

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM PORTO ALEGRE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

NILTON LUIZ BRANDALESI JUNIOR

**ESTUDO COMPLETO SOBRE A INSTALAÇÃO DE UMA NOVA LIGAÇÃO
URBANA DE ENERGIA ELÉTRICA PARA UM CLIENTE RESIDENTE NO
MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE**

PORTO ALEGRE

2021

NILTON LUIZ BRANDALESI JUNIOR

**ESTUDO COMPLETO SOBRE A INSTALAÇÃO DE UMA NOVA LIGAÇÃO
URBANA DE ENERGIA ELÉTRICA PARA UM CLIENTE RESIDENTE NO
MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para obtenção
do título de Engenheiro de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Elton Gimenez Rossini

PORTO ALEGRE

2021

NILTON LUIZ BRANDALESI JUNIOR

**ESTUDO COMPLETO SOBRE A INSTALAÇÃO DE UMA NOVA LIGAÇÃO
URBANA DE ENERGIA ELÉTRICA PARA UM CLIENTE RESIDENTE NO
MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título Bacharel em Engenharia
de Energia na Universidade Estadual do Rio
Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Elton Gimenez Rossini

Aprovado em: ___/___/___

Orientador: Prof. Dr. Elton Gimenez Rossini
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

Prof. Dr.
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Prof. Dr.
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Prof. Dr.
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

PORTO ALEGRE

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores da UERGS que sempre me ajudaram e incentivaram, em especial ao orientador deste trabalho, Prof. Dr. Elton Gimenez Rossini, que esteve presente nesta jornada e acompanhou-me desde o primeiro semestre.

Agradeço a minha família que sempre esteve ao meu lado, principalmente a minha esposa Franciane G. Lima que sempre me incentivou.

Agradeço a Deus por esta oportunidade e por colocar pessoas maravilhosas em minha vida.

RESUMO

Este trabalho desenvolve um estudo sobre uma nova ligação à rede de distribuição de energia elétrica. Para verificar a possibilidade de incluir este novo consumidor ao circuito elétrico realiza-se três etapas fundamentais. A primeira etapa é o levantamento de campo para obter todas as informações preliminares do local. Estas informações são transferidas para o software Autocad que é utilizado como ferramenta de auxílio para projetos. A demanda é a segunda etapa, na qual verifica-se o consumo de eletricidade de cada cliente ligado ao circuito elétrico, para então poder realizar a terceira etapa, o cálculo elétrico que visa identificar se o transformador tem capacidade de absorver esta nova ligação, se há queda de tensão no consumidor mais distante do transformador incluindo esta nova carga e se os cabos estão dentro dos limites aceitáveis de capacidade de condução de corrente. O desenvolvimento do projeto segue as normas técnicas nacionais e tem como principal normativa as diretrizes implementadas pela Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE). Concluiu-se que para realizar a nova ligação, deve-se substituir o transformador para um de maior potência e alterar os condutores do circuito elétrico devido sua capacidade de corrente ser inferior a necessária.

Palavras chave: Rede Elétrica, Distribuição Urbana, Nova Ligação.

ABSTRACT

This work develops a study on a new connection to the electricity distribution network. In order to verify the possibility of including this new consumer in the electrical circuit, three fundamental steps are carried out. The first step is the field survey to obtain all preliminary site information. This information is transferred to the Autocad software which is used as an aid tool for projects. Demand is the second stage, which checks the electricity consumption of each customer connected to the electrical circuit, and then performs the third stage, the electrical calculation that aims to identify whether the transformer is able to absorb this new connection, if there is voltage drop at the consumer furthest from the transformer including this new load and if the cables are within acceptable limits of current-carrying capacity. The development of the project follows national technical standards and its main standard is the guidelines implemented by the State Electric Energy Company (CEEE). It was concluded that to carry out the new connection, the transformer must be replaced with one with greater power and the conductors of the electrical circuit must be changed because its current capacity is less than necessary.

Keywords: Electricity Network, Urban Distribution, New Connection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Cálculo Elétrico	15
Figura 2-Cálculo Mecânico.....	17
Figura 3-Circuito Elétrico Local	22
Figura 4-Cálculo elétrico da rede secundária.....	24
Figura 5-Simulação de esforço no poste 005.....	26
Figura 6-Plotagem do projeto	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Simbologia projeto e cadastramento	6
Tabela 2-Padronização de Postes CEEE-D	11
Tabela 3-Condutores para rede de distribuição urbana (RDU)	12
Tabela 4-Conductor tronco de circuitos secundários	14
Tabela 5-Potência de transformadores em poste simples	16
Tabela 6-Potência de transformadores em plataforma	16
Tabela 7-Demanda por consumidor residencial	20
Tabela 8-Demanda por consumidor comercial.....	21
Tabela 9-Potência de transformadores em poste simples	21
Tabela 10-Bitolas padronizadas e correntes máximas de condutores	23
Tabela 11-Capacidade de Condução de Corrente dos Condutores Multiplexados de Alumínio, Isolamento XLPE:.....	23

LISTA DE SIGLAS

CEEE	Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica
UC	Unidade Consumidora
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
RGE	Companhia Rio Grande Energia
RDU	Rede de Distribuição Urbana

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS GERAL	2
1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO	2
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	2
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 PROJETO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO URBANA (RDU)	3
2.2 ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS	4
2.2.1 Anteprojeto.....	4
2.2.2 Projeto.....	4
2.3 DADOS PRELIMINARES.....	5
2.4 DETERMINAÇÃO DA DEMANDA	7
2.4.1 Projetos de loteamento	8
2.4.2 Projetos de Condomínios Horizontais	9
2.4.3 Projetos de Regularização Fundiária de Interesse Social	9
2.4.4 Projetos de Reformas.....	9
2.4.5 Projetos de Extensão de Rede.....	10
2.5 EQUIPAMENTOS, POSTES E TRANSFORMADORES.....	10
2.6 DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO.....	13
2.7 CÁLCULO MECÂNICO	16
3 MATERIAIS E MÉTODOS	18
4 ESTUDO DE CASO	19
4.1 DADOS PRELIMINARES.....	19
4.2 DETERMINAÇÃO DA DEMANDA	19
4.3 DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO.....	23
4.4 EQUIPAMENTOS, POSTES E TRANSFORMADORES.....	25
4.5 CÁLCULO MECÂNICO	25
5 CONCLUSÃO	28

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a energia elétrica constitui-se em uma das principais fontes de energia utilizadas, ela tornou-se essencial na sociedade moderna, tendo em vista o seu papel desde os processos industriais, percorrendo a prestação de serviços e comércios até a conforto que pode gerar em domicílios. Observa-se assim que este insumo possui a capacidade de trazer consigo crescimento econômico, aliás crescimento econômico e consumo de energia elétrica são assuntos correlacionados, visto que para o desenvolvimento econômico ocorrer é necessária uma disponibilidade energética congruente. Se tomarmos o Brasil como cenário e analisarmos os dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que presta serviços ao Ministério de Minas e Energia do país, observaremos que o Brasil está entre os 10 maiores geradores de energia elétrica do mundo. Em 2018 chegou à marca de 165 GW gerados, ficando à frente de países como Canadá e França (EPE, 2021).

Outros autores, como Frazão (2019, p.07), já abordavam tal relação, afirmando que “o consumo de energia elétrica está atrelado ao grau de crescimento econômico de um país. Dentro desse contexto, o sistema de energia elétrica composto por infraestruturas de geração, transmissão e distribuição surge como elemento responsável pelo suprimento seguro e confiável de energia aos consumidores finais”. As normas técnicas em que o projeto de rede de distribuição urbana é fundamentado, por sua vez, asseguram estes padrões mínimos de segurança, além de suprir as demandas por eletricidade de cada região com menor custo possível e mitigar as perdas do sistema elétrico. Portanto, o estudo minucioso destas diretrizes se faz imprescindível para o manejo da energia elétrica.

