

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

MARCELO DE BARROS RIGONI

**PROJETO DE DIPLOMAÇÃO**

**ESTUDO COMPARATIVO DE CONFIGURAÇÕES DE REDES DE  
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Porto Alegre

2016

MARCELO DE BARROS RIGONI

**PROJETO DE DIPLOMAÇÃO**  
**ESTUDO COMPARATIVO DE CONFIGURAÇÕES DE REDES DE**  
**DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Projeto de diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: Professor Doutor Luiz Tiarajú dos Reis Loureiro

Porto Alegre

2016

MARCELO DE BARROS RIGONI

## PROJETO DE DIPLOMAÇÃO

# ESTUDO COMPARATIVO DE CONFIGURAÇÕES DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi analisado e julgado adequado para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

Orientador: Prof. Dr. Luiz Tiarajú dos Reis Loureiro

---

Coordenador: Prof. Dr. Ály Flores Ferreira Filho

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Luiz Tiarajú dos Reis Loureiro – UFRGS

Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Gladis Bordin – UFRGS

Doutora pela Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

---

Prof. Dr. Roberto Petry Homrich – UFRGS

Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Carlos Rigoni e Cristina Platonow de Barros Rigoni, por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos de dificuldade. Agradeço também à minha irmã, Denise de Barros Rigoni pelo apoio ao longo desta etapa.

Aos meus familiares, por me incentivarem a seguir em frente e realizar este sonho.

Ao professor Luiz Tiarajú dos Reis Loureiro, por ter me orientado no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas e amigos da Graduação, pelas horas de projetos, estudos e ajuda, tornando possível este momento.

Ao Mário Reinaldo Kochemborger pelo tempo gasto na elaboração dos projetos deste trabalho.

A todas as pessoas que, de alguma forma, colaboraram com a minha formação acadêmica, especialmente aos professores do Departamento de Engenharia Elétrica.

## RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar os diferentes tipos de redes de distribuição de energia elétrica no Brasil, analisando as vantagens e desvantagens apresentadas nas diferentes configurações. Os tipos de redes de distribuição estudados são a rede aérea convencional, a rede aérea compacta, a rede aérea isolada e a rede subterrânea. Outras questões discutidas no presente trabalho abrangem alguns equipamentos utilizados nas redes de distribuição de energia elétrica. Um estudo comparativo foi elaborado analisando os custos de construção dos quatro tipos de redes de distribuição e dos custos de operação ao longo do ano de 2015 para uma rede aérea e uma rede subterrânea, além da análise de dados da confiabilidade para uma rede aérea e uma rede subterrânea em diferentes cidades do Brasil.

**Palavras-chave:** Energia Elétrica. Redes de Distribuição. Confiabilidade. Custos de Construção. Rede Aérea. Rede Subterrânea.

## **ABSTRACT**

This document was done in order to study the different types of electrical energy distribution networks in Brazil, analyzing the advantages and disadvantages presented in different configurations. The types of studied distribution networks are conventional overhead network, compact overhead network, isolated overhead network and underground network. Other issues discussed in this paper cover some equipment used in electrical energy distribution networks. Besides that, a comparative study was conducted by analyzing the construction costs of the four types of distribution networks and operating costs over the year 2015 for an overhead network and an underground network, in addition to the reliability data analysis for overhead network and an underground network in different cities of Brazil.

**Keywords:** Electrical Energy. Distribution Networks. Reliability. Construction Costs. Overhead Network. Underground Network.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do sistema elétrico .....	13
Figura 2 – Rede convencional .....	16
Figura 3 – Rede convencional com cruzeta.....	17
Figura 4 – Rede convencional tipo pilar.....	18
Figura 5 – Rede compacta .....	19
Figura 6 – Circuitos múltiplos em uma rede compacta.....	20
Figura 7 – Rede multiplexada.....	21
Figura 8 – Área de poda para os tipos de redes de distribuição aéreas .....	21
Figura 9 – Dutos de rede subterrânea .....	23
Figura 10 – Componentes do sistema subterrâneo .....	24
Figura 11 – Partes que compõem um para-raios .....	26
Figura 12 – Para-raios de corpo polimérico .....	27
Figura 13 – Isolador de corpo único .....	28
Figura 14 – Isolador de pino em porcelana .....	31
Figura 15 – Cadeia de isoladores de disco .....	31
Figura 16 – Isolador pilar .....	32
Figura 17 – Núcleo e carcaça de um transformador trifásico de distribuição .....	34
Figura 18 – Transformador para rede subterrânea.....	35

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios de desempenho .....	24
Quadro 2 – Custos referentes à construção das linhas.....	38
Quadro 3 – Custos percentuais de cada item da construção.....	39
Quadro 4 – Custo por quilômetro da implantação das redes .....	40
Quadro 5 – Custos de manutenção preventiva de uma rede aérea .....	42
Quadro 6 – Custos de manutenção corretiva de uma rede aérea.....	43
Quadro 7 – Custos totais de manutenção de uma rede aérea.....	43
Quadro 8 – Custos totais de manutenção de uma rede subterrânea.....	45
Quadro 9 – Indicadores de continuidade coletivos de Porto Alegre em 2015 .....	49
Quadro 10 – Indicadores de continuidade coletivos de Curitiba em 2015.....	50
Quadro 11 – Indicadores de continuidade coletivos do Rio de Janeiro em 2015.....	52

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Custo total de implantação dos tipos de rede de distribuição .....	38
Gráfico 2 – Custos percentuais referentes a cada item da construção.....	39
Gráfico 3 – Custo por quilômetro de implantação da rede.....	40
Gráfico 4 – Divisão dos custos com manutenção preventiva de uma rede aérea.....	42
Gráfico 5 – Divisão dos custos com manutenção corretiva de uma rede aérea.....	43
Gráfico 6 – DEC Porto Alegre 2015 .....	49
Gráfico 7 – FEC Porto Alegre 2015 .....	50
Gráfico 8 – FEC Curitiba 2015 .....	51
Gráfico 9 – DEC Curitiba 2015.....	51
Gráfico 10 – DEC Rio de Janeiro 2015.....	52
Gráfico 11 – FEC Rio de Janeiro 2015 .....	53

## LISTA DE ABREVIACOES

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FEC	Freqncia Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
KA	Quiloampre
KM	Quilômetro
KV	Quilovolt
MVA	Megavolt Ampére
PRODIST	Procedimentos de Distribuição

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	Exposição do Assunto .....	12
1.2	Objetivos.....	13
1.3	Estrutura do Trabalho .....	14
<b>2</b>	<b>REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .....</b>	<b>15</b>
2.1	Introdução.....	15
2.2	Rede de Distribuição Aérea Convencional.....	15
2.3	Rede de Distribuição Aérea Compacta.....	19
2.4	Rede de Distribuição Aérea Multiplexada/Isolada.....	20
2.5	Rede de Distribuição Subterrânea .....	22
<b>3</b>	<b>EQUIPAMENTOS .....</b>	<b>25</b>
3.1	Para-Raios.....	25
3.2	Chave Fusível .....	28
3.3	Isoladores.....	30
3.4	Transformadores de Potência .....	33
<b>4</b>	<b>CUSTOS .....</b>	<b>37</b>
4.1	Exposição do Assunto .....	37
4.2	Estudo de Caso .....	37
<b>5</b>	<b>CONFIABILIDADE.....</b>	<b>46</b>
5.1	Exposição do Assunto .....	46
5.2	Indicadores de Continuidade no Brasil.....	46
5.3	Análise dos Indicadores de Continuidade Coletivos .....	48
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>56</b>
	<b>ANEXO 1 – Custos de Construção da Rede Convencional .....</b>	<b>58</b>
	<b>ANEXO 2 – Custos de Construção da Rede Compacta.....</b>	<b>61</b>
	<b>ANEXO 3 – Custos de Construção da Rede Isolada .....</b>	<b>65</b>
	<b>ANEXO 4 – Custos de Construção da Rede Subterrânea .....</b>	<b>69</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Exposição do Assunto

Desde que a eletricidade foi descoberta até os dias atuais, não é possível a transmissão de energia elétrica pelo ar de uma maneira economicamente viável. Com isso, é necessário transportar a energia gerada nas usinas até os consumidores de alguma forma. Assim, surge a necessidade de construir as redes de energia elétrica [1].

Ao sair da usina, a energia elétrica é transmitida através de cabos aéreos e são fixados em torres de metal através de isoladores. Esse conjunto é chamado de rede de transmissão de energia elétrica. A função de uma subestação de transmissão é elevar ou rebaixar a tensão da energia elétrica. Elas estão localizadas nos pontos de conexão com as empresas distribuidoras, consumidores e geradores. Os principais equipamentos de uma subestação são: transformadores, seccionadores, disjuntores e equipamentos de medição e proteção do sistema.

A maior parte dos consumidores finais são os consumidores residenciais. Esses consumidores são atendidos pelo sistema de distribuição de energia elétrica, o qual é ramificado ao longo das ruas e avenidas da cidade. Este sistema é conectado diretamente ao sistema de transmissão. Os equipamentos do sistema de distribuição são semelhantes aos equipamentos do sistema de transmissão. A Figura 1 apresenta a estrutura do sistema elétrico.

Figura 1 - Estrutura do Sistema Elétrico



Fonte: CEMIG (2014)

## 1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é estudar e comparar uma rede elétrica de distribuição subterrânea e uma rede elétrica de distribuição aérea, analisando principalmente aspectos de confiabilidade das redes e o custo construtivo e de operação das mesmas. Com esta análise, pode-se estabelecer qual é a melhor escolha que fornece um custo benefício mais adequado.

### **1.3 Estrutura do Trabalho**

A estrutura deste trabalho está dividida em seis capítulos.

No Capítulo 2, é feita uma abordagem sobre os tipos de redes de distribuição de energia elétrica utilizados no Brasil, assim como suas principais vantagens e desvantagens apresentadas.

No Capítulo 3, são apresentados alguns equipamentos usados nas redes de distribuição, discutindo as suas características mais relevantes.

No Capítulo 4, são discutidos os custos envolvidos, desde a construção da rede até a operação das mesmas. Os custos de construção para as quatro configurações de redes de distribuição são apresentados, além de um comparativo dos custos de operação para uma rede aérea e uma rede subterrânea durante o ano de 2015.

No Capítulo 5, a questão da confiabilidade é abordada, mostrando os indicadores de continuidade brasileiros definidos pela ANEEL. Dados de indicadores coletivos são comparados e discutidos entre redes aéreas e redes subterrâneas nas cidades de Curitiba, Porto Alegre e Rio de Janeiro.

Finalmente, o Capítulo 6 é formado pelas conclusões do trabalho.

Complementa o trabalho, quadro anexos, sendo Anexo 1 o custo de construção de uma rede aérea convencional, Anexo 2 o custo de construção de uma rede aérea compacta, Anexo 3 o custo de construção de uma rede aérea isolada e Anexo 4 o custo de construção de uma rede subterrânea.

## **2 REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

### **2.1 Introdução**

Existem quatro tipos de redes de distribuição de energia elétrica:

- Rede de Distribuição Aérea Convencional (Figura 2);
- Rede de Distribuição Aérea Compacta (Figura 5);
- Rede de Distribuição Aérea Multiplexada (Figura 7);
- Rede Subterrânea (Figura 9).

Existem alguns fatores que influenciam diretamente na escolha do tipo de rede de distribuição a ser usado em um determinado local. Os principais fatores são:

- Vegetação na rede;
- Descargas atmosféricas;
- Meio ambiente animal;
- Abalroamentos, e
- Poluição salina e/ou industrial.

Estes fatores afetam o desempenho da rede elétrica, por isso a escolha correta do tipo de rede a ser utilizado é de extrema importância. Uma escolha mal feita pode diminuir consideravelmente a vida útil dos equipamentos, bem como acarretar em um aumento de interrupções no fornecimento da energia elétrica.

### **2.2 Rede de Distribuição Aérea Convencional**

A rede de distribuição aérea convencional é o tipo mais comum encontrado no Brasil. São utilizados condutores nus de cobre ou alumínio. Porém, os condutores de cobre devem ser aplicados somente em áreas litorâneas. Estas redes possuem um baixo fator de blindagem quanto a descargas atmosféricas e tensões induzidas. Deve-se utilizar para-raios ao longo da rede, bem como a utilização de cabos para-raios em casos mais críticos. A grande desvantagem deste tipo de rede, como os condutores são nus, é que eles ficam muito susceptíveis a desligamentos devido a toques provenientes da vegetação, diminuindo a confiabilidade da rede. Os dois principais tipos de redes convencionais são os que os isoladores são fixados em cruzetas ou diretamente no poste [2].

A rede com os isoladores fixados em cruzetas é o mais comum. As cruzetas podem ser de madeira, aço, concreto ou polimérica. A vantagem da montagem com cruzetas, é que ocupa menos espaço verticalmente no poste, mas não é possível montar mais de um circuito no mesmo nível. A manutenção e montagem dos equipamentos em relação à rede convencional tipo pilar é mais fácil, pois como a rede é disposta na horizontal, as ligações são mais simples e as distâncias entre as fases são maiores, aumentando assim a segurança para operação e manutenção do sistema elétrico.

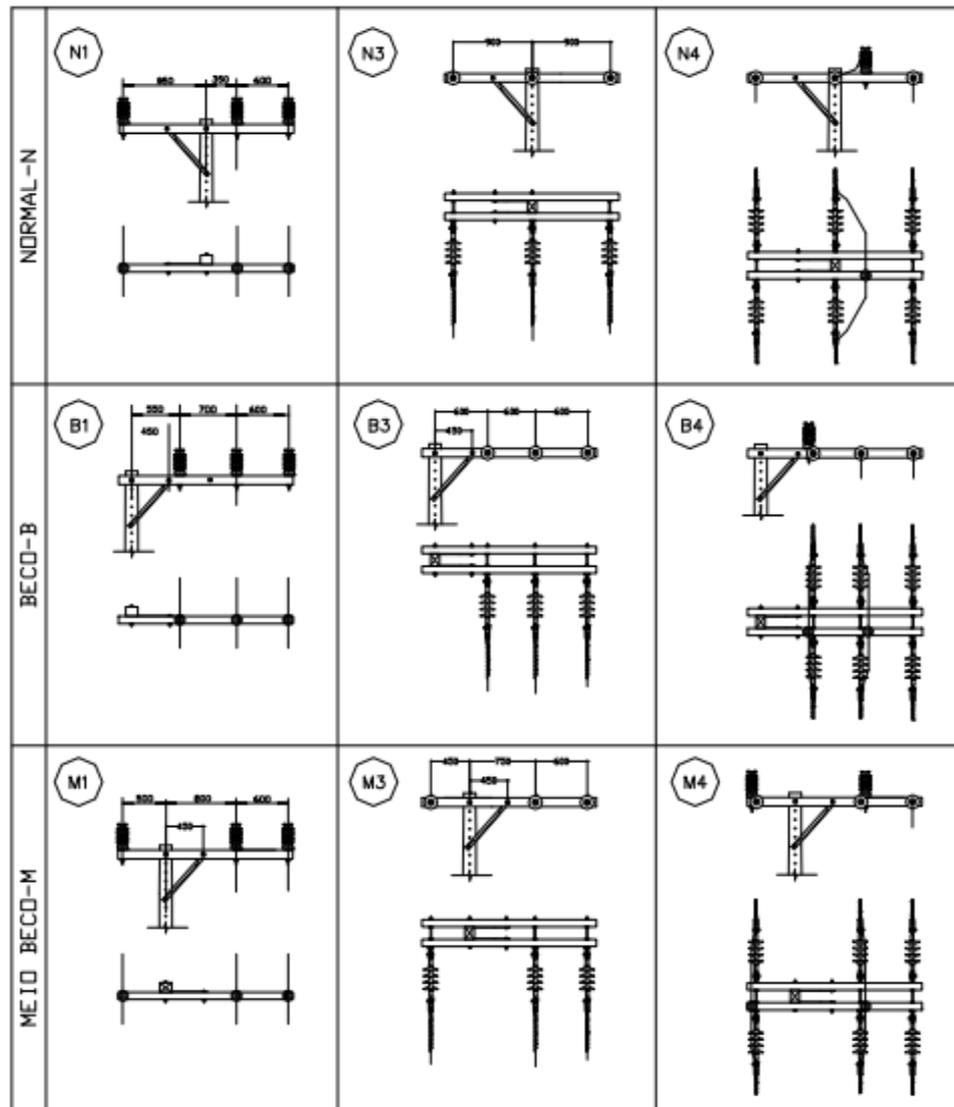
Figura 2 - Rede convencional



Fonte: CELESC (2012)

As formas de montagem mais usadas são do tipo N (normal), M (meio-beco) e B (beco). A Figura 3 apresenta a rede convencional com cruzeta e a Figura 4 apresenta a rede convencional tipo pilar.

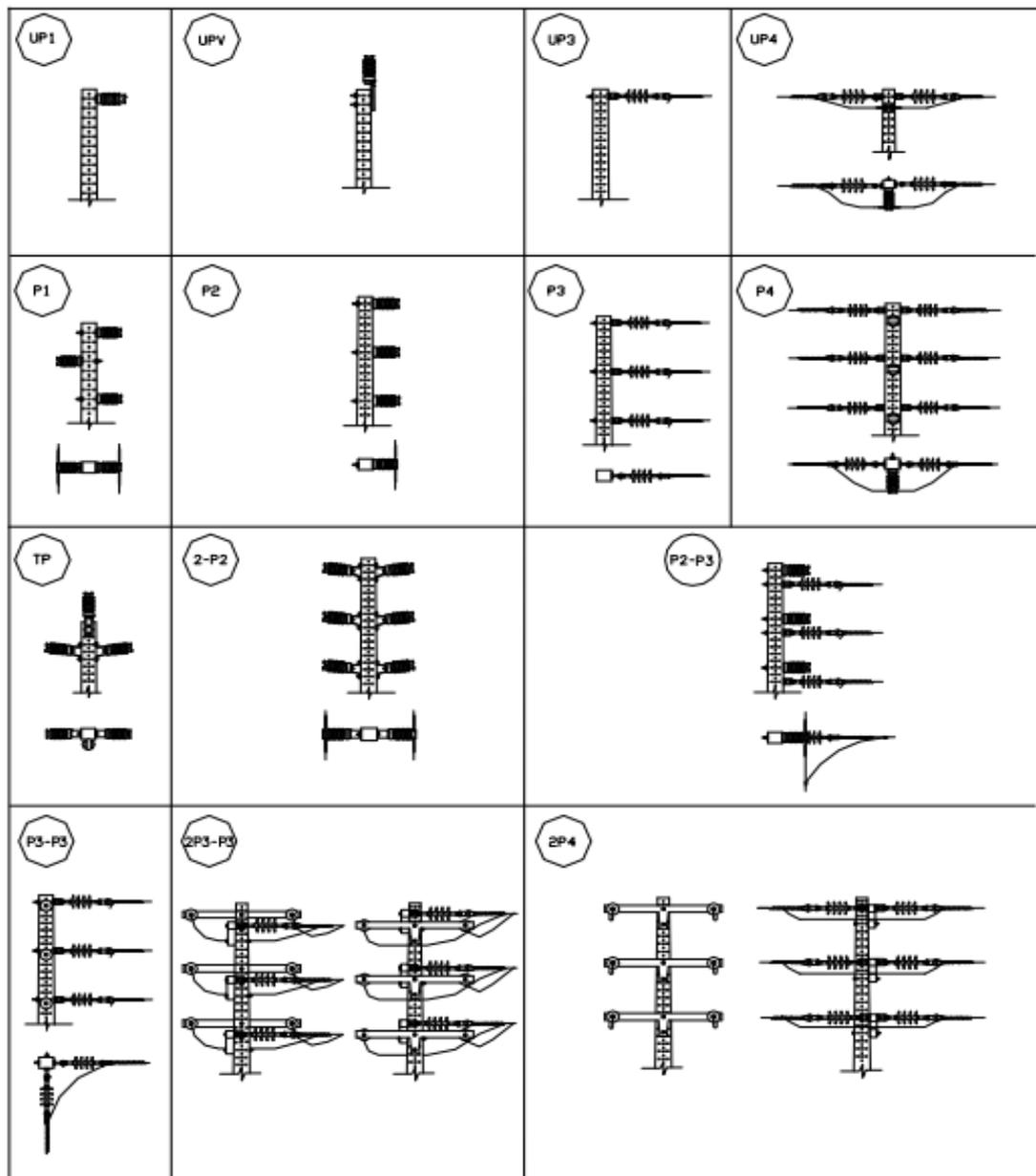
Figura 3 – Rede convencional com Cruzeta



Fonte: CELESC (2012)

A rede tipo pilar não utiliza cruzetas em sua montagem. Utilizam-se parafusos, suportes e cintas para fixar o isolador diretamente no poste. Ela apresenta um menor custo inicial em relação às redes convencionais do tipo cruzeta, pois são utilizados menos materiais para a montagem. Devido ao seu padrão, apresenta dificuldades, especialmente em áreas urbanas, na hora da manutenção que envolva equipamentos, como transformadores de distribuição, por exemplo. É muito usada em áreas rurais. Ela é disposta na vertical, possibilitando assim o uso dos dois lados do poste e a montagem de circuitos duplos de forma simples.

