado que as atividades de caráter civil são as que mais possuem impacto físico na obra de implantação de uma LT, essas devem ser planejadas e quantificadas com elevado grau de precisão, sempre seguindo e estando de acordo com cada um dos devidos projetos elaborados. Caso contrário, grandes danos podem vir a ser causados nas esferas econômica, ambiental e social das redondezas atingidas e cidades da futura Linha de Transmissão, seja por negligência ou imprudência dos projetistas e/ou executantes da obra.

Sabendo disso, esse trabalho visa a comparação entre projetado e executado, de modo a identificar problemas, falhas e possíveis imprevistos que ocorreram durante as atividades construtivas da implantação de uma LT, para que se possa prevenir esses contratempos de ocorrerem em obras futuras.

1.1 Justificativa

Ao notar a lacuna que existe na exploração acadêmica de Linhas de Transmissão, bem como o limitado aprofundamento na parte dos serviços de caráter civil envolvidos numa obra assim, percebeu-se a possibilidade de elaborar um trabalho com ênfase na disseminação de conhecimentos sobre os serviços civis numa obra de Linha de Transmissão e sua eficiência relacionado ao que é projetado desses serviços em face do que é executado na realidade da construção.

Além destas lacunas que criaram a possibilidade do trabalho, existe a motivação pessoal do autor, trabalhador envolvido em obras de implantação de Linhas de Transmissão, em caráter fiscal, e aficionado por obras de grande porte.

O trabalho teve por foco, portanto, o estudo dos serviços civis de uma obra de Linha de Transmissão que serão apresentados durante a pesquisa. Após o estudo e análise das informações coletadas e fotos registradas, o projetado foi

confrontado com o que foi executado em obra, visando averiguar a precisão ou as causas das divergências baseando no material reunido até o momento sobre as obras civis nelas envolvidas.

Como um incentivo extra que demonstra a importância do projeto, notou-se que este é ímpar, no estado de Santa Catarina, em confrontar o projetado para a implantação de uma LT com a realidade da execução da obra, que às vezes é muito mais complicada do que se previa inicialmente. Isso pode servir de incentivo para que outros estudantes venham a se interessar mais no tema de LTs ou comparação projetado versus executado ou em pesquisas acadêmicas similares.

1.2 Definição do Problema

Buscando contribuir para a difusão de conhecimentos sobre os serviços de caráter civil em construção de Linhas de Transmissão, este trabalho consiste num estudo de caso, delimitando-se em comparar os quantitativos de projeto analisados com o que foi executado, encontrado nas planilhas de medição, em um trecho de 12 km de implantação de uma Linha de Transmissão.

1.3 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar quantitativos das obras civis através dos projetos, e comparar os serviços civis projetados com os executados na implantação de Linha de Transmissão, e então elencar possíveis causas e motivos, quando houver discrepâncias.

Com o intuito de se atingir esse objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos.

1.4 Objetivos Específicos

- a) Levantar quantitativos de serviços civis de projeto da LT estudada;
- b) Levantar as planilhas de medição da Linha em questão;
- c) Comparar os quantitativos com os dados das planilhas analisadas;
- d) Levantar, se necessário, os problemas que resultaram em quantitativos diferentes.

1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho foi dividido em 6 seções para melhor entendimento de seu texto.

A primeira seção faz uma breve introdução ao tema do setor elétrico na segunda década do século XXI e às partes da qual são compostos.

Em seguida, na seção 2, é apresentado a Fundamentação Teórica da pesquisa, nela são brevemente abordadas as etapas de confecção de um projeto de Linha de Transmissão, e discorrido sobre os serviços civis analisados da obra estudada.

Logo, na seção 3, Metodologia, apresenta-se a caracterização da obra estudo de caso e como ocorreu a comparação dos serviços civis analisados. Na seção 4, Apresentação dos Resultados, discorre sobre os dados da pesquisa e comparação, atribuindo/elencando possíveis causas/motivos/razões para os valores obtidos do indicador variação. Na quinta seção, Considerações Finais, é feito um apanhado do conteúdo do trabalho, e, de forma sintetizada, apresentadas medidas para reduzir ou mesmo solucionar as imprecisões/divergências evidenciadas pelo indicador (analisado) variação. Na sexta e última seção, estão dispostos os materiais bibliográficos da pesquisa e suas origens para referência.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

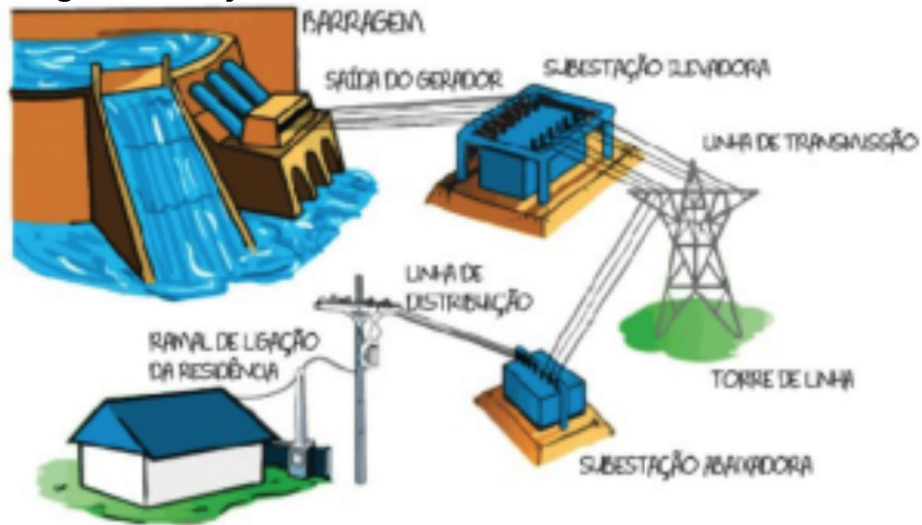
2.1 O Sistema Elétrico Nacional e o Sistema Interligado Nacional (SIN)

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é composto por quatro subsistemas de energia (Norte, Nordeste, Sul, Sudeste/Centro-Oeste) que interligam-se através da malha de transmissão transferindo energia entre eles para uma maior integração entre todos, promovendo assim ganhos de sinergia, segurança e economia.

Propriamente conceituado, o SIN é “o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas.” (ONS, 2021).”.

De acordo com a CELESC SA (2017), o sistema elétrico pode ser dividido em três etapas principais, essas que a eletricidade passa antes de chegar às unidades consumidoras. Cada etapa possui uma atividade a ela associada e que lhe dá o nome, sendo elas conhecidas, em ordem de passagem da eletricidade, como: Geração, Transmissão, e Distribuição. O trajeto da eletricidade da usina até o consumidor pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Trajeto da eletricidade da usina ao consumidor



Fonte:Universidade Trisul (2021)

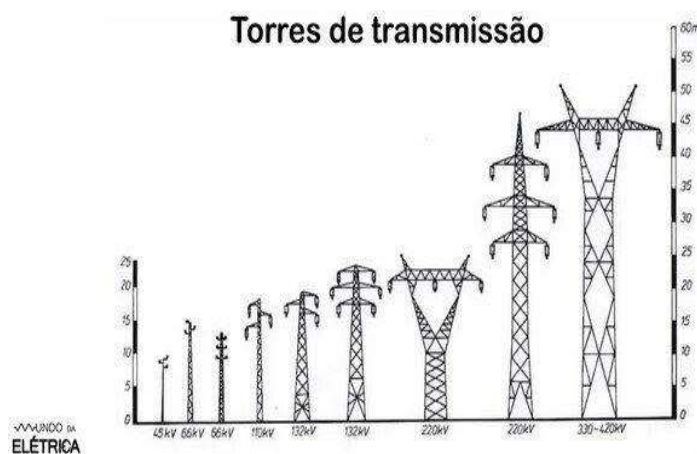
A Geração, que vai da barragem até a Subestação (SE) Elevadora, é onde ocorre a transformação de uma forma de energia, seja ela eólica, nuclear, hidráulica, térmica e etc, em energia elétrica, sendo que os locais onde é feito esse processo são chamados de usinas. Dado ao grande porte das usinas de maior geração, porte esse proporcional a quantidade de energia transformada, esses locais tendem a ficar afastados de áreas mais populosas.

O principal exemplo disso são as usinas hidrelétricas, que localizam-se, quase totalmente em seu número, mais ao interior do país, já que as bacias hidrográficas que são aproveitadas também são lá encontradas (ex: Itaipu)..De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME), em 2021, esse tipo de usinas foi o maior responsável pela produção da energia brasileira, por volta de 64% sendo gerada assim.

Após ser gerada a energia elétrica nas usinas diversas, faz-se necessário seu deslocamento ou transporte para que essa possa ser entregue às distribuidoras ou a

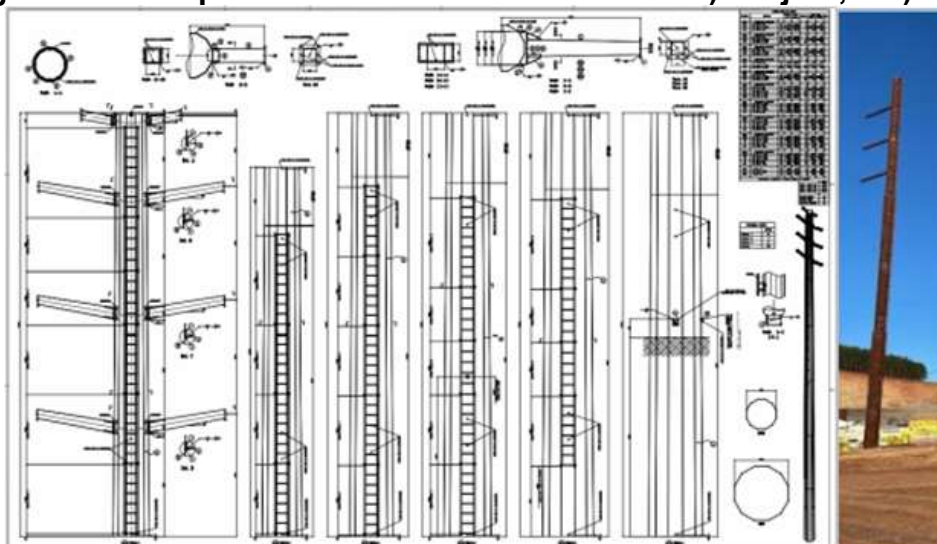
consumidores livres, isso acontece na parte chamada Transmissão, na Figura 2 essa parte vai da saída da SE Elevadora até a SE Abaixadora. O envio da eletricidade é realizado com o emprego de altas tensões, assim evitando maiores perdas de carga ao longo das grandes distâncias percorridas pelos meios condutores, que são as Linhas de Transmissão (LTs), podendo essas serem: aéreas, através de elevadas estruturas, como nas Figuras 3 a 5; subterrâneas ou subaquáticas.

Figura 3 - Estruturas para Linhas de Transmissão



Fonte: Mundo da Elétrica (2021)

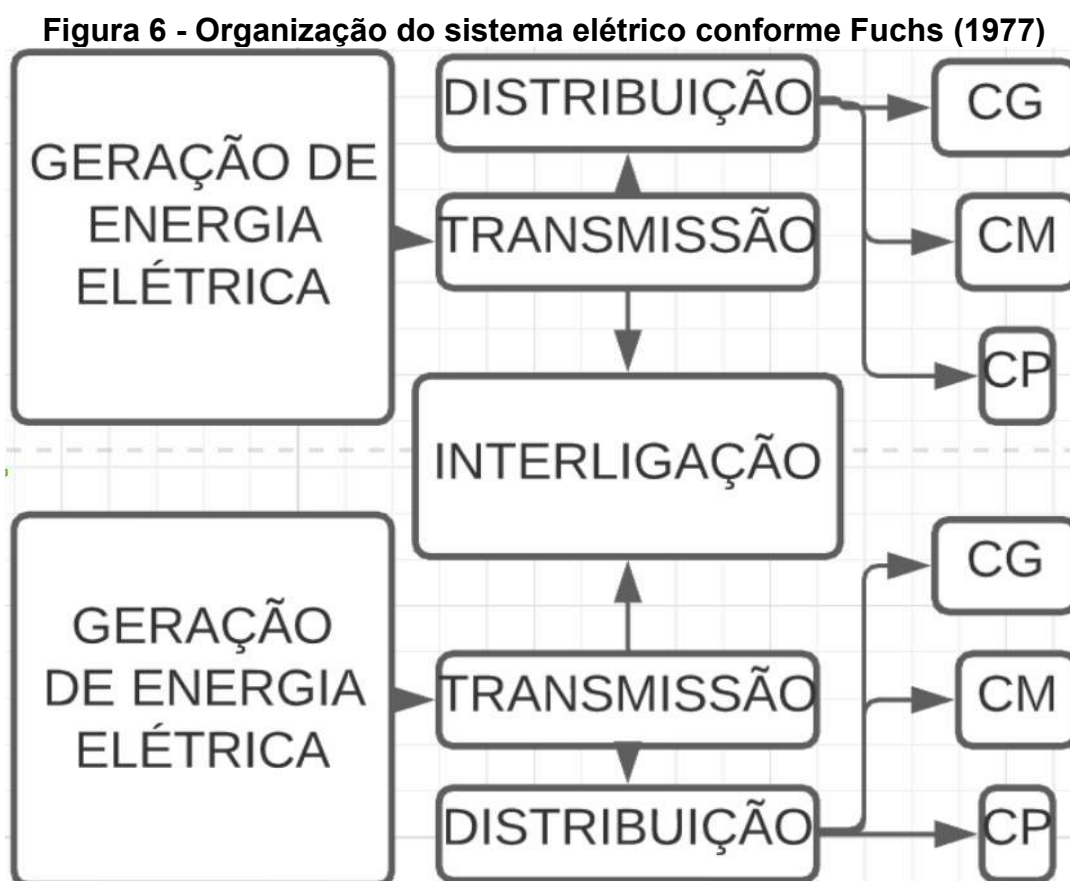
Figura 4 - Exemplos Estruturas Monotubulares: a) Projeto, e b) Foto



Fonte: Autor e CELESC SA (2022)

Finalmente, chega-se a parte da Distribuição, onde, após o recebimento da energia que estava em alta tensão por ter sido elevada por um transformador elevador, essa tem sua tensão abaixada, agora, por um transformador abaixador para que então possa ser distribuída, conforme mostrado na Figura 5, com uma tensão mais próxima da necessária estipulada para o consumidor final.

Os sistemas que utilizamos podem ser estruturados vertical e horizontalmente, algo que é corroborado pela Fundação COGE (2016). De forma que organiza-se essa estrutura na maneira mostrada na seguinte figura:



Fonte: Elaboração própria (2021)

Como pode ser visto, o caminho percorrido pela eletricidade na Figura 6 é o mesmo apresentado na Figura 2, o que corrobora as palavras de Fuchs (1977), isso consiste na estrutura vertical, que tem seu fim na chegada aos Consumidores

Grandes (CG), Consumidores Medianos (CM) e Consumidores Pequenos (CP), conforme a Figura 6.

Já a disposição horizontal dá-se devido a etapa de Interligação, que conecta sistemas de energia menores e mais isolados (seja por questões geográficas ou técnicas) à sistemas maiores, formando assim uma malha elétrica mais segura e econômica contra incidentes como apagões e quedas de energia, que é seu objetivo.

Vale ressaltar que Fuchs (1977) menciona também um subtipo da etapa de transmissão chamada subtransmissão, sendo essa classificada por ele como a transmissão nas tensões de 69 kV e 138 kV. Todavia, não será utilizada essa subclassificação no trabalho, devido à classificação das mesmas LTs na empresa parceira (CELESC SA S.A.) como "de Transmissão".

Conforme a própria empresa utiliza, as Linhas de 69 kV ou de tensões maiores serão denominadas Linhas de Transmissão, enquanto tensões abaixo de 69 kV, como 34,5 kV e menores, serão chamadas de Linhas de Distribuição.

2.2 Serviços Cíveis de Linhas de Transmissão

Conforme ANEEL (2020), as Linhas de Transmissão no Brasil no final do ano de 2020 se estendiam por mais de 160.859 km através do nosso território, já com planos de até o final de 2024 superar os 180 mil km pelo indicado pela ONS (2019).

Sendo os canais que levam a energia produzida desde o interior, onde são produzida nas usinas, até as cidades e centros urbanos, suas obras de implantação

devem ser extremamente bem planejadas já que envolvem dinheiro público e normalmente causam grandes impactos nas esferas econômicas, ambientais e sociais da região em que estará inserida.

Pode-se dividir os trabalhos civis envolvidos numa Linha de Transmissão nas seguintes etapas principais: estudos e projetos, licenciamento ambiental e liberação fundiária, execução da infraestrutura.

2.2.1 Estudos e Projetos

O primeiro procedimento adotado quando se planeja criar uma nova LT é um levantamento de campo, um detalhado que informe o meio antrópico, físico e biótico da região foco do estudo para implantação. Nessa região são mapeados os possíveis traçados que a Linha de Transmissão pode tomar através de imagens de satélite, e, após análise do levantamento feito, é definido um preferencial que é comumente conhecido por Diretriz Principal.

Esse traçado escolhido deve atender a uma gama de quesitos, como: menor traçado técnico-economicamente viável, menor quantidade de travessias sobre obstáculos naturais ou artificiais, menor impacto sobre APPs e vegetação nativa possível. Quando possível, convém aos projetistas manter paralelismo com Faixas de Servidão já existentes, tão bem quanto manter o traçado perto de vias ou acessos já existentes.

Atendidos esses quesitos, fica estabelecido então o traçado que a LT percorrerá e dá-se princípio aos serviços de elaboração dos documentos

pertinentes, como Planta e Perfil que é feito juntamente com um topógrafo, tabelas de locação e deflexão das estruturas, à LT. Fica a ressalva que, durante a etapa de execução, podem ocorrer algumas alterações eventuais nesses para superar adversidades até então desconhecidas ou para maior facilidade de implantação.

Menezes (2015) diz que após serem determinados os locais desejados para a implantação das estruturas, isto é, o traçado, então procede-se para a próxima etapa, que consiste na realização de ensaios geotécnicos na locação de algumas estruturas da LT.