Tendo em vista a importância de um sistema de distribuição elétrica organizado, funcional e seguro para todos os segmentos da sociedade, os profissionais que atuam nesta área devem possuir pleno conhecimento técnico aplicado à prática e é neste contexto que este trabalho se propõe a atuar, dissecando todas as etapas da instalação de uma rede de distribuição elétrica urbana.

1.2 OBJETIVOS GERAL

Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo completo sobre a instalação de uma nova ligação urbana, para um cliente residente no município de Porto Alegre.

1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO

- a) Apresentar as etapas adequadas e os respectivos procedimentos para a instalação de uma nova ligação urbana;
- b) Exemplificar as condições exigíveis para a elaboração de um projeto de rede de distribuição urbana, de acordo com as normativas da Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE-D);
- c) Verificar as condições necessárias para implementação de uma nova ligação, assim como as modificações pertinentes ao projeto.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em cinco capítulos da seguinte forma: Introdução, Referencial Teórico, Materiais e Métodos, Estudo de Caso e Conclusão. O capítulo 2, referencial teórico, detalha as etapas para elaboração de um projeto elétrico baseado nas normas técnicas da concessionária CEEE. Estas etapas são denominadas como: dados preliminares, cálculo de demanda, equipamentos, cálculo elétrico e cálculo mecânico. Ressalta-se que se complementou esta análise com diretrizes de outras concessionárias, com vistas ao enriquecimento desta monografia. Utilizou-se, em estudo complementar, as normativas da Companhia Paranaense de Energia (COPEL) e da Companhia Rio Grande Energia (RGE). No capítulo 3, denominado Materiais e Métodos, apresenta-se detalhadamente as instruções de como foi desenvolvido um projeto de rede de distribuição elétrica do tipo nova ligação. O capítulo 4 mostra a aplicabilidade de todos os conhecimentos abordados no referencial teórico e no capítulo 5 a conclusão do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PROJETO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO URBANA (RDU)

Um projeto de distribuição urbana (RDU) tem com o objetivo, abastecer o consumo elétrico das unidades consumidoras (UCs). É realizado a partir do levantamento prévio do local, com informações dos consumidores pertencentes ao circuito elétrico, assim como a análise das características da região por onde passará a rede energizada, observando o tipo de solo e da vegetação envolvidos. Na elaboração dos projetos, devem ser analisados, os critérios e as especificações relacionados em norma da concessionária local, a fim de garantir um bom desempenho do sistema de distribuição de energia elétrica e minimizar os riscos de acidentes.

Existem diversas classificações para as redes de distribuição urbanas, abaixo cita-se a classificação da Companhia Paranaense de Energia - COPEL, esta foi escolhida por demonstrar-se completa e sucinta neste quesito:

- a) **Projetos de rede nova:** São aqueles que visam a implantação de todo sistema de distribuição, necessário ao atendimento de uma determinada área onde não exista rede de distribuição.
- b) **Projetos de extensão de rede:** São trechos da rede de distribuição construídos a partir do ponto de conexão com o sistema existente, onde tem início a ampliação, visando possibilitar a efetivação de uma ou mais ligações simultâneas.
- c) **Projetos de melhoria de rede:** São aqueles que se destinam a melhorar e/ou restabelecer as características elétricas e/ou mecânicas de um determinado trecho de rede, visando o fornecimento de energia em nível adequado de qualidade e segurança.
- d) **Projetos de reforma de rede:** São aqueles destinados à modificação das características elétricas de um determinado trecho de rede existente, para possibilitar o aumento de carga ou novas ligações.

2.2 ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS

O desenvolvimento de um projeto de RDU pode ser dividido em anteprojeto e projeto, os quais serão descritos a seguir.

2.2.1 Anteprojeto

Trata-se da primeira etapa elaborativa do projeto. Pode-se para fins didáticos dividir-se em dados preliminares e determinação de demanda.

- a) Dados preliminares: Consiste na obtenção dos dados necessários à elaboração do projeto, tais como mapas, projetos já existentes, condições locais, grau de urbanização e arborização das ruas. Analisa-se também qual será o tipo de projeto a ser elaborado e sua finalidade, assim como informações do requerente da obra.
- b) Determinação da demanda: Nesta etapa, determina-se as demandas dos consumidores que já estão ligados à rede, além da previsão de demanda de novos consumidores, estas informações são obtidas no levantamento de campo ou através de banco de dados das concessionárias e destinam-se a fornecer ao projetista uma quantidade suficiente de informações para elaboração do projeto. Desta forma, define-se o dimensionamento dos transformadores da rede.

2.2.2 Projeto

- a) Dimensionamento elétrico: O principal objetivo do cálculo elétrico é dimensionar a potência nominal necessária dos transformadores de distribuição e as seções dos condutores do circuito elétrico. Deve ser feito observando-se os limites permitidos de queda de tensão máxima da rede e o limite térmico dos cabos.
- b) Dimensionamento mecânico: Determina-se a resultante dos esforços atuantes sobre os postes em derivação, fim de linha e com mudança do número ou seção de condutores, para isso utiliza-se tabelas pré-determinadas pela

concessionária. Além disso, estuda-se os meios necessários para absorver esses esforços.

2.3 DADOS PRELIMINARES

Esta etapa consiste na obtenção e análise dos dados necessários à elaboração do projeto. Inicia-se com o levantamento de campo, no qual realiza-se a análise das condições do local, o que inclui a quantidade de UCs presente no circuito, o grau de urbanização, se há arborização conflitante com a rede, os tipos de postes e cabos, assim como a presença de estradas ou ferrovias, túneis, pontes ou viadutos, além de acidentes topográficos que possam influenciar na determinação do traçado. Deve-se ter certeza que a área em que se implantará o projeto está dentro dos limites da concessionária.

Verifica-se o objetivo do projeto a ser elaborado e sua finalidade, ou seja, se ele possui como intuito uma rede nova, extensão, melhoria ou reforma de rede. Deve-se ainda, conhecer os prováveis projetos anteriormente elaborados para a área abrangida, ainda não construídos ou em construção, já que estes podem servir como subsídio para o projeto em elaboração.

Para o correto desenvolvimento do projeto deve-se seguir padronizações, abaixo utiliza-se as preconizadas na normativa da Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE-D):

SIMBOLOGIAS: Na elaboração de projetos devem ser utilizados símbolos e convenções prescritos pela normativa Simbologia de Distribuição (STD-00.001). Quaisquer outros símbolos e convenções devem ser indicados nas respectivas plantas. A Tabela 1 exemplifica a simbologia de postes de acordo com esta normativa.