Figura 4 – Rede convencional tipo pilar



Fonte: CELESC (2012)

Nas áreas costeiras ou em áreas poluídas, o isolamento convencional não deve ser utilizado, devido à poluição ou salinidade agredirem o isolamento do sistema, ocasionando um elevado custo para a manutenção do sistema. O padrão de isolamento para estas áreas é o uso de isoladores com perfil protegido, nos quais a distância de escoamento fica protegida contra o acúmulo de poluentes.

Os isoladores com perfil protegido possuem uma vida útil três vezes maior que os isoladores convencionais e apresentam uma corrente de fuga até mil vezes menor. Os condutores de cobre são utilizados em áreas de alta poluição ou áreas litorâneas.

## 2.3 Rede de Distribuição Aérea Compacta

A rede compacta vem sendo muito usada no Brasil para a construção de novos alimentadores em áreas urbanas. Ela é composta por um cabo mensageiro que fornece sustentação a rede e condutores fase protegidos. Estes condutores possuem além do condutor em alumínio, uma cobertura polimérica e são fixados ao poste por meio de braços metálicos. Utilizam-se espaçadores no formato losangulares em intervalos regulares ao longo da rede.

Devido à cobertura polimérica, este tipo de rede apresenta uma confiabilidade maior, já que essa cobertura protege a rede contra eventuais contatos da vegetação. Outra vantagem das redes compactas refere-se a área de poda, a qual é reduzida, diminuindo assim o custo de manutenção e na contratação de equipes de roçada. Por possuir uma camada de material polimérico, ela não representa uma boa escolha em áreas de alta agressividade ambiental, pois estes materiais não suportam as solicitações elétricas.

Como a construção da rede compacta pode ser feita com circuitos múltiplos, tem-se um aproveitamento melhor do espaço no poste, sendo possível utilizar ambos os lados do mesmo. Assim, esta rede é muito usada para saídas de subestações e locais que são necessários mais de um alimentador por poste.

Figura 5 - Rede compacta



Fonte: CELESC (2012)

Figura 6 - Circuitos múltiplos em uma rede compacta



Fonte: CELESC (2012)

## **2.4 Rede de Distribuição Aérea Multiplexada/Isolada**

É o tipo de rede aérea com o maior custo de instalação. É composta por três cabos fases isolados e um cabo messageiro. Os cabos fases são enrolados em volta do cabo messageiro de liga de alumínio. Possui uma grande aplicação para alimentadores expressos. A vantagem da rede multiplexada é que o nível de confiabilidade é elevado em comparação com os outros tipos de redes aéreas, além de ocupar menos espaço.

Com relação à eventuais contatos da vegetação, ela não é susceptível a desligamentos, sendo assim, não é necessário a realização de poda da vegetação. Os condutores são blindados, não apresentando desligamentos provenientes de descargas atmosféricas, porém são susceptíveis a surtos oriundos das redes convencionais ou compactas.

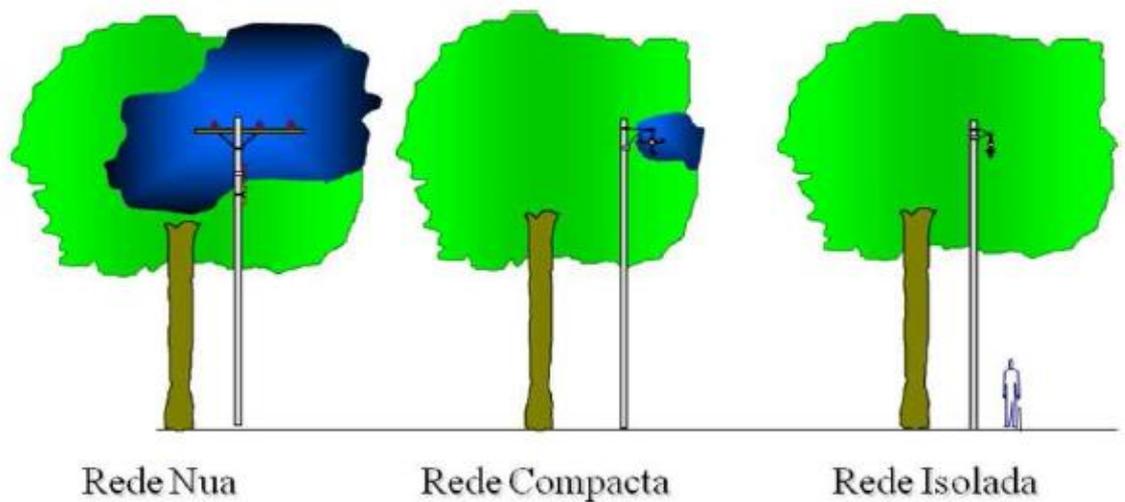
Figura 7 - Rede Multiplexada



Fonte: CELESC (2012)

A Figura 8 apresenta uma comparação nas áreas de poda da vegetação para as diferentes redes de distribuição aéreas. Na rede convencional, como os condutores são nus, a área a ser podada é maior, enquanto a rede isolada não é necessária a poda da vegetação, pois os condutores são isolados.

Figura 8 – Área de poda para os tipos de redes de distribuição aéreas



Fonte: CELESC (2012)

## 2.5 Rede de Distribuição Subterrânea

A rede subterrânea é a que apresenta o custo mais elevado para instalação. Também é a que possui maior confiabilidade e um custo de operação e manutenção menores em relação às redes aéreas. A instalação é feita com os condutores isolados instalados dentro de eletrodutos. Normalmente ela torna-se viável para áreas em que a densidade de carga é superior a 10 MVA/km<sup>2</sup>, tendo um retorno de investimento mais rápido. Pode ser utilizada em áreas históricas, onde a estética é um fator importante, preservando assim as fachadas dos prédios e áreas turísticas.

A desvantagem da rede subterrânea aparece na hora de realizar um reparo. Como a rede está enterrada, não é possível visualizar o defeito facilmente como nas redes aéreas. Atualmente, com a evolução da tecnologia, já existem aparelhos para localizar estes defeitos. Uma maneira é enviar um sinal e através do tempo deste sinal ir e voltar consegue-se estabelecer a distância que o problema se encontra. Por este motivo, é de extrema importância realizar a manutenção preventiva, evitando possíveis defeitos inesperados.

A rede subterrânea está protegida contra eventos climáticos e outras condições que as linhas aéreas estão expostas, porém o isolamento vai se deteriorando com o passar do tempo, devido aos ciclos de carregamento que eles se submetem. Com isso, o isolamento vai enfraquecendo, aumentando assim a probabilidade de ocorrer uma falha na rede. Seguindo o procedimento correto de instalação e manutenção preventiva, este processo pode levar anos e até ser evitado. A vida útil de uma linha subterrânea é similar ao de uma linha aérea. A duração é estimada em 30 anos.

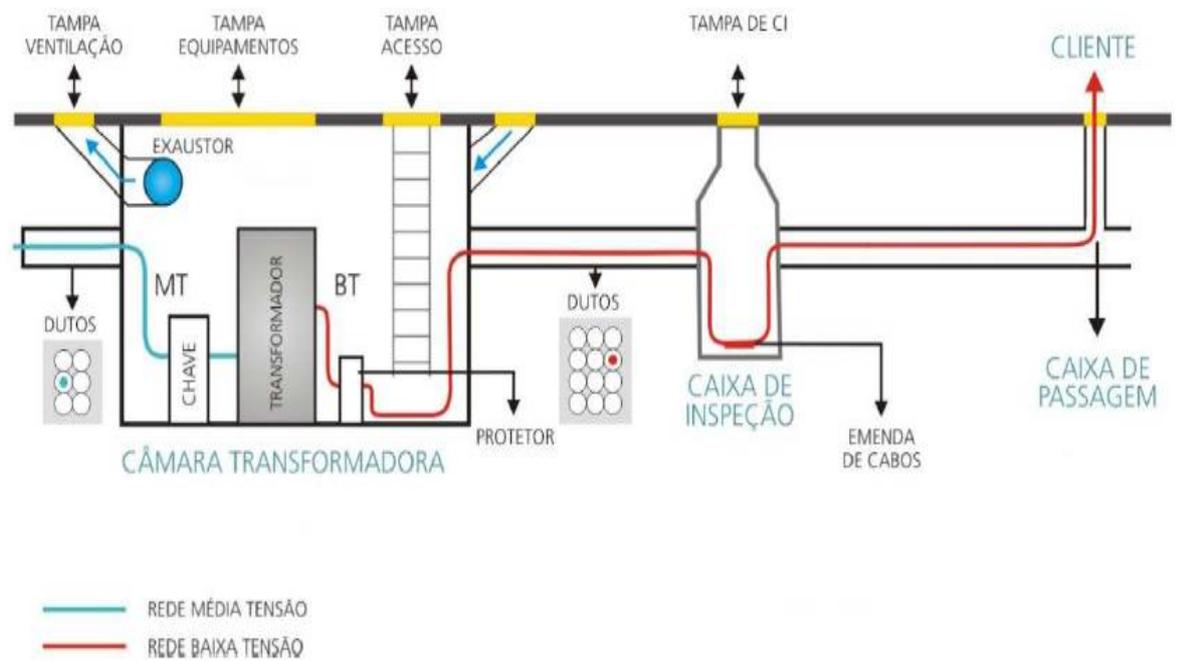
As câmaras transformadoras são estruturas construídas para abrigar os equipamentos de transformação da rede subterrânea. A construção é feita de concreto armado, possuem tampas para acesso e janelas para ventilação. As caixas de inspeção tem a função de facilitar a passagem de cabos e confecção de emendas. Elas apresentam dimensões menores que as câmaras transformadoras. Finalmente, as caixas de passagem permitem a derivação dos ramais para atender os clientes.

Figura 9 - Dutos de rede subterrânea



Fonte: CELESC (2012)

Figura 10 – Componentes do sistema subterrâneo



Fonte: LIGHT (2011)

O Quadro 1 apresenta um resumo de acordo com os critérios de desempenho que influenciam na escolha do tipo de rede de distribuição mais adequado para um determinado local.

**Quadro 1 – Critérios de desempenho**

<b>Critério</b>	<b>Convencional</b>	<b>Compacta</b>	<b>Isolada</b>	<b>Subterrânea</b>
Vegetação	RUIM	BOA	MUITO BOA	EXCELENTE
Descargas Atmosféricas (considerando instalação de para-raios)	BOA	BOA	BOA	BOA
Salinidade (rede convencional com isoladores híbridos)	BOA	RUIM	BOA	BOA
Alta densidade de carga	RUIM	BOA	BOA	EXCELENTE
Investimento	BAIXO	MÉDIO	ELEVADO	MUITO ELEVADO

Fonte: CELESC (2012)

## 3 EQUIPAMENTOS

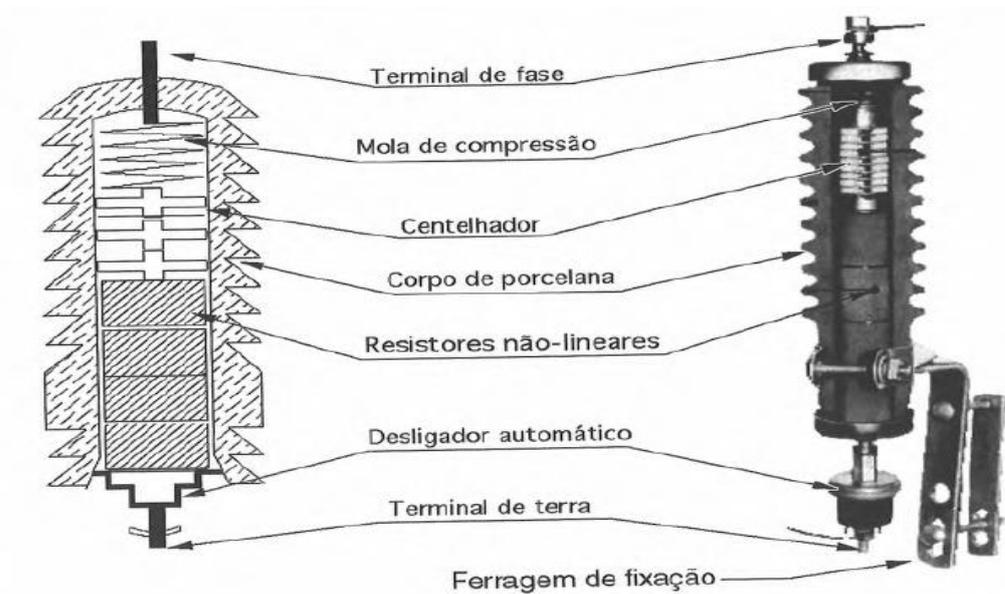
### 3.1 Para-Raios

As redes aéreas de distribuição estão sujeitas às descargas atmosféricas, as quais podem provocar sobretensões elevadas na rede, ocasionando a queima de equipamentos elétricos. As sobretensões geradas por descargas atmosféricas são chamadas de sobretensões de origem externa, enquanto as sobretensões de origem interna são ocasionadas durante manobras de disjuntores e chaves seccionadoras. Uma das alternativas para se proteger o sistema elétrico, é a instalação de para-raios. Este equipamento faz com que o nível de sobretensão seja reduzido a valores suportados pelo sistema. O valor máximo, a qual a sobretensão é limitada pelo para-raios corresponde ao nível de proteção oferecido ao sistema [5].

As principais partes que compõem o para-raios de carboneto de silício são:

- **Resistores não-lineares:** São utilizados resistores não-lineares de carboneto de silício em série com um centelhador formado por vários gaps.
- **Corpo de porcelana:** É o invólucro do para-raio, feito de porcelana vitrificada de alta resistência mecânica e dielétrica.
- **Centelhador série:** Sua função é eliminar rapidamente a corrente que segue a corrente de descarga do para-raios. É conectado em série com os resistores não-lineares.
- **Desligador automático:** A principal função é desligar o para-raios defeituoso da rede, realizando uma auto-explosão. Também é utilizado como um indicador visual de defeito do para-raios.
- **Protetor contra sobrepressão:** Serve para aliviar a pressão interna, proporcionando a vazão de gases, evitando a ruptura do invólucro de porcelana.
- **Mola de compressão:** Utilizada para reduzir a resistência de contato entre os blocos cerâmicos.

Figura 11 - Partes que compõem um para-raios

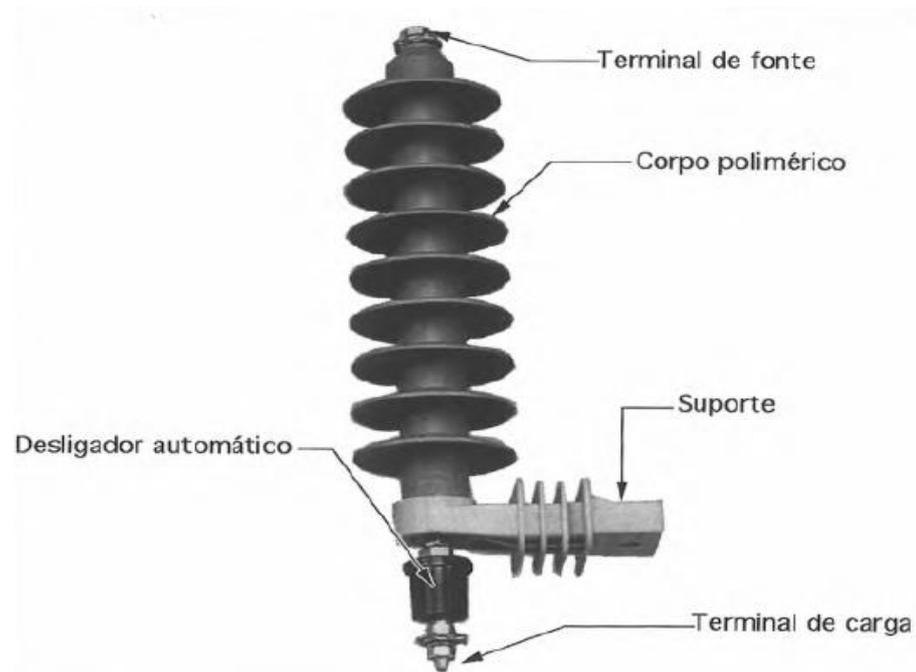


Fonte: MAMEDE FILHO (2005)

Os para-raios de carboneto de silício estão sendo substituídos pelos para-raios de óxido de zinco. Estes possuem uma melhor tecnologia e não possuem centelhadores série, assim a curva de atuação destes para-raios não apresentam transitórios. O nível de proteção é melhor definido, causando uma redução da margem de segurança do isolamento dos equipamentos. São formados pelas seguintes partes:

- **Resistores não-lineares:** São utilizados resistores não-lineares de óxido de zinco.
- **Corpo de porcelana:** Invólucro do para-raios, no qual são colocados os varistores de óxido de zinco.
- **Corpo polimérico:** Este invólucro é constituído de uma borracha de silicone. A principal diferença em relação aos invólucros de porcelana, é que o invólucro polimérico não possui espaços vazios internamente. A desvantagem é que a visualização de para-raios defeituosos a olho nu fica dificultada. Alguns para-raios com corpo polimérico não possuem desligador automático.

Figura 12 - Para-raios de corpo polimérico



Fonte: MAMEDE FILHO (2005)

Os para-raios podem ser classificados basicamente em duas classes:

- Classe estação: para-raios de 10 kA e 20 kA;
- Classe distribuição: para-raios de 5 kA e 10 kA com classe de descarga de linhas de transmissão 1.

Alguns itens devem ser especificados no projeto de um para-raios. São eles: Corrente de surto, tensão nominal, isolamento, classe de descarga, frequência, temperatura, condições ambientais, tensão residual sob impulso atmosférico, tensão residual sob impulso de manobra, tensão residual sob onda íngreme e altitude do local onde o para-raios será instalado.

Existem alguns ensaios para garantir que o equipamento esteja funcionando adequadamente. Os ensaios de rotina tem o objetivo de verificar as características mínimas de qualidade e uniformidade de produção de acordo com o projeto. Os ensaios de tipo são realizados para determinar o desempenho do equipamento e analisar se está em conformidade com a norma. Os principais ensaios realizados são:

**Ensaio de Rotina:** Corrente de fuga, tensão residual a impulso atmosférico, tensão de referência, estanqueidade e descargas parciais.

**Ensaio de Tipo:** Tensão residual a onda íngreme, tensão residual a impulso de manobra, ensaios dielétricos no invólucro, tensão suportável a impulso de manobra, tensão

suportável a impulso atmosférico, tensão suportável a frequência industrial, corrente de descarga, corrente de longa duração, ciclo de operação, curto circuito e rádio interferência [6].

