

# PROJETO EXECUTIVO DE LINHA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

## *EXECUTIVE PROJECT OF POWER DISTRIBUTION LINE*

AZEVEDO, Gabriel Amaral<sup>1</sup>  
SILVA, Alex de Lima e<sup>2</sup>

**Resumo:** Este artigo pretende apresentar as diversas etapas na elaboração de um projeto executivo de linha de distribuição de energia. O Objetivo do trabalho é criar um modelo de desenvolvimento de projeto de distribuição abordando os dados necessários para a concepção do projeto de maneira sequencial e intuitiva. A pesquisa abrange um estudo de caso de uma linha de distribuição de 20km na classe de tensão de 34,5 kV localizada no interior do estado do Rio de Janeiro, abordando desde os levantamentos iniciais até o desenvolvimento da lista de construção. A partir do uso das etapas criadas no procedimento desenvolvido no presente artigo, pode se concluir a eficiência da ferramenta utilizada para a inserção de profissionais no setor de projetos de distribuição.

**Palavras-chave:** energia elétrica; distribuição de energia; projeto executivo.

**Abstract:** This article intends to present the different stages in the elaboration of an executive project for a power distribution line. The objective of the work is to create a distribution project development model addressing the data necessary for the project design in a sequential and intuitive way. The research covers a case study of a 20km distribution line in the voltage class of 34.5 kV located in the interior of the state of Rio de Janeiro, covering from the initial surveys to the development of the construction list. From the use of the steps created in the procedure developed in this article, the efficiency of the tool created for the insertion of professionals in the sector of distribution projects can be concluded.

**Keywords:** electric power; electric power distribution; executive project.

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica – Universidade Santa Úrsula – [gabriel.azevedo@souusu.edu.br](mailto:gabriel.azevedo@souusu.edu.br)

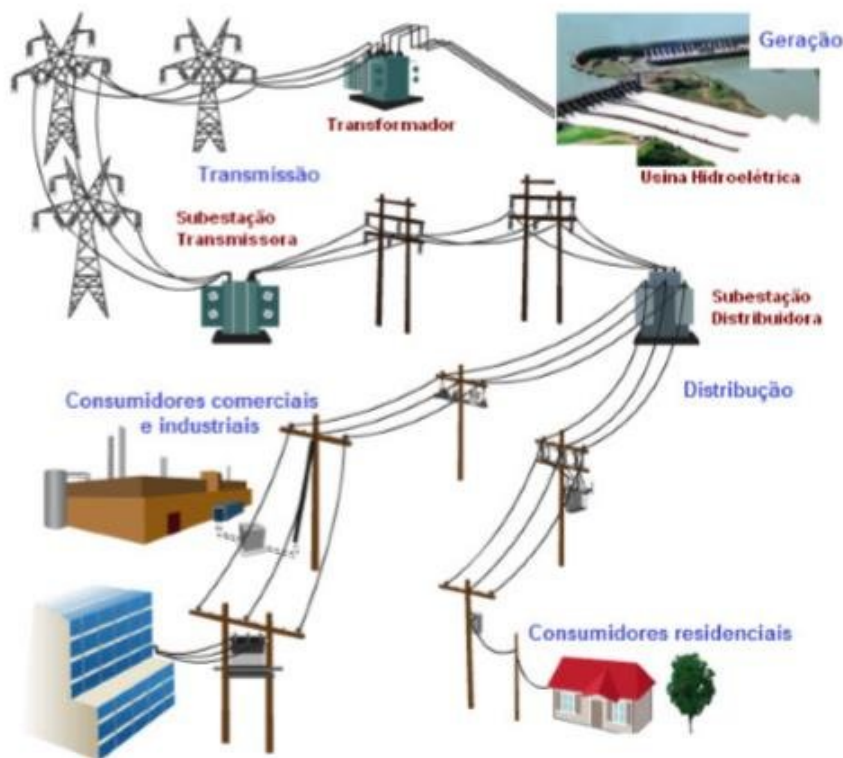
<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Elétrica – Universidade Santa Úrsula – [alex.lima@souusu.edu.br](mailto:alex.lima@souusu.edu.br)

## 1 INTRODUÇÃO

As linhas de distribuição de energia são estruturas fundamentais para o fornecimento da energia elétrica para residências, comércios e indústrias. Com o avanço tecnológico e o crescimento populacional, a busca por fontes de energia limpa e o desenvolvimento da geração distribuída, há um crescimento notável no desenvolvimento de linhas de distribuição, trazendo uma grande relevância ao tema (MENEZES, 2015).

As linhas de distribuição fazem a interligação entre o sistema de transmissão e os consumidores. O sistema de interligação de energia tradicional entre geração, transmissão, distribuição e consumo pode ser visto na figura 1.

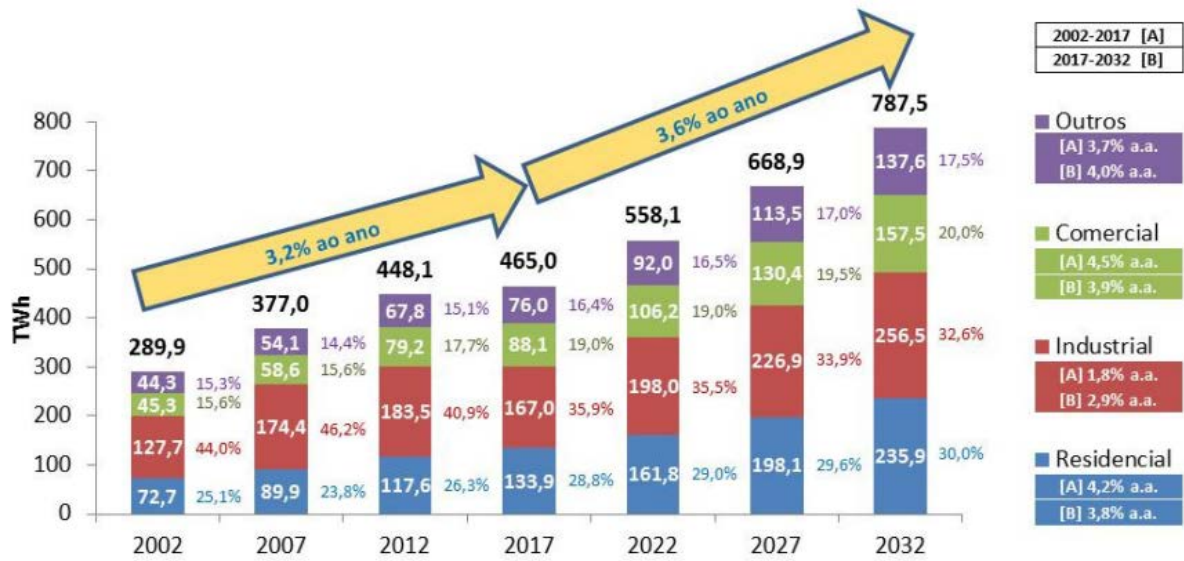
**Figura 1** - Sistema de Geração, Transmissão e Distribuição de Energia