Tabela 1-Simbologia projeto e cadastramento

DESCRIÇÃO	PROJETO	CADASTRO
Poste ou contraposte de madeira, circular		
Poste de concreto circular		
Poste de concreto ornamental		
Poste de concreto duplo T		
Poste de fibra		

Fonte: CEEE

ESCALA: Conforme prescrito na norma nos procedimentos de distribuição (NTD-00.001) da CEEE, o projeto construtivo deve ser desenhado na escala 1:1000, contendo:

- a) número de fases, seção e tipo dos condutores;
- b) altura dos postes;
- c) carga nominal dos postes de concreto;
- d) identificar poste com base concretada;
- e) número do poste (quando houver);
- f) coordenada GPS do poste (X, Y e Z);
- g) estruturas de média (MT) e baixa tensão (baixa);
- h) ângulos de deflexão;
- i) cálculo de esforço individual da rede e demais ocupantes, bem como a soma do esforço resultante em deflexões e final de rede;
- i) estaiamentos;
- j) ramais de ligação;
- k) transformadores, inclusive os particulares, indicando número de ordem, número de fases e potência;
- l) chaves, para-raios e aterramentos;
- m) chaves e equipamentos de manobra, indicando número de ordem;
- n) ponto de alimentação constando de: indicação de pelo menos dois vãos de rede existente para cada lado da derivação, tipo de estruturas e alturas de

- postes, número de fases, seção e tipo de condutores, tensão nominal de operação, classe de isolamento e ângulo de derivação;
- o) localização dos consumidores de força com as respectivas cargas instaladas em kVA;
 - p) numeração dos lotes e quadras (para loteamentos e condomínios horizontais) ou indicação das ruas e números dos prédios existentes;
 - q) redes de telecomunicações, serviço limitado privado e outras redes com compartilhamento de infraestrutura;
 - r) detalhes de arranjos especiais de estruturas não previstos nas padronizações;
 - s) detalhe de situação com localização da rede e indicação do norte geográfico.

2.4 DETERMINAÇÃO DA DEMANDA

Esta etapa consiste em coletar os dados de carga das UCs do circuito elétrico. Pode-se obter estas informações através de medições feitas ao longo do tempo, ou ainda, pode-se estimar o consumo, como é feito em projetos de loteamento e condomínios novos.

O consumo elétrico individual está diretamente ligado aos tipos de equipamentos utilizados na residência. Equipamentos de maior potência, obviamente consomem mais eletricidade, como é o caso de geladeiras, ventiladores, equipamentos de ar condicionados, entre outros. Da soma individual de consumo elétrico, obtemos a demanda total do circuito elétrico.

Quando se obtém as cargas pelo processo de medição, como nos casos de reformas e extensão de rede, a concessionária CEEE estabelece que a demanda do circuito secundário deve ser a de maior valor entre a soma das demandas diurnas e noturnas. Já para os processos estimativos, a distribuidora em sua normativa NTD-00.001, classifica o processo para cálculo de demanda, conforme os projetos de loteamento, de condomínios horizontais, de regularização fundiária e interesse social.

2.4.1 Projetos de loteamento

Para projetos de loteamentos, a demanda deve ser definida através da classe econômica do terreno dos consumidores, nobres, médias e pobres e são adotados os seguintes valores mínimos de demanda diversificada:

- a) Classe AA - Zonas nobres, altíssima valorização - 4,5 kVA por lote;
- b) Classe A - Zonas nobres, alta valorização - 3,5 kVA por lote;
- c) Classe M - Zonas nobres, média valorização - 2,5 kVA por lote;
- d) Classe B - Zonas médias, média valorização - 2,0 KVA por lote
- e) Classe C – Zonas pobres, baixas valorização - 2,0 kVA por lote.
- f) Orla Marítima e zonas de veraneio superior a 300 m² - 3,5 KVA;
- g) Orla Marítima e zonas de veraneio até 300 m² - 2,5 KVA por lote.

Ressalta-se que deve ser previsto uma carga mínima de 160 W para iluminação pública por poste, quando esta carga não for definida pela Prefeitura Municipal.

Os demais casos que não se enquadram nas classes definidas, deve ser considerado o cálculo de demanda em comum acordo com a concessionária CEEE ou de acordo com o regulamento de instalações consumidoras de Baixa Tensão (RIC de BT), através da seguinte equação (1):

$$D(kVA) = (a + b + c + d + e + f) \quad (1)$$

onde, *a* é a demanda de iluminação e tomadas, *b* é a demanda dos aparelhos para aquecimento (chuveiros, aquecedores, fornos, fogões, etc.), *c* é demanda dos aparelhos de condicionador de ar, tipo “janela”, *d* é a demanda das unidades centrais de condicionadores de ar, calculadas a partir das respectivas correntes máximas totais (valores fornecidos pelos fabricantes), *e* é a demanda dos motores elétricos e máquinas de solda a motor e *f* é a demanda das máquinas de solda a transformador, aparelhos de eletrogalvanização e de raios-X.

2.4.2 Projetos de Condomínios Horizontais

Em projetos de condomínios horizontais deve ser considerado uma demanda mínima diversificada de 4,5 kVA independentemente do local do condomínio. Em casos especiais, para condomínios com terrenos não maiores que 300 m², considera-se 2,5 kVA como demanda diversificada por terreno. Também deve ser previsto uma carga mínima de 160kW por poste das vias internas, quando esta carga não for prevista no condomínio

2.4.3 Projetos de Regularização Fundiária de Interesse Social

Os projetos de regularização fundiária de interesse social, localizadas em áreas urbanas públicas ou privadas, utilizadas predominantemente para fins de moradia por população de baixa renda, devem seguir os mesmos critérios adotados no item 2.4.1 (projetos de loteamento), considerando uma demanda mínima diversificada de 2,5 kVA por lote vazio ou unidade consumidora, independentemente do local da medição.

2.4.4 Projetos de Reformas

Nas reformas de rede existente, a demanda deve ser obtida a partir do levantamento de carga instalada ou através do consumo obtido dos dados de faturamento disponibilizados pela concessionária. A demanda mínima total da unidade consumidora trifásica não deve ser inferior a 3,5 kVA. Os consumidores são classificados em quatro categorias:

- a) Consumidores de luz residenciais: cargas de iluminação, eletrodomésticos, chuveiro elétrico e bomba d'água \leq 1CV;
- b) Consumidores de luz não residenciais: consumidores comerciais, prestadores de serviços e poderes públicos com cargas de iluminação e/ou aparelhos elétricos com, no máximo 3CV;

- c) Consumidores de força: com cargas de iluminação e aparelhos elétricos acima de 3CV;
- d) Consumidores especiais: consumidores cujas cargas ocasionam flutuação de tensão na rede tais como: aparelhos de Raios-X, aparelhos de solda, aparelhos de galvanização, fornos elétricos, etc.

Para os consumidores de força e especiais deve ser usado instruções e normas para liberação de aparelhos de solda, galvanização e raios-X em redes secundárias, também pode ser usado a equação (2) a seguir:

$$D = \frac{C}{730*FC*FP} \quad (2)$$

Onde, D é a demanda em kVA, C é o maior consumo mensal nos últimos 12 meses em kWh, FC é o fator de carga e o FP o fator de potência.

2.4.5 Projetos de Extensão de Rede

Nas extensões de redes existentes, a demanda deve ser obtida conforme o item 2.4.4, sendo que para consumidores de luz o consumo deve ser estimado por semelhança do consumo dos consumidores de luz existentes e para consumidores trifásicos de um modo geral, a demanda atribuída a cada unidade consumidora trifásicas não deve ser inferior a 3,5 kVA.

2.5 EQUIPAMENTOS, POSTES E TRANSFORMADORES

Em projetos de RDU a CEEE em sua normativa afirma que deve ser prevista a utilização de postes de concreto tronco cônico. Os postes de madeira somente devem ser utilizados em áreas de difícil acesso. Além disso, em derivações, ângulos ou final de rede deve-se utilizar a base concretada para melhor absorver os esforços mecânicos. Com relação aos comprimentos padronizados, para rede de BT pura,

devem ser projetados postes de 9 metros, já para redes primárias os de 11 metros e para redes primárias de condutores compactos ou de travessias sobre rodovias, deve-se usar no mínimo os de 12 m. A Tabela 2 abaixo demonstra os tipos de postes com os comprimentos e resistência utilizados nos projetos de redes urbanas da CEEE.