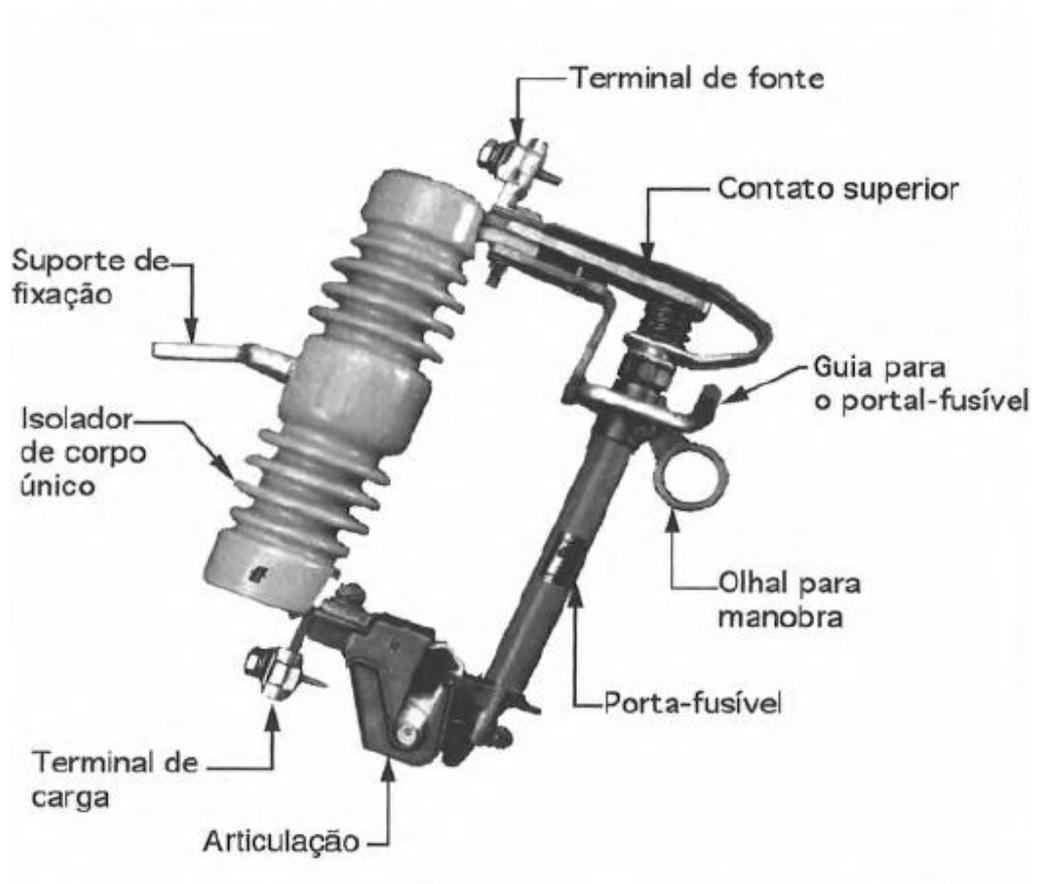
### 3.2 Chave Fusível

A chave fusível é um equipamento utilizado em redes aéreas de distribuição. A função dela é proteger os circuitos primários contra sobrecorrentes. Possui um fusível, o qual é responsável pelas características de sua operação. As chaves fusíveis são equipamentos para a abertura do circuito sem carga [5].

As principais partes que constituem as chaves fusíveis são:

- **Isolador:** Geralmente são de porcelana vitrificada. As chaves fusíveis possuem um ou dois isoladores, de acordo com o modelo. Devem possuir uma resistência mecânica que suporte os impactos de abertura e fechamento da chave fusível. O tipo mais comum usado em sistemas de distribuição para corrente nominal até 200 A é o isolador de corpo único.

Figura 13 - Isolador de corpo único



- **Gancho da ferramenta de abertura em carga:** Como as chaves fusíveis não possuem um sistema para extinguir o arco, elas não devem ser operadas com carga. Porém, utilizando a ferramenta de abertura em carga, é possível operá-la com o circuito em plena carga. Esta ferramenta é acoplada aos terminais da chave fusível.
- **Articulação:** Este conjunto possui um sistema de mola que é responsável pelo engate do porta fusível na articulação. O cartucho é pressionado para cima, enquanto o elo fusível é fixado na sua extremidade inferior. Assim a extremidade superior do cartucho é engatada na parte superior da chave fusível devido a pressão. Quando ocorre o rompimento do elo fusível, a pressão exercida para cima é relaxada, ocorrendo a abertura da chave fusível.
- **Cartucho ou porta-fusível:** Esta parte é formada por um tubo de fibra de vidro ou fenolite, além de um revestimento interno que aumenta a robustez do tubo e é responsável por gerar os gases que interrompem o arco elétrico. Outra função do cartucho é a possibilidade de fácil identificação visual por parte das equipes de manutenção de que a chave fusível atuou. Quando ocorre a operação da chave, a chave abre e o cartucho cai, ficando suspenso na extremidade inferior da mesma. Assim, as equipes de manutenção conseguem visualizar onde ocorreu o problema, mesmo estando a certa distância da estrutura.

Alguns itens devem ser especificados no projeto de uma chave fusível. São eles: corrente nominal em amperes, tensão nominal em quilovolts, capacidade de interrupção simétrica, capacidade de interrupção assimétrica, tensão suportável de impulso e distância de escoamento.

Existem alguns ensaios para garantir que o equipamento esteja funcionando adequadamente. Os ensaios de rotina tem o objetivo de verificar as características mínimas de qualidade e uniformidade de produção de acordo com o projeto. Os ensaios de tipo são realizados para determinar o desempenho do equipamento e analisar se é capaz de funcionar adequadamente de acordo com as condições especificadas. Os principais ensaios realizados são:

- **Ensaio de Rotina:** Verificação das dimensões, tensão suportável a frequência industrial a seco, elevação de temperatura, operação mecânica, ciclos térmicos e medição da resistência ôhmica de contato.

- **Ensaio de Tipo:** Tensão suportável de frequência industrial sob chuva, tensão suportável de impulso atmosférico, rádio interferência, resistência mecânica do isolador e análise química da liga de cobre.

### 3.3 Isoladores

Os isoladores elétricos são equipamentos que estão presentes no sistema elétrico em qualquer nível de tensão, desde a baixa tensão até 800 kV no Brasil. Alguns tipos de isoladores são mais robustos, dando a falsa impressão de que não são tão importantes como outros componentes do sistema elétrico [4].

A principal função destes equipamentos é garantir a isolação elétrica dos condutores entre si e a terra. Também são responsáveis pelos esforços mecânicos de sustentação, fornecendo suporte e fixação dos cabos e fios. Estão expostos às condições meteorológicas, sendo assim, dentro das especificações de projeto, devem suportar chuvas, granizo, vendavais, além de contaminantes como a maresia e poluição. Nestes locais, são necessárias lavagens e manutenção periódicas, diminuindo as interrupções causadas pelas correntes de fuga [5].

- **Isolador de Pino:** São utilizados em redes de distribuição rural e urbana primária com tensões de até 38 kV. Podem ser usados em sistemas de subtransmissão de até 72 kV, porém não é muito comum. O material empregado na sua fabricação é o vidro temperado ou porcelana vitrificada. É comum os isoladores de vidro possuírem dimensões menores que os isoladores de porcelana para a mesma tensão nominal. Em locais com maior poluição, a distância de escoamento dos isoladores é maior, dificultando fugas de corrente para a estrutura. A distância de escoamento é a medida que corresponde ao semi-perímetro que percorre as saias do isolador, desde o ponto de contato energizado até a ferragem de fixação. A Figura 14 apresenta um exemplo de um isolador de pino em porcelana.

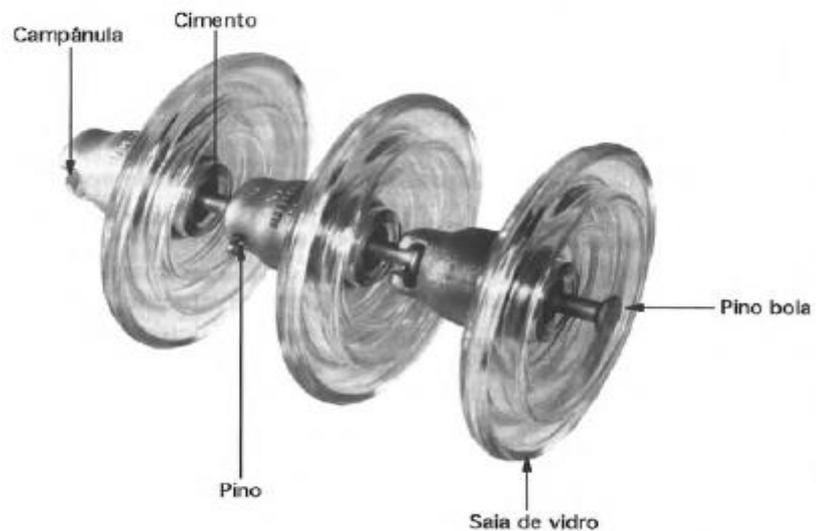
Figura 14 – Isolador de pino em porcelana



Fonte: MAMEDE FILHO (2005)

- **Isolador de Disco:** Também conhecidos como isoladores de suspensão, são utilizados em redes de distribuição urbana e rural primária e linhas de transmissão. São instalados na composição de cadeias, podendo ser aplicados em qualquer tensão, dependendo somente do número de isoladores aplicados em série. O material empregado na sua construção é o vidro temperado ou a porcelana vitrificada. A Figura 15 apresenta uma cadeia de isoladores de disco.

Figura 15 – Cadeia de isoladores de disco



Fonte: MAMEDE FILHO (2005)

A tensão na cadeia de isoladores não é distribuída de maneira uniforme. Isto se deve ao fato de que cada elemento da cadeia conduz a corrente capacitiva série que flui através do isolador e também a corrente capacitiva gerada pelas capacitâncias paralelas de todos os elementos da cadeia de isoladores em relação à terra.

- **Isolador Pilar:** É um isolador rígido formado por uma ou mais peças de material isolante montado em uma base metálica. O isolador é instalado rigidamente em uma estrutura de suporte. São constituídos por um corpo cilíndrico, podendo ser levemente cônicos, possuindo pequenas saias. O corpo do isolador pilar pode ser constituído de um núcleo maciço ou núcleo vazado. A Figura 16 apresenta um exemplo de um isolador pilar.

Figura 16 – Isolador pilar



Fonte: Catálogo Balestro (2016)

Alguns itens devem ser especificados no projeto de um isolador. São eles: Tipo de material, tipo do isolador, dimensões, carga mecânica, distância de escoamento e carga mecânica à flexão (exceto para isoladores tipo disco).

Existem alguns ensaios para garantir que o equipamento esteja funcionando adequadamente. Devem ser feitos pelos fabricantes de acordo com as normas e especificações apresentadas pelo cliente. Os ensaios de rotina tem o objetivo de verificar as características

mínimas de qualidade e uniformidade de produção de acordo com o projeto. Os ensaios de tipo são realizados para determinar o desempenho do equipamento e analisar se é capaz de funcionar adequadamente de acordo com as condições especificadas. Os principais ensaios realizados são [7]:

- **Ensaio de Rotina:** Tensão aplicada em alta frequência, tensão aplicada em frequência industrial, tração mecânica (para isoladores de disco), choque térmico (para isoladores de vidro temperado) e inspeção visual.
- **Ensaio de Tipo:** Tensão suportável a impulso ( $1,2 \times 50\mu\text{s}$ ), tensão suportável durante um minuto a seco, tensão suportável durante dez segundos sob chuva, tensão disruptiva a 50% sob impulso, tensão de descarga a seco e radio interferência.

### 3.4 Transformadores de Potência

O transformador de potência é um equipamento utilizado para elevar ou rebaixar a tensão da rede elétrica, sem alterar a potência do circuito. É constituído por um enrolamento primário e por um enrolamento secundário.

O transformador mais usado em um sistema de distribuição de energia elétrica é o transformador trifásico. O núcleo é composto de lâminas de aço empacotadas, envolvidas por um conjunto de bobinas, formando assim os enrolamentos primário e secundário. Alguns transformadores são colocados dentro de um tanque e imersos em um líquido isolante. Outros transformadores utilizam o ar como dielétrico. A carcaça é o local onde são colocados os suportes para fixação do transformador no poste.

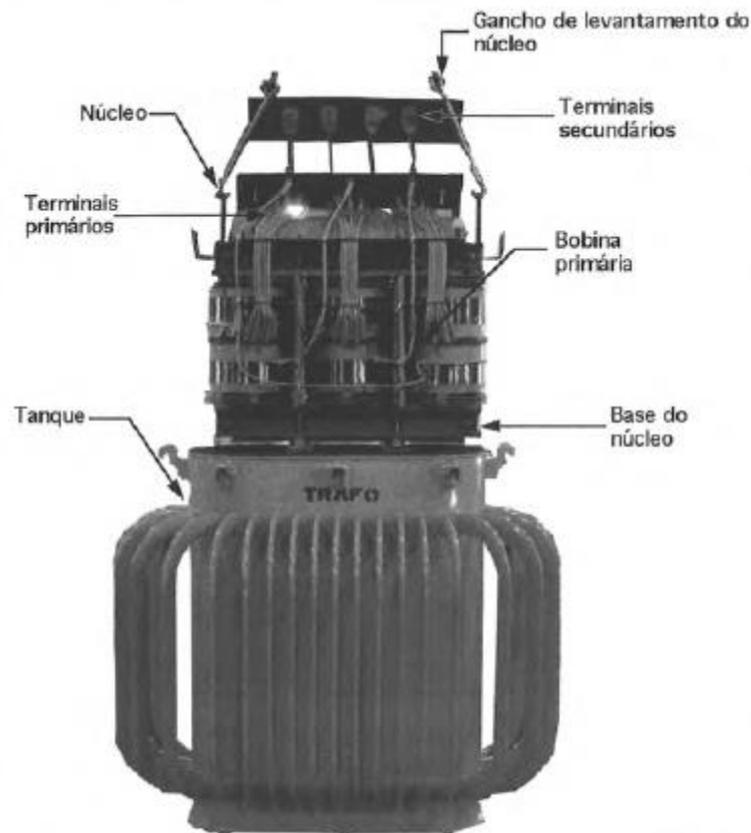
Os transformadores empregados em redes subterrâneas possuem uma construção específica e normalmente operam no interior de uma câmara subterrânea.

A classificação quanto ao meio isolante apresenta dois grupos: transformadores em líquido isolante e transformadores a seco. Os equipamentos em líquido isolante são mais baratos, por isso são mais utilizados. Há três líquidos isolantes que são usados: silicone, ascarel e óleo mineral. A utilização do ascarel está proibida no Brasil. Os transformadores a seco são aplicados em locais que estão expostos a perigos de incêndio, explosões, pois apresentam um nível de segurança mais elevado.

Como estes equipamentos geram calor quando estão em operação, necessitam um sistema de resfriamento para não afetar a qualidade da isolação dos enrolamentos. A transferência de calor pode ser realizada de diferentes maneiras: condução, convecção e

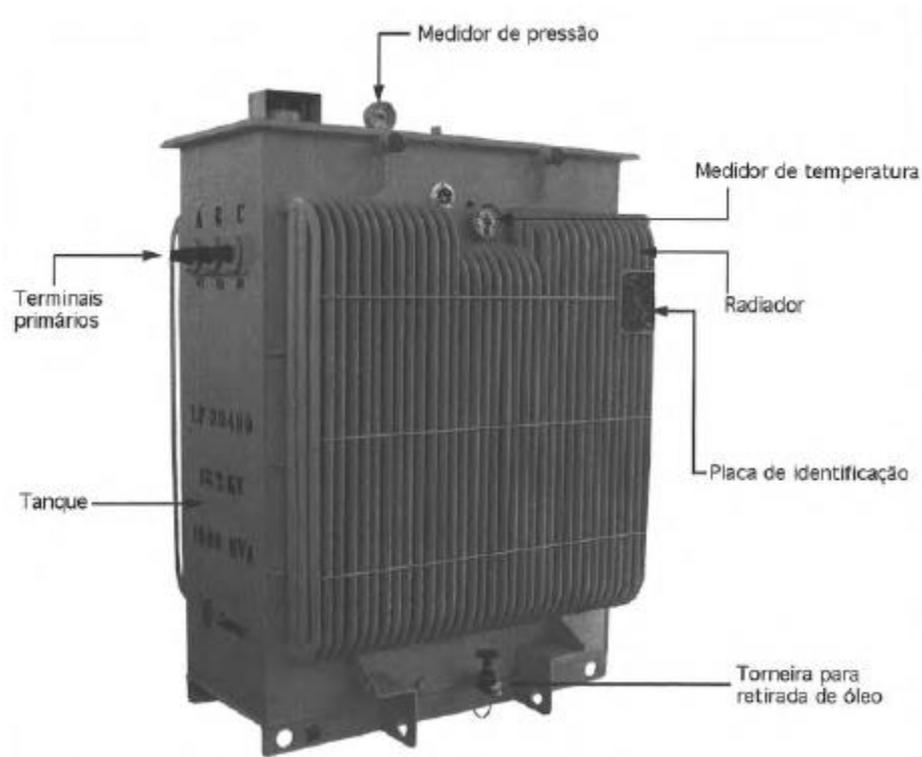
radiação. Os processos de maior relevância são a convecção natural e a convecção forçada. Na convecção natural, o ar quente sobe enquanto o ar frio desce. Em transformadores isolados com óleo, o óleo quente atinge a parte superior do transformador, retornando para a parte inferior através dos radiadores, fornecendo calor para o meio externo. Na convecção forçada, são utilizados ventiladores, os quais aceleram essa movimentação das massas de ar quente, fazendo com que ocorra a troca por massas de ar frio. Esse processo é mais rápido, melhorando a eficiência do resfriamento do transformador. A Figura 17 apresenta as partes que compõem um transformador trifásico de distribuição. A Figura 18 apresenta um transformador de distribuição utilizado em redes subterrâneas.

Figura 17 – Núcleo e carcaça de um transformador trifásico de distribuição



Fonte: MAMEDE FILHO (2005)

Figura 18 – Transformador para rede subterrânea



Fonte: MAMEDE FILHO (2005)

Os itens mínimos a serem especificados no projeto de um transformador são: Tensão primária, tensão secundária, potência nominal, número de fases, derivações desejadas, tipo do transformador, deslocamento angular e impedância.

Existem alguns ensaios para garantir que o equipamento esteja funcionando adequadamente. Devem ser feitos pelos fabricantes de acordo com as normas e especificações apresentadas pelo cliente. Os ensaios de rotina devem ser aplicados em todas as unidades de produção. Possuem a finalidade de verificar as características mínimas de qualidade e uniformidade de produção de acordo com o projeto. Os ensaios de tipo são realizados para determinar o desempenho do equipamento e analisar se é capaz de funcionar adequadamente de acordo com as condições especificadas. Os ensaios especiais são exigidos devido à importância da instalação ou ao grau de periculosidade da mesma. Os principais ensaios realizados são [8]:

- **Ensaio de Rotina:** Resistência elétrica dos enrolamentos, relação das tensões, perdas em vazio e em carga, corrente de excitação, ensaios dielétricos, impedância, resistência de isolamento, estanqueidade.

- **Ensaio de Tipo:** Temperatura, dielétrico, nível de ruído, rádio interferência e fator de potência do isolamento.
- **Ensaio Especiais:** Curto-circuito, medida das capacitâncias, saturação, polimerização de papel, fator dissipação, medição dos harmônicos na corrente de excitação.

## **4 CUSTOS**

### **4.1 Exposição do Assunto**

O custo de construção de uma linha de distribuição de energia elétrica varia de acordo com alguns fatores envolvidos. O custo muda de acordo com o tipo de instalação, o grau de confiabilidade necessário, o local onde a linha será construída e o tipo de material utilizado.

Em uma área rural é possível espaçar mais os postes um do outro, reduzindo o número de postes instalados e conseqüentemente o custo de material e instalação. Por outro lado, na área urbana o espaçamento entre os postes tende a ser menor, aumentando a quantidade a ser instalada. Para a implantação de uma rede subterrânea, os principais custos envolvidos são na abertura de valas, no recapeamento dos locais afetados e o custo dos equipamentos instalados.

Além dos custos de implantação da rede, também existem os custos operacionais que englobam a manutenção preventiva e a manutenção corretiva da rede, além dos custos de energia não distribuída. A manutenção preventiva possui o objetivo de não interromper o fornecimento de energia elétrica para os consumidores devido a falhas ou defeitos de equipamentos. Ocorre de maneira programada em intervalos de tempo escolhidos pela concessionária responsável pela rede elétrica. A manutenção corretiva ocorre quando há uma interrupção no fornecimento de energia elétrica no sistema, seja por defeito de um equipamento ou por motivos acidentais. Geralmente é feita de maneira emergencial, necessitando maior tempo de reparo e custos mais elevados para restabelecer o fornecimento de energia. Em alguns casos é feita de maneira programada, sendo mais segura e mais rápida. Finalmente os custos de energia não distribuída envolvem as interrupções no fornecimento de energia elétrica para os consumidores, causando uma queda no faturamento da concessionária. Devido às interrupções, pode ocorrer a queima de equipamentos elétricos, havendo a necessidade de a concessionária ressarcir o cliente.