Fonte: Piran (2020)

A revolução tecnológica do presente século e o desenvolvimento de um país são intimamente ligados a capacidade de geração, transmissão e distribuição de energia de uma nação (MENDES, 2014). Além disso, o avanço tecnológico com o advento da robótica e dos sistemas de tecnologia de informação trouxeram maior demanda de consumo por energia elétrica, o qual irá se expandir ao longo dos próximos anos. A figura 2 destaca o crescimento da demanda ao longo do século XXI e as perspectivas de crescimento para os próximos 10 anos.

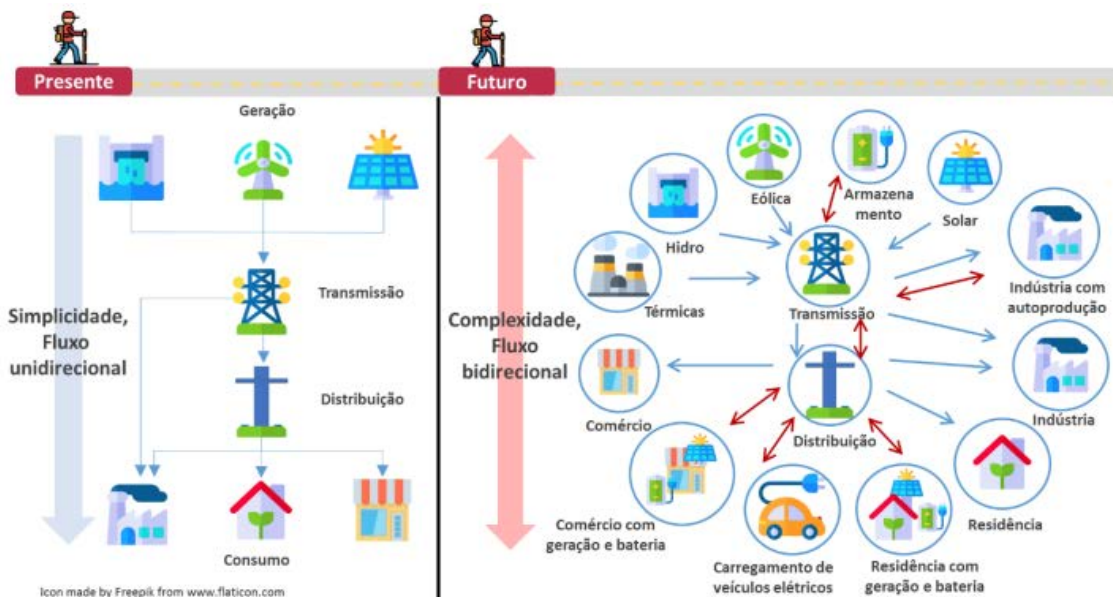
**Figura 2 - Crescimento do Consumo de Energia 2002-2032**



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2018)

O crescimento do interesse na geração distribuída provém do processo de expansão desse modelo de geração. A necessidade global de energias renováveis, somada a uma sensível queda nos custos de investimento nas fontes, propicia uma alteração no sistema tradicional de distribuição de energia. O modelo tradicional centralizado está num processo de substituição para um modelo híbrido, onde a geração distribuída e consumidores criam um sistema de distribuição cada vez mais complexo e interligado conforme ilustra a figura 3.

**Figura 3 - Modelo tradicional x Modelo Híbrido de Fluxo de Energia**



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2018) apud NYISO (2017)

A sanção do marco legal da geração distribuída em janeiro de 2022 tem a perspectiva de trazer segurança jurídica ao setor e novas perspectivas de investimento privado no ramo. Esta lei federal leva a crer no aumento da procura pelo modelo descrito na figura anterior com o crescimento do modelo distribuído e dos sistemas de distribuição de energia.

O presente trabalho busca apresentar o procedimento de elaboração de um projeto executivo de uma linha de distribuição de energia em média tensão, aqui denominada Ramal de Distribuição de Média Tensão – RMDT, com o desenvolvimento por meio de um estudo de caso localizado no interior do estado do Rio de Janeiro, apresentando os procedimentos e temas recorrentes na elaboração do projeto.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para apresentação do projeto e o estudo de caso a ser trabalhado, destaca-se a relevância da apresentação de conceitos inerentes ao tema, facilitando o entendimento deste artigo, assim como embasando a pesquisa aqui trabalhada por meio de sua revisão de literatura.

### **2.1 Linhas de Distribuição**

Linhas de distribuição são os meios pelos quais a energia elétrica é distribuída da transmissão aos consumidores. Estas contam com extensão variada podendo abranger desde a geração da energia a conexão com grandes consumidores e os distribuidores de energia. As linhas de distribuição em geral trabalham no regime de média tensão, nas classes até 44kV (ABRADEE, 2021).

De modo a delimitar o assunto, as principais estruturas de uma linha de distribuição consistem (ENERGISA, 2018):

- Cabos condutores: Os cabos condutores são o meio pelo qual é transmitida a energia elétrica. Em geral de alumínio, de aço ou alumínio-liga;
- Isoladores: Peças que sustentam os cabos e os isolam das torres. Em geral são de vidro ou cerâmica;
- Faixa de servidão e segurança: Faixa delimitada ao redor das torres e tramos sendo proibida a construção nesta;
- Cabo de aterramento: Descarrega no solo a corrente elétrica;
- Cabos para-raios: Protege a linha de descargas atmosféricas;
- Torres ou postes: Estruturas fixadas que sustentam os cabos e as estruturas aéreas.