Esses ensaios servem para a caracterização do solo e para a obtenção de dados mais precisos, de modo que se possa verificar se o local permite a instalação da estrutura planejada, e para a confecção do projeto de fundações.

Também são usados para fornecer as informações necessárias para a readequação do projeto de fundações à realidade apresentada, no caso de complicações durante a execução.

O ensaio geotécnico utilizado nas obras de LT pela CELESC SA é o SPT (*Standard Penetration Test*), pela gama de informações sobre solos, suas características e resistência, provida como exemplificado na Figura 7. A razão por usar tal ensaio pode ser tirada das palavras de Schnaid e Odebrecht (2012):

Em outras palavras, o Standard Penetration Test (SPT) é, reconhecidamente, a mais popular, rotineira e econômica ferramenta de investigação geotécnica em praticamente todo o mundo. Ele serve como indicativo da densidade de solos granulares e é aplicado também na identificação da consistência de solos coesivos, e mesmo de rochas brandas. Métodos rotineiros de projeto de fundações diretas e profundas usam sistematicamente os resultados de SPT, especialmente no Brasil. (Schnaid; Odebrecht, 2012, p.23)

técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, devendo conter os seguintes elementos:

a) desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão global da obra e identificar todos os seus elementos constitutivos com clareza;

b) soluções técnicas globais e localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variantes durante as fases de elaboração do projeto executivo e de realização das obras e montagem;

c) identificação dos tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos a incorporar à obra, bem como suas especificações que assegurem os melhores resultados para o empreendimento, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;

d) informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;

e) subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra, compreendendo a sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas de fiscalização e outros dados necessários em cada caso;

f) orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados; (BRASIL, 1993)

Tendo o Projeto Básico em mãos, então a empresa ganhadora da licitação faz o Projeto Executivo, cuja conceituação também pode ser locada na Lei 8.666/1993, no seguinte inciso do Art. 6:

X - Projeto Executivo - o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT; (BRASIL, 1993)

Feitos esses projetos, dá-se procedimento à próxima etapa que envolve as licenças ambientais e liberações fundiárias, depois de obtidas essas, se está pronto para realizar a obra.

2.2.2 Execução da Infraestrutura

Consiste nos serviços civis de implantação da LT, pode ser dividida essa etapa em: Locação de Estruturas, Limpeza de Faixa de Servidão, Movimentação de Terra e Retirada de materiais, Fundações (Manilhas, na obra estudada), Fornecimento e Aplicação Aço e Concreto, Aterramento e Seccionamento.

2.2.2.1 Locação de Estruturas

Os serviços de locação de estruturas consistem na atividade de demarcação onde uma estrutura deve ficar. São contabilizados cada vez que uma equipe se desloca no traçado da Linha com o intuito de localizar o local onde será implantada uma estrutura, procedendo então, através de emprego de sistema RTK (*Real Time Kinematic*), a demarcação do piquete central da estrutura e do ângulo de sua bissetriz, respectivamente nas cores branca e vermelha para facilidade de visualização. No caso de a estrutura ser uma torres treliçada de aço, são locados os pontos de implantação dos pés da torre do mesmo modo.

Esses serviços são estimados, para fins de licitação, de acordo com o número de estruturas da LT, sendo equivalente a quantidade delas que haverá uma vez que esteja a obra concluída.

Nos projetos da obra LT X, 36 estruturas foram planejadas, portanto, para esse serviço são 36 unidades, a princípio. Devido a mudanças de projeto no decurso da obra como adição de mais estruturas, deslocamento das já locadas ou

remarcação de locação perdida por fatores externos, essas locações também foram contadas para fins de medição.

Esse serviço possui descrição exatamente conforme o apresentado neste subtópico.

2.2.2.2 Limpeza de Faixa de Servidão

A Faixa de Servidão é instituída ao longo de toda a extensão do traçado para garantir a segurança e praticidade durante as fases de implantação, manutenção e operação da LT. Ela é conceituada pela CELESC SA SA (2017), como:

[...] faixa de passagem legalmente constituída em favor da Empresa, conforme Decreto nº 35.851, de 16/07/54 - artigo 2º, à qual impõem restrições ao uso e gozo, permanecendo o terreno sob o domínio do proprietário. A faixa de servidão poderá ser indenizada ou cedida gratuitamente, sendo que a sua largura e extensão formarão a área objeto da indenização, se for o caso. (CELESC SA , 2017)

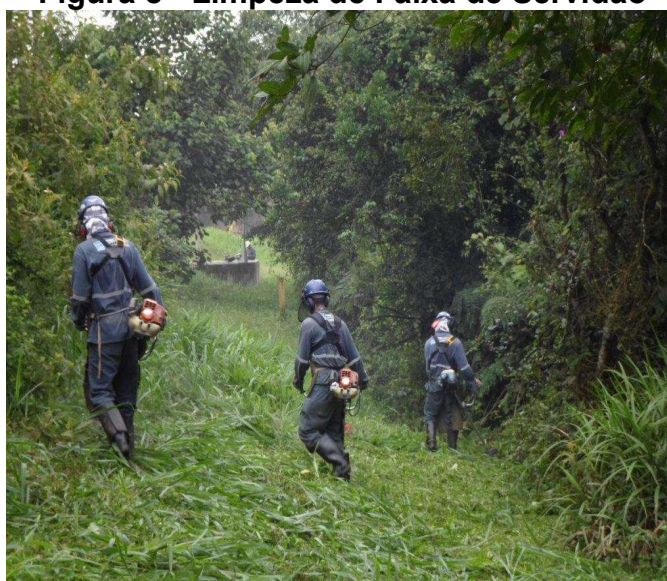
No dimensionamento deste serviço se é levado em consideração: o balanço dos cabos pelo vento, os efeitos elétricos e a posição de fundações no cálculo da largura da Faixa de Servidão, sendo que a Faixa limita-se às linhas paralelas à largura calculada de cada lado do eixo da LT e às chegadas em SEs ou seccionamentos.

Sua limpeza é integral pois permite visualizar *in loco* a necessidade de mais corte de vegetação, ou mesmo culturas de plantas que precisam de cuidados especiais de preservação. Tãmanha é a importância dessa etapa que estipulações

são feitas na contratação para que haja mitigação e, onde essa não possa acontecer, compensação.

Também existem condições especiais para as quais se devem atentar na hora da limpeza: árvores como os Eucaliptos que tem elevada altura e alto crescimento devem ser erradicadas da faixa para evitar contatos com condutores; e, após o término da implantação, os agricultores de culturas baixa são permitidos continuar o plantio na faixa.

Figura 8 - Limpeza de Faixa de Servidão



Fonte: Elaboração própria (2021)

Antes da abertura de acesso propriamente dito realiza-se algumas atividades de preparação do terreno, Shimizu (2002) classifica-os em 4 tipos principais que são realizados nessa ordem:

1. Desmatamento - retirada da vegetação maior porte;
2. Destocamento - retirada dos restos da vegetação maior;
3. Limpeza - retirada da vegetação rasteira; e
4. Remoção da camada vegetal - retirada dos restos orgânicos superficiais.

As atividades dessa etapa são quantificados normalmente por m² (metro quadrado) de supressão vegetal, também usado na limpeza da faixa, ou em m³ (metro cúbico), retirada do *humus* que se encontra nas primeiras camadas de solo principalmente em áreas de matas. Todavia, para algumas espécies de árvores, como o Palmito Real, a quantificação ocorre por número de indivíduos derrubados da espécie.

De modo geral, os quantitativos de projeto dessa supressão vegetal são obtidos através do produto da extensão do traçado da Linha de Transmissão pela Faixa de Servidão da LT (20 m de largura para a potência da rede de 69 kV e 25 m para 138 kV), resultando essa na parcela principal do trabalho a ser feito.

Estima-se, para fins de licitação, uma segunda parcela, consistindo na área de acessos e locais das estruturas (também conhecidos como praças de trabalho) já existentes e que serão abertas, obtida pelo produto do comprimento e largura do acesso somado com a área da praça (comumente tomada por 20 m de largura por 20 m de comprimento, totalizando 400 m²).

Os valores da segunda parcela são adicionados à primeira, obtendo uma aproximação do serviço de Limpeza de Faixa a ser executado.

Posteriormente, durante as medições, essa área é conferida por visita técnica do fiscal da obra a cada um dos locais, e, se necessário, corrigida para o seu valor real, que é o apresentado neste trabalho.

Conforme projeto, a descrição utilizada para o serviço em questão é "*Limpeza de faixa de servidão, incluindo o empilhamento e formação de leiras, incluindo resgate e transplante de bromélias e xaxins nas áreas adjacentes ao local de supressão.*"

Após o término dessas atividades, pode-se dar princípio a abertura de acessos para as máquinas, equipamentos e trabalhadores, onde começará a terraplenagem e os serviços a ela relacionados.

2.2.2.3 Movimentação de Terra

As atividades de abertura de acessos voltam-se para viabilizar a chegada com materiais, pessoal e equipamentos aos locais de implantação de estruturas.

Atividades comumente presentes nessa etapa da obra são:

a) Terraplenagem e Melhorias nos caminhos existentes;

As terraplenagens são os conjuntos de operações de movimento de terra, que nas palavras de Shimizu (2002) englobam "escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamento" e transformam a topografia natural em uma mais adequada para a execução dos serviços.

O método das seções transversais e a semelhança de sólidos são usados para verificar o quanto do serviço foi executado, sendo que nas planilhas de medição ele é quantificado por m³ (metro cúbico).

As melhorias de caminhos, ou vias, existentes consistem nos trabalhos de raspagem superficial com máquina ou similar que reforme um acesso em estado precário. Tendo seus quantitativos em m² (metro quadrado), são obtidos pela extensão da LT multiplicada por uma faixa de até 10 m de largura, variando de acordo com a complexidade do traçado e acessos.

Englobada também pela movimentação de terra, está a aplicação de rochas (saibro, bica e rachão, conforme Figura 9 abaixo), quantificada em m³ (metro cúbico), melhorando o solo para passagem de veículos e máquinas pesadas. Essa atividade supera a de aterro às vezes, já que, em locais ruins, ocorre o uso quase exclusivo de rochas para formar caminho. Por isso, o volume total de rochas previsto (somatório da bica, rachão e saibro estimados), tende a ser maior que o volume de aterro executado (solo simples sem demais características relevantes).

Figura 9 - Bica (a), Rachão (b) e Saibro (c)



Fonte: Elaboração própria (2021)

Em síntese, para os fins deste trabalho de pesquisa, as movimentações consistiram as atividades de:

- regularização da camada superficial do solo (até 0,5 m de profundidade, também conhecido como "melhorias de vias" e "raspagem");
- aplicação de rochas variadas (bica e rachão) para melhor trânsito;
- movimento de terra de corte (escavação a mais de 0,5 m, transporte e bota-fora) e aterro (jazida externa ao local).

A Figura abaixo simplifica as subdivisões desse serviço, suas unidades e fórmulas.

Figura 10 - Tabela de Fórmulas de Subserviços de Movimento de Terra

SERVIÇO	Unidade	Fórmula
Escavação	m ³	b x l x h
Carga	m ³	b x l x h
Transporte	m ³	b x l x h
Descarga	m ³	b x l x h
Compactação	m ³	b x l x h
Acabamento	m ²	b x l
b = medida do lado 1		
l = medida do lado 2		
h = altura média		

Fonte: Elaboração própria (2021)

Para o movimento de terra de corte e aterro, a área da faixa de servidão é multiplicada por uma espessura média para obter um estimativo do máximo volume que será cortado. Já no caso do aterro, esse é menos impactante na obra estudada (por ser região entre morros muito acidentada), portanto, para seu quantitativo foi tomada uma fração do total volume de corte.

Alerta-se que, caso a obra possuísse um traçado mais plano ou em baixios e plantações, o oposto seria verdade, com aterro e aplicação de rochas sendo o principal fator de movimento de terra.

A movimentação de Terra total foi obtida pelo produto do quantitativo do serviço de *“Regularização / raspagem superficial de solo para melhoria de acesso*

existente” com a profundidade máxima (0,5 metro), somado aos demais volumes (de escavações em terreno natural, moledo, matacão, rocha fendilhada e sã, e de aterros por cargas de rachão e bica corrida).

b) Drenagem e Contenções

As atividades de contenções e drenagem, quando necessárias, são realizadas de forma conjunta e quantizadas, respectivamente, por m³ e metro linear, elas são feitas de modo a causar o menor impacto ambiental possível. Tenta-se empregar os materiais disponíveis no local para a adequação, provido que esses estejam de acordo com as orientações da fiscalização ambiental.

Na Figura 11, pode-se ver uma mostra desses:

Figura 11 - Corte e Contenção (a) e Abertura de Acesso (b)



Fonte: Elaboração própria (2021)

Normalmente, a abertura de acessos é uma etapa pequena em LTs que se encontram no perímetro urbano, todavia, em LTs mais afastadas envolvem extensas quantidades desse serviço. Fica a ressalva, que sempre tenta-se causar o menor dano ao meio ambiente, à gleba e vias existentes e também evitar possíveis problemas com os proprietários.

2.2.2.4 Retirada de materiais

No tocante a Retirada/Remoção do material raspado ou escavado, a parte desses que não causa problemas ambientais, é comumente deixada no próprio local ou redondezas, sendo usada para regularização de acesso e praça 'espalhando' ele numa camada.

Também é comum o proprietário da gleba requisitar o material em algum lugar de sua terra, e contanto que não seja muito afastado do local dos serviços, é costumeiro a empreiteira ajudar e levar esse material para o ponto desejado, assim ajudando a manter relações boas e cordiais com os proprietários.

Devido a maior parte do material ser reaproveitado ali mesmo (no caso da obra em estudo), se/quando sobrou algum, foi apenas uma pequena fração de todo o volume de solo e resíduos a ser retirada do local e transportada para a destinação final apropriada.

Similar ao feito na quantificação da Limpeza de Faixa e Movimentação de Terra, é feito a estimativa tomando a área à modificar, pois essa será usada de base, e aplicando alguns fatores são ela.

Portanto, foi utilizada neste trabalho a descrição “Retirada/Remoção de materiais (incluídos solos moles) e destinação final para locais devidamente legalizados” para as atividades deste cunho. E, para fins de praticidade e contabilização, esse serviço engloba os serviços descritos como “*Retirada de material destinado aos acessos, recomposição da área e destinação final para locais devidamente legalizados*” e “*Remoção de solos moles e destinação final para locais devidamente legalizados*”.

2.2.2.5 Fornecimento/Aplicação de Manilhas, Aço e Concreto para Fundações

Após a abertura dos acessos aos locais onde ficam as estruturas, dá-se a fase das fundações. Aqui o processo varia um pouco de acordo com o tipo de fundação escolhido, que depende do tipo e resistência do solo (ex: blocos para solos secos e rijos, sapatas para úmidos e alagadiços, manilhas para solos sem rocha independente da presença de água).

Figura 12 - Escavação à trado e Escavação manual

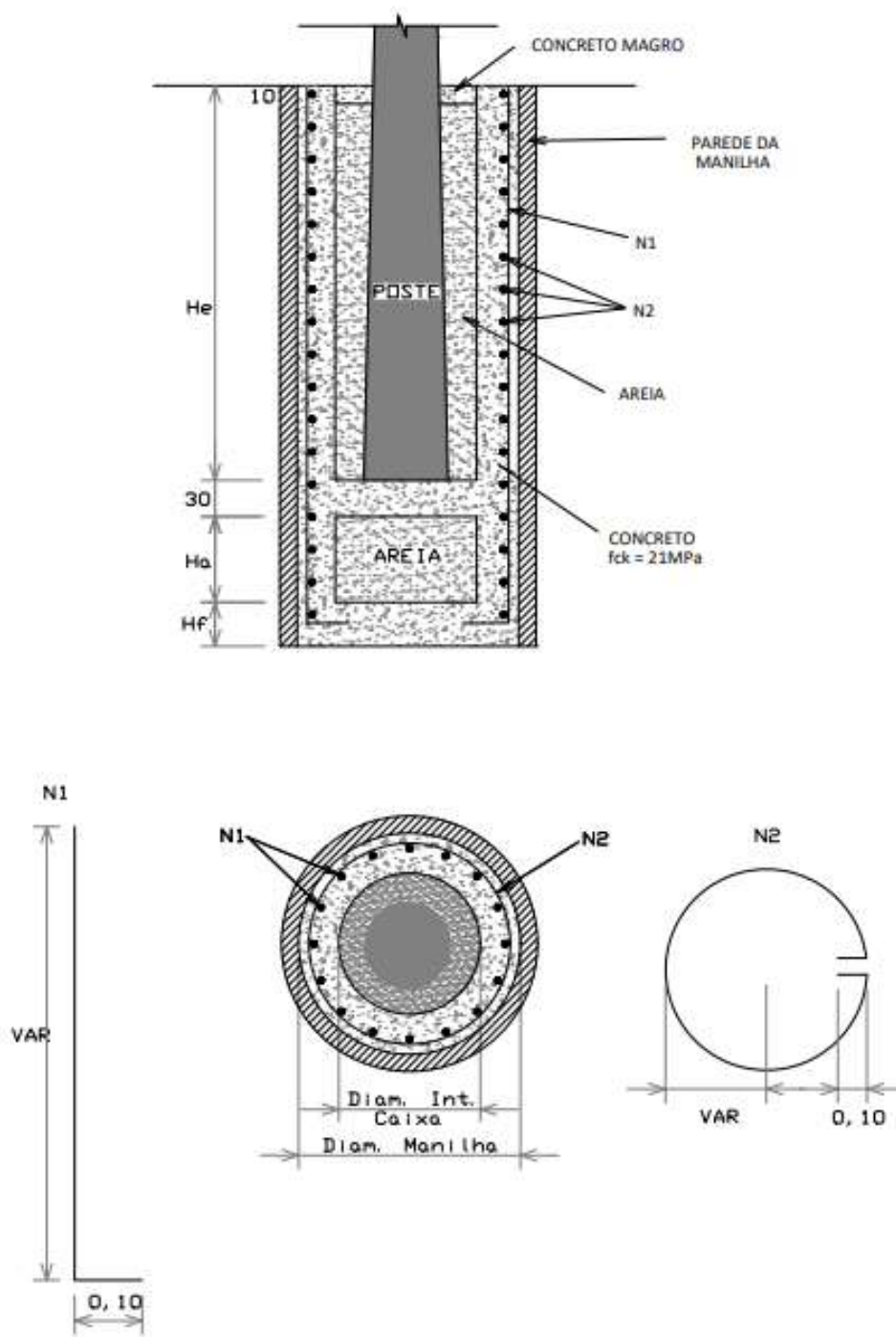


Fonte: Elaboração própria (2021)

Em todos os tipos de fundação haverá a retirada de material do solo, contabilizado através de semelhança de sólidos (ex: manilha com cilindro) em m³ (metros cúbicos) nas planilhas de medição, seja por máquinas ou trabalhadores, na Figura 12 sendo utilizado o trado mecânico,

Então posiciona-se as armaduras, que comumente são feitas no canteiro e apenas transportadas ao seu local de uso, e as devidas fôrmas são dispostas para então concretar, conforme exemplo de fundação tipo manilha concretada na Figura 13.