Tabela 2-Padronização de Postes CEEE-D

Material	Tipo	Observação				
Postes de poliméricos	Foram mantidos padronizados postes de 9, 11 e 12 m com cargas de 300 e 600 daN					
Postes de concreto	Carga (daN)					
		200	400	600	1000	1500
	9	-	Padrão	Padrão	Padrão	-
	10		-	Padrão	-	
	11		Padrão	Padrão	Padrão	-
	12		Padrão	Padrão	Padrão	Padrão
	13		Padrão	-	Padrão	Padrão
	14		-	Padrão	-	-
15			-	-	-	
Postes de madeira	Foram mantidos padronizados postes de 7, 9, 11, 12 13 e 18 m					
Postes de concreto tipo duplo T	Foram mantidos padronizados postes de 11, 12 e 13 m com carga de 300 daN					

Fonte: CEEE

Os transformadores devem ser trifásicos e posicionados no centro de carga ou próximo às cargas concentradas, principalmente as que ocasionam flutuação de tensão. Não devem ser instalados em pontos de derivações de ramais primários e secundários, devem ter afastamento mínimo de 10 m de esquinas e são classificados conforme a potência. Para transformadores em postes simples as potências utilizadas são de 45, 75, 112,5 e 150 kVA, já para os de plataformas utiliza-se 225, 300 e 500 kVA.

Para proteção do circuito elétrico contra surtos elétricos e descargas atmosféricas, a normativa de procedimentos de distribuição da CEEE aponta que todas as carcaças de equipamentos devem ser aterradas e não deve haver ponto de rede secundária afastado mais de 100 m de um aterramento. Os para-raios de distribuição projetados limitam as sobretensões provenientes não só de descargas

atmosféricas, mas também de manobras de redes e de falhas no sistema. Outro componente de proteção muito utilizado nos projetos é a chave fusível que também tem a função proteger equipamentos da rede primária contra sobrecorrentes.

Nos projetos de redes de média tensão novas ou em reformas deve-se empregar o uso de condutores de alumínio com cobertura de polietileno reticulado (XLPE), do tipo compacta e fixados com espaçadores; o emprego de condutores nus de alumínio (CA) dependerá de liberação do setor de Planejamento da CEEE. Nos projetos de redes de baixa tensão novas ou em reformas também deve ser previsto o emprego de condutores de alumínio multiplex com isolamento tipo XLPE e o emprego dos condutores nu de alumínio (CA) fica restrito a complementação de fases, extensões de pequeno porte derivados de redes convencionais, ou quando for determinado pelo setor de Planejamento da CEEE. O emprego de condutores de cobre, CC, fica limitado apenas às extensões de rede existente em cobre e aos projetos de redes na orla marítima de MT. A Tabela 3 abaixo mostra os condutores utilizados nos projetos de RDU padrão CEEE.

Tabela 3-Condutores para rede de distribuição urbana (RDU)

Tensão	Alumínio (CA)	Multiplex (CA) neutro nu	Multiplex (CA) neutro isolado	Alumínio coberto XLPE	Alumínio-Liga (CAL)	Alumínio Cobreado (CCA)	Cobre (CC)
Baixa tensão 220/127	-	3#70(70)	3#70(70)	-	-	-	-
	3#1/0(1/0)	3#95(95)	3#95(95)	-	-	-	3#2(2)
	3#4/0(1/0)	3#120(120)	3#120(120)	-	-	-	3#2/0(2)
Baixa Tensão 380/220	3#2(2)	3#50(50)	3#50(50)	-	-	-	3#4(4)
	3#1/0(1/0)	3#70(70)	3#70(70)	-	-	-	3#2(2)
	3#4/0(1/0)	3#120(120)	3#120(120)	-	-	-	3#2/0(2)
Média Tensão 13.800	3#1/0	-	-	3#50	53,52	3#1/0	3#2
	3#4/0	-	-	-	-	3#4/0	3#1/0
	3#336,4	-	-	3#185	177,62	3#336,4	3#4/0
Média Tensão 23.000	3#2	-	-	3#50	53,52	3#2	3#4
	3#1/0	-	-	-	-	3#1/0	3#1/0
	3#4/0	-	-	3#150	107,41	3#4/0	3#4/0

Fonte: CEEE

2.6 DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

O cálculo elétrico é uma importante ferramenta para realizar o diagnóstico do circuito. Seu objetivo é verificar se há queda de tensão em cada trecho, especialmente na unidade consumidora mais afastada do transformador, assim como o limite térmico dos condutores e o carregamento do transformador. Para este cálculo são necessárias informações essenciais ao projeto, abaixo relacionadas.

- a) Distâncias a partir do transformador: causa influência direta na queda de tensão aos consumidores, principalmente ao mais afastado, ou seja, quanto maior a distância, maior a queda de tensão.
- b) Carga: é o consumo individual médio de cada cliente, a carga está ligada ao circuito elétrico através do ramal de conexão. A carga pontual em cada trecho impacta a queda de tensão. O somatório das cargas que resulta na demanda total do circuito, conseqüentemente tem influência no carregamento do transformador.
- c) Condutores: a concessionária CEEE define que se deve partir do condutor de menor seção, tomando aquele que não ultrapasse às condições de máxima queda de tensão permissível, assim como o máximo do limite térmico. Em projetos novos ou de reforma de rede, devem ser empregados preferencialmente condutores multiplexados de alumínio isolamento XLPE. Ainda, de acordo com a potência do transformador, deve-se optar pelo correto dimensionamento dos condutores, mesmo que a queda de tensão não o exija. A Tabela 4 demonstra a exigência dos condutores de circuitos secundários, de acordo com a classe do transformador e sua tensão:

Tabela 4-Conductor tronco de circuitos secundários

Transformador (kVA)	220/127V			380/220V		
	CA(AWG)	Mult.(mm ²)	CC(AWG)	CA(AWG)2	Mult. (mm ²)	CC (AWG)
Até 75	1/0	70	2	2	50	4
112,5	4/0	120	2/0	1/0	70	2
150	4/0	120	2/0	1/0	95	1/0

Fonte: CEEE

- d) Limite Térmico: consiste em atribuir um critério da capacidade de condução de corrente do condutor, de modo a garantir condições operacionais seguras. Esse limite é definido em um percentual da corrente máxima de condução, a concessionária CEEE admite limite máximo de 80%. Para Cálculo da corrente no trecho, deve-se utilizar a equação (3):

$$I = \frac{Dem}{Vn * \sqrt{3}} \quad (3)$$

onde, I é a corrente calculada no trecho (A), Dem é a demanda calculada no trecho (kVA) e Vn é a tensão de linha no trecho (kV).

- e) Queda de tensão: em projetos de redes novas, a queda de tensão máxima nos pontos mais afastados do transformador, não pode ultrapassar 3,5%. Já em projetos de reformas e extensão de rede, a queda de tensão máxima nos pontos da rede secundária, mais afastados do transformador, não pode ser superior a 5%.

A CEEE em sua normativa NTD-00.001 diz que para elaboração de projetos, deve-se utilizar a planilha disponibilizada para cálculo do limite térmico e da queda de tensão no trecho. A Figura 1 mostra um exemplo de cálculo elétrico de acordo com a planilha com o respectivo diagrama unifilar do circuito.