## 2.2 Estruturas de Alocação

As estruturas de alocação podem ser de concreto ou metálicas, também denominadas tramos. Os tramos de concreto são os postes, estruturas ancoradas no solo, esbeltas e proporcionalmente altas, as quais são utilizadas para distribuição de energia. Por sua natureza de baixo custo em relação as alternativas, é amplamente difundida tanto no meio urbano quanto no meio rural. Quanto as estruturas metálicas, existem além dos postes metálicos, as torres, que são estruturas estratégicas utilizadas para vencer grandes vãos. Estas estruturas são classificadas de acordo com o material, as alturas, os métodos de fundação e principalmente a capacidade estrutural (ENERGISA, 2018).

A distância entre as estruturas é denominada vão, o qual varia de acordo com o tipo de estrutura, altura e fundação, a depender das características da mesma. Quanto a estas estruturas a principal função é alocar os cabos de condução de energia, além dos componentes acessórios a instalação do ramo de distribuição.

## 3 METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento do projeto contou com diversas etapas até o desenvolvimento do estudo de caso.

Inicialmente foi feita uma pesquisa bibliográfica minuciosa sobre os sistemas de distribuição com a leitura de teses e dissertações sobre o tema, buscando compreender a aplicação dos componentes teóricos.

Sequencialmente foram estudadas as normas técnicas ABNT para o setor, onde se destacam as seguintes normas:

- NBR-15688/2012 - Redes de Distribuição Aérea de Energia Elétrica com condutores nus;
- NBR-8451/2011 - Postes de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica;
- NBR-6547/2010 - Ferragens de linha aérea;
- NBR-14039/2005 - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV;
- NBR-5422/1985 - Projetos de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.

Com o estudo das normas técnicas, foi executada uma pesquisa sobre as metodologias profissionais para o desenvolvimento do projeto a qual obteve o conjunto de técnicas e o desenvolvimento do procedimento operacional a ser apresentado neste trabalho. Nesse estágio foram apresentados os softwares necessários para a elaboração do projeto, sendo estes:

- Google Earth Pro: Ferramenta utilizada para o desenvolvimento dos traçados;
- AutoDesk AutoCAD Civil 3D 2022: Ferramenta utilizada para a obtenção dos perfis planialtimétricos e demais trabalhos topográficos;
- CatlocVBA-RD Versão 2.1: Ferramenta utilizada para a alocação das estruturas e cálculos referentes a linha de distribuição.

Na seguinte etapa foi escolhido o estudo de caso e com essa definição foram estudadas as normas técnicas da distribuidora regional, ENEL-RIO sendo estas:

- CNS-OMBR-MAT-19-0284-EDBR: Critérios de Projeto de Linhas de Distribuição;
- CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Energia.

## **4 ETAPAS DE ELABORAÇÃO DO PROJETO**

A elaboração de um projeto de linha de distribuição - aqui denominado RDMT – é um processo de melhoria contínua, visto que devido as características deste tipo de projeto, a medida que é executada uma etapa necessariamente deve-se revisar as demais concluídas, de modo a garantir um modelo mais eficiente. Para desenvolver projetos de linha de distribuição foi elaborado o seguinte procedimento sequencial a seguir.

### **4.1 Informações Iniciais**

O primeiro passo para o desenvolvimento do projeto consiste na coleta das informações básicas iniciais. Estas informações resumem-se nos estudos preliminares de geração ou consumo de energia estimados para distribuição, assim como a localização geográfica para a elaboração de alternativas de traçados preliminares. A elaboração dos traçados preliminares em geral é utilizada com softwares de imagens via satélite tal como o Google Earth.

Após a escolha do traçado preliminar preferencial e a potência a ser distribuída, o empreendedor deve consultar a distribuidora local quanto as características elétricas da região, solicitando um parecer dele quanto a conexão junto ao sistema local. A Consulta de Acesso, é a resposta formal da distribuidora de energia quanto ao interesse da conexão, a qual contempla os pontos de conexão da linha, a classe de tensão da linha, o cabeamento mínimo indicado e a melhor alternativa de conexão.

## 4.2 Definições do Traçado

A Consulta de Acesso fornecerá a melhor maneira de conexão junto ao sistema da distribuidora. A partir dessa informação, é importante desenvolver o traçado ideal para a linha de distribuição.

Conforme a CNS-OMBR-MAT-19-0284-EDBR (ENEL,2020) o traçado ideal compreende uma série de requisitos para sua escolha e otimização, compreendendo os seguintes parâmetros:

- Distância entre os pontos de conexão: Preferencialmente escolhe-se o menor traçado;
- Menor índice de travessias: É indicado um traçado com menor incidência de travessias possível, de modo a mitigar os impactos regionais;
- Menor impacto ambiental: Sugere-se um traçado com o menor impacto ambiental possível, respeitando os limites naturais do terreno, a fauna e a flora.

Além disso, conforme as Regras e Procedimentos de Distribuição – PRODIST no Módulo 3 (ANEEL, 2022) deve se atentar ao traçado que oferecer menor impacto ao patrimônio cultural e artístico da região.

O traçado escolhido também deve contemplar a faixa de servidão da linha de distribuição. A largura da faixa de segurança para redes de distribuição rurais é de no mínimo 15 metros, distribuídos em 7,5 metros de cada lado em relação ao eixo da rede, permitindo-se apenas o plantio de culturas rasteiras e vedando-se a construção de edificações e assemelhados na referida faixa, atendendo-se assim aos requisitos de segurança de pessoas e bens (ABNT,1985).

A escolha do traçado ideal impacta diretamente o empreendimento do ponto de vista financeiro e no desenvolvimento do mesmo. Após esta escolha, é executado o levantamento planialtimétrico da região para se certificar da escolha de traçado feita anteriormente.

## 4.3 Definição do Tipo de Estrutura

A escolha do tipo de estruturas impacta diretamente no projeto de linha de distribuição. Os postes são mais indicados para regiões metropolitanas ou suburbanas, sendo usados em baixa e média tensão. Já as torres metálicas são estruturas versáteis para vencer vãos maiores utilizadas nos sistemas de transmissão e que também são uma alternativa em linhas de distribuição. A escolha de qual estrutura a ser utilizada em média tensão depende

exclusivamente do traçado envolvido, porém leva-se em consideração a quantidade de circuitos e o número de fases por condutor.