### **4.2 Estudo de Caso**

Para ser possível traçar uma comparação dos custos de construção de uma linha de distribuição de energia elétrica, foram analisados quatro projetos de uma mesma linha de distribuição, porém, projetadas em diferentes configurações (rede aérea convencional, rede aérea compacta, rede aérea isolada e rede subterrânea). A linha estudada possui um comprimento de aproximadamente 5 km e está situada em uma área urbana. A tensão elétrica

da linha é de 13,8 kV. A linha de distribuição projetada é uma linha hipotética, porém realística. Ela está localizada na cidade de Concórdia, Santa Catarina.

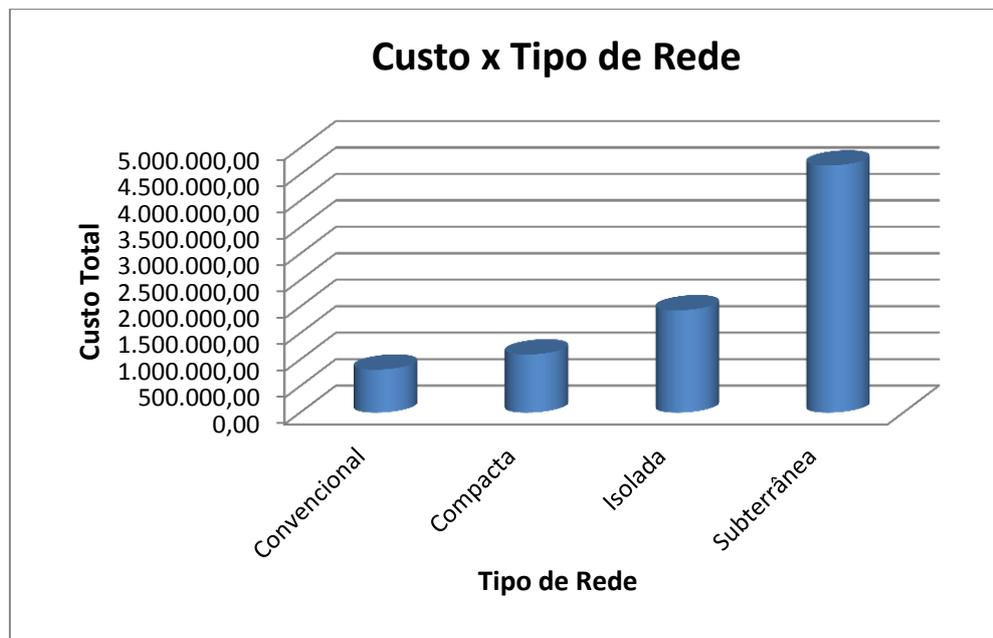
Os projetos da rede elétrica convencional e da rede elétrica compacta contemplam 121 postes de concreto distribuídos ao longo de 5059 metros. O projeto da rede elétrica isolada possui 118 postes de concreto ao longo de 4979 metros. A rede elétrica subterrânea é composta de quatro câmaras subterrâneas e a distância total é de 4974 metros. Todos os projetos contemplam a instalação de 10 transformadores. Os custos foram divididos em três fatores: o custo dos materiais utilizados na construção, o custo de mão de obra para a construção, inclusive o da equipe de linha viva quando necessário e o custo administrativo, o qual representa os custos totais referentes ao projeto, desde a elaboração até a fiscalização. O Quadro 2 e o Gráfico 1 apresentam os custos para cada uma das quatro configurações.

**Quadro 2 - Custos referentes à construção das linhas**

	<b>Convencional</b>	<b>Compacta</b>	<b>Isolada</b>	<b>Subterrânea</b>
<b>Materiais (R\$)</b>	409.906,16	606.291,40	1.371.047,45	2.196.144,39
<b>Mão de Obra (R\$)</b>	325.537,27	388.661,99	379.602,60	2.031.401,52
<b>Administrativo (R\$)</b>	77.221,56	104.470,11	183.818,25	443.892,32
<b>Total (R\$)</b>	<b>812.664,99</b>	<b>1.099.423,50</b>	<b>1.934.468,30</b>	<b>4.671.438,23</b>

Fonte: Dados referentes ao projeto elaborado

**Gráfico 1 - Custo total de implantação dos tipos de rede distribuição**



Fonte: Dados referentes ao projeto elaborado

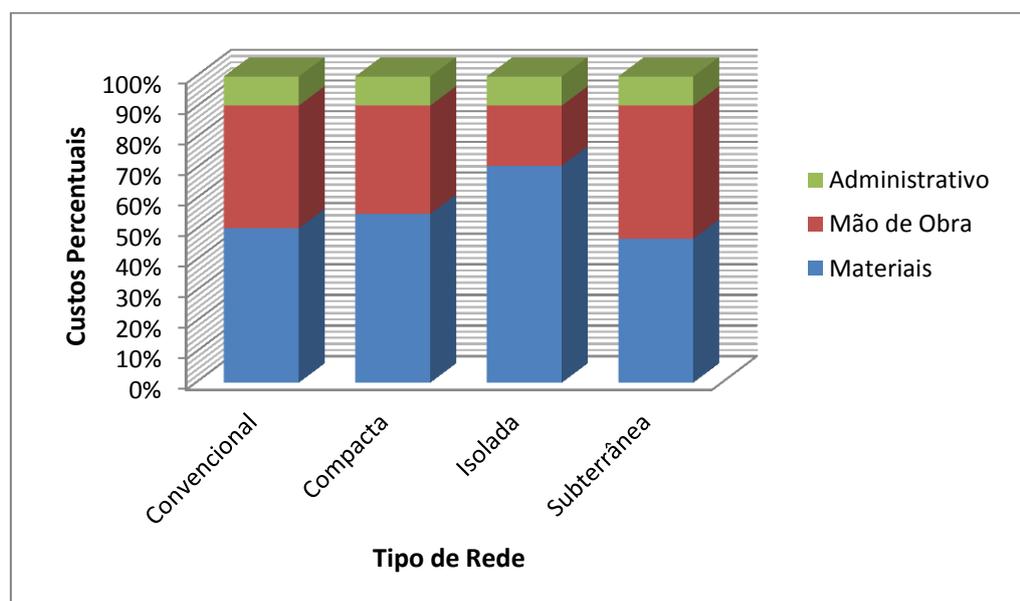
A rede convencional e a rede compacta apresentam um custo semelhante, devido à estrutura de construção da linha ser praticamente a mesma. A principal diferença encontra-se no cabo utilizado na linha de distribuição. O cabo utilizado na linha compacta, por ser um cabo de alumínio coberto, possui um valor muito mais elevado do que o cabo utilizado na linha convencional, o qual é um cabo de alumínio nu. A diferença de valores para a rede isolada deve-se ao mesmo motivo. O custo do cabo multiplexado do alumínio é muito maior que os cabos utilizados na rede convencional e compacta, sendo responsável por mais de 70% do valor total correspondente aos materiais necessários para a construção da rede isolada. Já para a rede subterrânea, o custo dos equipamentos utilizados na rede, como transformadores, chaves seccionadoras, quadros de distribuição pedestal apresentam custos mais elevados em relação às redes aéreas. Outra grande diferença é na instalação da rede, onde são necessárias algumas obras civis que em redes aéreas não são necessárias. Com isso, o custo de mão de obra envolvido é muito maior. O Quadro 3 apresenta os custos percentuais referentes a cada item da construção da rede.

**Quadro 3 - Custos percentuais de cada item da construção**

	Convencional	Compacta	Isolada	Subterrânea
<b>Materiais (%)</b>	50,44	55,15	70,88	47,01
<b>Mão de Obra (%)</b>	40,06	35,35	19,62	43,49
<b>Administrativo (%)</b>	9,50	9,50	9,50	9,50
<b>Total (%)</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados referentes ao projeto elaborado

**Gráfico 2 - Custos percentuais referentes a cada item da construção**



Fonte: Dados referentes ao projeto elaborado

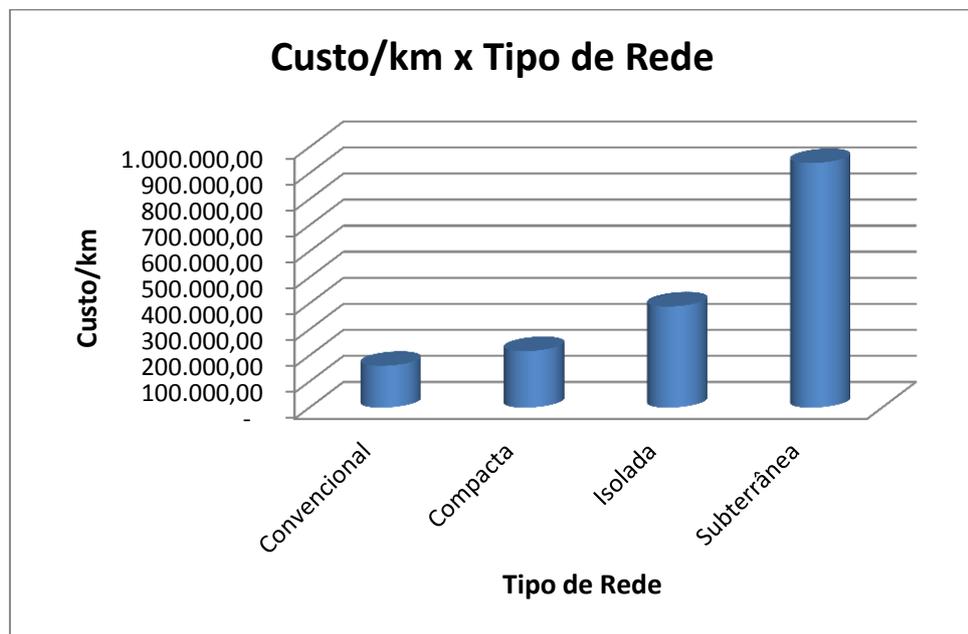
Através do Gráfico 2, pode-se perceber que o custo administrativo, apesar de possuir valores diferentes, apresenta o mesmo custo percentual em todas as configurações, em relação ao custo total da obra. Esse resultado já era esperado, tendo em vista que a construção das linhas é feita pela mesma concessionária de energia. O custo da mão de obra para as três configurações aéreas é muito semelhante, pois o processo de construção é parecido. Porém na rede isolada o custo percentual diminui bastante em função do custo dos materiais serem elevado. Na rede subterrânea o custo dos materiais e da mão de obra é semelhante. O Quadro 4 apresenta o custo total por quilômetro da construção dos tipos de redes de distribuição

**Quadro 4 - Custo por quilômetro da implantação da rede**

Tipo de Rede	Custo/km (R\$)
Convencional	160.637,48
Compacta	217.320,32
Isolada	388.525,47
Subterrânea	939.171,34

Fonte: Dados referentes ao projeto elaborado

**Gráfico 3 – Custo por quilômetro de implantação da rede**



Fonte: Dados referentes ao projeto elaborado

Analisando os dados de custos obtidos, nota-se que uma linha de distribuição subterrânea é cerca de seis vezes maior que a rede convencional, quatro vezes e meia a rede compacta e duas vezes e meia a rede isolada. A tecnologia está evoluindo, diminuindo essa

diferença de custos. Alguns anos atrás, a diferença do custo de implantação da rede subterrânea era em torno de dez vezes maior que a implantação da rede convencional.

A maior parte do sistema elétrico brasileiro de distribuição é através de rede aérea com condutores nus. Esse tipo de rede está sujeito as mais diversas situações que provocam a interrupção no fornecimento de energia elétrica. Muito embora o sistema seja dotado de equipamentos para garantir a distribuição de energia elétrica com segurança, eficiência, qualidade e confiabilidade ocorrem situações imprevisíveis. As causas com maior incidência e que provocam maior impacto no fornecimento de energia elétrica são: vegetação na rede, condição climática adversa, descargas atmosféricas, abalroamento, meio ambiente animal e terceiros.

A vegetação causa um grande impacto no fornecimento de energia elétrica, especialmente nas áreas rurais. Embora a manutenção preventiva seja realizada com a poda e corte da vegetação em locais próximos a rede elétrica, está ocorrendo uma mudança significativa no meio ambiente, tanto nas intempéries, quanto na mudança da atividade agrícola explorada na região. As culturas rasteiras estão sendo substituídas por reflorestamentos, principalmente de eucaliptos. Como essas árvores são altas e possuem o tronco de pequena espessura, quando há fortes ventos, elas inclinam-se atingindo a rede e provocando desligamentos. Em alguns casos galhos e cascas são lançados pelo vento sobre as redes, provocando interrupções e oscilações no fornecimento de energia elétrica.

Grande parte do traçado das redes está localizado ao longo das vias públicas e junto ao meio fio das calçadas, especialmente em áreas urbanas. Assim, estão sujeitas a ação de terceiros, podendo vir a provocar abalroamentos em postes por veículos, além de quedas de objetos de sacadas ou obras de construção.

Quando o sistema elétrico é atingido por uma descarga atmosférica, os equipamentos de proteção atuam. Dependendo da dimensão da descarga pode ocorrer a abertura do equipamento de proteção, porém muitas vezes causam danos aos componentes das estruturas aéreas, tais como, cruzetas, isoladores, para-raios, chaves e que irão demandar a necessidade da manutenção corretiva e/ou preventiva. Outra causa menos comum é a interferência animal, que por vezes entram em contato com a rede energizada, causando curtos-circuitos.

Diante disso muitas vezes há a necessidade da manutenção corretiva a fim de restabelecer o sistema, assim comode se realizar periodicamente a manutenção preventiva através da realização de inspeções visuais das redes e posterior substituição de componentes avariados ou desgastados como, por exemplo: postes de madeira podres ou de concreto danificados, isoladores quebrados, chaves danificadas, cruzetas avariadas, condutores

danificados ou com sobrecarga, etc. Os serviços de roçada, corte de vegetação e podas junto às redes de distribuição também são de suma importância para manter o sistema elétrico em operação.

Os dados analisados são referentes a um total de 9.473 km de redes, sendo 5.077 km de rede primária com tensão de 13,8 kV ou 23 kV e 4.396 km de rede secundária com tensão de 220/380 V. O número total de postes instalados é de 86.830 e o número total de transformadores instalados é de 9.149, com 69.415 unidades consumidoras atendidas, sendo 373 em rede primária e 69.042 em rede secundária. Durante o ano de 2015 foram atendidas um total de 12.767 ocorrências. Os Quadros 5, 6 e 7 apresentam os custos de manutenção referentes ao ano de 2015. O Gráfico 4 apresenta o custo de manutenção preventiva de uma rede aérea, o Gráfico 5 apresenta os custos de manutenção corretiva de uma rede aérea e o Gráfico 6 apresenta os custos totais de manutenção de uma rede aérea durante o ano de 2015.

#### Quadro 5 – Custos de manutenção preventiva de uma rede aérea

Descrição do Serviço	Custo total (R\$)	Custo por km de rede (R\$)
Roçada/corte vegetação	705.951,03	74,52
Manutenção desenergizada	946.461,18	99,92
Manutenção energizada	420.657,00	44,41
<b>Total</b>	<b>2.073.069,21</b>	<b>218,85</b>

Fonte: Comunicação privada

#### Gráfico 4 - Divisão dos custos com manutenção preventiva de uma rede aérea



Fonte: Comunicação privada

**Quadro 6 – Custos de manutenção corretiva de uma rede aérea**

Descrição Serviço	Custo total (R\$)	Custo por km de rede (R\$)
Atendimentos emergências	1.646.943,00	174,00
Manutenção desenergizada	209.750,00	22,15
Manutenção energizada	101.200,00	10,70
Abalroamentos postes	82.500,00	8,71
Recuperação TDS queimados	262.458,77	27,71
<b>Total</b>	<b>2.302.851,77</b>	<b>243,27</b>

Fonte: Comunicação privada

**Gráfico 5 - Divisão dos custos com manutenção corretiva de uma rede aérea**

Fonte: Comunicação privada

**Quadro 7 – Custos totais de manutenção de uma rede aérea**

Tipo de manutenção	Custo total (R\$)	Custo por KM (R\$)
Preventiva	2.073.069,21	218,85
Corretiva	2.302.851,77	243,27
<b>Total</b>	<b>4.375.920,98</b>	<b>462,12</b>

Fonte: Comunicação privada

Do total de transformadores instalados, houve a ocorrência de queima de 224 equipamentos, os quais foram substituídos e encaminhados para conserto. O valor de manutenção desenergizada corresponde ao valor pago aos serviços de mão de obra para executar serviços de manutenção em redes desenergizadas. Houve a substituição de um total de 504 postes, sendo 50 abalroados e 80 em condições de emergência (quedas devido a avarias, e em dias de tempestade). A manutenção energizada refere-se ao valor pago aos serviços de mão de obra para executar serviços de manutenção em redes energizadas. Durante

o ano de 2015, houve a ocorrência de 97 abalroamentos, sendo que 49 atingiram postes por veículos de terceiros, sendo necessária a substituição de 50 postes. Os restantes foram de menor gravidade, não tendo a necessidade de maiores serviços de manutenção.

A rede subterrânea praticamente não apresenta problemas, pois não está exposta a eventos climáticos. Quando a instalação é feita de maneira adequada, com componentes próprios para a instalação, é muito raro ter algum defeito na rede subterrânea. A manutenção preventiva pode ser feita através de inspeções visuais ou instrumentais. Estas inspeções devem ser realizadas por funcionários capacitados e habilitados para esta função. As inspeções visuais são feitas nas caixas de passagem, quadros de distribuição em pedestal, nas câmaras transformadoras onde estão os transformadores de distribuição e as chaves primárias, cabos de média e baixa tensão, emendas e terminações em baixa e média tensão.

Além da inspeção visual, a manutenção preventiva é complementada com a inspeção instrumental, a qual é realizada normalmente por termovisão, com o uso de um termovisor. O termovisor é um equipamento que mede a temperatura na superfície dos equipamentos em locais em que o acesso é dificultado ou que ofereça risco à pessoa e máquinas que não possam ser desligadas para realizar a medição. De acordo com a temperatura medida, é possível ter uma boa noção do que está acontecendo no interior do equipamento. A aplicação do termovisor é feita na verificação de pontos quentes nas emendas e nos terminais, nos horários de pico da carga no sistema. Outro aspecto medido na inspeção instrumental é a medição da resistência da malha de aterramento. Esta medição pode ser realizada com o alicate terrômetro, o qual é possível realizar a medição sem a abertura das conexões.

Alguns incidentes que podem ocorrer em redes subterrâneas são a presença de fumaça ou fogo nas câmaras subterrâneas, devido à sobrecarga ou curto-circuito de algum equipamento. Os cabos de baixa tensão são projetados para se romperem quando ocorre um curto-circuito, evitando assim a propagação do mesmo. Além disso, existe o risco das tampas e bueiros das câmaras transformadoras e das caixas de inspeção, serem deslocadas, podendo até gerar deslocamentos abruptos gerados por explosões internas.

Durante o ano de 2015, na área estudada não houve nenhum problema referente à queima ou troca de equipamentos na rede subterrânea. Os custos envolvidos foram somente com a manutenção preventiva da rede. Esta manutenção ocorre semestralmente por uma equipe de quatro funcionários habilitados e capacitados para este serviço. Assim, o custo de manutenção resume-se ao salário dos empregados durante o tempo em que eles estejam

efetuando as inspeções. Os dados analisados são referentes a 97,66 km de redes subterrâneas, com transformadores do tipo pedestal. O tempo de inspeção é de aproximadamente 10 dias. Como as inspeções ocorrem a cada 6 meses, durante o período estudado, foram necessários 20 dias de inspeção. O Quadro 8 apresenta os custos de manutenção para a rede subterrânea estudada durante o ano de 2015. Na rede subterrânea analisada houve a queima de um transformador alguns anos atrás, porém esse custo não está incluído, porque o período de estudo foi o ano de 2015.