Figura 1-Cálculo Elétrico

TRECHO		CARGA (kVA)		CONDUTOR			LIMITE	QUEDA DE TENSÃO (%)				
Inicial	Final	Distância	Distribuída	Ponto	n° fases	Fase	Neutro	Tipo	TÉRMICO (%)	Unitária	Trecho	Total
1	2	33,00		7,82	3	120	120	mm ²	9	0,067	0,173	0,17
1	3	21,00		26,35	3	120	120	mm ²	40	0,067	0,487	0,49
3	4	26,00		8,25	3	120	120	mm ²	9	0,067	0,144	0,63
4	5	25,00		0,01	3	120	120	mm ²	0	0,067	0,000	0,63

Transformador (Ponto 1)	50,66	Limites excedido: ➔ Não
ARREGAMENTO TRANS	93,1 kVA	

Elaborado por: NILTON LBJ Visto: _____ Data: 07/11/21

Fonte: Autor

- f) Transformador: preconiza-se a utilização de transformadores trifásicos, com potências nominais padronizadas de 45, 75, 112,5, 150, 225, 300, 500 kVA. O uso de transformadores com potências nominais acima de 150 kVA é utilizado em edifícios de uso coletivo. Os transformadores devem ser instalados o mais próximo possível do centro de carga do circuito, de preferência, próximo aos consumidores de maior carga e evitar instalar o transformador em postes de ângulos e de esquinas. Para

estimar o carregamento do transformador, deve-se somar as cargas individuais do circuito elétrico.

Tabela 5-Potência de transformadores em poste simples

Demanda do circuito (kVA)	Potência do Transformador (kVA)
até 50	45
51 até 80	75
81 até 120	112,5
121 até 160	150

Fonte: CEEE

Tabela 6-Potência de transformadores em plataforma

Demanda do circuito (kVA)	Potência do Transformador (kVA)
161 até 240	225
241 até 320	300
321 até 530	500

Fonte: CEEE

2.7 CÁLCULO MECÂNICO

O dimensionamento mecânico é realizado visando definir a resistência dos novos postes projetados e verificar o esforço resultante nos postes existentes, devido a tração que os condutores exercem através de seu peso e ângulo, para então, identificar os meios necessários de compensá-los.

A CEEE utiliza o método de transferência de esforço para o topo do poste, que consiste em transferir os esforços atuantes à uma determinada distância do topo. Este método é aplicado quando as forças estão no mesmo sentido e/ou mesmo plano horizontal.

Os parâmetros básicos considerados são as trações associadas ao peso do tipo de condutor, a distância do condutor ao topo do poste, o tamanho do poste utilizado e o ângulo de deflexão entre as derivações existentes.

Para o cálculo da resultante dos esforços atuantes sobre estruturas em deflexão, utiliza-se a seguinte equação (4).

$$R = 2sen(\alpha/2)\sum T \tag{4}$$

onde, R é a resultante dos esforços, α é o ângulo de deflexão e T a tração de projeto de cada condutor em daN.

A Figura 2 apresenta a visão geral da planilha de cálculo utilizada em projetos pela concessionária CEEE, com as respectivas distâncias padronizadas do topo do poste.

Figura 2-Cálculo Mecânico

DIMENSIONAMENTO DE POSTE E ESTAI

POSTE N.º

N.º cond.	Tipo cond.	Tipo cond.	N.º cond.	Distância	Ângulo deflexão	Esforço
MT	1	170 CA	1	0,2 m	180	Sem TMR
MT DERIVAÇÃO	1		1	0,8 m	180	Sem TMR
BT	1		1	2,0 m	180	Sem TMR
BT	1		1	2,0 m	180	Sem TMR
CABOS TELEFÔNICOS	1		1	3,4 m	180	Sem TMR

Vão Médio
35 m

Altura do poste
11 m

Poste-Esforço no Topo	
1,76 kN	
Tipo de Poste	
Concreto	2 kN
Madeira	Sim
Ferro	Sim

Estais	
Momento Resultante	
1,80 kN	
Result. X	180 °
Result. Y	*****
Estai indicado	
nenhum	Não
ess: esc. subsolo	Sim
esd: esc. sub. dupla	Sim
esc. 10 kN	Sim
estai 1: 6,35mm²	Sim
estai 2: 7,94mm²	Sim
estai 3: 9,53mm²	Sim
base concretada	Sim

Fonte: CEEE

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho descreve um projeto de rede de distribuição elétrica urbana e aborda as etapas de implementação de uma nova ligação localizada na Rua Eça de Queiroz em Porto Alegre. Utilizou-se como principal fundamento teórico as normativas vigentes da Companhia Estadual de Distribuição Energia Elétrica (CEEE-D), visto que o estudo de caso se encontra na área de concessão desta distribuidora.

Primeiramente foi realizado o levantamento de campo pela equipe responsável, para coletar todas as informações necessárias do local, inclusive o desenho esquemático do circuito elétrico em análise. Nesta etapa, para auxílio da localização dos postes utilizou-se um GPS portátil, que gerou um arquivo compatível com o software AutoCad. Após a coleta das informações desenhou-se o circuito elétrico com suas particularidades no software através dos pontos de GPS.

A demanda foi a próxima etapa realizada e consiste em indicar a carga de cada consumidor ligado à rede. Com as cargas definidas, foi realizado o cálculo elétrico com intuito de verificar a queda de tensão, o limite térmico dos condutores e o carregamento do transformador. De posse destas informações, iniciou-se as modificações necessárias do projeto para a nova ligação solicitada.

4 ESTUDO DE CASO

Será apresentado a seguir, o desenvolvimento de um projeto de nova ligação a rede de distribuição elétrica, em que o requerente é do tipo comercial, trifásico e solicita uma demanda mensal de 29 kVA.

4.1 DADOS PRELIMINARES

Na etapa inicial, realizou-se o levantamento de campo, com a finalidade de coletar as informações do local do projeto, assim como de toda a rede do sistema elétrico existente, incluindo os equipamentos e ramais de ligação.

Identificou-se que a rede MT é trifásica do tipo compacta, constituída por condutores multiplexados de alumínio com bitola de 50 mm² com isolação de Polietileno Reticulado (3#50mm²CAXLPE).

A rede de BT também é trifásica, constituída no circuito principal da análise de condutores de alumínio nú 2 AWG na configuração 3#2(2)CA. Os circuitos adjacentes são compostos por cabos multiplexados com bitola de fase e neutro de 70 mm² (3#70(70)MX).

Os postes do circuito são constituídos de concreto cônico de 11 e 12 metros, com resistência de 400 kgf e 1000 kgf, respectivamente. O transformador existente do circuito é trifásico com potência de 45 KVA, com aterramento, três chaves fusíveis e três para-raios de média tensão. Além destas informações, verificou-se também a distância entre postes, a arborização presente do local, a largura e o nivelamento da rua, assim como o número existente de ramais de ligação do circuito para assim determinar a demanda.

4.2 DETERMINAÇÃO DA DEMANDA

Nos casos de reforma de rede para novas ligações, o cálculo da demanda se dá através do processo de medição feito a partir dos dados de consumo de energia elétrica, os quais são obtidos no faturamento mensal, disponibilizado pela concessionária. A Tabela 7 mostra a lista das UCs residenciais e a Tabela 8 a lista

das UCs comerciais presentes do circuito elétrico, com as respectivas demandas diurnas e noturnas.