Para a escolha do modelo de tramo a ser utilizado leva-se em conta os seguintes pontos:

- Custo de implantação: Em situações em que torres e postes de concreto podem ser aplicados, prefere-se este último visto os menores custos de implantação;
- Regiões de geografia acidentada: Em relevos acentuados o uso de torres facilita a implantação devido ao maior vão entre as estruturas;
- Densidade Urbana: Em geral, regiões com maior densidade urbana requer um maior número de travessias. Em casos em que estas são inevitáveis e há linhas de distribuição existentes, o uso de torres é mais indicado, devido a maior altura destas estruturas e vãos maiores;
- Vegetação Densa: Em casos em que é inevitável a alocação de estruturas em áreas com vegetação ou Áreas de Proteção, o uso de torres conforme o licenciamento ambiental é indicado, devido ao menor impacto das mesmas na região, em situação análoga a de densidade urbana.

Após a escolha das estruturas utilizadas - em todo traçado ou parte dele – define-se quais estruturas podem ser utilizadas conforme suas características estruturais e altura em relação ao solo. A linha pode compreender estruturas de concreto, estruturas metálicas ou ambas.

A definição da premissa de tipo de estrutura a ser utilizada deve ser feita neste momento, devido aos impactos da mesma na locação das estruturas ao longo do traçado, impactando diretamente na locação dos tramos assim como nas demais etapas.

#### **4.4 Locação dos Tramos na Planta Baixa**

Após a definição das premissas de estruturas, são alocados os tramos na planta baixa da linha de distribuição, respeitando as distâncias mínimas de faixa de segurança, as vias, Áreas de Proteção Permanente, edificações, rios e demais possíveis obstáculos impeditivos ao longo do traçado.

A locação deve respeitar as deflexões máximas entre as estruturas. A utilização de ângulos de deflexão entre tramos menores é sempre indicada quando possível, diminuindo esforços nas estruturas e garantindo um projeto mais eficiente. Além disso, deve-se atentar as travessias existentes. As deflexões angulares entre a linha e vias públicas não podem ser inferiores a 15 graus conforme norma técnica.



Um item que deve se atentar também é a faixa de segurança da linha. Conforme citado anteriormente, a largura da faixa de segurança para redes de distribuição rurais é de no mínimo 15 metros, distribuídos em 7,5 metros de cada lado em relação ao eixo da rede.

Nesse estágio, é feita uma revisão geral no traçado devido a natureza das travessias e as deflexões do traçado e assim desenvolvida a Planta do Traçado do RDMT.

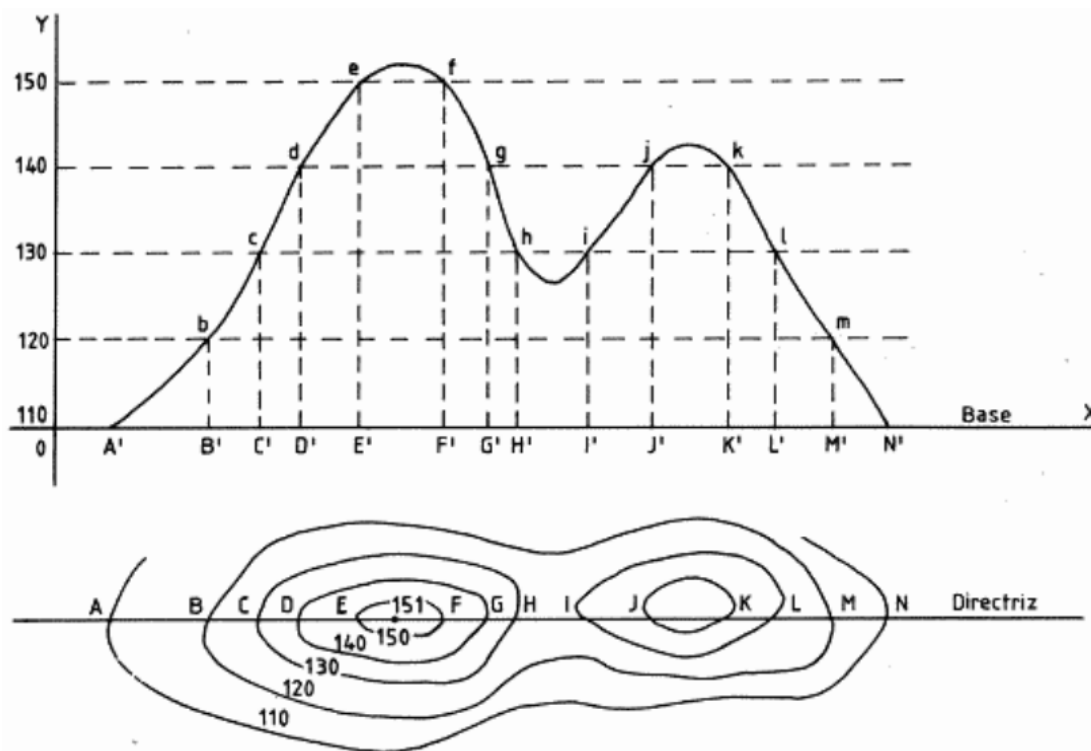
#### 4.5 Perfil Planialtimétrico

Para a alocação da linha é necessário o desenvolvimento do perfil planialtimétrico do traçado. Este perfil, por costume detém a prerrogativa da escala vertical ser 10 vezes superior a horizontal, de modo a melhorar a visualização dos tramos.

O perfil planialtimétrico é parte fundamental do projeto, visto que possibilita a visualização do traçado quanto as distâncias das estruturas ante ao solo, as demais estruturas e o cálculo das catenárias. Além disso, permite a visualização das características do relevo do traçado.

A figura 4 apresenta um exemplo de perfil planialtimétrico extraído de um levantamento topográfico para exemplificar o tema.

**Figura 4 - Exemplo de Perfil Planialtimétrico**



Fonte: USP (2013)

Após o desenvolvimento do perfil é feita uma análise a qual pode apontar a necessidade de algum aperfeiçoamento no traçado, devido a terrenos muito acidentados ou possíveis obstáculos.

#### 4.6 Locação dos Tramos no Perfil Planialtimétrico

Após as revisões das etapas anteriores, é feita a locação dos tramos no perfil planialtimétrico conforme a locação dos mesmos na planta baixa do traçado.