Figura 13 - Projeto de Fundação em Manilha



Fonte: CELESC SA (2021)

Figura 14 - Foto de Fundação Manilha pós-concretagem



Fonte: Elaboração própria (2021)

O responsável de campo, seja supervisor, técnico ou engenheiro, deve ficar atento para verificar que a fundação seja preenchida corretamente com concreto, e também para adotar medidas contra perdas (pela fôrma da fundação haver ficado muito irregular) e fuga (durante o trajeto acidentado até o local da aplicação pelo relevo).

Ressalta-se que devido às características geomorfológicas do local, muitas vezes é necessário realizar detonação de rochas por explosivos durante a fase de escavação das fundações. É comum que durante os serviços de aprofundamento das cavas, esbarre-se em rochas em estado são, isto é, no maciço, ou em estado fendilhado, que são as já rachadas e despedaçadas por intemperismo ou pela própria escavação.

No primeiro caso, deve ser realizada uma reanálise de projeto, de modo a verificar se compensa mais proceder com detonação até que se possa executar o projeto original da fundação, ou alterar o projeto da mesma para que essa seja engastada nas rochas. É de responsabilidade dos engenheiros, técnicos e supervisores de campo levar a informação da profundidade em que a rocha foi encontrada e do estado dela, o mais rápido e com maior precisão possível..

Já no segundo caso, onde a rocha é fendilhada, normalmente o serviço continua do jeito que estava, mesmo que de modo mais lento. Todavia, dependendo da dificuldade em remover esse material, a detonação pode ser considerada.

Os serviços de armadura e concretagem nas planilhas de medição são descritos, respectivamente, por “Fornecimento, transporte e aplicação de aço CA50 e CA60 para execução de fundações em concreto com as características indicadas no projeto” e “Fornecimento, transporte e aplicação de concreto X MPa, para execução de fundações, incluindo formas e demais materiais necessários, com as características indicadas no projeto”.

Sendo que ‘X’ é o valor da resistência do concreto, normalmente, 20 MPa ou mais para fins estruturais, e 9 MPa para regularização de cavas e confecção dos selos (tampas de concreto) das estruturas.

O Concreto é mensurado de acordo com os projetos de fundação, normalmente incluso vem tabelados os volumes a ser aplicados em cada fundação, com as divisões com concreto magro ou de resistência mais elevada, conforme mostra a seguinte Figura.

Figura 15 - Tabela de Fundações

Num	Tipo	Estrutura				TIPO DE FUND.	VOL. CONCRETO (m³)	VOL. ESCAVAÇÃO (m³)	VOL. ATERRO (m³)	VOL. CONC. MAGRO (m³)	VOL. AREIA (m³)	ESTACAS 35/10T	MANILHAS DIÂM. 1,50m N° ALT. 1,0m	MANILHAS DIÂM. 2,00m N° ALT. 1,0m	AÇO (kg)	
		EXT / ALT	Carga / Pés													
			A	B	C											D
1	ADCE	34	9000				M	17,54	102,44	81,84	0,06			7,00	1856,40	
2	ADCE	34	13000				M	21,33	122,250	94,960	0,09			8,00	1771,30	
3	ADCE	50	5500				M	12,62	23,82		0,16			7,00	1856,40	
4	ADCE	60	10500				B	10,98	28,37		0,19				916,98	
5	ADCE	70	5000				B	12,60	32,35	-	0,15				1856,40	
6	SDCE	60	5500				B	13,43	26,54		0,12				1856,40	
7	SDCE	60	7000				M	10,36	26,04	-	0,16	5,90		8,00	962,86	
8	SDCE	60	7000				M	10,67	27,21	-	0,18	5,90		8,00	704,92	
9	SDCE	60	7000				M	10,25	25,08	-	0,15	5,90		8,00	704,92	
10	ADCE	60	5500				B	12,94	26,05		0,12				704,92	
11	SDCE	60	7000				M	10,25	25,08	-	0,15	5,90		8,00	704,92	
12	ADCE	55	9500				E	9,70	25,16	-	0,18	4,54				
13	ADCE	50	11500				B	16,35	109,33	-	0,09				1065,06	
14	SDCE	50	3100				B	6,39	14,53	-	0,09				1065,06	
15	ADCE	50	11500				B	14,16	86,99	-	0,09				674,95	
16	ADCE	60	12000				B	11,07	30,02	-	0,19				1245,83	
17	SDCE	50	3500				B	7,55	15,69	-	0,09				704,92	
18	ADCE	60	12000				B	11,29	29,54	-	0,21				2036,77	
19	SDCE	45	5500				M	12,02	67,48		0,08	5,90		7,00	418,25	
20	A301-33	12	9	9	9	9	T	20,40	16,60		0,80				522,18	
21	SDCE	45	4000				B	7,49	16,72		0,15				635,92	
22	SDCE	45	3500				M	9,39	16,60		0,11	2,80		6,00	635,92	
23	ADCE	34	3500				B	8,06	36,06	24,95	0,06				528,56	
24	ADCE	34	6500				BSA	14,00	77,64	60,59	0,06				1034,06	
25	SDCE	45	3500				B	8,36	15,07		0,09				1034,06	
26	SDCE	45	3500				B	9,04	16,25		0,11				1034,06	
27	SDCE	45	5000				M	11,28	60,61	43,13	0,08	5,90		7,00	1250,40	
28	SDCE	45	5500				M	11,65	64,00	46,15	0,08	5,90		7,00	1250,40	
29	SDCE	45	3500				M	7,71	14,42		0,09	2,80		6,00	635,92	
30	ADCE	50	9000				M	13,35	78,77	57,28	0,09	5,90		8,00	1400,80	
31	ADCE	60	6000				B	13,18	26,29		0,12				1400,80	
32	SDCE	50	6000				M	8,35	20,64	-	0,16	3,63		7,00	1309,30	
33	A301-33	6	9	9	9	9	T	20,40	16,60		0,80				522,18	
34	ADCE	44	5500				M	7,22	17,08		0,15	5,90		7,00	1048,90	
35	ADCE	44	8000				B	15,60	99,83	78,37	0,08				2269,50	
36	A301-33	6	3	3	3	3	E	22,28	30,96	14,52	0,97	240,00			864,80	
TOTAIS							439,26	1468,11	501,79	6,55	66,87	240,00	0,00	109,00	39374,02	

Fonte: CELESC SA (2021)

Divergências surgem nos volumes aplicados normalmente caso ocorra uma execução imperfeita/inadequada das fôrmas e/ou escavação, por isso os projetos e as formas devem ser checados uma vez mais antes de pedir o concreto usinado para garantir que tudo esteja em conformidade.

Conforme a própria descrição dos serviços, em suas composições já estão incluídas as fôrmas, de madeira na obra em questão. Para formas de madeira são consideradas 15 tábuas de 2,2 cm x 23 cm para cada m³ de concreto usado.

A madeira é comprada na região da obra e, diferente do aço, comumente cortada no canteiro. Feito isso, a fôrma é montada ali mesmo para posterior transporte e aplicação ou é armazenada para transporte ao local em que será empregada e lá é feita a montagem.

O aço, que é contabilizado em quilogramas, é entregue previamente cortado no canteiro de obras onde então são montadas as armaduras conforme indicam os respectivos projetos, também demonstrado na Figura acima. Ressaltando que o aço vai sendo comprado/entregue de acordo com a quantidade de fundações sendo executadas no momento e a disponibilidade do material no mercado.

2.2.2.6 Aterramentos por Cabo, por Haste e Seccionamento de Cercas

Durante as atividades de fundação deixa-se normalmente uma espera para a passagem do cabo, ou cabos, de aterramento, desse modo facilitando a conexão e disposição do cabo conforme projeto.

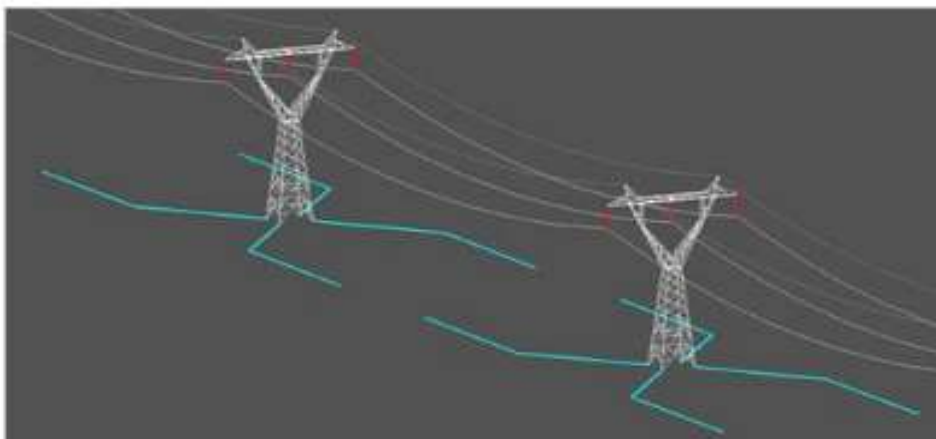
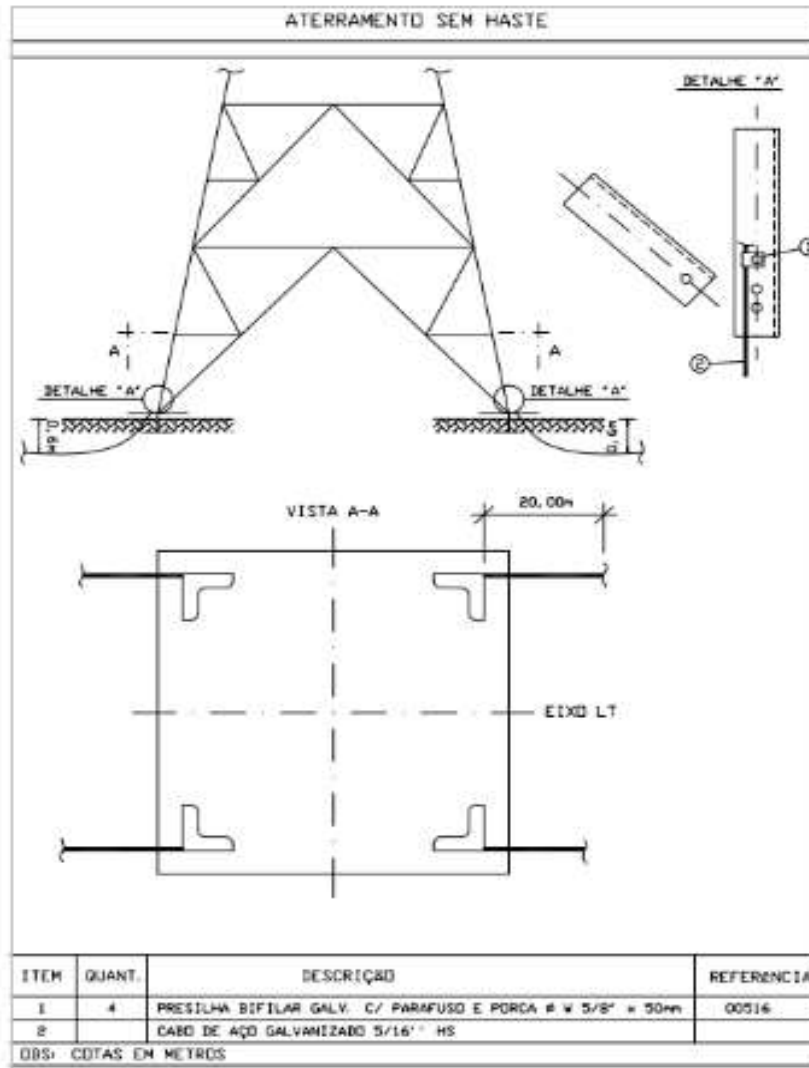
De acordo com Menezes (2015), essa fase é essencial pois são esses cabos de aterramento que, estando enterrados a não menos de 50 cm da superfície dão escoamento a cargas elétricas originadas de perturbações, protegem a LT de descargas atmosféricas, indução de correntes elétricas próximas, rompimento de condutor e quebras de isoladores.

Neste trabalho esse serviço é denominado "*Execução de aterramento com cabo 5/16" HS enterrado a 90cm de profundidade, incluindo escavação, reaterro compactado e pintura conforme especificado*" na planilha de medição.

Utilizado a partir das estruturas, principalmente torres metálicas treliçadas, tem sua unidade de quantificação em metros, esses que são determinados previamente em projeto.

O formato de disposição dos cabos varia com as especificidades do local e deve ser apontado em projeto, juntamente com a devida extensão de cabo que deve ser usada. O mais comum é que os cabos sejam dispostos na direção do traçado da LT, similar ao apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Esquema Aterramento em Torres de LT por Cabos



Fonte: CELESC SA (2021) e NSA Consultoria e Informática LTDA (2021)

Após a implantação da LT estar concluída e estiverem ocorrendo os testes elétricos e comissionamento das estruturas, a resistividade cabo-solo é checada, e, caso não esteja dentro dos parâmetros então a empreiteira deve buscar uma solução para diminuir a resistência do solo.

Na impossibilidade de empregar efetivamente todo o comprimento do cabo, ou mesmo qualquer, e ainda não alcançados os parâmetros do comissionamento, emprega-se as hastes, em conjunto com os cabos ou sozinhas, como solução.

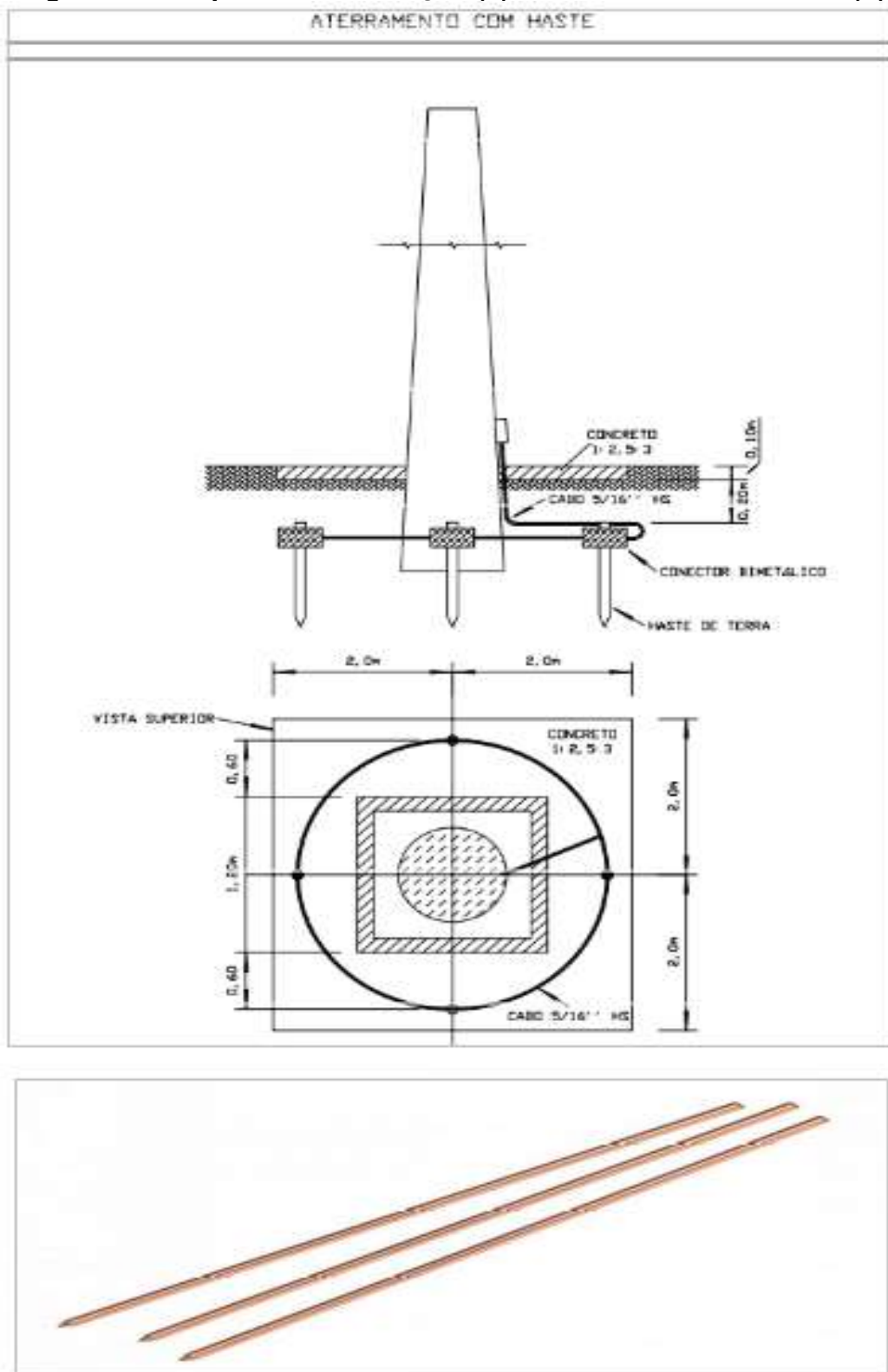
Um exemplo dessa solução, e que foi adotada na obra em estudo, é o uso de bastões de cobre, conhecidos como Hastes COPPERWELD (Figura 13), que são enterrados na terra e conectados a pontos dos cabos de aterramento.