Tabela 7-Demanda por consumidor residencial

Prédio	Apto	Consumo (kWh)	Dem. (kVA-Diur)	Dem. (kVA-Not)
843	-	247,0	0,74	1,23
889	-	523	1,57	2,61
901	AP 702	130,0	0,39	0,65
901	AP 601	331,3	0,99	1,65
901	AP 502	346,3	1,04	1,73
901	AP 401	624,5	1,87	3,11
901	AP 301	142,2	0,43	0,71
901	AP 201	381,0	1,14	1,90
909	-	277,3	0,83	1,38
910	AP 701	145,0	0,43	0,72
910	AP 402	156,2	0,47	0,78
910	AP 201	161,0	0,48	0,80
910	AP 202	134,2	0,40	0,67
910	AP 301	305,3	0,91	1,52
910	AP 302	341,4	1,02	1,70
931	AP 103	209,3	0,63	1,04
931	AP 203	218,3	0,65	1,09
931	AP 301	255,0	0,76	1,27
931	AP 202	157,0	0,47	0,78
931	AP 201	356,3	1,07	1,78
931	-	100,0	0,30	0,50
931	AP 303	358,0	1,07	1,79
931	AP 302	173,3	0,52	0,86
939	AP 201	246,3	0,74	1,23
939	AP 203	240,3	0,72	1,20
939	AP 402	126,2	0,38	0,63
939	AP 202	249,3	0,75	1,24
939	AP 101	140,0	0,42	0,70
939	AP 304	100,2	0,30	0,50
939	AP 302	201,3	0,60	1,00
939	AP 204	342,4	1,02	1,71
949	-	355,0	1,06	1,77
982	AP 21	103,0	0,31	0,51
324	AP 302	61,3	0,18	0,30
324	AP 202	312,3	0,93	1,56

Tabela 8-Demanda por consumidor comercial

Prédio	Apto	Consumo (kWh)	Dem. (kVA-Diur)	Dem. (kVA-Not)
867		7364,8	29,00	17,40
901		728,0	2,87	1,72
910		433,0	1,70	1,02
939		359,0	1,41	0,85
939	BL Z	30,0	0,12	0,07

Fonte: CEEE

A partir da lista de cargas, soma-se as demandas de todas as UCs existentes no circuito apontadas no levantamento de campo e acrescenta-se o valor da nova ligação a ser feita de 29 kVA, desta forma, foi encontrada uma demanda diurna de 58,9 kVA e uma demanda noturna de 61,7 kVA. O transformador existente do circuito elétrico em análise tem a potência de 45 kVA, portanto será necessário a substituição por outro de maior potência. A Tabela 9 abaixo apresenta a potência do transformador em relação demanda necessária.

Tabela 9-Potência de transformadores em poste simples

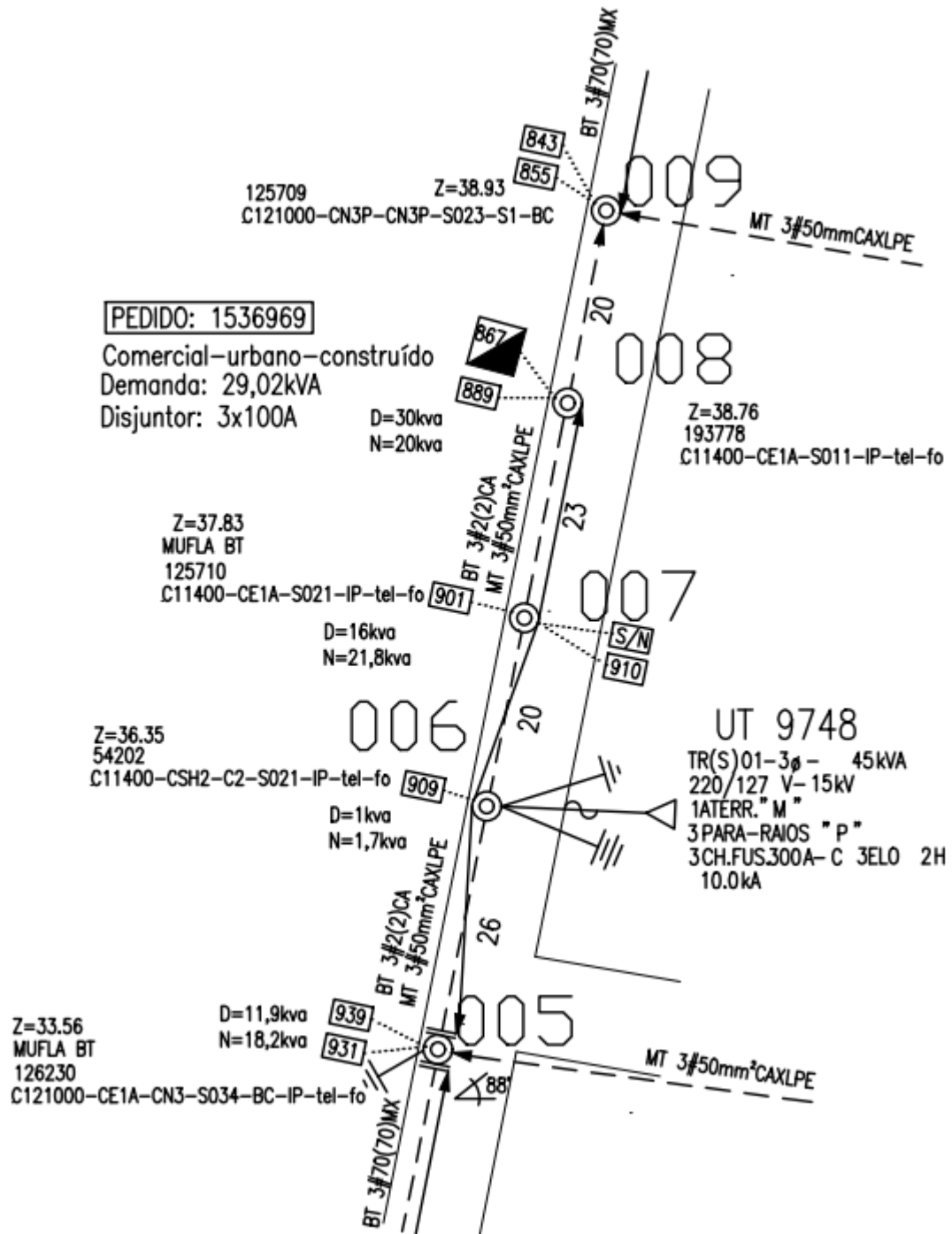
Demanda do circuito (kVA)	Potência do TR (kVA)
até 50	45
51 até 80	75
81 até 120	112,5
121 até 160	150

Fonte: CEEE

A Figura 3 mostra o circuito elétrico existente do local após o levantamento de campo, com as demandas das UCs. A demanda dos ramais 843 e 855 no poste 009 não foi adicionada ao desenho, pois não pertence ao circuito elétrico do transformador 9748 e sim ao circuito adjacente. Na descrição de cada poste contém as informações do tipo de poste utilizado, o tamanho e sua resistência, além das

informações das estruturas fixantes dos cabos de média e baixa tensão. Ainda é descrito as informações de iluminação pública, telefone e fibra ótica instaladas.

Figura 3-Circuito Elétrico Local



Fonte: Autor

4.3 DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

Para as demandas já calculadas anteriormente, foi encontrado uma corrente máxima de 154,6 A para demanda diurna e 161,9 A para a demanda noturna no barramento do transformador. O cabo de baixa tensão existente no local (3#2(2)CA) não tem capacidade para essa corrente, como demonstra a Tabela 10, portanto, precisa ser substituído. Dentre os tipos de cabos compatíveis para esta demanda, a concessionária CEEE utiliza como padrão de reformas de redes urbanas os cabos multiplexados, por serem isolados e terem maior confiabilidade. O condutor de alumínio multiplexado de Q70 na configuração 3#70(70)MX é suficiente para determinada demanda, pois sua capacidade de corrente é de 181 A, como pode ser visto na Tabela 11.