Para a alocação das estruturas é importante se atentar as distâncias mínimas do condutor ao solo ou obstáculos, em condições normais de operação, utilizando a tabela 3 indicada no item 5 da NBR-15688/2012 é apresentada a seguir:

**Tabela 1:** Afastamento Mínimo Condutor - Solo

Natureza do logradouro	Afastamento mínimo(m)		
	Tensão U (kV)		
	Comunicação e cabos aterrados	$U \leq 1$	$1 < U \leq 36,2^*$
Vias exclusivas de pedestre em áreas rurais	3,0	4,5	5,5
Vias exclusivas de pedestre em áreas urbanas	3,0	3,5	5,5
Locais acessíveis ao trânsito de veículos em áreas rurais	4,5	4,5	6,0
Locais acessíveis ao trânsito de máquinas e equipamentos agrícolas em áreas rurais	6,5	6,5	6,5
Ruas e avenidas	5,0	5,5	6,0
Entradas de prédios e demais locais de uso restrito a veículos	4,5	4,5	6,0
Rodovias federais	7,0	7,0	7,0
Ferrovias não eletrificadas e não eletrificáveis	6,0	6,0	9,0

Fonte: Autor (2022)

Nesse estágio, com a definição das distâncias cabo-solo, são escolhidas as alturas dos tramos e sequencialmente ocorrem os cálculos das catenárias envolvendo os cabos alocados nos tramos.

Com a locação definitiva dos tramos no perfil planialtimétrico, são desenvolvidas as barras progressivas de projeto, contendo a descrição de cada tramo, a distância em relação ao

início da linha de distribuição e as características estruturais do mesmo, locados na Planta de Perfil Planialtimétrico do Projeto.

#### **4.7 Cálculo dos Esforços**

Com a definição das estruturas e das alturas mínimas ante o solo, são calculadas as catenárias dos cabos, os esticamentos assim como os esforços das estruturas.

Após o cálculo das catenárias, são feitos os cálculos das flechas referentes as mesmas, obtendo as condições de esticamento dos cabos nas estruturas aqui utilizadas. Para o cálculo tanto das catenárias quanto das tabelas de esticamento são utilizados softwares devido a complexidade e a quantidade de cálculos envolvendo as mesmas. No caso aqui trabalhado, utilizamos o software CatlogVBA-RD.

Após o cálculo das catenárias são calculados os esforços das estruturas os quais são definidos de acordo com a silhueta e material das mesmas, assim como o cabo adotado. Os parâmetros para cálculo são obtidos conforme a NBR 5422 (ABNT, 1985).

A NBR 5422 (ABNT,1985) determina o quanto considerar referente as condições de esforços e de vento para a elaboração do projeto, assim como determina a porcentagem do uso em condições normais a critério de cada condutor. O cálculo dos esforços leva em consideração as seguintes variáveis:

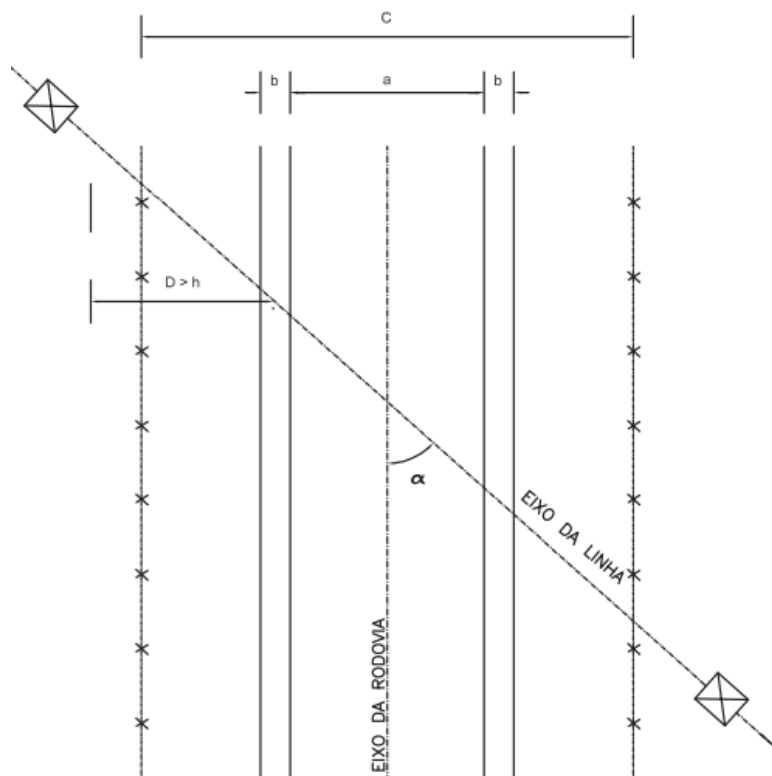
- Tração de projeto e flecha dos condutores para a pior situação;
- Velocidade do vento sobre os elementos suspensos;
- Peso das estruturas e elementos suspensos;
- Resistência mecânica das ferragens, cruzeta, amarrações e isoladores;
- Bitolas dos condutores, tensão e espaçamento entre eles;
- Espaçamento entre estruturas;
- Deflexão horizontal e vertical dos condutores em relação à estrutura;
- Perfil do terreno.

Os tramos devem ser escolhidos de acordo com sua capacidade de carregamento. Para tal, é importante primeiramente o desenvolvimento do diagrama de carregamento das estruturas quanto ao uso do cabeamento, a quantidade de cruzetas e os demais itens a serem utilizados no projeto, além das deflexões angulares ante ao traçado.

## 4.8 Travessias

Conforme a NBR5422 cada travessia requer um projeto específico apresentando a distância condutor-solo, assim como apresentando a deflexão junto a via ou obstáculo que deverá ser superior a 15 graus. A figura 5 apresenta um modelo de travessia.

**Figura 5 - Modelo de Travessia**



Fonte: Energisa (2018)

## 4.9 Tabela de Localização

Por fim, após o desenvolvimento dos itens anteriores é elaborada a tabela de localização, compreendendo todas as estruturas, suas coordenadas, descrição técnica das estruturas e as progressivas das mesmas até o ponto de conexão a distribuidora assim como a indicação das possíveis travessias no traçado da linha.

Acompanha a tabela de localização a lista de construção, item imprescindível para a execução e descrição do projeto contemplando a Tabela de Localização do empreendimento.

## 5 ESTUDO DE CASO

O projeto executado neste artigo consiste no estudo de caso de um RDMT que interliga uma Pequena Central Hidrelétrica localizada no estado do Rio de Janeiro a distribuidora de

energia local. O Projeto foi desenvolvido com o uso da plataforma Google Earth para obtenção dos traçados preliminares, o software AutoCAD Civil 3D para o desenvolvimento topográfico e o software CatlogVBA-RD para o cálculo dos esforços e locação das estruturas.