**Quadro 8 – Custos totais de manutenção de uma rede subterrânea**

<b>Descrição do Serviço</b>	<b>Custo total (R\$)</b>	<b>Custo por km de rede (R\$)</b>
Inspeção preventiva	14.545,45	148,94
<b>Total</b>	<b>14.545,45</b>	<b>148,94</b>

Fonte: Comunicação privada

## 5 CONFIABILIDADE

### 5.1 Exposição do Assunto

A palavra confiabilidade refere-se ao fornecimento contínuo de energia elétrica para os consumidores. A falta de confiabilidade do sistema elétrico está relacionada ao período no qual os consumidores não são fornecidos com energia elétrica, devido a interrupções de longa duração. O principal motivo para buscar cada vez mais uma alta confiabilidade no sistema elétrico é o impacto econômico gerado pelo corte no fornecimento de energia elétrica. O impacto econômico afeta, desde os consumidores, as concessionárias de energia elétrica e até os fornecedores de equipamentos eletroeletrônicos.

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) define uma interrupção de longa duração quando o tempo de interrupção de energia elétrica seja superior a 3 minutos. Existem normas em outros países que definem esse período a 1 minuto. Existe uma pressão por parte dos consumidores industriais, para que as interrupções de curta duração possam ser incluídas no conceito de confiabilidade, pois uma interrupção de curta duração também pode ocasionar a parada total dos processos industriais, causando grandes prejuízos para a empresa afetada. As interrupções de curta duração são definidas como sendo interrupções de energia elétrica com período inferior a 3 minutos [9].

### 5.2 Indicadores de Continuidade no Brasil

Os indicadores de continuidade no Brasil são definidos pelo Procedimento de Distribuição (PRODIST) da ANEEL. Os indicadores coletivos são:

- FEC – Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora.

$$FEC = \sum_{i=1}^N \frac{C_a(i)}{C_t} \left( \frac{\text{interrupções}}{\text{período}} \right) \quad (1)$$

- DEC – Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora.

$$DEC = \sum_{i=1}^N \frac{C_a(i) * t(i)}{C_t} \left( \frac{\text{horas}}{\text{período}} \right) \quad (2)$$

onde:

$C_a$  = Número total de unidades consumidoras afetadas pela interrupção;

$C_t$  = Número total de unidades consumidoras atendidas;

$t(i)$  = Período da interrupção em horas, no período de apuração;

$i$  = índice de interrupções, no período de apuração;

$N$  = Número de interrupções da unidade consumidora no período de apuração;

Os indicadores individuais definidos pelo PRODIST são:

- DIC – Duração de interrupção individual por unidade consumidora.

$$DIC = \sum_{i=1}^n t(i) \left( \frac{\text{horas}}{\text{período}} \right) \quad (3)$$

- FIC – Frequência de interrupção individual por unidade consumidora.

$$FIC = N \left( \frac{\text{interrupções}}{\text{período}} \right) \quad (4)$$

- DMIC – Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora.

$$DMIC = \text{máx}\{t(i)\}(\text{horas}) \quad (5)$$

- DICRI – Duração da interrupção individual em dia crítico por unidade consumidora.

$$DICRI = t(i)(\text{horas})(6)$$

onde:

$t(i)$  = Período da interrupção em horas, no período de apuração;

$N$  = Número de interrupções da unidade consumidora no período de apuração;

$i$  = índice de interrupções, no período de apuração;

$\text{máx}\{t(i)\}$  = tempo da máxima interrupção contínua em horas, no período de apuração;

"O dia crítico corresponde ao dia em que a quantidade de ocorrências emergenciais em um dado conjunto de unidades consumidoras superar a média acrescida de três desvios padrões dos valores diários. A média e o desvio padrão a serem usados serão os relativos aos últimos 24 meses ao ano em curso, incluindo os dias críticos já identificados" [11].

Os indicadores devem ser calculados e informados de forma mensal, trimestral e anual. São consideradas todas as interrupções de longa duração que afetam as unidades consumidoras, com exceção dos casos a seguir: falhas nas instalações do consumidor que não afetam outras unidades consumidoras, interrupções geradas por obras de interesse do consumidor que não afete outras unidades consumidoras e desconexão por inadimplência.

### 5.3 Análise dos Indicadores de Continuidade Coletivos

Para analisar os indicadores de continuidade coletivos entre uma rede subterrânea e uma rede aérea foram escolhidas três cidades que apresentam rede subterrânea no Brasil: Porto Alegre, Curitiba e Rio de Janeiro. Em Porto Alegre e Curitiba, os conjuntos consumidores da área central da cidade são exclusivamente subterrâneos. Já na cidade do Rio de Janeiro existem vários conjuntos atendidos por redes subterrâneas. O interessante é que há conjuntos que são atendidos pela mesma subestação e possuem tanto rede de distribuição aérea, quanto rede de distribuição subterrânea.

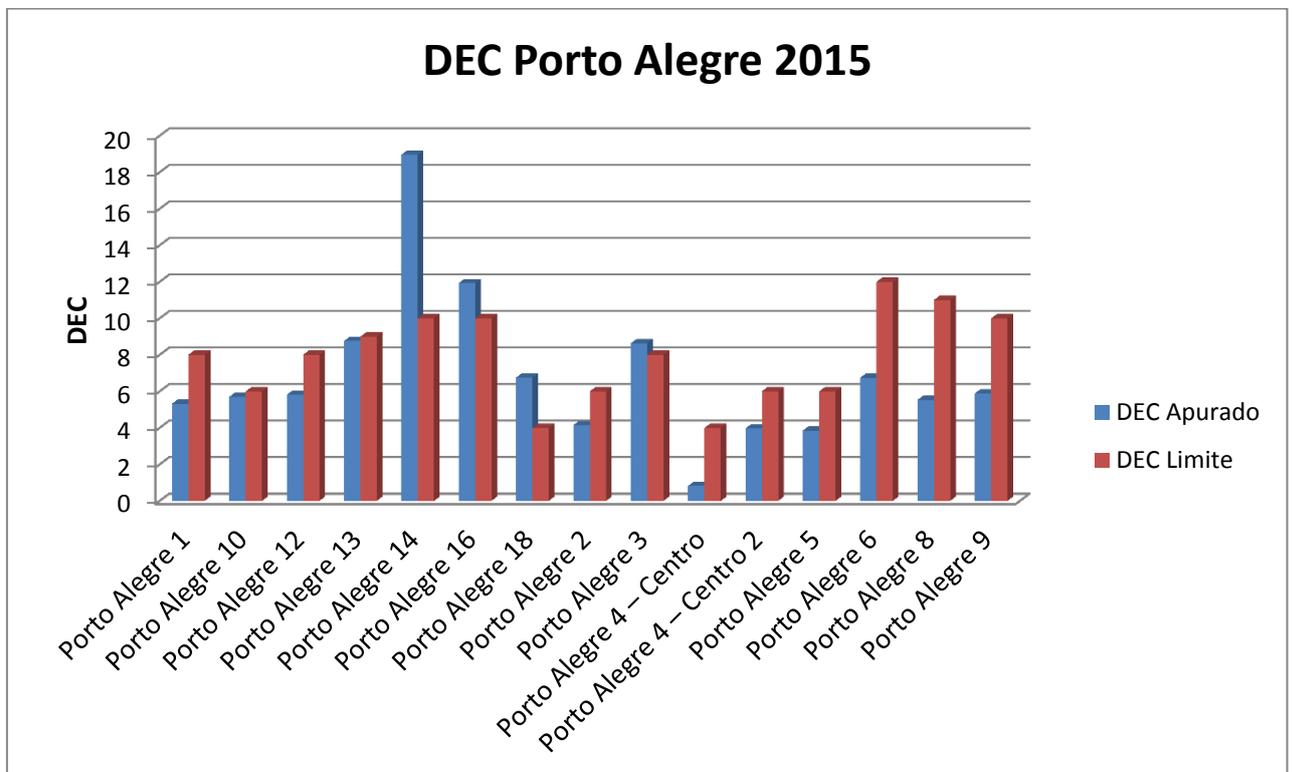
O Quadro 9 refere-se aos conjuntos consumidores atendidos pela CEEE no município de Porto Alegre. O conjunto Porto Alegre 4 – Centro é composto exclusivamente por rede subterrânea. Analisando os dados, percebe-se que os indicadores de continuidade coletivos para esse conjunto apresentam ótimos valores de confiabilidade, com o DEC de 0,82 e o FEC de 1,22 no ano de 2015. Esses dados correspondem que os consumidores conectados neste conjunto permaneceram 0,82 horas sem o fornecimento de energia elétrica e tiveram em média 1,22 interrupções no fornecimento de energia elétrica no ano de 2015. Esses indicadores estão bem abaixo do limite imposto pela ANEEL. Em comparação com os outros conjuntos que possuem rede aérea, nota-se que os indicadores de continuidade coletivos apresentam valores muito melhores, comprovando a confiabilidade do sistema subterrâneo.

O Gráfico 6 apresenta os valores do DEC para a cidade de Porto Alegre no período de 2015 e o Gráfico 7 apresenta os valores do FEC para a cidade de Porto Alegre no período de 2015.

**Quadro 9 – Indicadores de continuidade coletivos de Porto Alegre em 2015**

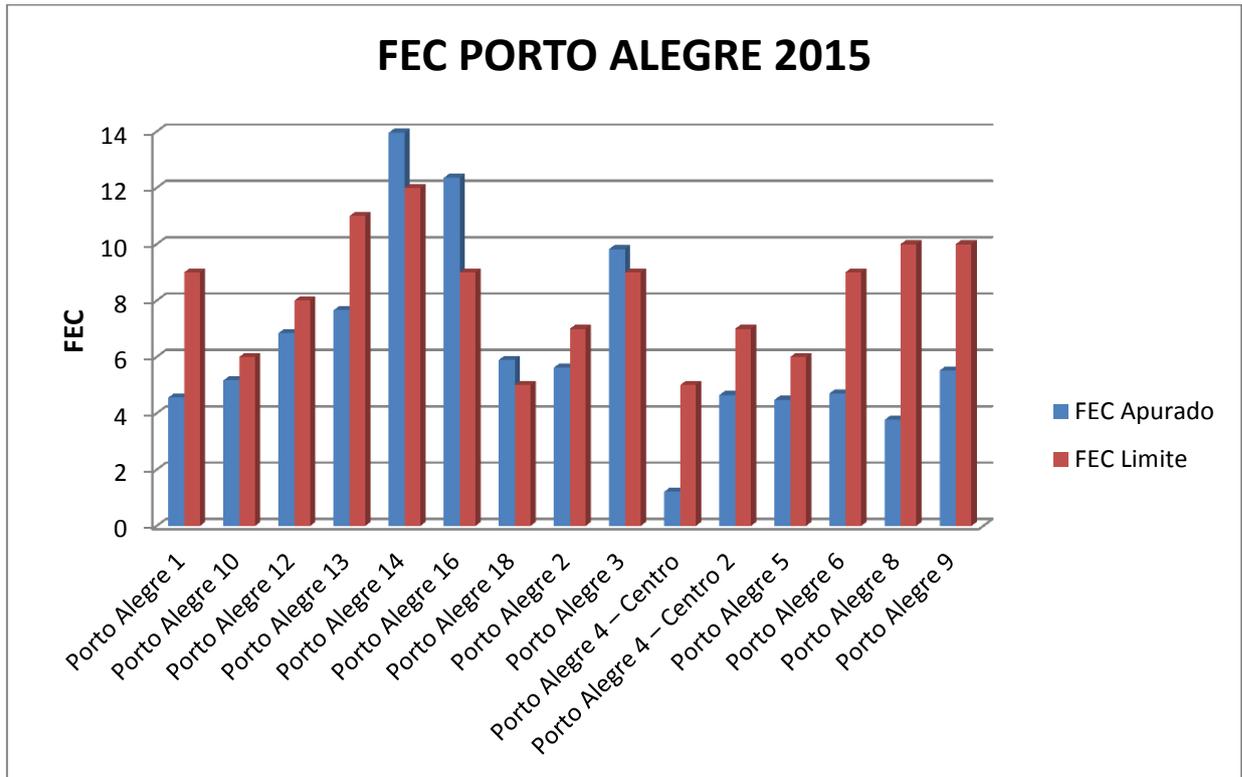
Conjunto	Nº de Consumidores	DEC Apurado	DEC Limite	FEC Apurado	FEC Limite
Porto Alegre 1	42.064	5,32	8,00	4,56	9,00
Porto Alegre 10	37.860	5,70	6,00	5,17	6,00
Porto Alegre 12	32.632	5,81	8,00	6,85	8,00
Porto Alegre 13	67.390	8,76	9,00	7,66	11,00
Porto Alegre 14	64.277	18,96	10,00	13,96	12,00
Porto Alegre 16	46.651	11,93	10,00	12,36	9,00
Porto Alegre 18	4.047	6,75	4,00	5,90	5,00
Porto Alegre 2	25.949	4,15	6,00	5,63	7,00
Porto Alegre 3	42.698	8,63	8,00	9,83	9,00
Porto Alegre 4 – Centro	24.317	0,82	4,00	1,22	5,00
Porto Alegre 4 – Centro 2	60.945	3,97	6,00	4,65	7,00
Porto Alegre 5	32.636	3,85	6,00	4,48	6,00
Porto Alegre 6	44.616	6,74	12,00	4,71	9,00
Porto Alegre 8	52.879	5,53	11,00	3,77	10,00
Porto Alegre 9	15.663	5,89	10,00	5,52	10,00

Fonte: ANEEL (2016)

**Gráfico 6 – DEC Porto Alegre 2015**

Fonte: ANEEL (2016)

Gráfico 7 – FEC Porto Alegre 2015



Fonte: ANEEL (2016)

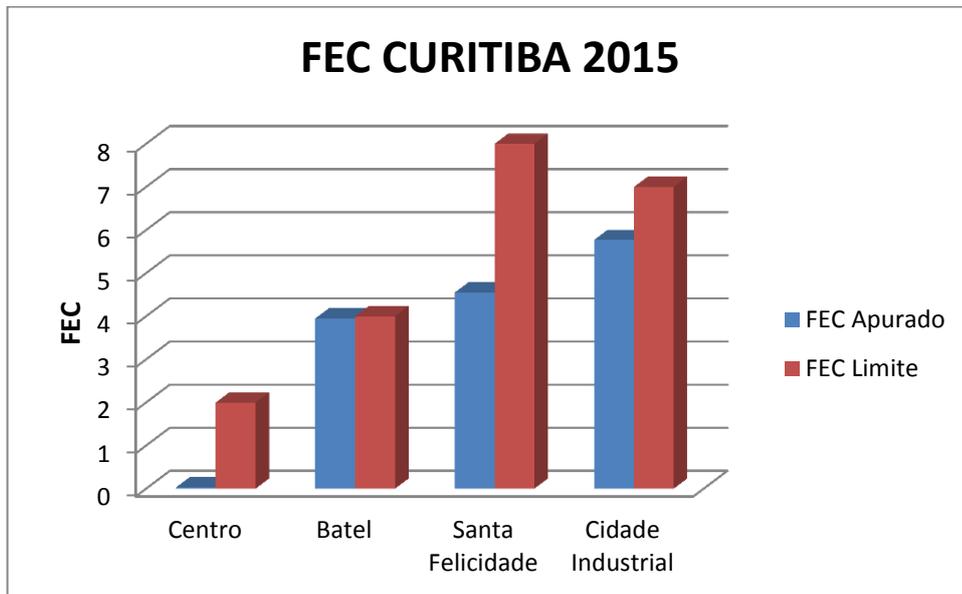
O Quadro 10 corresponde a 4 conjuntos consumidores atendidos pela COPEL na cidade de Curitiba. O conjunto Centro é composto somente por rede subterrânea. Mais uma vez, percebem-se os excelentes indicadores de continuidade coletivos que a rede subterrânea proporciona em relação às redes aéreas. A unidade Centro possui indicadores praticamente nulos, ou seja, os consumidores deste conjunto quase não tiveram interrupções de longa duração durante o ano de 2015. O Gráfico 8 apresenta os valores do FEC para a cidade de Curitiba no período de 2015 e o Gráfico 9 apresenta os valores do DEC para a cidade de Curitiba no período de 2015.

Quadro 10 – Indicadores de continuidade coletivos de Curitiba em 2015

Conjunto	Nº de Consumidores	DEC Apurado	DEC Limite	FEC Apurado	FEC Limite
Centro	16.584	0,05	2,00	0,03	2,00
Batel	45.761	4,58	5,00	3,95	4,00
Santa Felicidade	18.347	4,65	11,00	4,55	8,00
Cidade Industrial	20.231	8,38	8,00	5,77	7,00

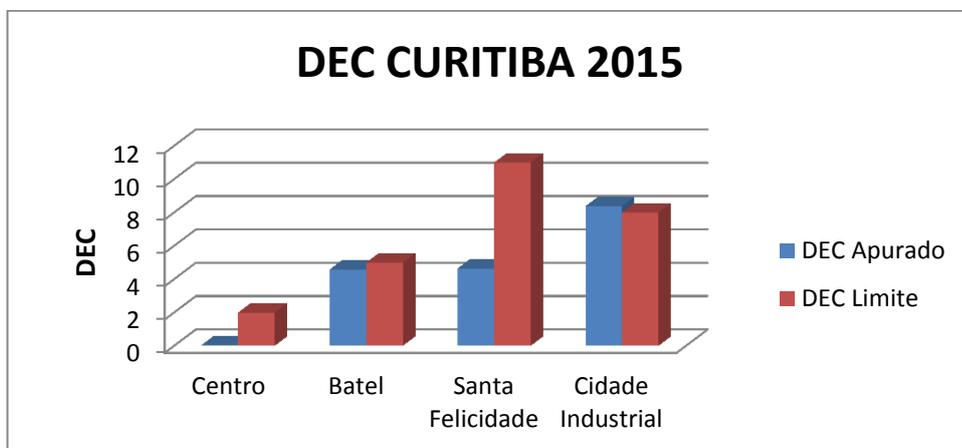
Fonte: ANEEL (2016)

Gráfico 8 – FEC Curitiba 2015



Fonte: ANEEL (2016)

Gráfico 9 – DEC Curitiba 2015



Fonte: ANEEL (2016)

O Quadro 11 expõe 12 conjuntos consumidores atendidos pela LIGHT na cidade do Rio de Janeiro. Todas as áreas escolhidas apresentam um conjunto atendido por rede subterrânea e outro conjunto atendido por rede aérea. Com isso, é possível realizar uma análise mais significativa, já que por serem da mesma região, estão sujeitos às mesmas condições climáticas, que é o principal fator que causa interrupções no fornecimento de energia elétrica. Assim como os conjuntos que apresentam rede subterrânea da COPEL e da CEEE, as unidades atendidas pela rede subterrânea da LIGHT apresentam indicadores de continuidade melhores que os respectivos conjuntos atendidos por rede aérea. Diferentemente

da COPEL e da CEEE, a maior parte dos conjuntos consumidores atendidos pela LIGHT que foram analisados violam os indicadores limites estabelecidos pela ANEEL no período de estudo.