Esses mesmos bastões consistem num outro tipo de aterramento de estruturas amplamente empregado, o aterrar por Haste COPPERWELD é mais utilizado na implantação de LTs urbanas ou estruturas em áreas rochosas, devido às condições do solo e/ou local que dificultam alcançar maior condutividade do solo, algo crucial para o funcionamento do aterramento.

A descrição do serviço que os envolve na planilha de medição consta como *“Fornecimento e aplicação de haste COPPERWELD de \varnothing 19x2400mm, para execução de aterramento, cfe. desenho anexo, incluindo fio e conectores bimetálicos para conectar a haste”*.

Seu uso é dimensionado em acordo com projeto, tendo uma quantidade predeterminada que apenas será disposta no local especificado. Caso a resistência ôhmica, quando essa for verificada, for elevada demais, mais hastes serão utilizadas para reduzi-la para dentro dos padrões exigidos pela concessionária de energia.

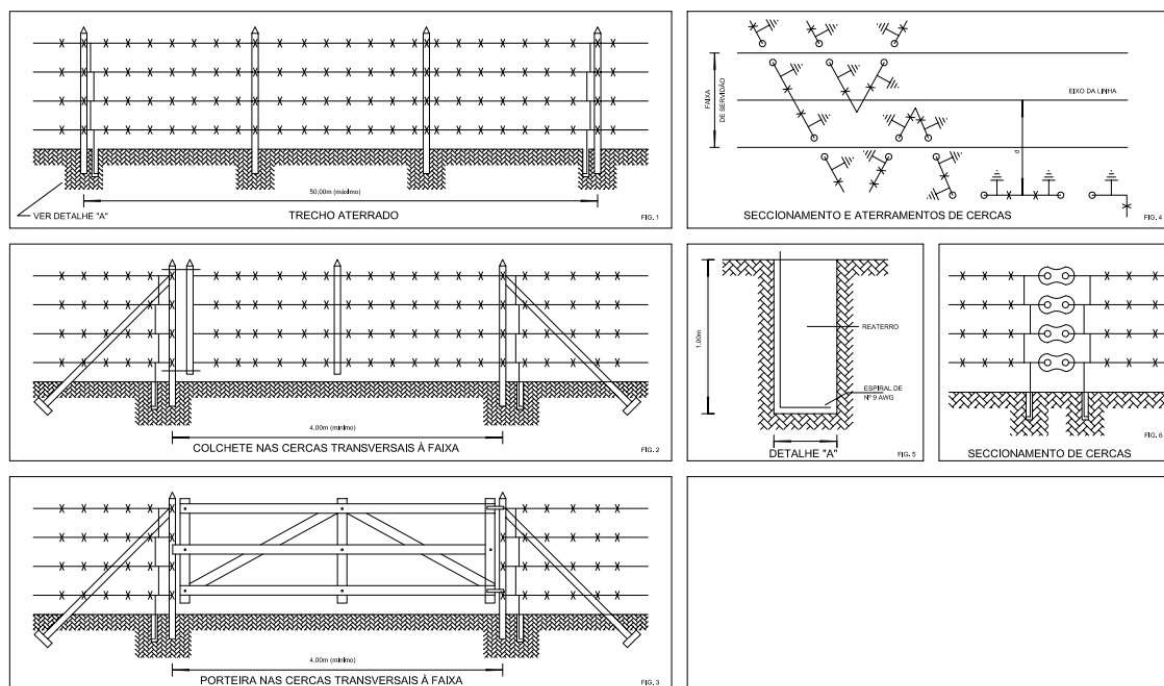
Figura 17 - Esquema de Utilização (a) e Hastes de Aterramento (b)



Fonte: CELESC SA (2021) e NSA Consultoria e Informática LTDA (2021)

Cercas metálicas, delimitadoras de área à fins de proteção, próximas da LT, também tem que ser aterradas para que eventuais cargas resultantes de indução não venham a causar dano a pessoas e animais.

Figura 18 - Esquema de Seccionamento de Cercas



Fonte: CELESC SA (2021)

Tem o seu serviço contabilizado em unidades e descrito em planilha como “*Seccionamento de cercas, incluído fornecimento de materiais necessários com exceção do seccionador preformado*”.

Suas quantidades são obtidas através do levantamento topográfico detalhado de onde a LT passará, e, devido a irregularidades e amplas diversificações do relevo, das formas dos lotes e de suas áreas, possuem grande variabilidade devido à entre locais e relevos diferentes.

Tanto os aterramentos de cercas quanto das estruturas da Linha de Transmissão são quantificados de forma unitária (hastes COPPERWELD) ou por metro linear (cabo HS) nas planilhas de medição.

Terminadas as atividades relacionadas a infraestrutura, procede-se o início das partes mais visíveis de uma obra de LT, isto é, a supraestrutura.

2.3 Peças de um Projeto de Linha de Transmissão

Para a implantação do empreendimento são necessárias várias peças de projeto, variando ligeiramente obra a obra. As essenciais para todas são mostradas nas Figuras 4, 5, 13 e 15 à 25, na forma de plantas, tabelas, listas, desenhos (fig. 4-5), relação de materiais, especificações técnicas (fig. 16-18) e memorial descritivo.

A Planta e Perfil (fig. 19) é feita, principalmente, para visualização do relevo do traçado da Linha, da altura das estruturas, cabos e respectivas flechas em relação a vegetação, a identificação das vegetações na Faixa de Servidão, das propriedades cruzadas pelo traçado, de cursos e valos d'água.

A Planta do Traçado (fig. 24) trata-se de uma planta de situação da obra, em seu pleno escopo, isto é, todo seu traçado, na região do empreendimento.

A Lista de Estruturas (fig. 20b) tem o intuito de compilar as estruturas da linha com suas respectivas alturas, resistências e observações e para fins de licitação. A Relação de Materiais (fig.20a), por sua vez, lista todas as peças que devem ser compradas para a montagem completa de cada tipo de estrutura utilizada na Linha.

De maneira semelhante a Lista anteriormente mencionada são as Listas de Fios e Cabos e de Isoladores (fig. 21a e 21b), que apresentam os referidos materiais a serem usados na obra, as suas especificações e quantidades para serem adquiridas para a execução do empreendimento.

As Tabelas de Locação de Estruturas e de Esticamento (fig. 22a e 22b) são, respectivamente, os documentos voltados a implantação da obra que estabelecem

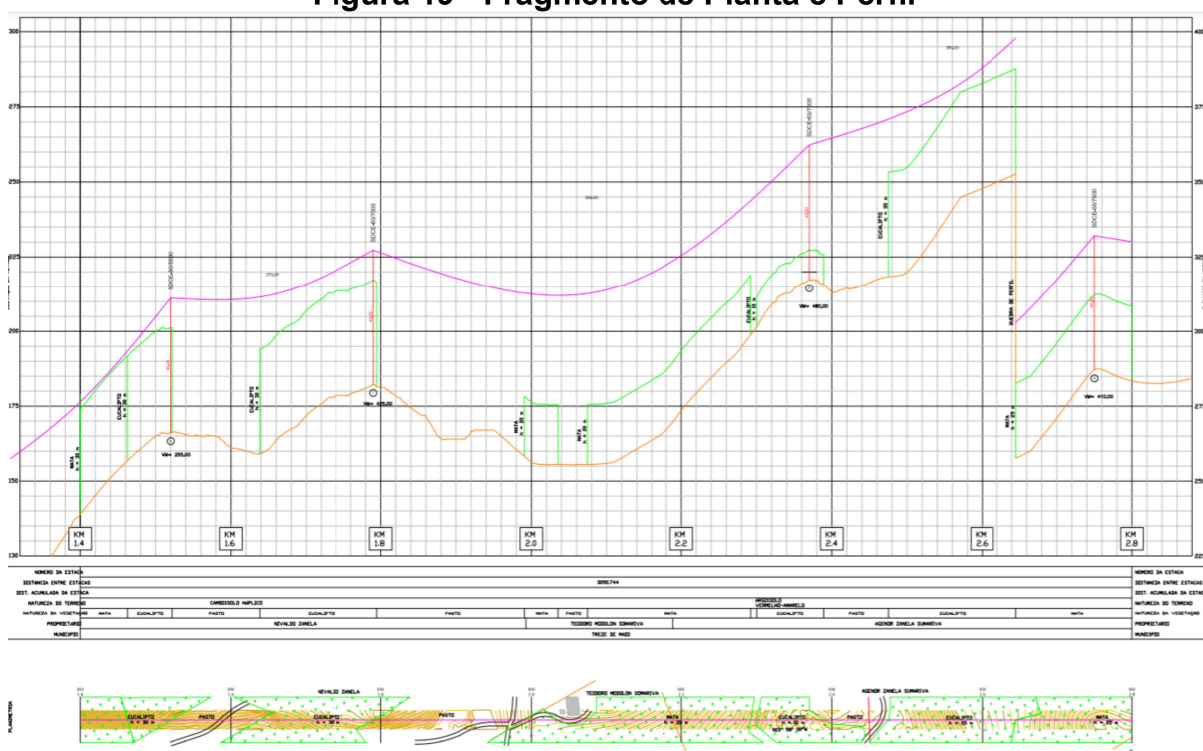
onde deveram ser colocadas as estruturas e o quanto de cabo deverá ser colocado em cada vão e flechas

O Memorial Descritivo (fig. 25) contem a descrição geral da obra e seus elementos, sendo neste também estabelecidos informações quanto à região do empreendimento, dados referentes aos diversos materiais que serão empregados, procedimentos de serviços e seus critérios de aceitação, e observações que deveram seguidas antes, durante e depois dos serviços.

Os desenhos (fig. 4 e 5) são os esquemas para montagem e fabricação das estruturas, onde são determinadas as medidas e resistências dos módulos ou partes de cada uma.

As especificações técnicas (fig 16-18) são as normativas internas da CELESC voltadas essas para padronização de serviços, materiais, ensaios, procedimentos e critérios, que são fornecidas a empreiteira vencedora da licitação para fins de conhecimento dessa das exigências a qual está submetida.

Figura 19 - Fragmento de Planta e Perfil



Fonte: CELESC SA (2021)

Figura 20 - Relação de Materiais (a) e Lista de Estruturas (b)

LISTA DE ESTRUTURAS MONOTUBULARES						
CODIGO	TIPO	ALTURA (m)	CARGA (kN)	QUANTIDADE (pc)	DESENHO	Nº ESTRUTURA
42716		27	3500	1		30A
41551			3500	1		23
42777		34	6500	1		24
42776			9000	1		1
42779			13000	1		2
42780		44	5500	1		34
42781			8000	1		35
42782	ADCE		5500	1	LD 85215	3
42783		50	9000	1		30
42784			11500	2		13, 15
42785		55	9500	1		12
42786			6000	1		31
42787		60	10500	1		4
42788			12000	1		18
42789		70	5000	1		10
		32	2100	1		13A
42790			3500	4		22, 25, 26, 29
42791		45	4000	1		21
42792			5000	1		27
42793	SDCE		5500	2	LD 85216	19, 28
42794		50	3500	2		14, 17
42795			8000	1		32
42796		60	5500	1		6
42797			7000	4		7, 8, 9, 11
Total Geral				33		

A301						
		Peso Unit.	Quant.	Total(kg)		
TORRE BÁSICA		10.364	5	51.820,00		
EXTENSÃO - 0				0,00		
EXTENSÃO - 6		3.098	2	6.196,00		
EXTENSÃO - 8				0,00		
EXTENSÃO - 9				0,00		
EXTENSÃO - 12		5.418	1	5.418,00		
EXTENSÃO - 15				0,00		
EXTENSÃO - 16				0,00		
EXTENSÃO - 18		8.729	2	17.457,40		
EXTENSÃO - 21				0,00		
PERNA - 1				0,00		
PERNA - 2				0,00		
PERNA - 3		280	4	1.120,00		
PERNA - 4,5		400	2	799,40		
PERNA - 5				0,00		
PERNA - 6		542	1	541,90		
PERNA - 7,5		722	1	721,60		
PERNA - 8				0,00		
PERNA - 9		846	12	10.152,00		
STUB		149	20	2.980,00		
TOTAL				97.206,30		

OBSERVAÇÕES:

- As cruzetas das estruturas monotubulares deverão possuir, no mínimo, 25 cm de largura, a fim de não prejudicar os serviços de manutenção;
- O fornecimento das escadas para escalamento das estruturas (documento LT-201101), da sala para fixação das escadas (documento LT-201103) e da cinta auxiliar para fixação das escadas (documento LT-201104) são de responsabilidade do FABRICANTE/CONTRATADA;
- O fornecimento do elasmômero para vedação dos furos passantes para fixação das escadas das estruturas será de responsabilidade do FABRICANTE/CONTRATADA;
- Os materiais devem atender as especificações técnicas e ser homologados na Celesc, conforme E313.0045 - CERTIFICAÇÃO DE HOMOLOGAÇÃO DE PRODUTOS.

Fonte: CELESC SA (2021)

Figura 21 - Lista de Isoladores (a) e Lista de Fios/Cabos (b)

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
14162	Isolador polimérico a base de silicone HTV, na cor cinza, com núcleo de fibra de vidro, para LT 138 kV. Com ferragens terminais concha-bola, anel anti-corona, distância mínima de escoamento de 4495mm, carga nominal de 120kN. Demais detalhes conforme especificação técnica E-313.0058.	pç	384

OBSERVAÇÃO:

- Os materiais devem atender às especificações técnicas e ser homologados na Celesc, conforme E313.0045 - CERTIFICAÇÃO DE HOMOLOGAÇÃO DE PRODUTOS.

LISTA DE FIOS E CABOS			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
231	Cabo de aço bitola 5/16" tipo HS, de alta resistência mecânica, galvanizado, formação 7 fios, diâmetro 7,938mm e carga de ruptura mínima 3.629kgf, e demais características conforme ESP-LT-008 - Especificação para fornecimento de cabo de aço galvanizado Ø 5/16" - HS - 7 fios	kg	6.000,00
5295	Cabo de alumínio, tipo CAA, 477,0 MCM, formação 26/7 fios, diâmetro 21,79mm, código HAWK, e demais características conforme E-313.0018 - Especificação para fornecimento de cabos condutores	kg	76.800,00
31328	Cabo óptico OPGW 36 FO conforme especificação ESP-LT-015 - Especificação para fornecimento de cabos OPGW e óptico dielétrico, devendo suportar uma corrente de 12,5kA durante um tempo de 0,5s e estar incluso as descidas e o acréscimo proveniente da catenária	m	13.100,00
32296	CABO ÓPTICO CFOA-SM-DDR-S/G 36F RC/LSZH, diretamente dutado com capa retardante a propagação de chamas RC ou LSZH e proteção contra ação de roedores, totalmente dielétrico, núcleo com proteção contra umidade (seco hidroexpansível) ou geleado, com 36 fibras ópticas ITU-T G.652 revestidas em acrilato e organizadas em tubos loose, para backbone, diâmetro externo máximo 16 mm, conforme NBR 14773 e com certificado de homologação Anatel	m	200,00

OBSERVAÇÃO:

- Os materiais devem atender às especificações técnicas e ser homologados na Celesc, conforme E313.0045 - CERTIFICAÇÃO DE HOMOLOGAÇÃO DE PRODUTOS.

Fonte: CELESC SA (2021)

Figura 22 - Fragmentos da Tabela de Esticamento

Tramo			Vão Básico												
NUM	H I P	Estruturas	Vão [m]	Tensão [kgf]											
				TMI	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	TMF
0	B	PORT-01	50	108	107	106	105	105	104	104	103	103	102	102	99
1	F	01-02	232	589	580	576	572	568	564	560	556	552	549	545	528
2	C	02-03	340	1110	1084	1072	1060	1049	1038	1027	1017	1006	996	987	942
3	J	03-04	333	1283	1244	1226	1208	1191	1174	1159	1143	1129	1114	1101	1039
4	K	04-05	373	1406	1362	1342	1322	1303	1285	1268	1251	1235	1219	1204	1135
5	A	05-10	439	1807	1747	1719	1692	1666	1641	1617	1594	1572	1550	1530	1437
6	A	10-12	419	1699	1644	1618	1593	1569	1547	1524	1503	1483	1463	1444	1358
7	A	12-13	913	1657	1644	1638	1632	1626	1620	1614	1608	1602	1597	1591	1564
8	A	13-15	194	2346	2084	1966	1857	1757	1666	1582	1506	1437	1374	1317	1096
9	A	15-16	384	1757	1687	1655	1624	1595	1567	1541	1515	1491	1467	1445	1345
10	I	16-18	286	1083	1047	1030	1014	999	984	970	956	943	931	918	864
11	A	18-20	422	1711	1655	1629	1604	1580	1557	1535	1514	1493	1474	1454	1368
12	A	20-23	316	2060	1930	1871	1815	1764	1715	1670	1627	1587	1549	1514	1362
13	A	23-24	258	2174	1991	1909	1834	1764	1699	1639	1584	1532	1485	1440	1259
14	A	24-30	347	2016	1906	1856	1808	1764	1722	1682	1644	1609	1575	1543	1406
15	A	30-31	539	1689	1654	1637	1621	1605	1589	1574	1560	1545	1531	1518	1454
16	A	31-33	396	1711	1649	1621	1593	1567	1541	1517	1494	1472	1450	1430	1338
17	A	33-34	601	1777	1740	1723	1706	1690	1674	1658	1643	1628	1614	1600	1534
18	J	34-35	300	1394	1336	1309	1283	1259	1236	1214	1193	1173	1154	1135	1054
19	E	35-36	179	468	460	457	453	450	446	443	440	437	434	431	417
20	B	36-PORT	1	200	18	13	11	9	8	8	7	7	6	6	5