## 5.1 Informações Iniciais

Inicialmente foram apresentadas 3 alternativas de traçado da PCH ao ponto de entrega da concessionária, conforme pode ser observado na figura 6.

**Figura 6 - Traçados Preliminares**



Fonte: Google (2022)

A tabela 2 apresenta as demais informações iniciais complementares capazes de iniciar o desenvolvimento do projeto.

**Tabela 2: Dados Iniciais**

<b>Dados Iniciais</b>	
Potência Nominal (MW)	14.00
Modalidade de usina	Pequena Central Hidrelétrica (PCH)
Classe de Tensão	34,5 kV
Número de Circuitos	2
Condutor	336,4 mcm - LINNET
Comprimento de Linha	Aproximadamente 20 km

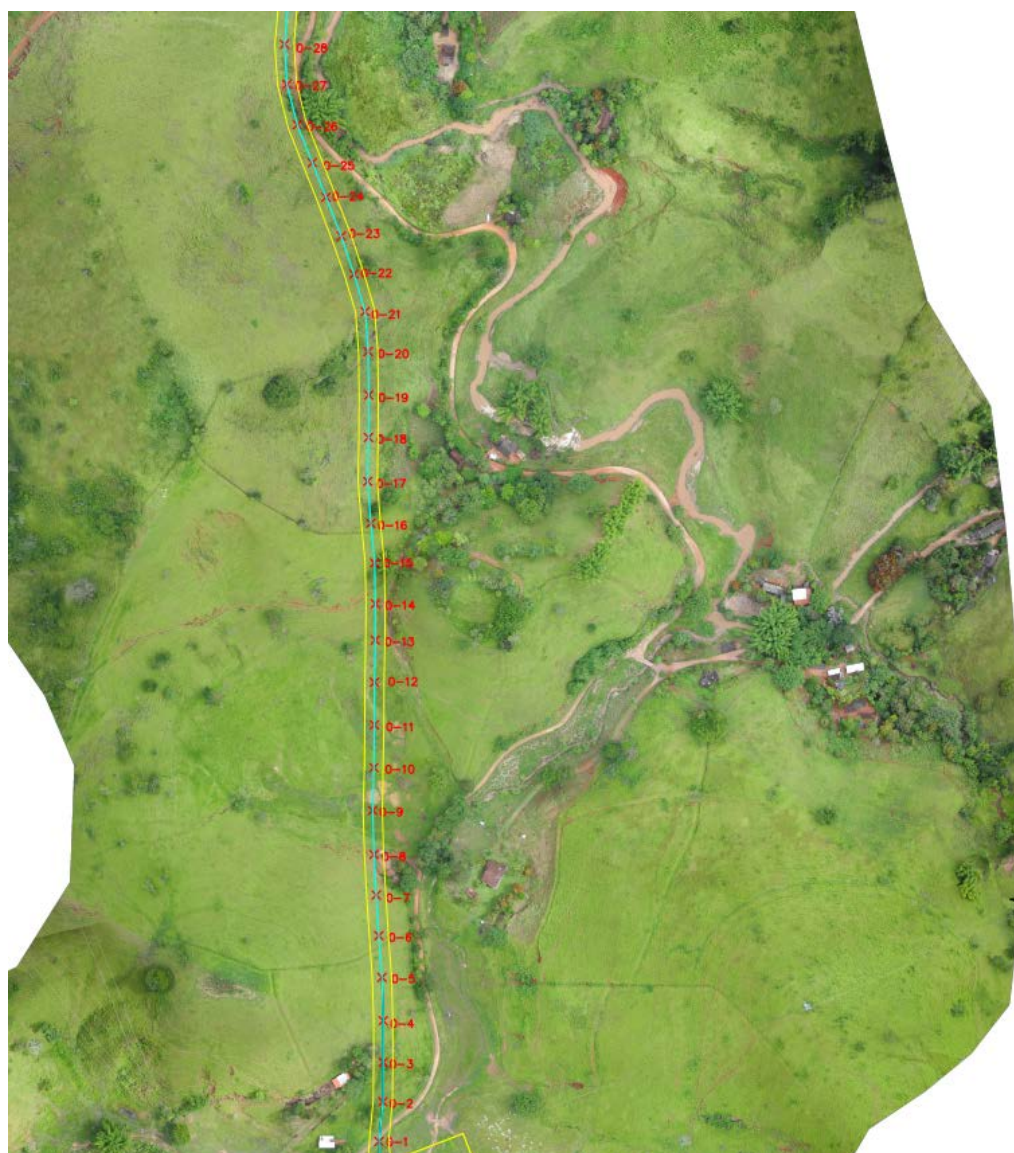
Fonte: Autor (2022)



#### 5.4 Locação dos Tramos na Planta Baixa

Com a definição do traçado e o tipo de estrutura, foi elaborado o traçado geral do RDMT contemplando 20,1 quilômetros. Inicialmente foi utilizado como vão ideal a distância de 35 metros entre os tramos, devido as características regionais. A figura 8 apresenta o km-0 do RDMT contando com o traçado da linha na cor azul ciano, a faixa de domínio em amarelo e os tramos alocados em vermelho com suas respectivas descrições.

**Figura 8 - RDMT km-0**



Fonte: Autor (2022)

A planta do traçado do empreendimento trouxe pequenas alterações quanto ao traçado original de modo a acomodar as travessias de maneira correta ante o existente.