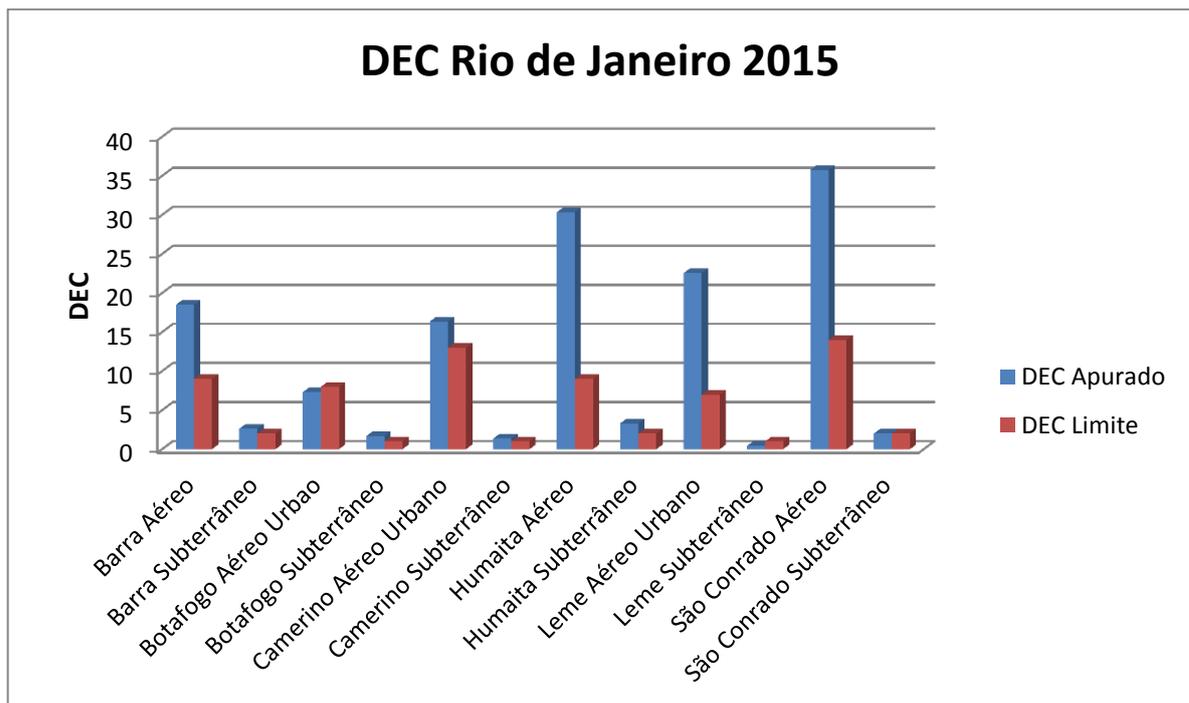
**Quadro 11 – Indicadores de continuidade coletivos do Rio de Janeiro em 2015**

Conjunto	Nº de Consumidores	DEC Apurado	DEC Limite	FEC Apurado	FEC Limite
Barra Aéreo	32.259	18,48	9,00	12,14	8,00
Barra Subterrâneo	5.706	2,61	2,00	1,84	1,00
Botafogo Aéreo Urbano	5.456	7,29	8,00	4,43	5,00
Botafogo Subterrâneo	20.291	1,68	1,00	1,09	1,00
Camerino Aéreo Urbano	4.879	16,34	13,00	6,67	10,00
Camerino Subterrâneo	8.152	1,37	1,00	0,47	1,00
Humaita Aéreo	8.992	30,34	9,00	15,70	7,00
Humaita Subterrâneo	11.183	3,30	2,00	3,60	1,00
Leme Aéreo Urbano	2.280	22,54	7,00	12,10	5,00
Leme Subterrâneo	20.704	0,42	1,00	0,99	1,00
São Conrado Aéreo	21.071	35,77	14,00	9,73	11,00
São Conrado Subterrâneo	3.305	2,00	2,00	2,93	1,00

Fonte: ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica, 2016

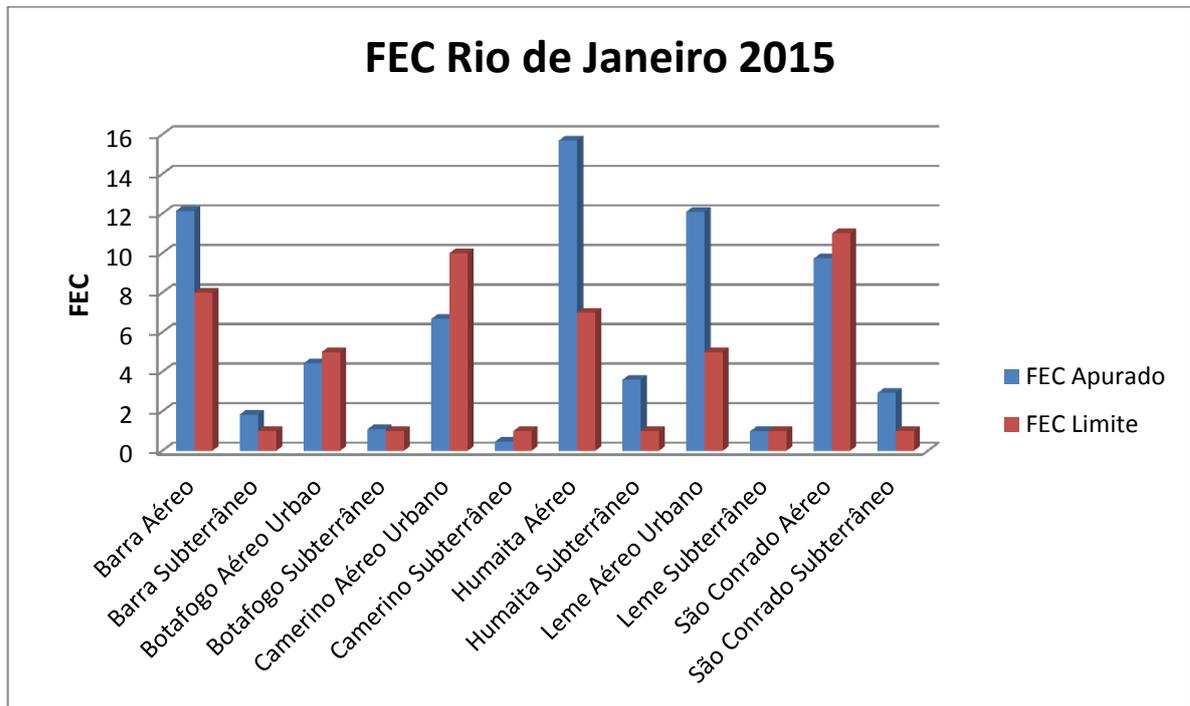
O Gráfico 10 apresenta os valores do DEC para a cidade do Rio de Janeiro no período de 2015 e o Gráfico 11 apresenta os valores do FEC para a cidade do Rio de Janeiro no período de 2015.

**Gráfico 10 – DEC Rio de Janeiro 2015**



Fonte: ANEEL (2016)

Gráfico 11 – FEC Rio de Janeiro 2015



Fonte: ANEEL (2016)

Mesmo com a violação dos limites do DEC e FEC na maioria dos conjuntos, nota-se uma grande diferença nos indicadores coletivos entre o conjunto subterrâneo e o conjunto aéreo, pertencentes à mesma região.

## 6 CONCLUSÕES

Os conceitos abordados neste trabalho ressaltam a importância de cada vez mais se investir em tecnologias com o objetivo de diminuir os custos de implantação e operação de uma rede subterrânea. A rede de distribuição subterrânea é uma solução para reduzir consideravelmente as interrupções no fornecimento de energia elétrica.

Na questão envolvendo os custos de implantação das redes de distribuição, nota-se que os custos referentes à mão de obra das três configurações de rede de distribuição aérea são muito próximos. O que difere uma configuração da outra é custo dos cabos, os quais apresentam valores distintos em cada uma das configurações. No caso da rede aérea isolada, o custo dos cabos é responsável por aproximadamente 70% dos custos totais dos materiais utilizados. Já a rede subterrânea apresenta o custo mais elevado entre as configurações, pois os equipamentos utilizados são mais caros, além de serem necessárias algumas obras civis para a construção da rede, que não são necessárias na construção de redes aéreas.

Durante o período analisado para os dados de manutenção de uma rede aérea e uma rede subterrânea, a rede subterrânea não apresentou nenhum defeito. Com isso, o custo de manutenção resumiu-se a inspeções preventivas. Assim, os gastos com manutenção por quilômetro da rede aérea foram três vezes maiores que os gastos da rede subterrânea. Porém, quando ocorre um defeito na rede subterrânea, os gastos com manutenção e substituição de equipamentos são mais elevados que na rede aérea.

Foram constatados que os fenômenos climáticos e a vegetação são os principais responsáveis pelas interrupções do fornecimento de energia elétrica. A rede subterrânea não está sujeita a estes aspectos, sendo assim, apresenta uma confiabilidade muito maior que na rede aérea. Nas três cidades analisadas neste trabalho, percebe-se que os conjuntos que são atendidos pela rede subterrânea apresentam indicadores de continuidade coletivos no ano de 2015 melhores que os conjuntos que são fornecidos pela rede aérea. No caso de Curitiba, estes indicadores são próximos de zero, o que significa que para os consumidores que são abastecidos pela rede subterrânea praticamente não sofreram com interrupções no fornecimento de energia elétrica.

Ainda no quesito de confiabilidade, na cidade do Rio de Janeiro a comparação torna-se ainda mais interessante pelo fato de ser possível analisar a mesma área de interesse, porém com um conjunto atendido por rede subterrânea e outro conjunto atendido pela rede aérea. Em todas as áreas comparadas, a rede subterrânea se mostrou mais confiável.

Finalmente com a análise de todos os dados coletados, conclui-se que o investimento inicial de uma rede subterrânea é cerca de seis vezes maior que uma rede aérea convencional. Assim, não é viável financeiramente as concessionárias realizarem a substituição de uma rede aérea existente por uma rede subterrânea. Porém para redes novas, principalmente em locais que possuem muitos consumidores, a rede subterrânea deve ser estudada como uma forte possibilidade de implantação. Apesar do custo de construção ser maior, o custo de manutenção apresenta valores inferiores, ou seja, o investimento inicial será retornado.

## REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA – ABRADEE. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica>>. Acesso em 27 de Março de 2016.
- [2] CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA – CELESC: **Manual de procedimentos- Critérios para utilização de redes de distribuição**, 2012.
- [3] ELETRIC LIGHT POWER – ELP. Disponível em: <[http://www.elp.com/articles/powergrid\\_international/print/volume-18/issue-2/features/underground-vs-overhead-power-line-installation-cost-comparison-.html](http://www.elp.com/articles/powergrid_international/print/volume-18/issue-2/features/underground-vs-overhead-power-line-installation-cost-comparison-.html)>. Acesso em 26 de Abril de 2016.
- [4] LAVIERI, A. **Isoladores Elétricos - Componentes básicos para um sistema elétrico**. Canal Energia. São Paulo, 2010.
- [5] MAMEDE FILHO, J. **Manual de Equipamentos Elétricos**. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.
- [6] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16050**: Para-raios de resistor não linear de óxido metálico sem centelhadores, para circuitos de corrente alternada, 2012.
- [7] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5032**: Isoladores para linhas aéreas com tensões acima de 1000 V - Isoladores de porcelana ou vidro para sistemas de corrente alternada, 2014.
- [8] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5356**: Transformadores de Potência, 2007.
- [9] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA –ANEEL.

[10] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL: “**Procedimentos de Distribuição – PRODIST, Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica**”.

[11] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL: “**Procedimentos de Distribuição – PRODIST, Módulo 1 – Introdução**”.

## Anexo 1 – Custos de construção da rede convencional

Código	Materiais	UMB	Quantidade	Valor unit. R\$	Valor total R\$
1620	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X125X80MM	PEÇ	155	3,52	545,60
1624	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X250X170MM	PEÇ	38	4,91	186,58
1625	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X300X220MM	PEÇ	203	5,88	1.193,64
1626	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X350X270MM	PEÇ	65	6,60	429,00
1645	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X550X470MM	PEÇ	36	10,80	388,80
1648	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X650X570MM	PEÇ	8	12,96	103,68
1666	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X150X80MM	PEÇ	4	3,55	14,20
1670	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X200X120MM	PEÇ	97	4,26	413,22
1794	PARAFUSO CAB ABAUL ACO 7007 16X150X75MM	PEÇ	4	3,89	15,56
1798	PARAFUSO CAB ABAUL ACO 7007 16X45X45MM	PEÇ	47	2,03	95,41
1812	PORCA QUADRADA ACO 7007 16MM	PEÇ	88	0,72	63,36
1827	ARRUELA QUADRADA LISA 18MM ACO 1010/1020	PEÇ	745	0,41	305,45
2012	CINTA POSTE CIRCULAR DI 330MM 5000DAN	PEÇ	1	15,55	15,55
2015	CINTA POSTE CIRCULAR DI 360MM 5000DAN	PEÇ	1	17,29	17,29
2017	CINTA POSTE CIRCULAR DI 400MM 5000DAN	PEÇ	1	20,32	20,32
2018	CINTA POSTE CIRCULAR DI 410MM 5000DAN	PEÇ	1	21,15	21,15
2019	CINTA POSTE CIRCULAR DI 420MM 5000DAN	PEÇ	1	21,98	21,98
2023	CINTA POSTE CIRCULAR DI 460MM 5000DAN	PEÇ	1	24,53	24,53
2026	CINTA POSTE CIRCULAR DI 500MM 5000DAN	PEÇ	1	36,40	36,40
2027	CINTA POSTE CIRCULAR DI 520MM 5000DAN	PEÇ	1	29,00	29,00
2028	CINTA POSTE CIRCULAR DI 530MM 5000DAN	PEÇ	1	32,00	32,00
2047	CINTA POSTE CIRCULAR DI 510MM 5000DAN	PEÇ	1	28,00	28,00
2050	CINTA POSTE CIRCULAR DI 570MM 5000DAN	PEÇ	1	33,97	33,97
2086	SUPORTE L COM PARAFUSOS	PEÇ	60	17,95	1.077,00
2102	SUPORTE TD POSTE DUPLO T	PEÇ	20	48,30	966,00
2121	SUPORTE CHAVE FACIA 1P COM PARAFUSOS	PEÇ	12	38,21	458,52
2167	HASTE ATERRAMENTO ACO/COBRE 13X2400MM	PEÇ	89	35,70	3.177,30
2179	SELA CRUZETA	PEÇ	8	9,76	78,08
2181	MAO FRANCESA PERF ACO 1010/1020 726MM	PEÇ	155	14,00	2.170,00
2190	ADAP ESTRIBO CUNHA RET 4/0AWG 35MM2	PEÇ	57	16,93	965,01
2242	OLHAL PARA PARAFUSO 5000DAN ACO 16MM	PEÇ	72	8,32	599,04
2270	ARMACAO SECUNDARIA 1 ESTRIBO	PEÇ	121	9,20	1.113,20
4687	POSTE CONCRETO CIRC 13M 3000DAN 1 SEGM	PEÇ	1	5.110,00	5.110,00
4689	POSTE CONCRETO CIRC 13M 2500DAN 1 SEGM	PEÇ	1	4.927,96	4.927,96
4698	POSTE CONCRETO CIRC 12M 2000DAN 1 SEGM	PEÇ	1	4.037,42	4.037,42
4819	POSTE CONCRETO DT 13M 600DAN 1 SEGM	PEÇ	9	1.544,33	13.898,97
4820	POSTE CONCRETO DT 12M 300DAN 1 SEGM	PEÇ	61	788,22	48.081,42
4821	POSTE CONCRETO DT 12M 600DAN 1 SEGM	PEÇ	16	942,55	15.080,80
4823	POSTE CONCRETO DT 12M 1000DAN 1 SEGM	PEÇ	13	1.875,00	24.375,00
4824	POSTE CONCRETO DT 13M 1000DAN 1 SEGM	PEÇ	9	1.848,07	16.632,63
4825	POSTE CONCRETO DT 13M 1500DAN 1 SEGM	PEÇ	2	2.503,51	5.007,02

## Continuação do Anexo 1

Código	Materiais	UMB	Quantidade	Valor unit. R\$	Valor total R\$
4876	POSTE CONCRETO DT 12M 1500DAN 1 SEGM	PEÇ	8	2.712,52	21.700,16
5013	ISOLADOR ROLDANA PORCELANA 45 MM 600 V	PEÇ	121	3,90	471,90
5230	CABO NU COBRE 7 FIOS 25,00 MM2	KG	148	34,50	5.106,00
5276	CABO NU ALUM CA 7 FIOS 1/0AWG	KG	1.035	18,50	19.147,50
5279	CABO NU ALUM CA 7 FIOS 4/0AWG	KG	2.073	18,50	38.350,50
5315	CABO ISOLADO CU 0,6/1KV 70,00MM2 PRETO	M	20	29,60	592,00
5332	CABO ISOL CU 750V 25MM2 EXTRA-FLEX	M	36	10,54	379,44
6099	LACO PREFORM DP LAT CA/CAA 4/0AWG 483MM	PEÇ	87	3,76	327,12
6121	LACO PREFORM TOPO CA/CAA 4/0AWG 711MM	PEÇ	251	12,09	3.034,59
6137	LACO PREFORM ROLDANA CA 1/0AWG 660MM	PEÇ	109	1,87	203,83
6155	ALCA PREFORM DISTR AC 1/0AWG 710MM AM	PEÇ	30	4,90	147,00
6159	ALCA PREFORM DISTR AC 4/0AWG 875MM VERM	PEÇ	66	9,89	652,74
6183	MANILHA SAPATILHA 20MM ACO/FERRO 5000DAN	PEÇ	72	9,09	654,48
6383	CONECTOR CUNHA RAMAL I-SIMETRICO CINZA	PEÇ	80	3,09	247,20
6406	CONEC CUNHA AL CB 2/0AWGX1/0AWG/50MM2	PEÇ	10	7,48	74,80
6441	CONEC CUNHA AL CB 336,4MCMX4/0AWG/120MM2	PEÇ	21	7,67	161,07
6460	CONEC CUNHA AL CB 4/0AWGX4/0AWG/120MM2	PEÇ	24	7,40	177,60
6461	CONEC CUNHA AL CB 4/0AWGX4AWG/25MM2	PEÇ	12	7,06	84,72
6465	CONEC CUNHA AL CB 4/0AWGX1/0AWG/50MM2	PEÇ	3	6,97	20,91
6466	CONEC CUNHA AL CB 1/0AWGX1/0AWG/50MM2	PEÇ	10	7,00	70,00
6468	CONEC CUNHA AL CB 1/0AWGX4AWG/25MM2	PEÇ	24	3,33	79,92
6722	LUVA EMENDA COMP ALUM 1/0AWG CA	PEÇ	5	5,00	25,00
6725	LUVA EMENDA COMP ALUM 4/0AWG CA	PEÇ	30	11,21	336,30
6779	CONECTOR LV CU CB 2-477 MCM 4-4/0 AWG	PEÇ	57	39,70	2.262,90
7194	TD 3F 150 KVA 13,8KV 220/380V 15 KV	PEÇ	10	10.092,71	100.927,10
7571	ELO FUSIVEL DISTRIBUICAO K 8A 500MM	PEÇ	30	3,31	99,30
7716	CHAVE SEC 25,8KV 500A 1F SECO MAN 12,5KA	PEÇ	12	403,05	4.836,60
7753	CHAVE FUS 1P C GANCHO 100A 25,8KV 6300A	PEÇ	30	206,99	6.209,70
13486	PARA-RAIO DISTRIB 12KV 10KA OXIDO ZINCO	PEÇ	60	155,43	9.325,80
13600	CRUZETA ACO CARBONO 90X90X2000MM	PEÇ	155	102,75	15.926,25
13692	ISOLADOR PILAR PORCELANA RD 23,1KV	PEÇ	338	58,11	19.641,18
14168	ISOLADOR ANC POLIMERICO 23,1KV	PEÇ	72	38,93	2.802,96
14183	PINO FIX ISOL PILAR ACO 7007 60X140MM	PEÇ	338	5,42	1.831,96
17031	CARTUCHO METALICO CALIBRE 22 VERMELHA	PEÇ	29	1,39	40,31
17032	CARTUCHO METALICO CALIBRE 22 AZUL	PEÇ	80	1,76	140,80
21755	CONEC CUNHA ATERR CU/AI 25/35MMXD13MM2	PEÇ	89	14,14	1.258,46
30377	CABO COBERTO COBRE XLPE 15 KV 16 MM2	M	120	6,40	768,00
<b>Valor Total R\$</b>				<b>404.899,14</b>	