Tabela 10-Bitolas padronizadas e correntes máximas de condutores

Bitola (AWG)	Corrente (A) Condutor CA	Corrente (A) Condutor CAA
4	-	114
2	152	150
1/0	202	198
4/0	313	295
336,4	418	-
477	518	-

Fonte: RGE

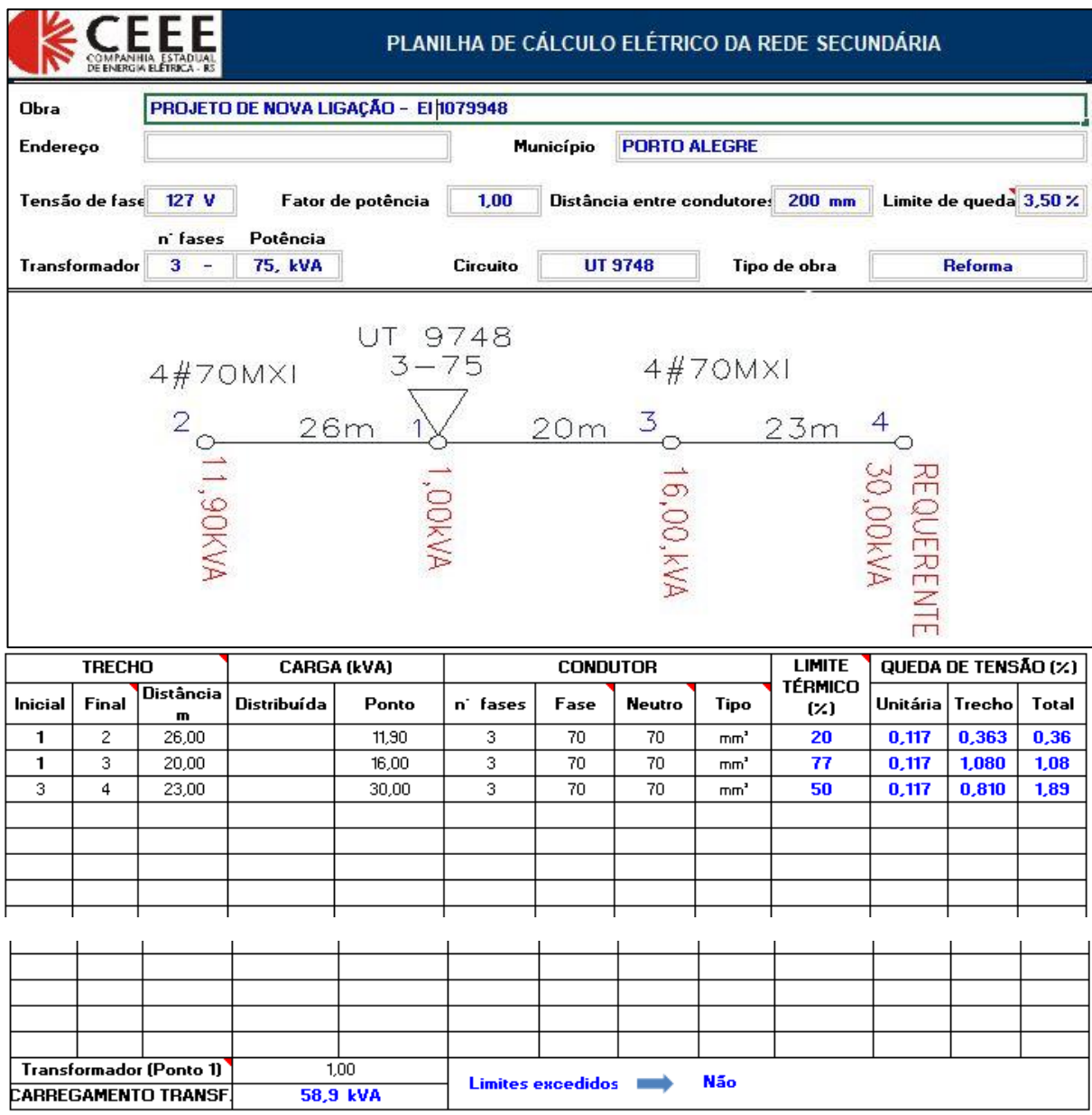
Tabela 11-Capacidade de Condução de Corrente dos Condutores Multiplexados de Alumínio, Isolamento XLPE:

Tipo de Condutor	Corrente (A)
Q50	141
Q70	181
Q95	226
Q120	265

Fonte: NBR 8182

Para o cálculo de queda de tensão, foi utilizada a planilha disponibilizada pela concessionária CEEE. A queda de tensão noturna máxima encontrada para o consumidor mais distante foi de 1,52% e a diurna máxima encontrada para o consumidor mais distante foi de 1,89%. Desta forma, os valores encontrados estão abaixo do limite adotado pela concessionária que é de 3,5% para projetos de redes novas. A Figura 4 demonstra a queda de tensão total diurna com o respectivo diagrama unifilar do circuito elétrico e o limite térmico do condutor em cada trecho.

Figura 4-Cálculo elétrico da rede secundária



4.4 EQUIPAMENTOS, POSTES E TRANSFORMADORES

Não foi necessária a substituição de postes do circuito elétrico, pois nenhum apresentou desgaste temporal. Quanto a localização destes, sabe-se que ocorrem variações, sendo a menor distância entre eles de 20 m e a maior de 26 m. Este intervalo se faz necessário para que se possa adequar o projeto em diferentes situações, sem que ocorra interferência em propriedades privadas e desta forma estão de acordo com a distância máxima permitida de 35 m.

O transformador existente não está afastado mais de 100 m de nenhuma unidade consumidora do circuito elétrico, como indica a norma da concessionária.

4.5 CÁLCULO MECÂNICO

Os esforços resultantes do peso dos condutores nos postes devem ser compensados, para garantir a confiança estrutural da rede aérea.

No poste 005, existe uma derivação de média tensão e foi verificado a necessidade de um poste de resistência de 600 kN, já para os postes 006 e 007, as forças resultantes são nulas, visto que elas se compensam por existir o mesmo número de condutores nos dois lados do poste, assim pode-se aplicar uma estrutura de resistência mínima de 400 kN. Para o poste 008, um dos lados é fim de linha da rede de baixa tensão, o que gera uma resultante de esforço de 2,68 kN, desta forma pode-se utilizar também uma estrutura de resistência mínima. A Figura 5 exemplifica um dos cálculos executado.

Figura 5-Simulação de esforço no poste 005

POSTE N.º 5

N.º cond.	Tipo cond.	Tipo cond.	N.º cond.	Distância do Topo	Ângulo deflexão	Esforço
1	RDC50mm2	RDC50mm2	1	0,2 m	180	Sem TMR
1		RDC50mm2	1	0,8 m	92	Sem TMR
1	Q70MX	Q70MX	1	2,0 m	180	Sem TMR
1			1	2,0 m	180	Sem TMR
1			1	2,0 m	180	Sem TMR

Vão Médio: 35 m

Altura do poste: 12 m

Diagrama de Ângulo: 0° ← (Círculo) → 180°

Poste-Esforço no Topo	
6,00 kN	
Tipo de Poste	
Concreto	6 kN
Madeira	Não
Ferro	Sim

Estais	
Momento Resultante	
6,51 kN	92 °
Result. X	-0,23 kN
Result. Y	6,50 kN
Estai indicado	
nenhum	Não
ess: esc. subsolo	Não
esd: esc. sub. dupla	Não
esc. 10 kN	Sim
estai 1: 6,35mm ²	Sim
estai 2: 7,94mm ²	Sim
estai 3: 9,53mm ²	Sim
base concretada	Sim

Fonte: Autor

Para aprovar esse pedido de nova ligação de um estabelecimento comercial da cidade de Porto Alegre, deve ser substituído o transformador, além de modificar os condutores do circuito elétrico como demonstrado neste estudo de caso.