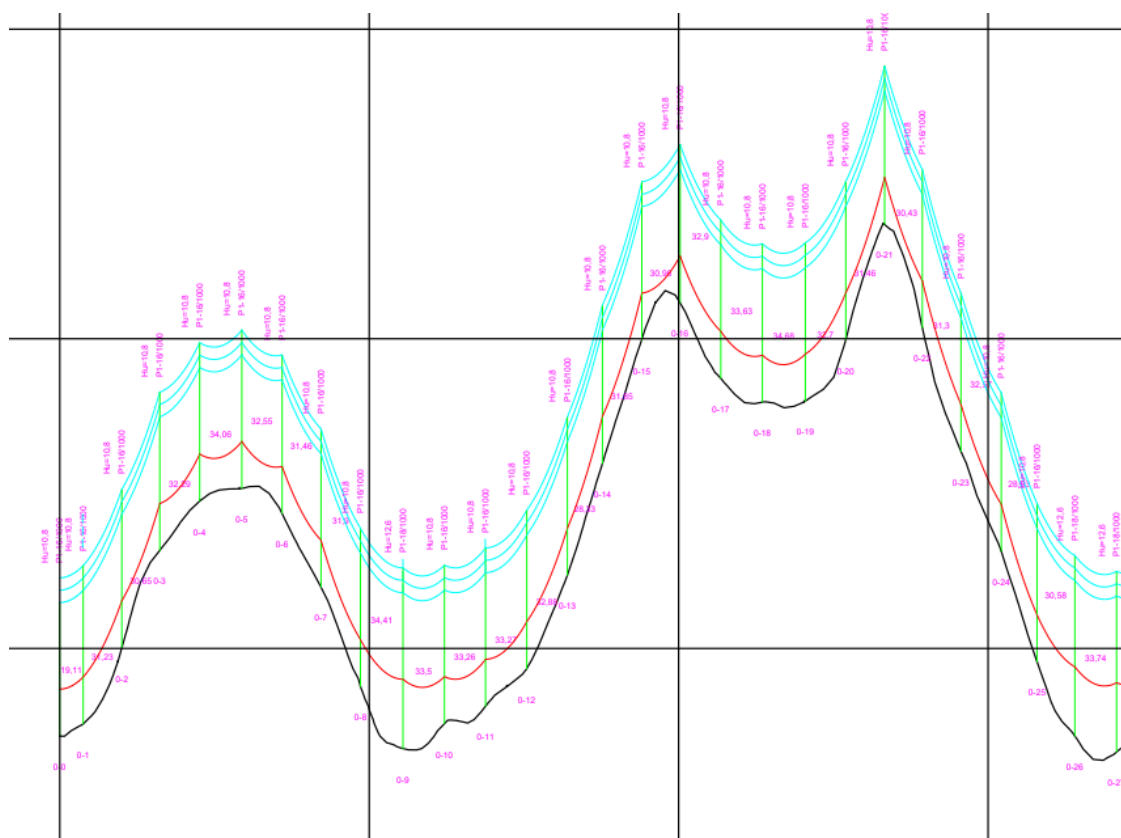
## 5.5 Perfil Planialtimétrico e Locação

Após a apresentação da planta de locação da linha de distribuição, foi elaborado o perfil planialtimétrico longitudinal do traçado para análise da locação desenvolvida. O software utilizado desenvolve as catenárias assim que são lançadas as estruturas no perfil, assim como as distâncias condutor-solo.

Foi adotada como estrutura padrão um poste N3 de 16 metros com cruzeta dupla e 10,8 metros em relação ao solo, denominado P1. A distância condutor-solo padrão é de 7,0 metros onde quando não é obtida, foram utilizados postes de maior dimensão.

A figura 9 apresenta o perfil planialtimétrico do km-0 do RDMT com as estruturas inicialmente locadas em verde, os condutores em ciano e as distâncias condutor-solo em vermelho assim como os vãos e descrição das estruturas em magenta.

Figura 9 - RDMT km-0



Fonte: Autor (2022)

## 5.6 Cálculo dos Esforços

Para o cálculo dos esforços foram utilizados os dados das tabelas 3 e 4.



**Tabela 3: Dados do Condutor**

Tipo	CAA
Código	LINNET
Bitola	336,4 MCM
Formação (fios Al)	19 / 3,66 mm
Diâmetro	18,31 mm
Peso Unitário	0,689 kg/m
Seção Transversal	198,2 mm <sup>2</sup>
Carga de Ruptura	6.390 kgf
Coefficiente de Dilatação Linear	23,0 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>
Resistência Elétrica CC a 20°C	0,1676 Ω/km

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 4: Dados da Região**

Temperatura média (EDS)	22°C
Temperatura máxima média	26°C
Temperatura mínima	6°C
Temperatura máxima	36°C
Temperatura coincidente	18°C
Velocidade básica do vento	26 m/s
Alfa de Gumbel	0,40 (m/s) <sup>-1</sup>
Beta de Gumbel	15 m/s

Fonte: Autor (2022)

Para o cálculo dos esforços mecânicos foram utilizadas as seguintes premissas:

- Tração média de EDS de 490 kgf, correspondente a 8,15 % da carga de ruptura do cabo, na temperatura de maior duração (22°C), condição final, sem vento.
- 50% da carga de ruptura do cabo à temperatura de ocorrência do vento de projeto, condição final, para um período de retorno de 50 anos e pressão de vento de 31 kgf/m<sup>2</sup>.
- 33% da carga de ruptura do cabo à temperatura mínima, condição inicial, sem vento.

A partir de então foram considerados os seguintes esforços para o km-0:

**Tabela 5: Cálculo dos Esforços KM-0**

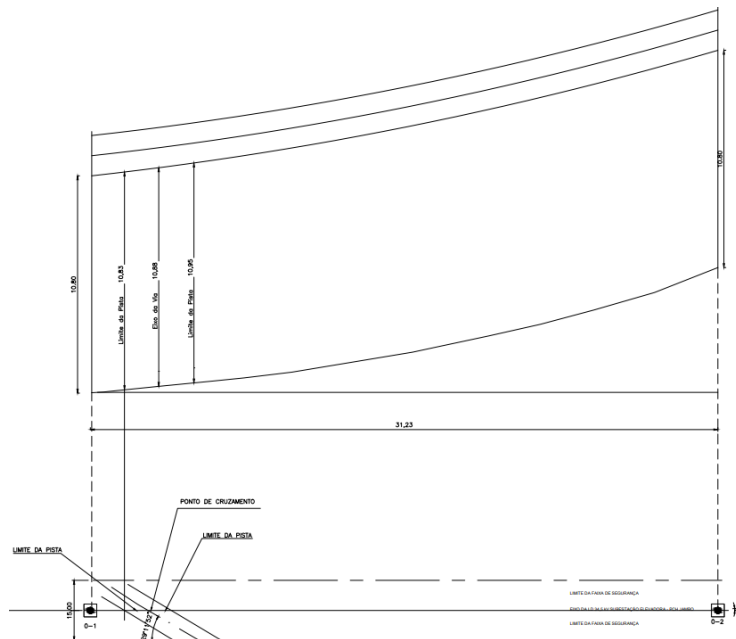
NÚMERO DA ESTRUTURA	TIPO	ALTURA TOTAL (m)	VÃO À VANTE (m)	VÃO MÉDIO	VÃO REGULADOR	ÂNGULO	LOCAÇÃO 1 ou 2	TRAÇÃO MÁXIMA PARA-RAIOS	TRAÇÃO MÁXIMA CONDUTOR	CARGA NOMINAL CALCULADA (daN)
0-0	P1	10,80	19,11		32,05	30	<b>1</b>	463,81	463,81	207,00
0-1	P1	10,80	31,23	25,00	32,05	30	<b>1</b>	463,81	463,81	275,00
0-2	P1	10,80	30,65	31,00	32,05	30	<b>1</b>	463,81	463,81	283,00
0-3	P1	10,80	32,29	31,00	32,05	30	<b>1</b>	463,81	463,81	283,00
0-4	P1	10,80	34,06	33,00	32,05	30	<b>1</b>	463,81	463,81	275,00
0-5	P1	10,80	32,55	33,00	32,05	30	<b>1</b>	463,81	463,81	280,00
0-6	P1	10,80	31,46	32,00	32,05	30	<b>1</b>	463,81	463,81	288,00
0-7	P1	10,80	31,90	32,00	32,05	30	<b>1</b>	463,81	463,81	286,00