Vãos Intermediários												
Valor [m]	Flechas [m]											
	TMI	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	TMF
50,12	2,83	2,86	2,89	2,92	2,92	2,94	2,94	2,97	2,97	3,00	3,00	3,09
231,50	11,09	11,26	11,34	11,42	11,50	11,58	11,66	11,75	11,83	11,90	11,98	12,37
340,18	12,70	13,01	13,16	13,30	13,44	13,59	13,73	13,87	14,02	14,16	14,29	14,97
333,21	10,55	10,88	11,04	11,20	11,36	11,52	11,67	11,84	11,98	12,15	12,29	13,02
373,05	12,06	12,45	12,64	12,83	13,02	13,20	13,37	13,56	13,73	13,91	14,09	14,94
231,54	3,62	3,74	3,80	3,86	3,92	3,98	4,04	4,10	4,16	4,21	4,27	4,55
270,00	4,92	5,09	5,17	5,25	5,33	5,41	5,49	5,57	5,65	5,73	5,81	6,18
580,00	22,69	23,47	23,85	24,23	24,61	24,98	25,35	25,72	26,08	26,45	26,79	28,53
380,00	9,74	10,07	10,24	10,40	10,56	10,72	10,88	11,04	11,19	11,35	11,50	12,25
440,00	13,06	13,50	13,72	13,94	14,16	14,38	14,59	14,80	15,01	15,22	15,42	16,42
440,00	13,89	14,35	14,58	14,81	15,04	15,25	15,48	15,70	15,91	16,13	16,34	17,37
394,60	11,17	11,54	11,73	11,91	12,09	12,27	12,45	12,63	12,80	12,97	13,14	13,97
912,71	61,27	61,75	61,98	62,20	62,43	62,67	62,90	63,13	63,37	63,57	63,81	64,91
192,68	1,93	2,17	2,30	2,44	2,58	2,72	2,86	3,00	3,15	3,29	3,44	4,13
196,26	2,00	2,25	2,39	2,53	2,67	2,82	2,97	3,12	3,27	3,42	3,56	4,28
383,56	10,20	10,63	10,83	11,04	11,24	11,44	11,63	11,83	12,02	12,22	12,41	13,33
320,18	11,54	11,93	12,13	12,32	12,51	12,70	12,88	13,07	13,25	13,42	13,61	14,46
230,85	6,00	6,20	6,31	6,40	6,50	6,60	6,70	6,79	6,89	6,98	7,07	7,52
399,15	11,35	11,73	11,92	12,10	12,29	12,47	12,65	12,82	13,00	13,17	13,35	14,19
442,36	13,94	14,41	14,64	14,87	15,09	15,32	15,53	15,75	15,97	16,18	16,40	17,43
337,64	6,74	7,20	7,43	7,65	7,88	8,10	8,32	8,54	8,75	8,97	9,18	10,20

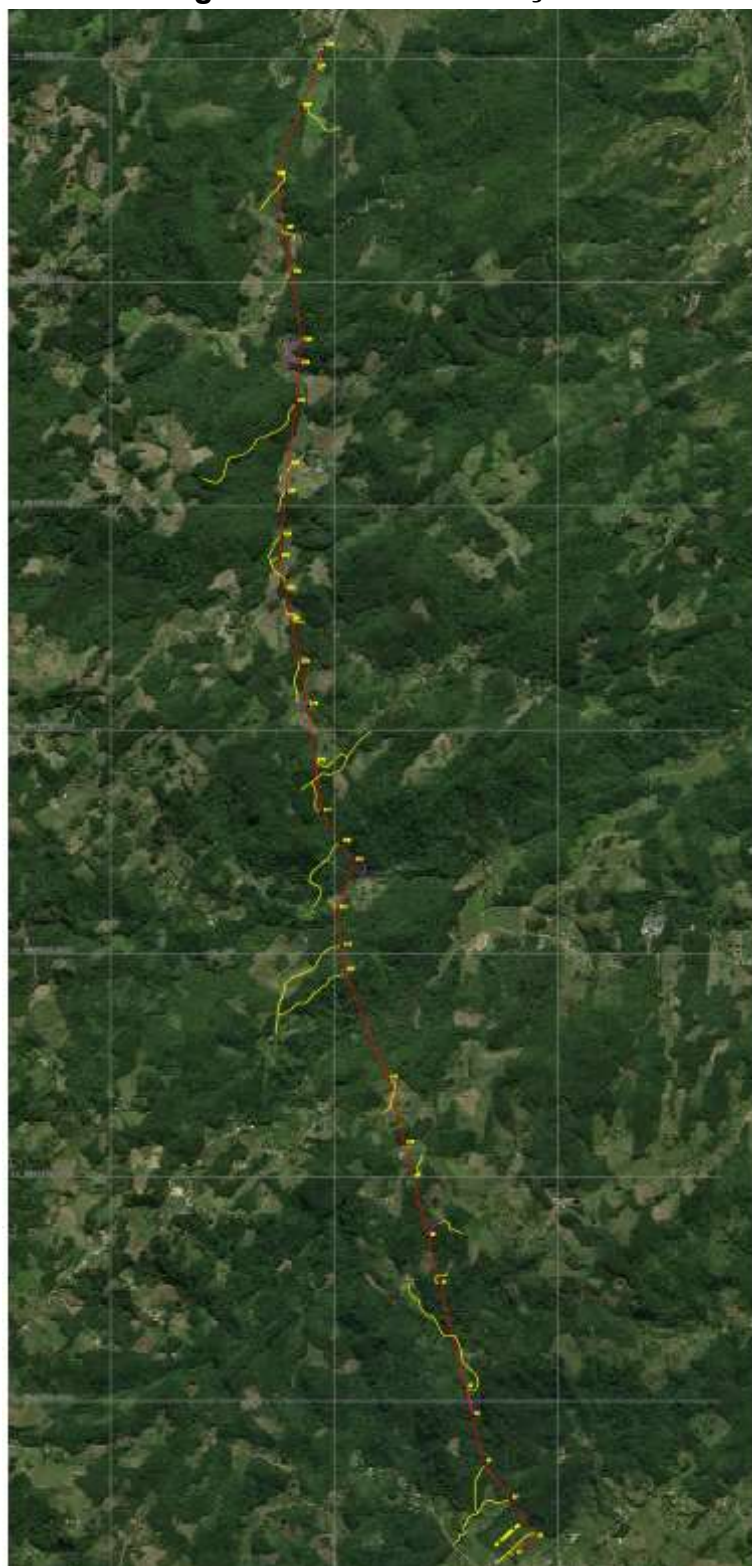
Fonte: CELESC SA (2021)

Figura 23 - Fragmento da Tabela de Locação de Estruturas

Num	Tipo	EXT / ALT	Vazão / res				Disp	Est. -(m)	Est. +(m)	G.M.S	Dir	Vante	Médio	Básico	km	m	m
			A	B	C	D											
PARTID		12,0															
1	ADCE	34		9000								50,12	50,00	0	-39,60	20,2	
2	ADCE	34		13000								231,50	140,81	0	10,52	18,7	
3	ADCE	50		5500								340,18	285,84	0	242,02	19,7	
4	ADCE	60		10500								333,21	336,69	0	582,20	7,4	
5	A301	18	9	4,5	9	9						464,59	398,90	0	915,41	20,0	
6	SDCE	60		5500								140,00	302,30	1	380,00	119,1	
7	SDCE	60		7000								270,00	205,00	1	520,00	166,2	
8	SDCE	60		7000								580,00	425,00	1	790,00	182,3	
9	SDCE	60		7000								380,00	480,00	2	370,00	217,3	
10	ADCE	70		5000								440,00	410,00	2	750,00	287,1	
11	SDCE	60		7000								440,00	440,00	3	190,00	318,3	
12	ADCE	55		9500								394,60	417,30	3	630,00	308,2	
13	ADCE	50		11500								912,71	653,66	4	24,60	318,6	
13A	SDCE	32,0		2100								60,00	486,36	4	937,32	292,5	
14	SDCE	50		3500								145,89	102,95	4	997,32	296,0	
15	ADCE	50		11500								310,04	227,97	5	143,21	238,6	
16	A301	18	9	6	5	7,5						256,57	283,30	5	453,25	172,9	
17	SDCE	50		3500								320,18	288,38	5	709,82	192,5	
18	ADCE	60		12000								230,85	275,52	6	30,00	293,5	
19	SDCE	45		5500								399,15	315,00	6	260,85	356,0	
20	A301	12	9	9	9	9						442,36	420,75	6	660,00	361,3	
21	SDCE	45		4000								337,64	390,00	7	102,36	321,0	
22	SDCE	45		3500								340,00	338,82	7	440,00	329,8	
23	ADCE	34		3500								243,59	291,80	7	780,00	296,1	
24	ADCE	34		6500								258,06	250,83	8	23,59	289,5	
25	SDCE	45		3500								168,35	213,20	8	281,65	281,4	
26	SDCE	45		3500								340,00	254,17	8	450,00	292,2	
27	SDCE	45		5000								220,00	280,00	8	790,00	301,4	
28	SDCE	45		5500								490,00	355,00	9	10,00	283,6	
29	SDCE	45		3500								298,00	394,00	9	500,00	279,9	
30	ADCE	50		9000								183,05	240,53	9	798,00	287,9	
30A	ADCE	27,0		3500								185,00	184,03	9	981,05	292,6	
31	ADCE	60		6000								353,95	269,47	10	166,05	303,0	
32	SDCE	50		6000								350,00	351,97	10	520,00	282,4	
33	A301	6	9	9	9	9						429,20	389,60	10	870,00	277,6	
34	ADCE	44		5500								600,80	515,00	11	299,20	306,2	
												300,00	450,40	11	900,00	111,4	

Fonte: CELESC SA (2021)

Figura 24 -Planta do Traçado



Fonte: CELESC SA (2021)

Figura 25 -Fragmento do Memorial Descritivo

CARACTERÍSTICAS DO CABO CONDUTOR

Código	HAWK
Tipo	CAA
Bitola	477,0
Formação	26/7 fios
Peso	974,9kg/km
Diâmetro	21,8mm
Seção	281,10mm ²
Carga de Ruptura	8.820kgf
Módulo de Elasticidade	8.000kg/mm ²
Coefficiente de Dilatação Linear	18,9x10 ⁻⁶ °C ⁻¹

CARACTERÍSTICAS DO CABO COBERTURA

Tipo	OPGW – 36 FO	Cabo de aço HS 5/16"
Peso	0,698kg/m (máximo)	0,3051kg/m
Diâmetro	14,4mm (máximo)	7,94mm
Seção	119,76mm ²	38,36mm ²
Formação		7 fios
Carga de Ruptura	9.399kg (máximo)	3.629kg
Módulo de Elasticidade	13.650	19.000kg/mm ²
Coefficiente de Dilatação Linear	14,03x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	11,2x10 ⁻⁶ °C ⁻¹
Resistência C.C. a 20°C	0,486 (máximo)	ohm/km 4,76 ohm/km

CARACTERÍSTICAS DO CABO PARA ATERRAMENTO DE ESTRUTURAS

Tipo	Cabo de aço 5/16" HS
Peso	0,3051kg/m
Diâmetro	7,94mm
Seção	38,36mm ²
Formação	7 fios
Carga de Ruptura	3629kg
Módulo de Elasticidade	19.000kg/mm ²
Coefficiente de Dilatação Linear	11,2x10 ⁻⁶ °C ⁻¹
Resistência C.C. a 20°C	4,76 ohm/km

CARACTERÍSTICAS DO CABO PARA ATERRAMENTO DE CERCAS

Tipo	Fio de aço 9BWG
Diâmetro	3,76mm
Seção	11,10mm ²
Peso	0,087kg/m
Formação	1 fio
Carga de Ruptura	360kgf
Coefficiente de Dilatação Linear	11,5x10 ⁻⁶ °C ⁻¹

CADEIAS DE ISOLADORES

As cadeias auxiliares serão constituídas de 9 (nove) isoladores, enquanto as de ancoragem terão 11 (onze) isoladores.

Os isoladores serão de **vidro temperado** com diâmetro 254mm X 146mm de altura e carga de ruptura 12.000kgf, para ancoragem e suspensão.

Fonte: CELESC SA (2021)

2.4 Levantamento de Quantitativos

Os valores dos quantitativos previstos de cada um dos serviços analisados foram obtidos conforme o disposto na Figura abaixo.

Figura 26 - Método de obtenção dos quantitativos de projeto

Serviços analisados	Método de Levantamento do Quantitativo para Projeto
<i>Locação de Estruturas [un.]</i>	Número de estruturas projetadas para a LT
<i>Limpeza de faixa de servidão, incluindo o empilhamento e formação de leiras, incluindo resgate e transplante de bromélias e xaxins nas áreas adjacentes ao local de supressão. [m²]</i>	Extensão da LT multiplicada pela largura de Faixa (de Segurança) a ser desmatada, somada com a área das praças de serviço e acessos a serem implantados para a execução.
<i>Movimentação de terra (incluindo escavação, raspagem e regularização, aterro e transporte) [m³]</i>	Somatório das escavações e aterros com o produto das áreas dos acessos e praças de serviço multiplicada por uma profundidade padrão estimada por projetista
<i>Retirada/Remoção de materiais (incluindo solos moles) e destinação final para locais devidamente legalizados [m³]</i>	Produto do Movimento de Terra com fator estimado por projetista para considerar apenas a fração não aproveitável/aproveitada, que deve ir para Bota-fora
<i>Fornecimento e aplicação de manilha de concreto, circular, diâmetro interno 2,0m, altura 1,0m, inclui escavação e demais materiais para implantá-las, para fundações [un.]</i>	Número retirado de acordo com a tabela e os projetos de fundações
<i>Fornecimento, transporte e aplicação de aço CA50 e CA60 para execução de fundações em concreto com as características indicadas no projeto [kg]</i>	Somatório de todo o aço utilizado para a confecção das armaduras das fundações
<i>Fornecimento, transporte e aplicação de concreto X MPa, para execução de fundações, incluindo formas e demais materiais necessários, com as características indicadas no projeto [m³]</i>	Somatório de todo o concreto a ser empregado nas fundações das estruturas da obra.
<i>Execução de aterramento com cabo 5/16" HS enterrado a 90cm de profundidade, incluindo escavação, reaterro compactado e pintura conforme especificado [m]</i>	Produto da extensão padrão de cabo para as estruturas da LT com a quantidade de estruturas planejadas para a Linha.
<i>Fornecimento e aplicação de haste COOPERWELD de Ø 19x2400mm, para execução de aterramento, cfe. desenho anexo, incluindo fio e conectores bimetálicos para conectar a haste. [un.]</i>	Número estimado por projetista nos casos de impossibilidade de implantação do cabo HS ou de ineficácia desse como aterramento, determinada essa durante comissionamento ao final da obra.
<i>Seccionamento de cercas, incluindo fornecimento de materiais necessários com exceção do seccionador preformado [un.]</i>	Somatório das cercas indicada na Planta e Perfil, que estejam diretamente abaixo da LT com as próximas que podem sofrer influência da mesma.

Fonte: CELESC SA (2021)

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

O presente trabalho visa demonstrar a importância de planejamento e gestão de projetos cuidadosos nas obras de Linhas de Transmissão. Mais do que apenas pesquisa bibliográfica, também foi feito um estudo de caso em uma obra de implantação de Linha de Transmissão, denominada Obra X. A obra em estudo pertencente à CELESC SA e foi realizada por uma empresa contratada do ramo. O presente autor fiscalizou a obra como técnico da Divisão de Linhas da CELESC SA, que autorizou a efetuação da análise.

Foram realizados os seguintes procedimentos para o cumprimento dos objetivos deste trabalho: pesquisa bibliográfica; análise de projetos e planilhas de medição da obra de implantação de LT a ser estudada; visita *in loco* para verificação da realidade no local; e formulação de planilha e tabelas com os quantitativos projetado e executado para fins de comparação.

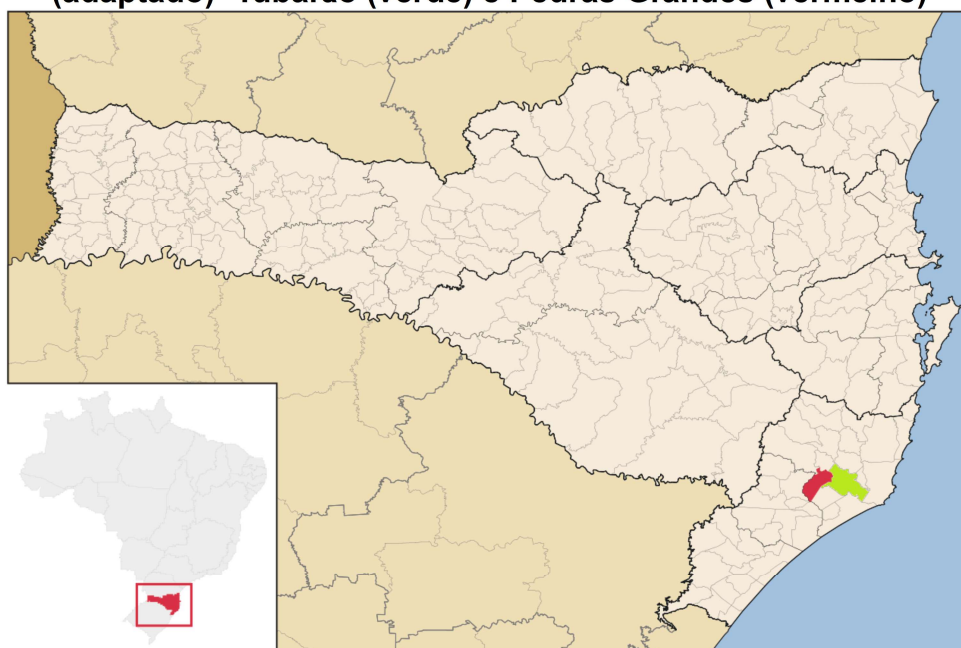
3.2 Caracterização da obra de Linha de Transmissão

A obra foco do estudo de caso neste trabalho foi escolhida a partir do leque de obras de LTs disponíveis da empresa Centrais Elétricas de Santa Catarina Distribuição SA (CELESC SA), que possui mais de sessenta anos e que atua em todo o referido estado.

Após análise do banco de obras de Linhas, uma, localizada na região de Tubarão/SC, foi escolhida como foco do estudo, dado sua abundância de dados e pelo acompanhamento dela ser feito pelo autor, chamada essa de Obra X.