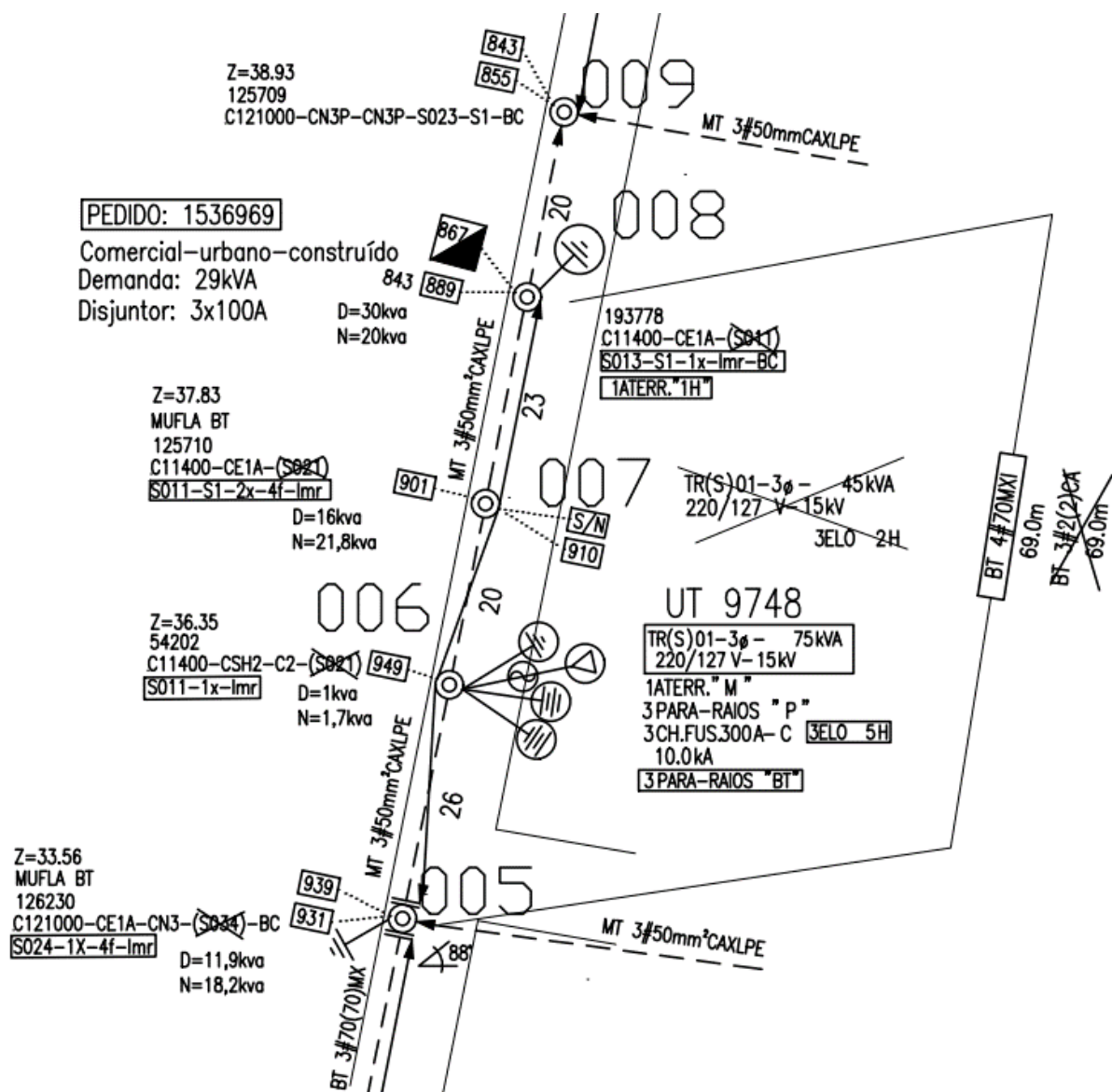
Para a substituição do transformador, foi aproveitado o sistema de proteção incluindo o aterramento, os três para-raios de média tensão e as três chaves fusíveis já presentes, já que estavam em boas condições. Entretanto, foi instalado três para-raios de baixa tensão ausentes no local, como determina a normativa de procedimento e distribuição NTD-00.001 da CEEE.

Nos postes em que o condutor foi alterado, os cabos multiplexados exigem estruturas de baixa tensão do tipo S011, desta forma, as estruturas existentes do tipo S021 foram aproveitadas.

Para a conexão dos ramais existentes atrás dos postes foi projetado a estrutura auxiliar S1 e os ramais desligados para troca do condutor foram reinstalados, assim

como a iluminação pública e os ramais subterrâneos (muflas). No projeto, para demonstrar estas informações, a CEEE concessionária tem como padrão para os ramais, somar a quantidade e acrescentar a letra x, assim como para as muflas, neste último caso, acrescentando a letra f. Já para a iluminação pública, utiliza-se a sigla lmr para postes não alterados e lmd quando os postes são substituídos. O projeto finalizado com as modificações pode ser observado na Figura 6 abaixo.

Figura 6-Plotagem do projeto



Fonte: Autor

5 CONCLUSÃO

Este trabalho abordou as diretrizes e os critérios utilizados em projetos de redes de distribuição de energia elétrica urbana. Foram reunidas as principais informações para a elaboração de uma nova ligação, as quais foram organizadas em uma sequência que elucida como é desenvolvido o projeto. A aplicabilidade destes preceitos foi demonstrada com o estudo de caso, no qual conclui-se que foi preciso realizar modificações no circuito elétrico do requerente, tais como substituição do transformador e dos condutores para ser possível a inclusão da nova ligação.

A utilização de normativas, já amplamente estabelecidas e comprovadas, como parâmetros para elaboração dos projetos, garante uma maior segurança e evita riscos aos consumidores de energia e aos trabalhadores que administram diretamente estas redes. Além disto, a padronização também garante confiabilidade e constância ao sistema de distribuição, o que assegura seu pleno funcionamento. O desenvolvimento correto desta operação é fundamental, não apenas para o desenvolvimento econômico de grandes centros urbanos, como também para atender os níveis mais básicos de conforto e sobrevivência de seus cidadãos.

Por fim, a implementação e manutenção de redes de distribuição é uma atividade complexa que exige adequada compreensão das normativas, assim como experiência, pois somente desta forma é possível a redução de custos, de riscos e de perdas desnecessárias, além do aumento da eficiência e confiabilidade deste sistema.

REFERÊNCIAS

- 1- Anuário Estatístico de Energia Elétrica. **Empresa de Pesquisa Energética**, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>
- 2- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 8182: Cabos de potência multiplexados autossustentados com isolação sólida extrudada de polietileno termoplástico (PE) ou termo fixo (XLPE) para tensões até 0,6/1 kV - Especificação;
- 3- CEEE. NTD-00.001: Elaboração de projetos de redes aéreas de distribuição urbanas. Companhia Estadual de Energia Elétrica, 2013. 28 p.
- 4- CEB. NTD- 1.02: Critérios para projetos de redes aéreas urbanas convencionais. Companhia Energética de Brasília, 2002. 97 p.
- 5- COPEL. NTC-841001: Projeto de redes de distribuição urbana. Companhia Paranaense de Energia, 1999. 111 p.
- 6- FRAZAO, R. Proteção do sistema elétrico de potência. Londrina: Educacional, 2019, 192 p.
- 7- RGE. NT-3650: Projeto de rede de distribuição condições gerais. Companhia Paulista de Força e Luz, 2018. 46 p.