## Continuação do Anexo 1

Código	Serviços	UMB	Quantidade	USC	Total USC
300001	ABERT. CAVA EM ROCHA - COMPRESSOR & EXPL	UA	40	25,00	1.000,00
300006	ABERTURA DE CAVA EM ROCHA SEM USO DE EXP	UA	41	7,00	287,00
300008	ABERTURA DE CAVA EM TERRENO NORMAL	UA	40	2,00	80,00
300025	ATERRAMENTO SIMPLES - UMA HASTE	UA	29	2,00	58,00
300026	ATERRAMENTO SIMPLES, DE MAIS HASTES, POR	UA	60	1,20	72,00
300042	CONCRETAGEM DE BASE	UA	60	20,00	1.200,00
300142	ESCORA DE SUBSOLO SIMPLES	UA	61	3,00	183,00
300175	Inst. N1, B1, M1, T1 util. 1 cruzeta aço	UA	121	1,48	179,08
300176	Inst. de aterramento temporário AT.	UA	3	1,01	3,03
300177	Inst. de aterramento temporário BT.	UA	5	0,38	1,90
300187	Inst. N3, B3, M3, T3 util. 1 cruzeta aço	UA	2	1,67	3,34
300221	Inst. N3, B3, M3, T3 util. 2 cruzeta aço	UA	5	2,30	11,50
300229	Inst. N4, B4, M4, T4 util. 2 cruzeta aço	UA	9	3,70	33,30
300291	INSTALAÇÃO DE ARMAÇÃO SECUNDÁRIA	UA	121	0,70	84,70
300314	INSTALAÇÃO DE CHAVE UNIPOLAR	UA	42	1,00	42,00
300357	INSTALAÇÃO DE FLYING-TAP PRIMÁRIO OU SEC	UA	4	2,00	8,00
300368	INSTALAÇÃO DE PÁRA-RAIOS (POR UNIDADE)	UA	60	1,00	60,00
300371	Inst. poste especial, 12 a 15m com guind	UA	121	10,00	1.210,00
300384	INSTALAÇÃO DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO	UA	10	13,00	130,00
300414	Lanç. cond CA/CAA acima 2/0 Cu acima 1/0	KM	15,28	50,00	764,00
300418	Lanç. cond. 2 a 2/0 CA/CAA Cu 4 a 1/0 km	KM	5,092	36,00	183,31
650852	EMENDA CABO CA MAIOR OU IGUAL A 1/0	UA	35	0,21	7,35
300489	Recomposição de calçada de concreto, pt	M2	60	2,00	120,00
300752	Trans. mat. percurso até 20 km p/kg	KG	1	27,00	27,00
300754	Transp poste >= 12m e 1000dan até 20 km	UA	121	1,65	199,65
622041	Instalar EstrutN3,B3,M3,T3 -2 Cruz. Mad	CJ	2	2,00	4,00
622061	Instalar EstrutN4,B4,M4,T4 -2 Cruz. Mad	CJ	2	2,50	5,00
625043	Retensionamento de Condutor (p/cond.)	UN	6	0,50	3,00
625051	Instalar Flying-Tap/ Jumper/ Cruz. Aéreo	CJ	3	0,30	0,90
626101	Instalar Chave Faca - CD	UN	3	0,50	1,50
<b>Valor USC em R\$</b>				<b>54,11</b>	
<b>Valor ULV em R\$</b>				<b>255,71</b>	
<b>Custo Administrativo em R\$</b>				<b>77.221,56</b>	
<b>Mão de Obra Linha Morta em R\$</b>				<b>321.855,05</b>	
<b>Mão de Obra Linha Viva em R\$</b>				<b>3.682,22</b>	
<b>Valor Total em R\$</b>				<b>812.664,99</b>	

## Anexo 2 – Custos de construção da rede compacta

Código	Materiais	UMB	Quantidade	Valor unit R\$	Valor total R\$
255	FITA ISOLANTE EPR 19MMX10M AUTO-FUSAO	PEÇ	10	13,90	139,00
256	FITA ISOLANTE PVC PRETA 19MMX20M	PEÇ	20	11,37	227,40
1620	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X125X80MM	PEÇ	21	3,52	73,92
1624	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X250X170MM	PEÇ	171	4,91	839,61
1625	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X300X220MM	PEÇ	124	5,88	729,12
1626	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X350X270MM	PEÇ	66	6,60	435,60
1628	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X45X45MM	PEÇ	49	1,21	59,29
1645	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X550X470MM	PEÇ	12	10,80	129,60
1670	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X200X120MM	PEÇ	160	4,26	681,60
1794	PARAFUSO CAB ABAUL ACO 7007 16X150X75MM	PEÇ	2	3,89	7,78
1798	PARAFUSO CAB ABAUL ACO 7007 16X45X45MM	PEÇ	42	2,03	85,26
1799	PARAFUSO CAB ABAUL ACO 7007 16X70X60MM	PEÇ	63	2,35	148,05
1812	PORCA QUADRADA ACO 7007 16MM	PEÇ	24	0,72	17,28
1827	ARRUELA QUADRADA LISA 18MM ACO 1010/1020	PEÇ	734	0,41	300,94
2012	CINTA POSTE CIRCULAR DI 330MM 5000DAN	PEÇ	1	15,55	15,55
2017	CINTA POSTE CIRCULAR DI 400MM 5000DAN	PEÇ	1	20,32	20,32
2018	CINTA POSTE CIRCULAR DI 410MM 5000DAN	PEÇ	1	21,15	21,15
2019	CINTA POSTE CIRCULAR DI 420MM 5000DAN	PEÇ	1	21,98	21,98
2023	CINTA POSTE CIRCULAR DI 460MM 5000DAN	PEÇ	1	24,53	24,53
2026	CINTA POSTE CIRCULAR DI 500MM 5000DAN	PEÇ	1	36,40	36,40
2027	CINTA POSTE CIRCULAR DI 520MM 5000DAN	PEÇ	1	29,00	29,00
2028	CINTA POSTE CIRCULAR DI 530MM 5000DAN	PEÇ	1	32,00	32,00
2047	CINTA POSTE CIRCULAR DI 510MM 5000DAN	PEÇ	1	28,00	28,00
2050	CINTA POSTE CIRCULAR DI 570MM 5000DAN	PEÇ	1	33,97	33,97
2086	SUPORTE L COM PARAFUSOS	PEÇ	30	17,95	538,50
2102	SUPORTE TD POSTE DUPLO T	PEÇ	20	48,30	966,00
2121	SUPORTE CHAVE FACA 1P COM PARAFUSOS	PEÇ	12	38,21	458,52
2153	SAPATILHA CABO DE ACO 54X75MM	PEÇ	92	1,81	166,52
2167	HASTE ATERRAMENTO ACO/COBRE 13X2400MM	PEÇ	89	35,70	3.177,30
2179	SELA CRUZETA	PEÇ	2	9,76	19,52
2181	MAO FRANCESA PERF ACO 1010/1020 726MM	PEÇ	21	14,00	294,00
2189	ADAP ESTRIBO CUNHA RET 1/0-2/0AWG 35MM2	PEÇ	3	17,22	51,66
2190	ADAP ESTRIBO CUNHA RET 4/0AWG 35MM2	PEÇ	87	16,93	1.472,91
2242	OLHAL PARA PARAFUSO 5000DAN ACO 16MM	PEÇ	78	8,32	648,96
2270	ARMACAO SECUNDARIA 1 ESTRIBO	PEÇ	121	9,20	1.113,20
4645	POSTE CONCRETO CIRC 12M 1500DAN 1 SEGM	PEÇ	2	3.265,66	6.531,32
4698	POSTE CONCRETO CIRC 12M 2000DAN 1 SEGM	PEÇ	1	4.037,42	4.037,42
4819	POSTE CONCRETO DT 13M 600DAN 1 SEGM	PEÇ	7	1.544,33	10.810,31
4820	POSTE CONCRETO DT 12M 300DAN 1 SEGM	PEÇ	66	788,22	52.022,52
4821	POSTE CONCRETO DT 12M 600DAN 1 SEGM	PEÇ	23	942,55	21.678,65

## Continuação do Anexo 2

Código	Materiais	UMB	Quantidade	Valor unit R\$	Valor total R\$
4823	POSTE CONCRETO DT 12M 1000DAN 1 SEGM	PEÇ	3	1.875,00	5.625,00
4824	POSTE CONCRETO DT 13M 1000DAN 1 SEGM	PEÇ	9	1.848,07	16.632,63
4825	POSTE CONCRETO DT 13M 1500DAN 1 SEGM	PEÇ	2	2.503,51	5.007,02
4876	POSTE CONCRETO DT 12M 1500DAN 1 SEGM	PEÇ	8	2.712,52	21.700,16
5013	ISOLADOR ROLDANA PORCELANA 45 MM 600 V	PEÇ	121	3,90	471,90
5230	CABO NU COBRE 7 FIOS 25,00 MM2	KG	157	34,50	5.416,50
5276	CABO NU ALUM CA 7 FIOS 1/0AWG	KG	1.035	18,50	19.147,50
5315	CABO ISOLADO CU 0,6/1KV 70,00MM2 PRETO	M	20	29,60	592,00
5332	CABO ISOL CU 750V 25MM2 EXTRA-FLEX	M	36	10,54	379,44
6137	LACO PREFORM ROLDANA CA 1/0AWG 660MM	PEÇ	109	1,87	203,83
6155	ALCA PREFORM DISTR AC 1/0AWG 710MM AM	PEÇ	26	4,90	127,40
6168	ALCA PREFORM CORDOAL AC 9,50MM 890MM LAR	PEÇ	92	5,00	460,00
6183	MANILHA SAPATILHA 20MM ACO/FERRO 5000DAN	PEÇ	78	9,09	709,02
6383	CONECTOR CUNHA RAMAL I-SIMETRICO CINZA	PEÇ	101	3,09	312,09
6406	CONEC CUNHA AL CB 2/0AWGX1/0AWG/50MM2	PEÇ	10	7,48	74,80
6412	CONEC CUNHA AL CB 336,4MCMX1/0AWG/50MM2	PEÇ	3	28,25	84,75
6449	CONEC CUNHA AL CB 336,4MCMX336,4MCM AZUL	PEÇ	50	7,80	390,00
6466	CONEC CUNHA AL CB 1/0AWGX1/0AWG/50MM2	PEÇ	20	7,00	140,00
6468	CONEC CUNHA AL CB 1/0AWGX4AWG/25MM2	PEÇ	59	3,33	196,47
6722	LUVA EMENDA COMP ALUM 1/0AWG CA	PEÇ	5	5,00	25,00
6727	LUVA EMENDA COMP ALUM 336,4MCM CA	PEÇ	30	15,53	465,90
6779	CONECTOR LV CU CB 2-477 MCM 4-4/0 AWG	PEÇ	90	39,70	3.573,00
7194	TD 3F 150 KVA 13,8KV 220/380V 15 KV	PEÇ	10	10.092,71	100.927,10
7571	ELO FUSIVEL DISTRIBUICAO K 8A 500MM	PEÇ	30	3,31	99,30
7716	CHAVE SEC 25,8KV 500A 1F SECO MAN 12,5KA	PEÇ	12	403,05	4.836,60
7753	CHAVE FUS 1P C GANCHO 100A 25,8KV 6300A	PEÇ	30	206,99	6.209,70
13486	PARA-RAIO DISTRIB 12KV 10KA OXIDO ZINCO	PEÇ	60	155,43	9.325,80
13600	CRUZETA ACO CARBONO 90X90X2000MM	PEÇ	21	102,75	2.157,75
14168	ISOLADOR ANC POLIMERICO 23,1KV	PEÇ	78	38,93	3.036,54
15752	CABO ALUM COBERTO XLPE 25 KV 50 MM2	M	48	5,05	242,40
15754	CABO ALUM COBERTO XLPE 25 KV 185 MM2	M	16.000	14,20	227.200,00
15765	ESPAÇADOR LOSANGULAR REDE COMPA 25/35KV	PEÇ	522	34,18	17.841,96
16779	ESPAÇADOR VERTICAL REDE COMPA 25/35KV	PEÇ	4	62,00	248,00
15782	ANEL AMARRA SILICONE 90 X 140 MM ESPAÇAD	PEÇ	2116	5,28	11.172,48
15787	BRACO C 25/35 KV	PEÇ	38	114,74	4.360,12
15789	BRACO ANTIBALANCO REDE COMPACTA 25/35 KV	PEÇ	59	18,74	1.105,66
15791	CANTONEIRA AUXILIAR	PEÇ	5	49,26	246,30
15785	BRACO L 25/35 KV PRENSA CB 8-10MM	PEÇ	72	77,49	5.579,28
15792	ESTRIBO PARA BRAÇO L	PEÇ	59	3,55	209,45
16332	ISOLADOR PINO POLIMERICO 23,1KV 25X70MM	PEÇ	162	37,60	6.091,20
17031	CARTUCHO METALICO CALIBRE 22 VERMELHA	PEÇ	59	1,39	82,01

## Continuação do Anexo 2

Código	Materiais	UMB	Quantidade	Valor unit R\$	Valor total R\$
17032	CARTUCHO METALICO CALIBRE 22 AZUL	PEÇ	83	1,76	146,08
15790	SUPORE Z	PEÇ	21	6,75	141,75
17518	PINO CURTO ISOLADOR POLIM D25MM 240MM	PEÇ	162	25,87	4.190,94
17519	SUPORE HORIZONTAL 25/35 KV	PEÇ	23	48,07	1.105,61
18903	ANEL AMARRA SILICONE 110 X 165 MM ISOLAD	PEÇ	162	3,83	620,46
18919	GRAMPO ANCORAGEM CB COBERTO 15KV 185MM2	PEÇ	72	19,61	1.411,92
18921	GRAMPO ANCORAGEM CB COBERTO 25KV 50MM2	PEÇ	6	29,91	179,46
21755	CONEC CUNHA ATERR CU/AI 25/35MMXD13MM2	PEÇ	89	14,14	1.258,46
30377	CABO COBERTO COBRE XLPE 15 KV 16 MM2	M	165	6,40	1.056,00
36240	CABO ACO MENSAGEIRO RD COMPACTA 9,5MM	M	5.350	1,00	5.350,00
<b>Valor Total em R\$</b>					<b>606.209,39</b>

Código	Serviços	UMB	Quantidade	Valor unit R\$	Valor total R\$
300001	ABERT. CAVA EM ROCHA - COMPRESSOR & EXPL	UA	41	25,00	1.025,00
300006	ABERTURA DE CAVA EM ROCHA SEM USO DE EXP	UA	40	7,00	280,00
300008	ABERTURA DE CAVA EM TERRENO NORMAL	UA	40	2,00	80,00
300025	ATERRAMENTO SIMPLES - UMA HASTE	UA	29	2,00	58,00
300026	ATERRAMENTO SIMPLES, DEMAIS HASTES, POR	UA	60	1,20	72,00
300042	CONCRETAGEM DE BASE	UA	55	20,00	1.100,00
300142	ESCORA DE SUBSOLO SIMPLES	UA	66	3,00	198,00
300176	Inst. de aterramento temporário AT.	UA	3	1,01	3,03
300177	Inst. de aterramento temporário BT.	UA	5	0,38	1,90
300291	INSTALAÇÃO DE ARMAÇÃO SECUNDÁRIA	UA	121	0,70	84,70
300314	INSTALAÇÃO DE CHAVE UNIPOLAR	UA	42	1,00	42,00
300322	Instalação de cruzamento aéreo de cabo c	UA	4	3,00	12,00
300326	Instalação de emenda de cabo coberto	UA	30	1,80	54,00
300328	Instalação de espaçador vertical ou losa	UA	526	0,87	457,62
300335	Instalação de estrutura CE-FA	UA	4	7,00	28,00
300336	INSTALAÇÃO DE ESTRUTURA CE-PR	UA	8	4,20	33,60
300337	Instalação de estrutura CE-TR	UA	10	9,00	90,00
300339	Instalação de estrutura CE1A	UA	60	3,00	180,00
300341	Instalação de estrutura CE2	UA	31	3,00	93,00
300343	Instalação de estrutura CE3	UA	3	5,00	15,00
300344	Instalação de estrutura CE4	UA	6	6,00	36,00
300357	INSTALAÇÃO DE FLYING-TAP PRIMÁRIO OU SEC	UA	1	2,00	2,00
300368	INSTALAÇÃO DE PÁRA-RAIOS (POR UNIDADE)	UA	60	1,00	60,00
300371	Inst. poste especial, 12 a 15m com guind	UA	121	10,00	1.210,00
300384	INSTALAÇÃO DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO	UA	10	13,00	130,00
300418	Lanç. cond. 2 a 2/0 CA/CAA Cu 4 a 1/0 km	KM	5,092	36,00	183,31
300420	Lançamento de cordoalha de aço (mensagei	KM	5,092	30,00	152,76

## Continuação do Anexo 2

<b>Código</b>	<b>Serviços</b>	<b>UMB</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor unit R\$</b>	<b>Valor total R\$</b>
300489	Recomposição de calçada de concreto, pt	M2	60	2,00	120,00
300752	Trans. mat. percurso até 20 km p/kg	KG	1	42,54	42,54
300754	Transp poste >= 12m e 1000dan até 20 km	UA	121	1,65	199,65
650852	EMENDA CABO CA MAIOR OU IGUAL A 1/0	UA	5	0,21	1,05
650858	Lançam cb coberto acima de 70mm <sup>2</sup> , por km	UA	15,28	70,00	1.069,60
622041	Instalar EstrutN3,B3,M3,T3 -2 Cruz. Mad	CJ	2	2,00	4,00
622061	Instalar EstrutN4,B4,M4,T4 -2 Cruz. Mad	CJ	2	2,50	5,00
625043	Retensionamento de Condutor (p/cond.)	UN	6	0,50	3,00
625051	Instalar Flying-Tap/ Jumper/ Cruz. Aéreo	CJ	3	0,30	0,90
626101	Instalar Chave Faca - CD	UN	3	0,50	1,50
<b>Valor USC em R\$</b>					<b>54,11</b>
<b>Valor ULV em R\$</b>					<b>255,71</b>
<b>Custo Administrativo em R\$</b>					<b>103.602,19</b>
<b>Mão de Obra Linha Morta em R\$</b>					<b>376.713,93</b>
<b>Mão de Obra Linha Viva em R\$</b>					<b>3.682,22</b>
<b>Valor Total em R\$</b>					<b>1.090.289,75</b>

## Anexo 3 – Custos de construção da rede isolada

Código	Materiais	UMB	Quantidade	Valor unit R\$	Valor total R\$
255	FITA ISOLANTE EPR 19MMX10M AUTO-FUSAO	PEÇ	15	13,90	208,50
256	FITA ISOLANTE PVC PRETA 19MMX20M	PEÇ	30	11,37	341,10
1620	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X125X80MM	PEÇ	35	3,52	123,20
1624	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X250X170MM	PEÇ	29	4,91	142,39
1625	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X300X220MM	PEÇ	121	5,88	711,48
1639	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X450X370MM	PEÇ	13	5,19	67,47
1645	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X550X470MM	PEÇ	36	10,80	388,80
1670	PARAFUSO CAB QUAD ACO 7007 16X200X120MM	PEÇ	92	4,26	391,92
1794	PARAFUSO CAB ABAUL ACO 7007 16X150X75MM	PEÇ	3	3,89	11,67
1798	PARAFUSO CAB ABAUL ACO 7007 16X45X45MM	PEÇ	66	2,03	133,98
1812	PORCA QUADRADA ACO 7007 16MM	PEÇ	78	0,72	56,16
1827	ARRUELA QUADRADA LISA 18MM ACO 1010/1020	PEÇ	493	0,41	202,13
2007	CINTA POSTE CIRCULAR DI 280MM 5000DAN	PEÇ	5	12,20	61,00
2008	CINTA POSTE CIRCULAR DI 290MM 5000DAN	PEÇ	10	13,46	134,60
2012	CINTA POSTE CIRCULAR DI 330MM 5000DAN	PEÇ	3	15,55	46,65
2013	CINTA POSTE CIRCULAR DI 340MM 5000DAN	PEÇ	4	15,31	61,24
2014	CINTA POSTE CIRCULAR DI 350MM 5000DAN	PEÇ	6	16,31	97,86
2015	CINTA POSTE CIRCULAR DI 360MM 5000DAN	PEÇ	1	17,29	17,29
2016	CINTA POSTE CIRCULAR DI 380MM 5000DAN	PEÇ	1	17,92	17,92
2018	CINTA POSTE CIRCULAR DI 410MM 5000DAN	PEÇ	4	21,15	84,60
2019	CINTA POSTE CIRCULAR DI 420MM 5000DAN	PEÇ	3	21,98	65,94
2025	CINTA POSTE CIRCULAR DI 470MM 5000DAN	PEÇ	2	29,40	58,80
2086	SUPORTE L COM PARAFUSOS	PEÇ	36	17,95	646,20
2102	SUPORTE TD POSTE DUPLO T	PEÇ	20	48,30	966,00
2121	SUPORTE CHAVE FACIA 1P COM PARAFUSOS	PEÇ	39	38,21	1.490,19
2153	SAPATILHA CABO DE ACO 54X75MM	PEÇ	51	1,81	92,31
2167	HASTE ATERRAMENTO ACO/COBRE 13X2400MM	PEÇ	71	35,70	2.534,70
2179	SELA CRUZETA	PEÇ	5	9,76	48,80
2181	MAO FRANCESA PERF ACO 1010/1020 726MM	PEÇ	35	14,00	490,00
2189	ADAP ESTRIBO CUNHA RET 1/0-2/0AWG 35MM2	PEÇ	3	17,22	51,66
2241	PORCA OLHAL ACO 6800DAN D16MM	PEÇ	51	3,00	153,00
2242	OLHAL PARA PARAFUSO 5000DAN ACO 16MM	PEÇ	81	8,32	673,92
2270	ARMAÇAO SECUNDARIA 1 ESTRIBO	PEÇ	118	9,20	1.085,60
4645	POSTE CONCRETO CIRC 12M 1500DAN 1 SEGM	PEÇ	4	3.265,66	13.062,64
4685	POSTE CONCRETO CIRC 13M 1500DAN 1 SEGM	PEÇ	4	3.717,16	14.868,64
4698	POSTE CONCRETO CIRC 12M 2000DAN 1 SEGM	PEÇ	2	4.037,42	8.074,84
4704	POSTE CONCRETO CIRC 12M 2500DAN 1 SEGM	PEÇ	2	4.450,00	8.900,00
4820	POSTE CONCRETO DT 12M 300DAN 1 SEGM	PEÇ	72	788,22	56.751,84
4821	POSTE CONCRETO DT 12M 600DAN 1 SEGM	PEÇ	13	942,55	12.253,15
4823	POSTE CONCRETO DT 12M 1000DAN 1 SEGM	PEÇ	10	1.875,00	18.750,00
4876	POSTE CONCRETO DT 12M 1500DAN 1 SEGM	PEÇ	11	2.712,52	29.837,72