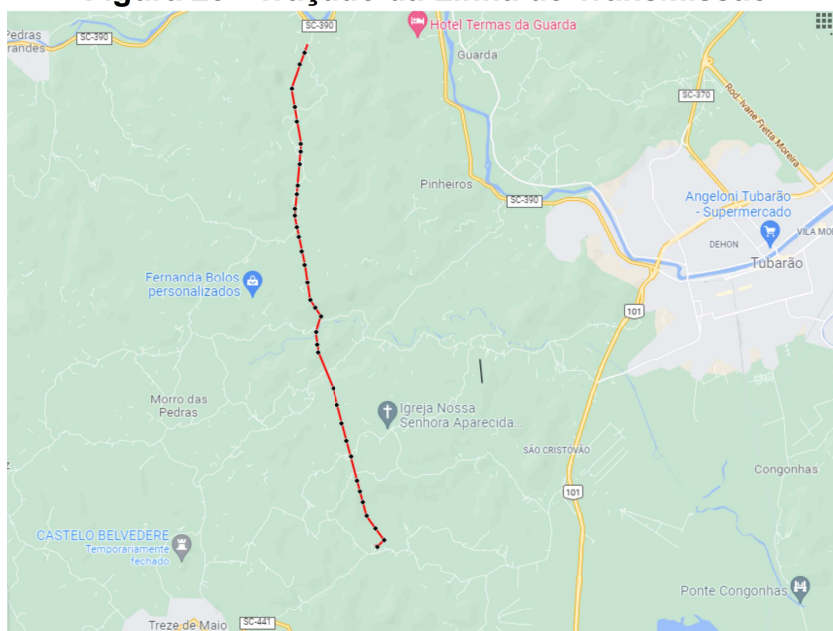
A Obra X conecta os municípios de Tubarão, mostrado em verde e de Pedras Grandes, mostrado em vermelho na Figura 27. Ambas as cidades estão no Sul catarinense, na microrregião do Vale de Rio Tubarão, possuindo áreas de, respectivamente, 301,755 km² e 171,82 km², de acordo com o IBGE (2010).

Figura 27 - Localização do município de implantação da Linha (adaptado) -Tubarão (verde) e Pedras Grandes (vermelho)



Fonte: ABREU (2006) e Elaboração própria (2021)

Figura 28 - Traçado da Linha de Transmissão



Fonte: Elaboração própria (2021)

A linha de transmissão da Obra X possui tensão de 138 kV e extensão de aproximadamente 12 km, sendo de circuito duplo com cada circuito possuindo 3 cabos de fase, um cabo para-raio, 5 torres metálicas e 31 estruturas monotubulares de aço, sendo que das 36 estruturas, 20 são de ancoragem e 16 são de suspensão, e os cabos condutores são CAA do tipo HAWK com diâmetro nominal de 21,8 mm.

A obra foi finalizada no mês de Maio de 2022.

3.3 Levantamento de dados nos documentos da obra

Uma vez tendo em mão os projetos e planilhas de medição a serem analisadas, foram levantados os quantitativos dos serviços civis planejados quando os projetos haviam sido confeccionados e também foram feitas as estimativas de alguns desses serviços baseando-se nos projetos.

De modo conjunto com os quantitativos projetados, através de visitas *in loco* para coleta de dados e medidas para as planilhas de medição, e sua análise, foi possível levantar de mesmo modo também os quantitativos executados das atividades civis da Obra X.

Ressalta-se que condições climáticas e outros fatores externos ao controle da empreiteira podem ter afetado as medidas dos quantitativos executados quando esses foram tomados em campo. Tomando em conta isso, apenas a contabilização plena dos quantitativos executados foi levada em conta, desse modo evitando maiores erros por uso de valores parciais.

Abaixo segue fragmento da Planilha da Medição da Obra (Figura 29).

Figura 29 - Fragmento da Planilha de Medição a Obra

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT Prevista	QUANT Medida	% Medida
650220	Instalação do canteiro, mobilização e desmobilização	vb	1,00	0,40	40%
650233	Locação de estruturas	un	36,00	47,00	131%
650235	Escavação em terreno natural, sem presença d'água, incluindo execução de reaterro compactado e remoção dos entulhos	m3	675,00	279,29	41%
650237	Escavação em moledo, sem presença d'água, incluindo execução de reaterro compactado e remoção dos entulhos	m3	103,00	10,16	10%
650236	Escavação em terreno com matacão (pedras com dimensões entre 0,15 e 1,00m), sem presença d'água, incluindo execução de reaterro compactado e remoção dos entulhos	m3	235,00	295,76	126%
650238	Escavação em rocha fendilhada, cuja remoção exija uso de martelete, incluindo execução de reaterro compactado e remoção dos entulhos	m3	220,00	166,91	76%
650239	Escavação em rocha sã, cuja remoção exija emprego de explosivo, incluindo execução de reaterro compactado e remoção dos entulhos	m3	162,00	444,36	274%
650240	Escavação em terreno, com presença d'água, incluindo execução de reaterro compactado e remoção dos entulhos	m3	73,00	22,61	31%
650241	Escavação de valetas com 30cm de largura e 40cm de profundidade para proteção das estruturas.	m²	76,00	0,00	0%
650243	Fornecimento e aplicação de manilha de concreto armado, circular, tipo CA2, diâmetro interno 2,0m e 1,0m de altura, incluindo escavação e demais materiais para implantá-las.	un	109,00	91,00	83%

Fonte: CELESC SA (2021)

3.4 Comparação dos dados projetados versus executados

Neste trabalho foi calculada a variação entre os valores totais dos quantitativos projetados e executados dos serviços de engenharia civil, de modo a obter uma porcentagem de “eficiência” no estabelecimento de quantitativos para a licitação da LT da Obra X.

Conforme a Figura 30, para os cálculos de comparação de quantitativo deo serviço analisados foram utilizados os dados fornecidos nas planilhas de medição do projeto executivo juntamente as informações indicadas pelos engenheiros, técnicos e supervisores de campo com relação aos valores indicados nessas.

Figura 30 - Serviços Analisados e unidades de medida

N	Serviço Analisado/Comparado da Obra X	Unidade de Medida
1	Locação de Estruturas [un.]	un
2	Limpeza de faixa de servidão, incluindo o empilhamento e formação de leiras, incluindo resgate e transplante de bromélias e xaxins nas áreas adjacentes ao local de supressão. [m ²]	m ²
3	Movimentação de terra (incluindo escavação, raspagem e regularização, aterro e transporte) [m ³]	m ³
4	Retirada/Remoção de materiais (incluindo solos moles) e destinação final para locais devidamente legalizados [m ³]	m ³
5	Fornecimento e aplicação de manilha de concreto, circular, diâmetro interno 2,0m, altura 1,0m, inclui escavação e demais materiais para implantá-las, para fundações [un]	un
6	Fornecimento, transporte e aplicação de aço CA50 e CA60 para execução de fundações em concreto com as características indicadas no projeto [kg]	kg
7	Fornecimento, transporte e aplicação de concreto X MPa, para execução de fundações, incluindo formas e demais materiais necessários, com as características indicadas no projeto [m ³]	m ³
8	Execução de aterramento com cabo 5/16" HS enterrado a 90cm de profundidade, incluindo escavação, reaterro compactado e pintura conforme especificado [m]	m
9	Fornecimento e aplicação de haste COOPERWELD de ø 19x2400mm, para execução de aterramento, cfe desenho anexo, incluindo fio e conectores bimetálicos para conectar a haste. [un.]	un
10	Seccionamento de cercas, incluído fornecimento de materiais necessários com exceção do seccionador preformado [un.]	un

Fonte: Elaboração própria (2022)

3.5 Indicador de Desempenho Aplicado

Para melhor avaliação das situações ocorridas, foi pensado um indicador referente à quantização com base em análogos frequentemente empregados no gerenciamento de obras que utilizam os preços dos serviços. Esse indicador, denominado Desvio de Quantidade, que compara o dimensionado e executado, tem a seguinte fórmula:

$$DQ = (Qtd\ medido - Qtd\ previsto) / Qtd\ previsto$$

Os resultados desse indicador são adimensionais e podem ser dispostos conforme os dois casos apresentados a seguir:

- caso o valor obtido for negativo ($DQ < 0$), o serviço não alcançou o seu quantitativo estimado, o projeto o superdimensionou;
- caso de $DQ > 0$, o serviço ultrapassou o seu quantitativo estimado, o projeto o subdimensionou.

Finalmente, quando $DQ = 0$, isto é, quando tende a zero, tem-se o resultado dentro do esperado, isto é, de acordo com o que havia sido previsto.

3.6 Superdimensionamento e Subdimensionamento em Projetos

O planejamento da implantação da LT materializa-se na forma dos projetos, esses que, junto aos estudos preliminares e coleta de informações pertinentes (bibliografia, normativas, ensaios), configuram bases para se dimensionar os quantitativos dos serviços previstos.

Embora poucas bibliografias relatem expressamente o conceito de dimensionamento de quantitativos de serviço, ele é comumente difundido entre os profissionais da área. É possível encontrar facilmente informações relacionados a dimensionamento em variados ramos da engenharia, seja em livros, artigos, revistas e sites, na forma de dados, tabelas, gráficos e outros.

Para os fins deste trabalho, dimensionamento será considerado como a definição de uma quantidade, ou medida, de um serviço através de métodos e critérios pré-estabelecidos em legislação, bibliografia e normativas relacionadas ao serviço sendo dimensionado.

Ainda seguindo essa definição de dimensionamento, é possível inferir a partir de análise e comparações se um projeto é superdimensionado ou subdimensionado.

Superdimensionamento, também conhecido como sobredimensionamento, refere-se a projetos com quantitativos além dos que foram necessários para a realização da obra, podendo causar redução da competitividade, para licitações, e da margem de lucro, dado a compra excessiva dos insumos para implantação do empreendimento.

Na contramão, o Subdimensionamento refere-se a projetos com quantitativos abaixo dos necessários para o término da obra, vindo a ocasionar atrasos no cronograma e redução do lucro pela necessidade de maior desembolso.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Análise e Discussão

Reunidas todas as informações, procedeu-se a realização dos cálculos dos comparativos, os quais são apresentados na Figura 31 a seguir:

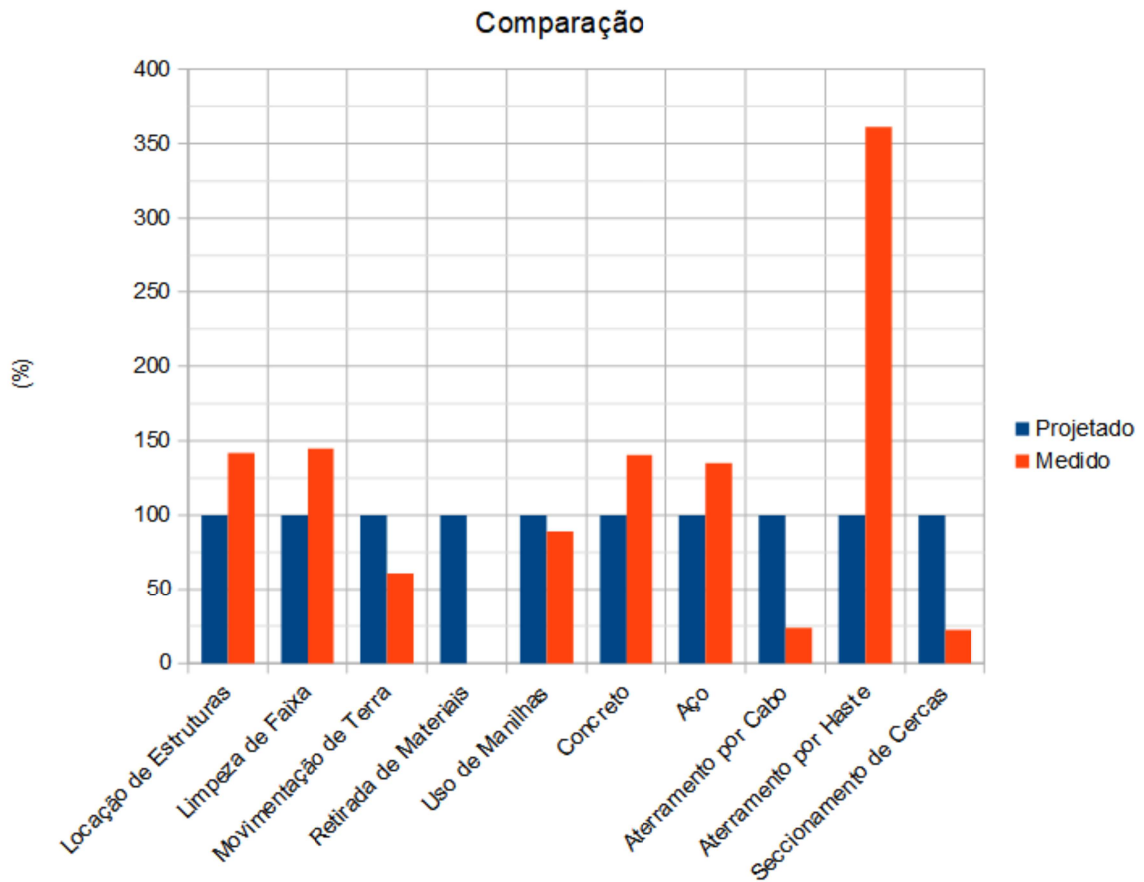
Figura 31 - Resultados e Indicadores

N	Serviço	OBRA X (100%)		
		Previsto	Medido	Variação (%)
1	Locação de Estruturas [un.]	36	51	41,667
2	Limpeza de faixa de servidão, incluindo o empilhamento e formação de leiras, incluindo resgate e transplante de bromélias e xaxins nas áreas adjacentes ao local de supressão. [m ²]	80275	116236,6	44,798
3	Movimentação de terra (incluindo escavação, raspagem e regularização, aterro e transporte) [m ³]	66972	40746	-39,160
4	Retirada/Remoção de materiais (incluindo solos moles) e destinação final para locais devidamente legalizados [m ³]	1193	0	-100,000
5	Fornecimento e aplicação de manilha de concreto, circular, diâmetro interno 2,0m, altura 1,0m, inclui escavação e demais materiais para implantá-las, para fundações [un.]	109	97	-11,009
6	Fornecimento, transporte e aplicação de aço CA50 e CA60 para execução de fundações em concreto com as características indicadas no projeto [kg]	39374	55282,41	40,403
7	Fornecimento, transporte e aplicação de concreto X MPa, para execução de fundações, incluindo formas e demais materiais necessários, com as características indicadas no projeto [m ³]	467	630,39	34,987
8	Execução de aterramento com cabo 5/16" HS enterrado a 90cm de profundidade, incluindo escavação, reaterro compactado e pintura conforme especificado [m]	2400	570	-76,250
9	Fornecimento e aplicação de haste COOPERWELD de ø 19x2400mm, para execução de aterramento, cfe. desenho anexo, incluindo fio e conectores bimetálicos para conectar a haste. [un.]	72	260	261,111
10	Seccionamento de cercas, incluído fornecimento de materiais necessários com exceção do seccionador preformado [un.]	80	18	-77,500

Fonte: Elaboração própria (2022)

Veja na seguinte gráfico uma comparação entre os quantitativos projetados e realizados em porcentagem:

Figura 32 - Gráfico Projetado x Realizado



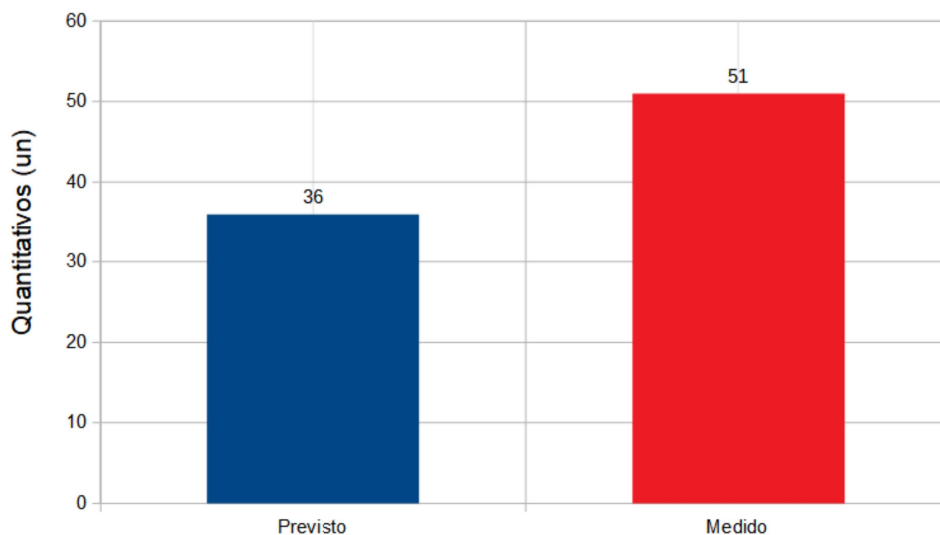
Fonte: Elaboração própria (2022)

Abaixo foram listados em estrutura de tópicos cada um dos dez serviços representados nas Figuras 30 e 31 com análise dos seus resultados, verificando a variação e apontando a possível ou provável razão do ocorrido.

Ressalta-se que houve a inclusão de 02 estruturas (36 estruturas no principio dos trabalhos, 38 uma vez terminada a obra), o que equivale a um incremento de 5,5% sobre a quantidade inicial de estruturas projetadas para a Linha.

4.2 Locação de Estruturas

Figura 33 - Gráfico Locação de Estruturas
Locação de Estruturas



Fonte: Elaboração própria (2022)

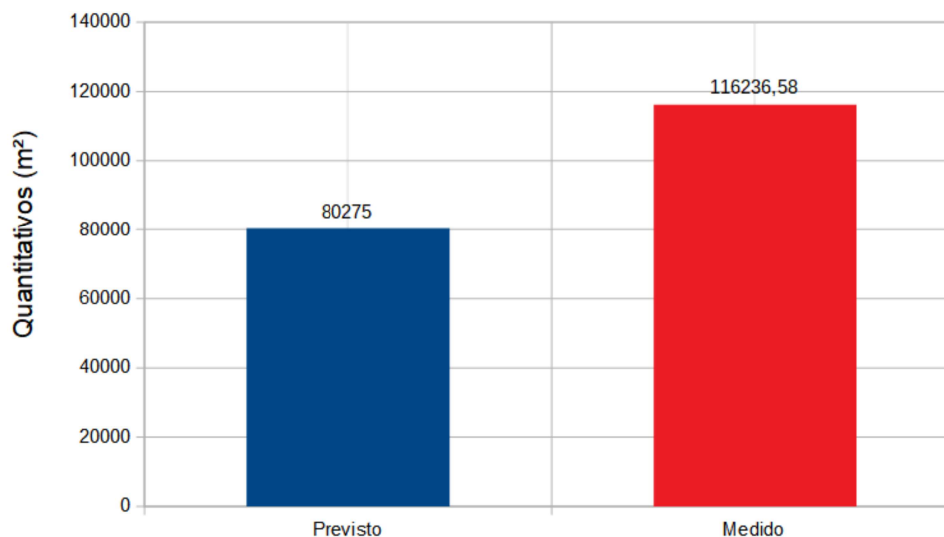
Conforme apresentado nas Figura 33, neste serviço ocorreu subdimensionamento, dado a sua variação por volta de 42% a mais do que o valor projetado.