Fonte: Autor (2022)

## 5.7 Travessias

Ao longo do traçado, foram encontradas ao todo 11 travessias ao todo. A figura 10 exemplifica uma travessia.

**Figura 10 - Travessia 1**



Fonte: Autor (2022)

## 5.8 Tabela de Locação

Com o desenvolvimento dos itens anteriores estes foram compilados na tabela de locação, conforme ilustrada pela tabela 6 a seguir.

**Tabela 6:** Tabela de Locação

NÚMERO DA ESTRUTURA	TIPO	ALTURA UTIL (m)	VÃO À VANTE (m)	COTA DE CENTRO DA ESTRUTURA (m)	DESNÍVEL (TERRENO)	DESNÍVEL CONDUTOR	VÃO MÉDIO	VÃO GRAVANTE	VÃO REGULADOR	PROGRESSIVA (m)	ALTURA DOS POSTES	CARGA NOMINAL	ESTRUTURA	OBSERVAÇÕES
0-0	P1	10,80	19,11	318,00	0,99	0,99			32,05	0,00	16	1000,0	N4-30PF	Pórtico de Entrada
0-1	P1	10,80	31,23	318,99	6,15	6,15	25,00	-2,00	32,05	19,11	16	1000,0	N4-30PF	
0-2	P1	10,80	30,65	325,14	7,86	7,86	31,00	20,00	32,05	50,34	16	1000,0	N4-30PF	Travessia - Via local
0-3	P1	10,80	32,29	333,00	4,00	4,00	31,00	56,00	32,05	80,99	16	1000,0	N4-30PF	
0-4	P1	10,80	34,06	337,00	1,02	1,02	33,00	51,00	32,05	113,28	16	1000,0	N4-30PF	
0-5	P1	10,80	32,55	338,02	-2,02	-2,02	33,00	50,00	32,05	147,34	16	1000,0	N4-30PF	
0-6	P1	10,80	31,46	336,00	-5,96	-5,96	32,00	55,00	32,05	179,89	16	1000,0	N4-30PF	
0-7	P1	10,80	31,90	330,04	-8,04	-8,04	32,00	43,00	32,05	211,35	16	1000,0	N4-30PF	

Fonte: Autor (2022)

## 6 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou as principais etapas da elaboração de um projeto de linha de distribuição, as premissas adotadas ao longo da concepção do projeto assim como as principais alternativas para tomada de decisão do engenheiro. O trabalho apresentou uma ferramenta procedimental para a elaboração de projetos de linha de distribuição em média tensão, apresentando os estágios de elaboração e os principais arquivos a serem desenvolvidos.

A metodologia desenvolvida no projeto apresenta diversas vantagens para sua implementação, tal como a diminuição do tempo alocado na concepção de projetos e no treinamento de novos profissionais. Além disso, a implantação de uma metodologia padronizada propicia o desenvolvimento de um padrão de qualidade na execução de projetos.

## 7 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Como recomendações de trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento de um artigo referente a projetos de subestações seccionadoras – tema também relevante ante ao crescimento da geração distribuída – e um estudo comparativo técnico-econômico entre o uso de postes de concreto e torres metálicas.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 5422**: Projetos de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

ABRADEE. **Redes de Energia Elétrica, 2021**. Disponível em: < <https://www.abradee.org.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica/>> Acesso em: 01/04/2022

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **PRODIST MODULO 3** Disponível em:< [https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956\\_2\\_2.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956_2_2.pdf)> . Acesso em: 15/04/2022

EPE. **NOTA DE DISCUSSÃO | Recursos Energéticos Distribuídos: Impactos no Planejamento Energético**. Disponível em < <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/ND%20/20Recursos%20Energ%C3%A9ticos%20Distribu%C3%ADdo%20s.pdf>> . Acesso em 04/05/2022.

ENEL. **Critérios de Projetos de Redes de AT. Rio de Janeiro, 2018**. Disponível em: < <https://energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/ETU%20114%2020Postes%20de%20Concreto%20Armadado%20para%20Rede%20de%20Distribui%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em 21/04/2022

ENERGISA. **Postes de Concreto Armado para Redes de Distribuição**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: < <https://www.eneldistribuicao.com.br/tj/documentos/CNS-OMBR-MAT-19-0284-EDBR%20%20Crit%C3%A9rio%20de%20Projeto%20de%20Linha%20de%20Distribui%C3%A7%C3%A3o%20AT.pdf>> . Acesso em 09/03/2022

MENDES, Carlos Augusto Nogueira. **Consumo de Energia e Crescimento Econômico: Relação de Estudo com foco nos países dos BRICS**. Dissertação de Mestrado, UFSM. Santa Maria, 2014. Disponível em <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/4738/MENDES%2c%20CARLOS%20AUGUSTO%20NOGUEIRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 16/05/2022.

MENEZES, Victor Prangiel. **Linhas de Transmissão de Energia Elétrica: Aspectos técnicos, orçamentários e construtivos**. Projeto de Graduação UFRJ. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015383.pdf>> Acesso em 16/05/2022

PIRAN, Fabio Santos Sartori Prangiel. **Análise dos Efeitos Proporcionados pela Transformação de uma Rede Convencional em Smart Grid: Estudo de Caso de uma Concessionária de Energia do Rio Grande do Sul**. Universidade de Taubaté. Taubaté, 2020. Acesso em 03/03/2022