## Continuação do Anexo 3

Código	Materiais	UMB	Quantidade	Valor unit R\$	Valor total R\$
5013	ISOLADOR ROLDANA PORCELANA 45 MM 600 V	PEÇ	118	3,90	460,20
5230	CABO NU COBRE 7 FIOS 25,00 MM2	KG	115	34,50	3.967,50
5276	CABO NU ALUM CA 7 FIOS 1/0AWG	KG	781	18,50	14.448,50
5315	CABO ISOLADO CU 0,6/1KV 70,00MM2 PRETO	M	20	29,60	592,00
5332	CABO ISOL CU 750V 25MM2 EXTRA-FLEX	M	24	10,54	252,96
6137	LACO PREFORM ROLDANA CA 1/0AWG 660MM	PEÇ	94	1,87	175,78
6155	ALCA PREFORM DISTR AC 1/0AWG 710MM AM	PEÇ	24	4,90	117,60
6159	ALCA PREFORM DISTR AC 3/0AWG 875MM VERM	PEÇ	56	9,89	553,84
6183	MANILHA SAPATILHA 20MM ACO/FERRO 5000DAN	PEÇ	81	9,09	736,29
6383	CONECTOR CUNHA RAMAL I-SIMETRICO CINZA	PEÇ	63	3,09	194,67
6405	CONEC CUNHA AL CB 2/0AWGX2AWG/35MM2	PEÇ	29	7,00	203,00
6406	CONEC CUNHA AL CB 2/0AWGX1/0AWG/50MM2	PEÇ	10	7,48	74,80
6412	CONEC CUNHA AL CB 336,4MCMX1/0AWG/50MM2	PEÇ	3	28,25	84,75
6466	CONEC CUNHA AL CB 1/0AWGX1/0AWG/50MM2	PEÇ	8	7,00	56,00
6449	CONEC CUNHA AL CB 336,4MCMX336,4MCM AZUL	PEÇ	78	7,80	608,40
6468	CONEC CUNHA AL CB 1/0AWGX4AWG/25MM2	PEÇ	37	3,33	123,21
6571	CRUZETA UNIVERSAL FOFO/ACO CARBONO	PEÇ	116	65,72	7.623,52
6722	LUVA EMENDA COMP ALUM 1/0AWG CA	PEÇ	5	5,00	25,00
6779	CONECTOR LV CU CB 2-477 MCM 4-4/0 AWG	PEÇ	3	39,70	119,10
6783	CONEC CUNHA AL CB 4AWGX6AWG/16MM2	PEÇ	83	3,48	288,84
7194	TD 3F 150 KVA 13,8KV 220/380V 15 KV	PEÇ	10	10.092,71	100.927,10
7571	ELO FUSIVEL DISTRIBUICAO K 8A 500MM	PEÇ	30	3,31	99,30
7716	CHAVE SEC 25,8KV 500A 1F SECO MAN 12,5KA	PEÇ	39	403,05	15.718,95
7753	CHAVE FUS 1P C GANCHO 100A 25,8KV 6300A	PEÇ	30	206,99	6.209,70
13486	PARA-RAIO DISTRIB 12KV 10KA OXIDO ZINCO	PEÇ	36	155,43	5.595,48
13600	CRUZETA ACO CARBONO 90X90X2000MM	PEÇ	35	102,75	3.596,25
14168	ISOLADOR ANC POLIMERICO 23,1KV	PEÇ	81	38,93	3.153,33
14493	CINTA POSTE CIRCULAR DI 370MM 5000DAN	PEÇ	1	13,54	13,54
14499	GARFO DUPLO 4000 DAN PINO 13MM	PEÇ	70	9,23	646,10
14500	GARFO OLHAL 4000 DAN PINO 13MM	PEÇ	81	10,28	832,68
14501	MANILHA 15MM ACO/FERRO 4000DAN	PEÇ	161	5,68	914,48
15121	GRAMPO SUSP CB 95-120MM	PEÇ	151	11,78	1.778,78
15752	CABO ALUM COBERTO XLPE 25 KV 50 MM2	M	48	5,05	242,40
15765	ESPACADOR LOSANGULAR REDE COMPA 25/35KV	PEÇ	1	34,18	34,18
15782	ANEL AMARRA SILICONE 90 X 140 MM ESPAÇAD	PEÇ	4	5,28	21,12
16943	BALANCIM 250MM 2500 DAN FERRO/ACO CARB	PEÇ	35	21,95	768,25
16944	PROLONG OLHAL-OLHAL 4000DAN CB PRE-REUN	PEÇ	10	7,83	78,30
17031	CARTUCHO METALICO CALIBRE 22 VERMELHA	PEÇ	120	1,39	166,80
17032	CARTUCHO METALICO CALIBRE 22 AZUL	PEÇ	50	1,76	88,00
18165	CONECTOR TERMINAL CU 16MM2 2F	PEÇ	30	6,47	194,10
18921	GRAMPO ANCORAGEM CB COBERTO 25KV 50MM2	PEÇ	6	29,91	179,46
18955	PERFIL U ACO 7007 6,93X38,05X900MM	PEÇ	1	2,63	2,63

## Continuação do Anexo 3

Código	Materiais	UMB	Quantidade	Valor unit R\$	Valor total R\$
19618	TERMINAL 90G 2F NEMA 336,4MCM P/CUNHA AL	PEÇ	78	16,79	1.309,62
21755	CONEC CUNHA ATERR CU/AI 25/35MMXD13MM2	PEÇ	71	14,14	1.003,94
24325	CABO MULTIPLEX AL 3X1X185+95MM2 15/25KV	M	5.300	185,00	980.500,00
25950	SUPORTE MUFLA SUPORTE CABOS ISOL MT	PEÇ	24	23,59	566,16
30377	CABO COBERTO COBRE XLPE 15 KV 16 MM2	M	100	6,40	640,00
33620	MUFLA CABO ISOLADO 15/25kv 185mm2	PEÇ	78	451,00	35.178,00
18919	GRAMPO ANCORAGEM CB COBERTO 15KV 185MM2	PEÇ	81	19,61	1.588,41
35847	CONECTOR TERMINAL AL 185MM2 2F CB-BR	PEÇ	78	22,10	1.723,80
36159	PARAFUSO CAB SEXT INOX M12X60MM	CJ	156	15,37	2.397,72
36240	CABO ACO MENSAGEIRO RD COMPACTA 9,5MM	M	17	1,00	17,00
<b>Valor Total R\$</b>					<b>1.371.044,82</b>

Código	Serviços	UMB	Quantidade	USC	Total USC
300001	ABERT. CAVA EM ROCHA - COMPRESSOR & EXPL	UA	40	25,00	1.000,00
300006	ABERTURA DE CAVA EM ROCHA SEM USO DE EXP	UA	39	7,00	273,00
300008	ABERTURA DE CAVA EM TERRENO NORMAL	UA	39	2,00	78,00
300025	ATERRAMENTO SIMPLES - UMA HASTE	UA	27	2,00	54,00
300026	ATERRAMENTO SIMPLES, DEMAIS HASTES, POR	UA	44	1,20	52,80
300042	CONCRETAGEM DE BASE	UA	46	20,00	920,00
300132	Emenda de condutor multiplexado de média	UA	9	3,50	31,50
300142	ESCORA DE SUBSOLO SIMPLES	UA	72	3,00	216,00
300175	Inst. N1, B1, M1, T1 util. 1 cruzeta aço	UA	10	1,48	14,80
300176	Inst. de aterramento temporário AT.	UA	3	1,01	3,03
300177	Inst. de aterramento temporário BT.	UA	5	0,38	1,90
300229	Inst. N4, B4, M4, T4 util. 2 cruzeta aço	UA	14	3,70	51,80
300291	INSTALAÇÃO DE ARMAÇÃO SECUNDÁRIA	UA	118	0,70	82,60
300314	INSTALAÇÃO DE CHAVE UNIPOLAR	UA	69	1,00	69,00
300324	INSTALAÇÃO DE CRUZETA UNIVERSAL PARA CON	UA	116	1,30	150,80
300328	Instalação de espaçador vertical ou losa	UA	1	0,87	0,87
300337	Instalação de estrutura CE-TR	UA	1	9,00	9,00
300343	Instalação de estrutura CE3	UA	1	5,00	5,00
300368	INSTALAÇÃO DE PÁRA-RAIOS (POR UNIDADE)	UA	36	1,00	36,00
300371	Inst. poste especial, 12 a 15m com guind	UA	118	10,00	1.180,00
300384	INSTALAÇÃO DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO	UA	10	13,00	130,00
300408	Lançam cb coberto até 70mm <sup>2</sup> , por km	KM	0,045	50,00	2,25
300416	LANÇAMENTO DE CONDUTOR MULTIPLEXADO DE M	KM	5,015	300,00	1.504,50
300418	Lanç. cond. 2 a 2/0 CA/CAA Cu 4 a 1/0 km	KM	5,079	36,00	182,84
300420	Lançamento de cordoalha de aço (mensagei	KM	0,015	30,00	0,45
300489	Recomposição de calçada de concreto, pt	M2	60	2,00	120,00
300743	TERMINAÇÃO DE CONDUTOR MULTIPLEXADO DE M	UA	78	6,00	468,00

## Continuação do Anexo 3

<b>Código</b>	<b>Serviços</b>	<b>UMB</b>	<b>Quantidade</b>	<b>USC</b>	<b>Total USC</b>
300745	TRACIONAMENTO E/OU ENCABEÇAMENTO, POR LA	UA	49	1,50	73,50
300752	Trans. mat. percurso até 20 km p/kg	KG	1	65,05	65,05
300754	Transp poste >= 12m e 1000dan até 20 km	UA	118	1,65	194,70
650852	EMENDA CABO CA MAIOR OU IGUAL A 1/0	UA	5	0,21	1,05
622061	Instalar EstrutN4,B4,M4,T4 -2 Cruz. Mad	CJ	1	2,50	2,50
625043	Retensionamento de Condutor (p/cond.)	UN	4	0,50	2,00
626011	Instalar Para-Raios/Mufla	UN	3	0,50	1,50
626101	Instalar Chave Faca - CD	UN	3	0,50	1,50
<b>Valor USC em R\$</b>					<b>54,11</b>
<b>Valor ULV em R\$</b>					<b>255,71</b>
<b>Custo Administrativo em R\$</b>					<b>181.159,29</b>
<b>Mão de Obra Linha Morta em R\$</b>					<b>352.361,29</b>
<b>Mão de Obra Linha Viva em R\$</b>					<b>1.917,83</b>
<b>Valor Total em R\$</b>					<b>1.906.485,85</b>

## Anexo 4 – Custos de construção da rede subterrânea

Código	MATERIAL	UMB	Quantidade	Valor Unit R\$	Valor Total R\$
2167	HASTE ATERRAMENTO ACO/COBRE 13X2400MM	PEÇ	208	35,70	7.425,60
2293	BUCHA FIXACAO NYLON 10X65MM	PEÇ	370	0,45	166,50
5231	CABO NU COBRE 7 FIOS 35,00 MM2	KG	125	34,50	4.312,50
5233	CABO NU COBRE 7 FIOS 70,00 MM2	KG	180	34,50	6.210,00
13893	SUPORTE P/CABO (BANDEJAS)	PEÇ	18	2,28	41,04
32868	EMENDA CABO ISOLADO 15/25kv 120mm2	PEÇ	35	890,08	31.152,80
35665	CONECTOR DO TERM. BÁSICO AL CTB 120MM2	PEÇ	81	91,67	7.425,27
15319	MANTA TERMOCONTRATIL CABOS 50 A 70 MM2	PEÇ	125	65,00	8.125,00
16225	ELETRODUTO FLEX PEAD CORRUG 4" DN125	M	60.400	7,87	475.348,00
16493	CONECTOR TERMINAL CU-SN 35MM2 1F CB-BR	PEÇ	100	34,90	3.490,00
16500	ETIQ MARC CABO 170MM NYLON 6.6 IDENT T	PEÇ	130	0,27	35,10
16502	ETIQ MARC CABO 170MM NYLON 6.6 IDENT R	PEÇ	130	1,65	214,50
16503	ETIQ MARC CABO 170MM NYLON 6.6 IDENT S	PEÇ	130	1,65	214,50
16595	TAMPAO ELETRODUTO CORRUG PEAD 125X70MM	PEÇ	1.600	13,58	21.728,00
16900	CONECTOR COMPRE H CB 50-95/50-95MM2	PEÇ	105	20,07	2.107,35
16903	MANTA TERMOCONTRATIL CABOS 120 A 185 MM2	PEÇ	45	99,38	4.472,10
16980	BARRAMENTO COBRE NU ESTANHADO	PEÇ	100	90,00	9.000,00
17416	LUVA ELETRODUTO CORRUGADO PEAD 125MM	PEÇ	100	9,00	900,00
18398	TAMPAO REDE SUB RET BIP 980X1320MM 125KN	PEÇ	79	890,00	70.310,00
21319	CONECTOR TERMINAL CU-SN 70MM2 2F CB-BR	PEÇ	130	28,50	3.705,00
14188	CHAVE SECC. 3 VIAS SF6 SUBMERSIVEL	PEÇ	4	74.749,00	298.996,00
25375	CABO ISOLADO ALUM 15/25KV 120MM2 PRETO	M	5.260	57,25	301.135,00
25812	TAMPAO REDE SUBTER CIRCU DN 800MM 400KN	PEÇ	25	717,21	17.930,25
25892	PORTA MARCADOR 102X9MM NYLON PRETA	CJ	420	0,20	84,00
32041	TERMINAL DESC CURVO 15/25KV 200A 120MM2	PEÇ	81	386,57	31.312,17
32196	PARAFUSO MAQUINA CAB SEXT 1/4"X50MM DP07	PEÇ	370	12,66	4.684,20
32684	CAIXA INSPEÇÃO TIPO CM 3300x2600x2500mm	PEÇ	4	24.000,00	96.000,00
32982	CABO ISOL CU 450/750V 70MM2 VERDE	M	5.210	18,40	95.864,00
35663	CONECTOR DO TERM. BÁSICO AL CTB 50MM2	PEÇ	60	91,67	5.500,20
34931	CONECTOR ATER COMP G Cu 1/2-5/8 A 16-35	PEÇ	208	11,35	2.360,80
35597	CAIXA SUBT. CHAVE SECC. 2 VIAS CH2	PEÇ	4	6.000,00	24.000,00
35656	CHAVE PARA CONEXÃO BUCHA TIPO POÇO 200A	PEÇ	24	1.117,17	26.812,08
36159	PARAFUSO CAB SEXT INOX M12X60MM	CJ	300	15,37	4.611,00
20225	TD PEDESTAL 3F 150KVA 23,1KV 220/380V	PEÇ	10,00	34.298,05	342.980,50
36624	CABO ISOL CU 0,6/1KV 240MM2 AZUL CL CAPA	M	50	200,00	10.000,00
32677	CABO ISOL CU 0,6/1KV 240MM2 PRETA CAPA	M	150	200,00	30.000,00
18175	CABO ISOLADO ALUM 15/25KV 50MM2 PRETO	M	160	51,44	8.230,40
18747	BARRAMENTO TRIPLEX 15/25kv 200A	PEÇ	30	1.391,00	41.730,00
18134	TERMINAL DESC CURVO 15/25KV 200A 50MM2	PEÇ	60	416,00	24.960,00
35655	DISPOSITIVO DE ATERRAM. DAT 200A 25kv	PEÇ	141	38,43	5.418,63
35651	PLUGUE INSERÇÃO SIMPLES LOAD 200A 25kv	PEÇ	30	235,69	7.070,70

## Continuação Anexo 4

Código	MATERIAL	UMB	Quantidade	Valor Unit R\$	Valor Total R\$
34114	QDP 1250A 785X690MM DIN-1	PEÇ	10	12.857,00	128.570,00
13817	CONECTOR TERMINAL CU-SN 240MM2 2F CB-BR	PEÇ	40	136,30	5.452,00
36421	DISPOS SENSOR TENSÃO ATÉ 25KV ACESS DESC	PEÇ	24	1.085,80	26.059,20
<b>Valor Total Materiais R\$</b>				<b>2.196.144,39</b>	

Código	SERVIÇO	UMB	Quantidade	USC	Total USC
300052	CONFECÇÃO E AFIXAÇÃO DE PLACA ALUSIVA A	M2	1	5,40	5,40
300054	Construção de caixa de poço de inspeção	UA	5	347,51	1.737,55
300062	Constr.Caixa passagem e derivação tipo D	UA	75	70,01	5.250,75
300074	CONSTR. DE CAIXA DE PASSAGEM E DER. TIPO	UA	16	134,27	2.148,32
650953	Constr. banco dutos com areia grossa 12 dutos	M	4.510	2,95	13.304,50
300101	CONSTRUÇÃO DE SELO DE COBERTURA DE CONC.	M	260	0,54	140,40
300102	CONSTRUÇÃO E INST. DE BASE EM CONC. ARMA	UA	10	44,76	447,60
300179	Inst. conector compressão em cabo acima 120mm <sup>2</sup>	UA	40	0,83	33,20
300180	Inst. conector compressão em cabo abaixo 120mm <sup>2</sup>	UA	330	0,64	211,20
300194	Inst. de módulo desconectável de MT, tipo cotovelo	UA	141	4,48	631,68
300287	Instalação completade transformador tipo pedestal	UA	10	127,88	1.278,80
300305	Instalação de barramento triplex em parede de concreto	UA	30	3,20	96,00
300293	INSTALAÇÃO DE ARMÁRIO DE BT, P/ COMANDO	UA	10	5,00	50,00
300135	Emenda reta de cabo de baixa tensão (BT)	UA	33	9,59	316,47
300286	INSTALAÇÃO COMPL. DE FERRAGENS, SUPORTES	UA	5	41,56	207,80
300302	INSTALAÇÃO DE BARRAMENTO DE COBRE NU, NA	UA	100	0,64	64,00
300412	Lançamento de circuito de MT (1,2,3, ou	M	5.010	0,54	2.705,40
300443	Montagem completa de câmara subterrânea	UA	4	255,75	1.023,00
300752	Trans. mat. percurso até 20 km p/kg	KG	1	0,00	0,00
650954	Constr. banco dutos em rocha 12 dutos c/ mart. pneum.	M	500	15,78	7.890,00
<b>Valor USC em R\$</b>				<b>54,11</b>	
<b>Valor ULV em R\$</b>				<b>255,71</b>	
<b>Valor de MÃO DE OBRA Linha Morta em R\$</b>				<b>2.031.401,52</b>	
<b>Custo Administrativo em R\$</b>				<b>443.892,32</b>	
<b>TOTAL</b>				<b>4.671.438,23</b>	