Descontado dessa variação o incremento de 5,5% pelo aumento do número de estruturas da LT em duas unidades, essa ainda alcança 36,5%, indicando a existência de outras razões para a discrepância.

A causa dessa discrepância origina-se nos remanejamentos e alterações de projeto, voltadas a maior/melhor adaptação da obra às realidades que se apresentavam, incluíram adição de 02 estruturas e deslocamento/deslocamento de outras 13.

4.3 Limpeza de Faixa de Servidão

Figura 34 - Gráfico Limpeza de Faixa de Servidão
Limpeza de Faixa de Servidão



Fonte: Elaboração própria (2022)

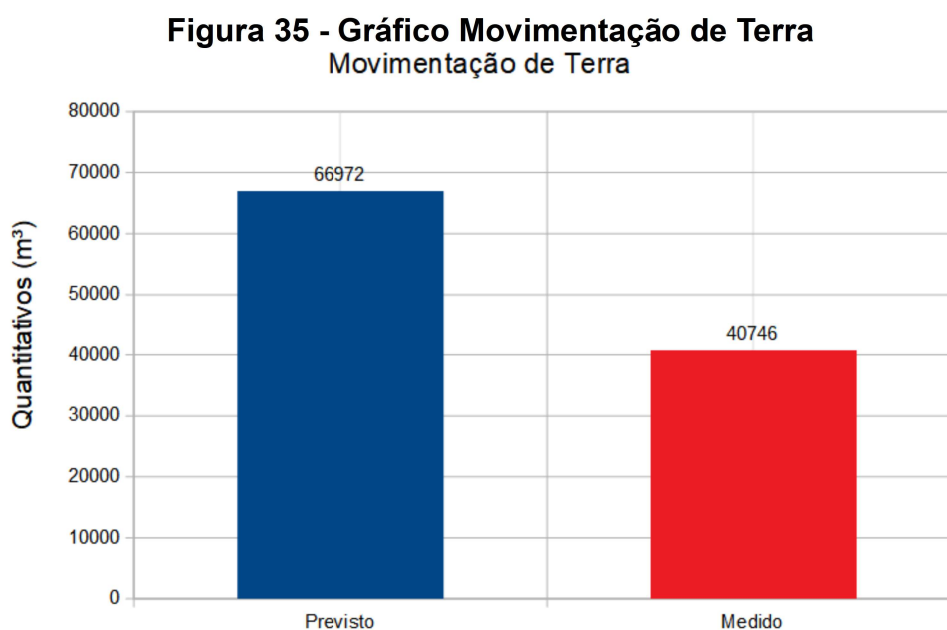
As atividades de Limpeza de Faixa de Servidão apresentaram subdimensionamento.

Conforme ilustrado na Figura 34 acima, a sua variação foi de aproximadamente 45%, e subtraindo desse indicador os 5,5% referentes à inclusão das duas estruturas não planejadas inicialmente, restam 39,5% de variação, demonstrando outras razões para a divergência de quantitativos.

Uma das causas da variação desse serviço, encontra-se na natureza acidentada e complexa do relevo que acompanha o traçado da obra, fazendo que a Limpeza ocorra de formas menos simples, dados os vales, morros, alagadiços, matas fechadas, baixios e outros.

Outra razões pela divergência está nas diversas alterações de projeto (por exemplo: inclusão e relocação de estruturas), visando viabilidade ou praticidade de execução, essas vieram a fazer com que áreas maiores e antes indiretamente envolvidas de flora, e portanto não quantificadas, fossem atingidas.

4.4 Movimentação de Terra



Fonte: Elaboração própria (2022)

Nesse item, foi verificado a ocorrência de superdimensionamento dos volumes em mais de 30%, conforme demonstrado na Figura 35.

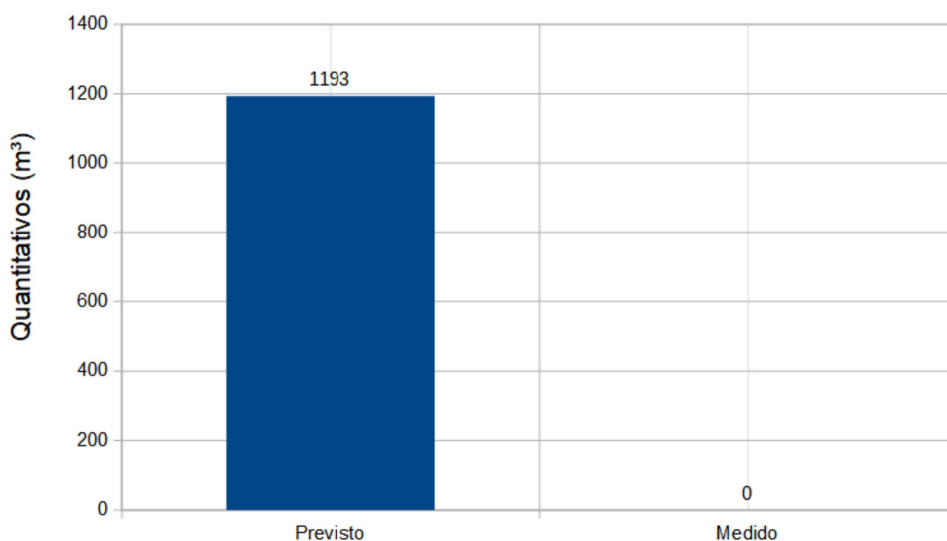
Considerando que a inclusão de estruturas, de maneira lógica, causaria mais Movimentação de Terra, fica mais evidenciada a existência de um dimensionamento exagerado para os quantitativos desse serviço.

A razão dessa diferença entre os valores projetados e realizados, aqui é em menor parte pela presença de circunstâncias pontuais de caráter positivo, que eram inesperadas para execução no local (por exemplo: local das estruturas e acessos

com pouca ou nula necessidade de implantação ou melhoramentos), e, em maior parte, pela imprecisão nos métodos de levantamento e quantificação do serviço.

4.5 Retirada/Remoção de Materiais

Figura 36 - Gráfico Retirada de Materiais
Retirada/Remoção de Materiais



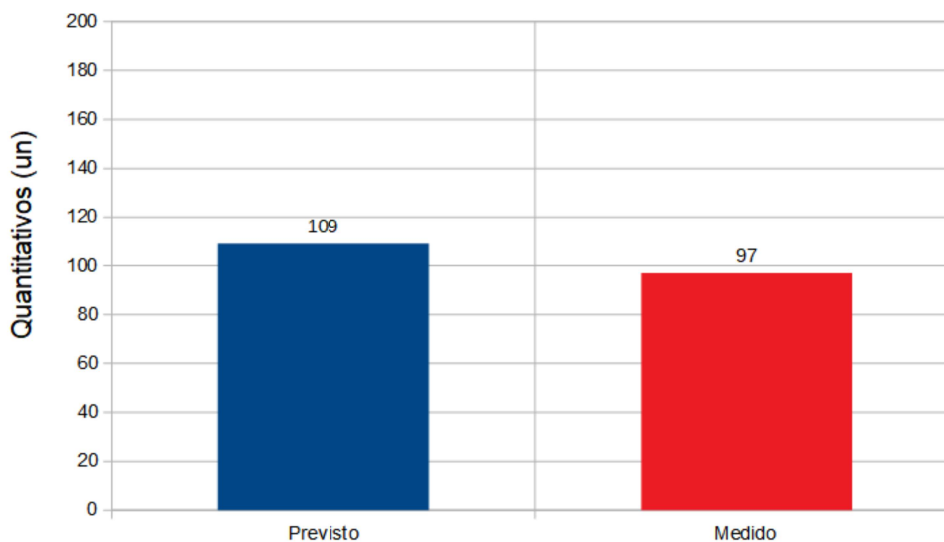
Fonte: Elaboração própria (2022)

Com relação a esse item, a medição foi nula de quantitativo, isto é, zero, como pode ser observado na Figura 36, caracterizando que o serviço não foi executado, mesmo com a adição de duas estruturas a LT, o que demonstra com clareza o superdimensionamento.

A motivo disso, está no fato de que, na Obra X, o material retirado/removido era aproveitável, e então foi usado na própria frente de serviço ou proximidades para acesso, ou aplicado em acordo com pedido pelos proprietários dos lotes atingidos. O deslocamento de material feito não configurou Retirada/Remoção por não ocorrer até fora da área da obra (para bota-fora), conforme estabelecido na Fundamentação Teórica.

4.6 Fornecimento e aplicação de Manilhas

Figura 37 - Gráfico Aplicação de Manilhas
Fornecimento e Aplicação de Manilhas para Fundação



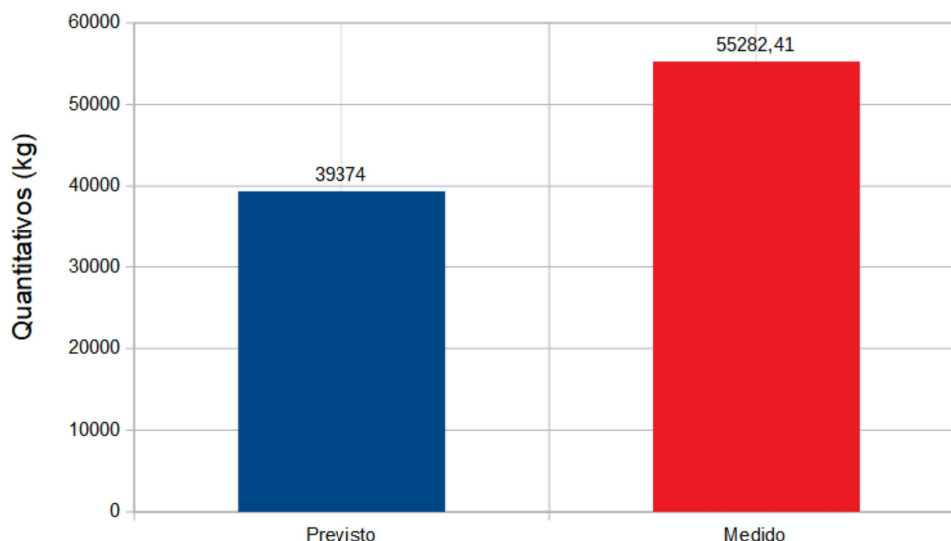
Fonte: Elaboração própria (2022)

Referente ao serviço de Fornecimento e Aplicação de Manilhas, houve uma variação na execução de aproximadamente 11%, menor do que o projetado, isto é, um superdimensionamento, conforme demonstra a Figura 37. Considerando a inclusão de duas estruturas, equivalendo a 5,5% de mudança sobre o projetado, restam ainda 5,5% de variação relacionada a outras causas.

As razões pelo ocorrido podem ser: levantamento de dados e estudos sobre a área da LT insuficientes em profundidade e abrangência, e, às alterações (ex: no próprio traçado, acessos, praças de serviço, e em duas fundações, que passaram de manilhas a blocos sapata) voltadas a viabilidade, segurança e economicidade da implantação durante a execução.

4.7 Fornecimento e aplicação de Aço

Figura 38 - Gráfico Aplicação de Aço
Fornecimento e Aplicação de Aço

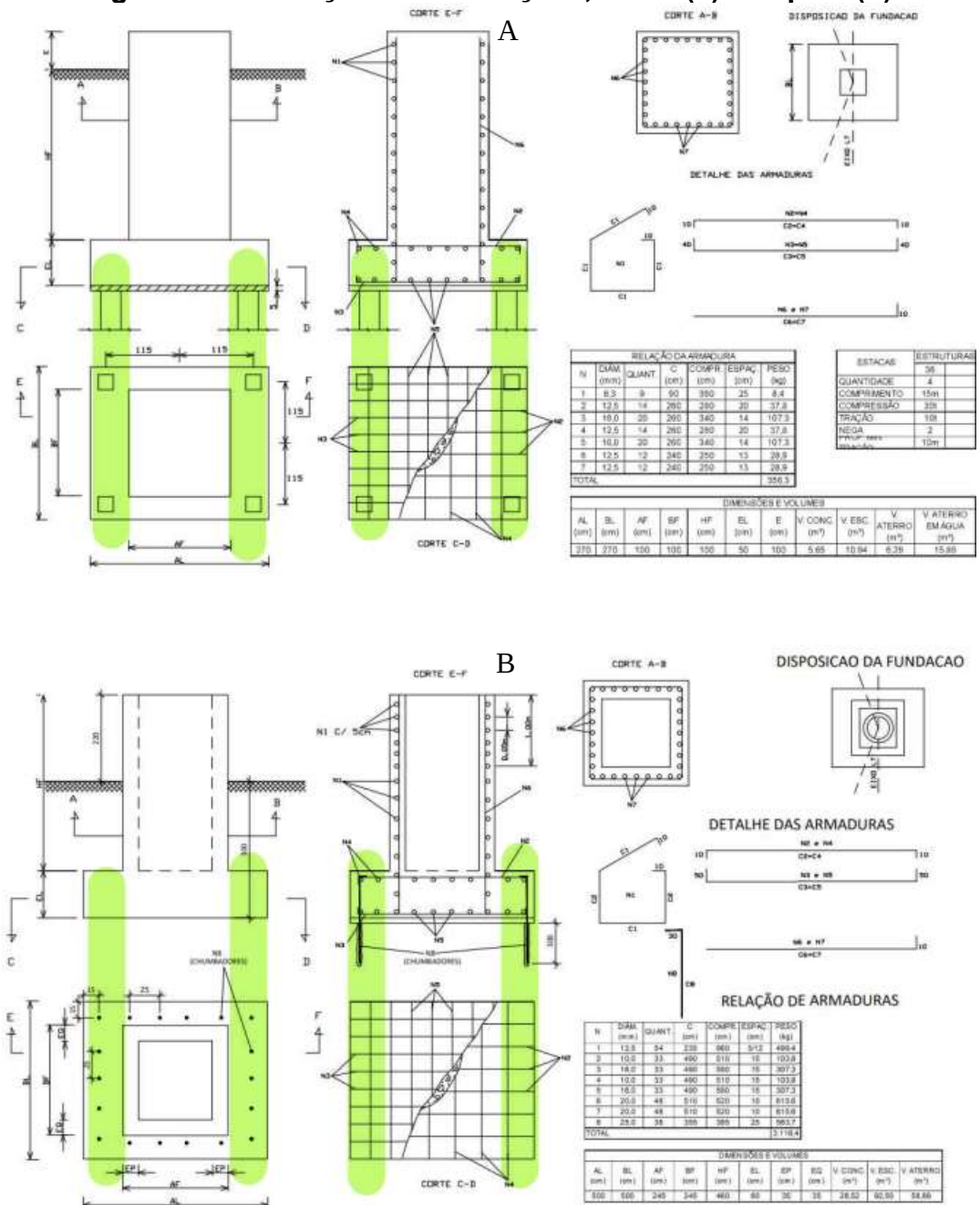


Fonte: Elaboração própria (2022)

Referente ao serviço de Fornecimento e Aplicação de aço, pode-se observar na Figura 38 que houve um aumento por volta de 40% do executado para o projetado, caracterizando subdimensionamento. Parte dessa variação correspondendo a menos de 4%, que foi o aço usado nas fundações das duas estruturas não inicialmente planejadas. Assim, a diferença não prevista é de 34,5%.

Apesar das armaduras serem fornecidas cortadas e dobradas para a obra, a alteração do consumo deu-se devido a modificação de projetos e de encontrar situações de solo que exigiram mais aço que o inicialmente planejado (ex: mudança no tipo de fundações e chumbamento de fundações em rocha, como mostrado no antes e depois da Figura 39).

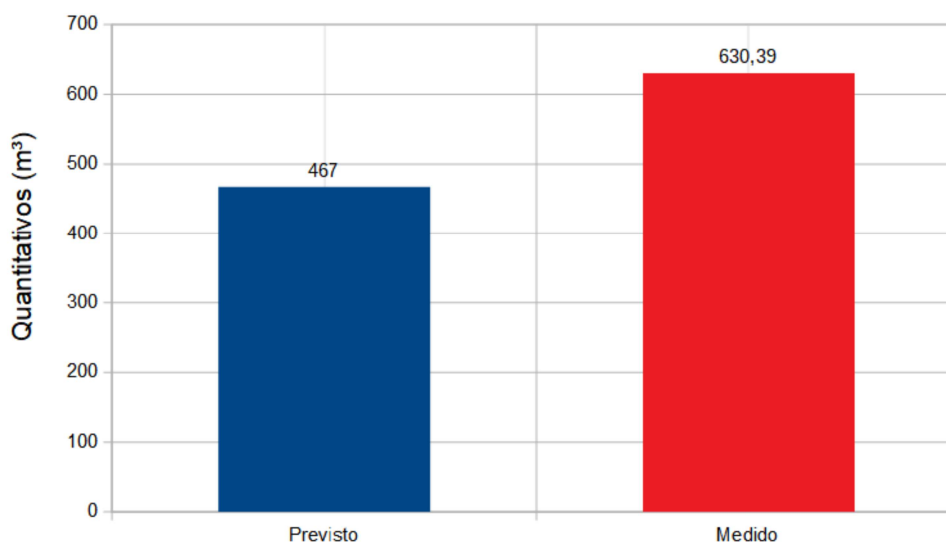
Figura 39 - Alteração em Fundações, antes (a) e depois (b)



Fonte: CELESC SA (2021)

4.8 Fornecimento e aplicação de Concreto

Figura 40 - Gráfico Aplicação de Concreto
Fornecimento e Aplicação de Concreto



Fonte: Elaboração própria (2022)

Referente ao serviço de Fornecimento e Aplicação de Concreto, através da Figura 40 pode ser observado também um subdimensionamento, com uma variação na ordem de 35%, o que corrobora o aumento visto no item anterior, onde houve um aumento de 40% no consumo de aço.

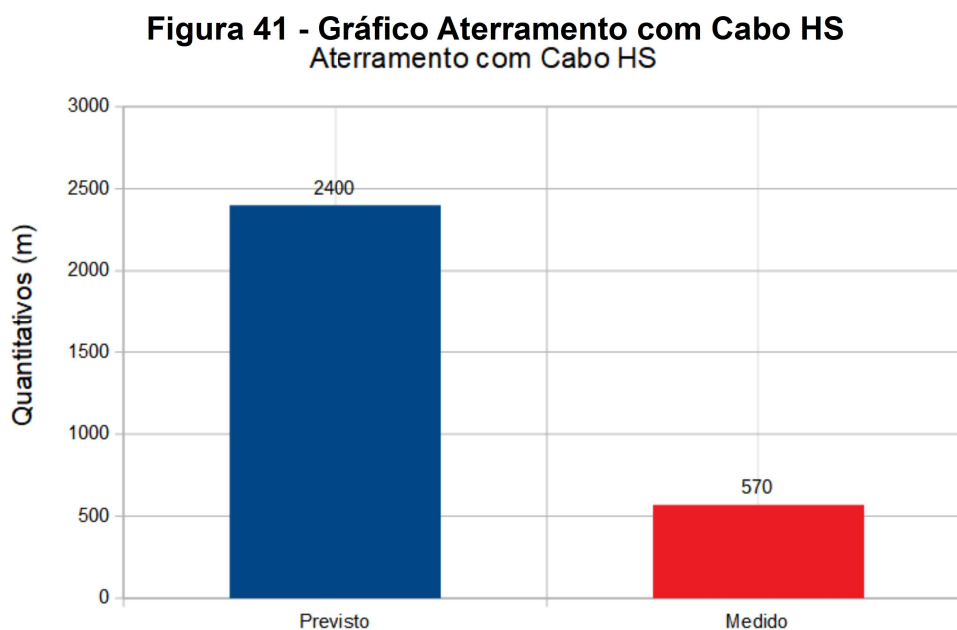
Nota-se que, além da inclusão de duas estruturas ao final da implantação, há evidencia de outras causas pela discrepância de quantitativos, dado que, proporcionalmente, desconsiderando as estruturas extras, ainda seria por volta de 29,5% de variação.

As razões pelo resultado são:

- Alterações nas fundações, um exemplo na Figura 39 do item anterior (aço) onde estacas de concreto pré moldadas foram substituídas por chumbamento em rocha;

- Perda de concreto gerada por imperícia, na concretagem e/ou na montagem das caixarias;
- Atividades sendo executadas em superfície irregular;
- Fuga do concreto durante o acidentado trajeto em consequência do difícil relevo dos acessos e praças, também, com o tempo de demora para transporte e aplicação devido às localizações das estruturas mais afastadas e remotas do traçado.

4.9 Aterramento com cabo HS 5/16”



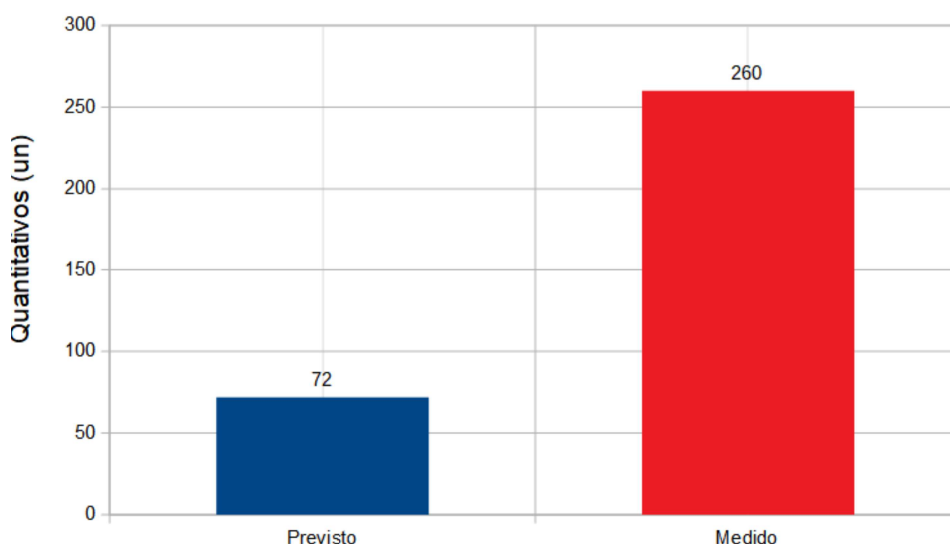
Fonte: Elaboração própria (2022)

No tocante ao Aterramento com cabo HS, houve um superdimensionamento, demonstrado pela variação de 76% menor que o projetado, conforme demonstrado na Figura 41, que adicionada às duas estruturas incluídas no projeto eleva a variação para 81,5%

A razão dessa variação, está no tratamento igual e padronizado para todas as estruturas da Obra X, que na aferição deste quantitativo desconsidera particularidades do local, como relevo ou solo, o que ocasionou várias vezes que o cabo HS seja substituído por hastes COPPERWELD.

4.10 Aterramento com Haste COPPERWELD

Figura 42 - Gráfico Aterramento com Haste
Aterramento com Haste COOPERWELD



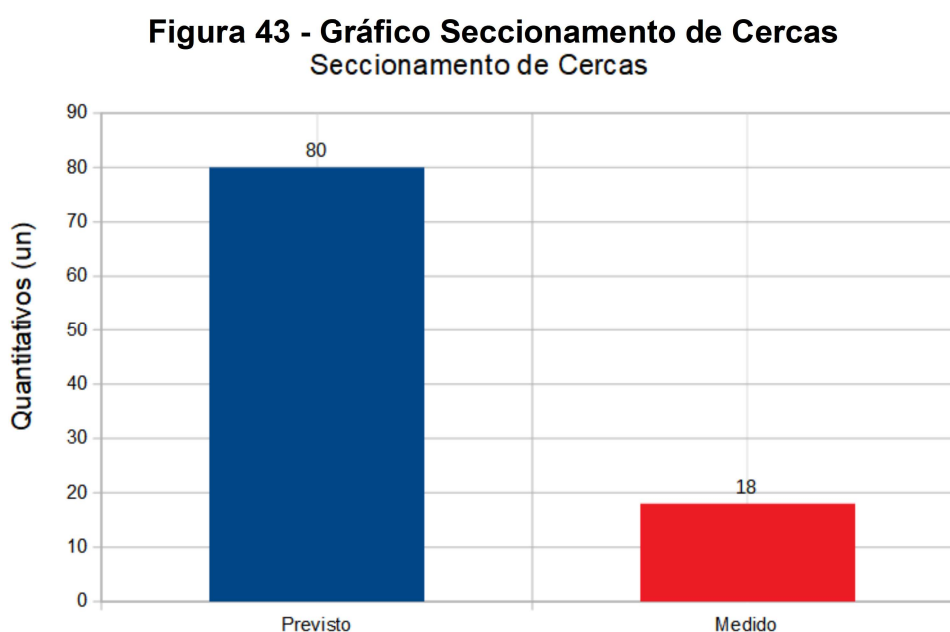
Fonte: Elaboração própria (2022)

Observando o serviço Aterramento com haste COPPERWELD e a Figura 42, percebe-se uma variação superando 260%, ou seja, um subdimensionamento.

A causa do ocorrido, está no emprego das hastes no lugar do cabo HS, conforme foi a previsão desse serviço, como medida substitutiva/compensativa da complexidade local.

A razão do mencionado emprego é que, onde era planejado cabo, que, por alguma circunstância inesperada ou superveniente, devido às condições do local, (ex: solos muito duros, rochosos ou pouco condutores, relevo muito acidentado), não se pode usá-lo, foi substituído o que faltava, por hastes que fornecessem o mesmo resultado adequado ou melhor.

4.11 Seccionamento de Cercas



Fonte: Elaboração própria (2022)

Referente ao Seccionamento de Cercas, observou-se através da Figura 43 a existência de um superdimensionamento, dada a variação de 77,5% para menos da quantidade originalmente projetada do serviço.

As razões dessa variação podem ser:

- A quantificação incorreta/inadequada das cercas que seriam seccionadas, proveniente de levantamentos de informações e dados

referentes ao traçado e redondezas realizado com insuficiente detalhe ou métodos imprecisos e mais suscetíveis a erro; e

- Surgência in loco de situações requisitando alteração no meio da execução da Obra X (ex: relocação de estruturas e mudança nos acessos), após as quais, medidas de verificação e de rápido levantamento não foram determinadas quanto ao referido serviço.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme o Brasil continua a se desenvolver, o mesmo ocorre com o seu consumo de energia, o que acarreta a necessidade de ampliar o sistema elétrico nacional através da implantação de Usinas Geradoras, Redes de Linhas de Transmissão e de Distribuição.

Esse crescimento permanente no setor faz soar um alerta, para a necessidade de projetos mais precisos e com o mínimo possível de contratempos. Um dos modos de se alcançar isso é pela análise de obras concluídas.

Através da realização desse processo de estudo das obras, padrões anormais e pontos a melhorar são revelados, permitindo o aperfeiçoamento dos procedimentos para as obras presentes e futuras.

Nesse caminho, foi feito este estudo, analisando serviços civis proeminentes de uma obra de Linha de Transmissão.

As variações aqui constatadas, através das comparações, foram diagnosticadas entre: superdimensionamento ou subdimensionamento.

Em síntese, foram subdimensionados com sua respectiva variação: Locação de Estruturas (41,7%), Limpeza de Faixa de Servidão (44,8%), Fornecimento e Aplicação de Aço (40,4%), Fornecimento e Aplicação de Concreto (35%) e Aterramento em haste COPPERWELD (261,1%).

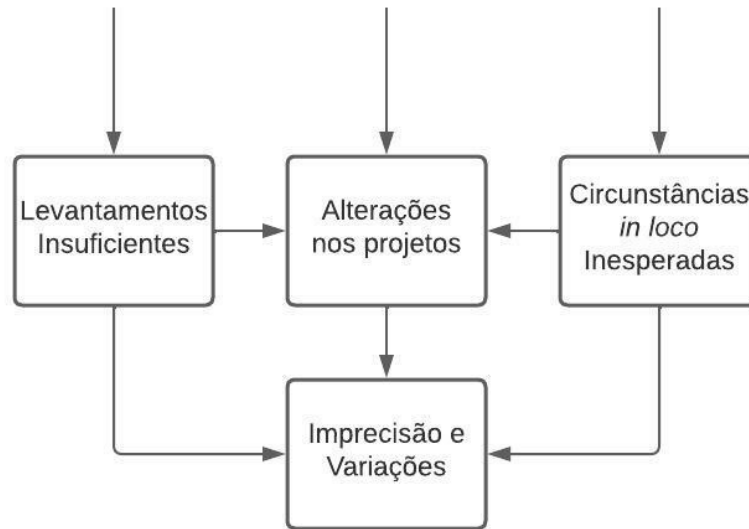
Já, para os serviços superdimensionados as variações foram: Movimentação de Terra (39,2%), Retirada/remoção de Materiais (100%), Fornecimento e Aplicação de Manilhas de Concreto para Fundações (11%), Aterramento com cabo HS (76,3%), Seccionamento de Cercas (77,5%).

Das causas das variações dos serviços analisados, observa-se que tiveram origem nos seguintes pontos:

- insuficiência de informações e/ou superficialidade dessas;
- não consideração de circunstâncias, condições e situação *in loco*; e

- alterações nos planos e projetos.

Figura 44 - Fluxograma das Origens das Divergências



Fonte: Elaboração própria (2022)

Deste modo, para alcançar projetos com menos variações e adequados à situação real da obra, é recomendado as seguintes ações:

1) A adoção por estudos preliminares de maior qualidade e levantamentos de informações mais abrangentes e com maior nível de detalhe.

Dessa maneira, munido de informações os profissionais encarregados dos planos e projetos a executar. Exemplos: aumentar a quantidade de ensaio de sondagem a percussão e implementar ensaios de permeabilidade do solo.

2) Visitação *in loco* pelos responsáveis de projetos.

Essa medida visa reduzir a quantidade de incógnitas no projeto, dada a observação da realidade local para dirimir as dúvidas. Exemplos: verificação de instabilidade do relevo na frente de serviço ou viabilidade da implantação local pelo engenheiro responsável.

Assim, após análise comparativa Projeto x Execução dos serviços definidos e, das conclusões desses retiradas, verifica-se que estudos mais aprofundados e visitação *in loco* são necessários a consecução e implantação precisa dos projetos com maior efetividade.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Tendo em vista que este trabalho abordou o projeto de implantação de Linha de Transmissão já finalizado, tanto quanto sua execução, sugere-se um estudo das etapas antecedentes à conclusão da fase de projetos, visando identificar os dados, informações e equívocos relatados neste estudo de caso.

E ainda, a fim de ampliar o conhecimento relacionado à LTs, recomenda-se a realização de estudos comparativos usando múltiplas obras, adotando fluxos financeiros previstos e os realizados como parâmetros da variação.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, Raphael Lorenzeto de. **Santa Catarina**: Mapa de Pedras Grande. [S. l.: s. n.], 2006. 1 mapa.

ABREU, Raphael Lorenzeto de. **Santa Catarina**: Mapa de Tubarão. [S. l.: s. n.], 2006. 1 mapa.

Agência Nacional de Energia Elétrica. **ANEEL**. Expansão da transmissão: 775 MVA em transformadores de subestações concluídos em setembro. 2020. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/expansao-da-transmissao-775-mva-em-transformadores-de-subestacoes-concluidos-em-setembro/656877?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fsala-de-imprensa-exibicao-2%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_zXQREz8EVIZ6%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D3> . Acesso em: 25 de ago de 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 237**, de 19 de dezembro de 1997.

BRASIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm> Acesso em: 21 de ago de 2021.

CELESC SA DISTRIBUIDORA SA. **ESP-LT-047: Aterramento com Haste**. Especificação Técnica. Departamento de Projeto e Construção do Sistema Elétrico. Divisão de Linhas. Santa Catarina. 2021.

CELESC SA DISTRIBUIDORA SA. **ESP-LT-048: Aterramento sem Haste**. Especificação Técnica. Departamento de Projeto e Construção do Sistema Elétrico. Divisão de Linhas. Santa Catarina. 2021.

CELESC SA DISTRIBUIDORA SA. **ESP-LT-049: Aterramento e seccionamento de cercas**. Especificação Técnica. Departamento de Projeto e Construção do Sistema Elétrico. Divisão de Linhas. Santa Catarina. 2021.

CELESC SA DISTRIBUIDORA SA. **Relatório de avaliação ambiental estratégica do programa de investimentos da CELESC SA -D**: Diretriz para Aquisição de Terras, Faixa de Servidão e Reassentamento. Relatório Técnico. Santa Catarina. 2017.

Como é feita a distribuição da energia elétrica no Brasil?. **UNIVERSIDADE TRISUL**. 2021. Disponível em: <<https://www.universidadetrisul.com.br/etapas-construtivas/como-e-feita-a-distribuicao-de-energia-eletrica-no-brasil>> Acesso em: 28 de ago de 2021.

Empresa de Pesquisa Energética. **EPE**. Anuário Estatístico de Energia Elétrica. 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202020.pdf>>. Acesso em: 25 de ago de 2021.

FERNANDES, Renato de Oliveira. **Elementos de terraplenagem**: cálculo de volumes, movimento de terra. Cariri-CE. Universidade Regional do Cariri. 2011. 48 slides. Disponível em: <<http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=elemento-terraplenagem.pdf>> Acesso em: 28 de ago de 2021.

FUCHS, R.D.. **Transmissão de Energia Elétrica: Linhas Aéreas**. Livros Técnicos e Científicos, 1977.

IWB2 - Dinamômetro digital tipo balança suspensa 2.000 kgf. São Paulo-SP. **GAMA INSTRUMENTS**. 2018 Disponível em: <<https://www.gamainstruments.com.br/iwb2-dinamometro-digital-tipo-balanca-suspensa-2-000-kgf-prod.html>> . Acesso em: 25 de ago de 2021.

MATTEDE, Henrique. Redes de energia elétrica, tipos e características. **Mundo da Elétrica**. 2021. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/redes-de-energia-eletrica-tipos-e-caracteristicas/>>. Acesso em: 28 de ago de 2021.

MENEZES, Victor Prangiel de. **Linhas de transmissão de energia elétrica: aspectos técnicos, orçamentários e construtivos**. Rio de Janeiro-RJ, 2015. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica). Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2015

MERLIN, Victor. As Linhas de Transmissão de energia elétrica no Brasil. **CURTO CIRCUITO E SELETIVIDADE**. 2018. Disponível em: <<https://curtocircuitoeseletividade.com.br/as-linhas-de-transmissao-de-energia-eletrica-no-brasil/>>. Acesso em: 28 de ago de 2021.

NASCIMENTO, Renata Silva do. **Análise da Transmissão da energia em cabos subaquáticos**. Instituto Superior de Engenharia do Porto. 2017 Disponível em: <<https://docplayer.com.br/81931821-Analise-da-transmissao-de-energia-em-cabos-subaquaticos.html>>. Acesso em: 28 de ago de 2021.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **ONS**. O que é o SIN. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>> . Acesso em: 25 de ago de 2021.

O que é o SIN. **ENERGÊS**. 2020. Disponível em: <<https://energes.com.br/fale-energes/o-que-e-o-sin/>>. Acesso em: 28 de ago de 2021.

SCHNAID, F. ODEBRECHT, E. **Ensaio de campo e suas aplicações a engenharia de fundações**. 2 ed, São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SHIMIZU, Júlio Yukio. **Movimento de Terra**. São Paulo-SP. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2002. Disponível em: <https://essel.com.br/cursos/biblioteca_tecnica/civil/Movimentacao%20de%20terra.pdf>. Acesso em: 25 de ago de 2021.