



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE SOBRAL
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

FRANCISCO SÁVIO LIMA FONTENELE

METODOLOGIA PARA PROJETOS ELÉTRICOS DE SUBESTAÇÕES AÉREAS.
ESTUDO DE CASO: HOSPITAL

SOBRAL
2022

FRANCISCO SÁVIO LIMA FONTENELE

METODOLOGIA PARA PROJETOS ELÉTRICOS DE SUBESTAÇÕES AÉREAS.
ESTUDO DE CASO: HOSPITAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará - *Campus* de Sobral, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Me. Juan Carlos Pequeña Suni.

SOBRAL

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

-
- F763m Fontenele, Francisco Sávio Lima.
Metodologia para projetos elétricos de subestações aéreas. Estudo de caso: hospital / Francisco Sávio Lima Fontenele. – 2022.
75 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Sobral, Curso de Engenharia Elétrica, Sobral, 2022.
Orientação: Prof. Me. Juan Carlos Pequeña Suni.
1. Metodologia. 2. Subestação aérea de 300kVA. 3. Dimensionamento. 4. CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022). 5. Resolução Normativa N° 1000.I. Título.

CDD 621.3

FRANCISCO SÁVIO LIMA FONTENELE

METODOLOGIA PARA PROJETOS ELÉTRICOS DE SUBESTAÇÕES AÉREAS.
ESTUDO DE CASO: HOSPITAL

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal do
Ceará - *Campus* de Sobral, como requisito
parcial à obtenção do grau de bacharel em
Engenharia Elétrica.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Juan Carlos Pequena Suni (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Éber de Castro Diniz
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Samelius Silva de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

*A Deus,
Aos meus pais, Paulo Roberto e Cristina Maria.*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é o reflexo de tudo que tive de percorrer até aqui, de toda dedicação, esforço e perseverança. Quero agradecer a Deus, primeiramente, por me guiar nessa etapa difícil da minha jornada e por me dar fé nos momentos de cansaço e desmotivação.

Aos meus familiares: meu pai, Paulo Roberto, minha mãe, Cristina Maria, pelo apoio financeiro, psicológico e por todas as suas palavras de força e compreensão durante toda minha jornada até aqui. E aos meus irmãos, Júnior e Crislay, por toda parceria, pelas brincadeiras e por todo conselho recebido. Também à minha querida avó, Dona Terezinha, por suas palavras sábias, seus incentivos, sua coragem e determinação.

Ao Prof. Me. Juan Carlos Pequeña Suni, pela orientação.

Ao professor Dr. Éber de Castro Diniz e ao engenheiro Samelius Silva de Oliveira pela participação da banca examinadora e por dispor desse tempo para dar instruções e sugestões valiosas.

À colega de trabalho e amiga, engenheira Joana Laila, pelos seus conselhos e ensinamentos durante o estágio e durante os trabalhos realizados juntos.

Aos meus amigos e amigas Geilson, Joaquim, Breno, Flávio, Emanuelle, Mariana, Alan, Werley, Darlan, Junior Oliveira, Erick Albuquerque, Lucas, Willian Praciano e a todos os outros amigos que conheci durante o curso pelas palavras de motivação e pelos incentivos durante essa trajetória.

Aos amigos de infância Francisco Antonio, Wallisy, Thiago e todos que fizeram parte dessa história e que também me ajudaram nos momentos difíceis.

Aos colegas da turma da engenharia e das outras áreas pelas reflexões, críticas, sugestões, companheirismo e por se fazerem presente nos momentos divertidos e nos difíceis também.

“Eu não creio que exista algo mais emocionante para o coração humano do que a emoção sentida pelo inventor quando ele vê alguma criação da mente se tornando algo de sucesso. Essas emoções fazem o homem esquecer comida, sono, amigos, amor, tudo.”

(Nikola Tesla)

RESUMO

Neste trabalho, foi desenvolvida uma metodologia para dimensionamento de uma subestação aérea de 300KVA em um hospital. Foram seguidas as normas CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022) e CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022), além da Resolução Normativa N° 1000 descritas na concessionária de energia elétrica local, Enel-Ceará, e na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para o dimensionamento da potência instalada, dos componentes de proteção elétrica e do cálculo da demanda contratada. Ao longo do trabalho, são apresentados os equipamentos que compõe a subestação, como transformador, para-raios, isoladores, poste, dispositivos de proteção e medição, aterramento e outros; também foram apresentados os processos de implantação, dimensionamento e aprovação. Além disso, foi demonstrado o passo a passo do cálculo da carga instalada e da demanda contratada; os detalhamentos dos desenhos técnicos exigidos, como planta de situação e diagramas elétricos; documentos necessários, como memorial descritivo, ART/TRT e AVT; e os *softwares* utilizados, como *AutoCad*. Ao final, pode-se notar a importância do projeto elétrico para sua aprovação e execução junto à concessionária de energia elétrica Enel-Ceará.

Palavras-chave: metodologia; subestação aérea de 300kVA; dimensionamento; CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR(2022); resolução normativa N° 1000.

ABSTRACT

In this work, a methodology for sizing a 300KVA overhead substation in a hospital was developed. It followed the standards CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022) and CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022), in addition to Normative Resolution No. 1000 described in the local electric utility, Enel-Ceará, and the Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) for the sizing of the installed power, sizing the electrical protection components and the calculation of contracted demand. Throughout the work, the equipment that makes up the substation is presented, such as the transformer, lightning-arresters, insulators, electric distribution poles, protection and measurement devices, grounding, and others; the implementation, sizing, and approval processes were also presented. In addition, it was shown the step by step calculation of the installed load and contracted demand; the details of the required technical drawings, such as the situation plan and electrical diagrams; necessary documents, such as the descriptive memorial, ART/TRT and AVT; and the software used, such as AutoCad. In the end, one can see the importance of the electrical project for its approval and execution with the electric utility company Enel-Ceará.

Keywords: *methodology; 300KVA aerial of substation; dimensioning; CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR(2022); normative resolution No. 1000.*

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1- modelo de subestação abrigada | 17 |
| Figura 2- modelo de ligação a rede de distribuição | 19 |
| Figura 3- modelo simplificado de Geração, transmissão e distribuição | 23 |
| Figura 4- Elementos de entrada de serviço de uma unidade consumidora em MT | 26 |
| Figura 5- modelo subestação aérea para ligação em MT..... | 27 |
| Figura 6- Localização da obra no google Earth ponto da subestação | 34 |
| Figura 7- Localização da obra no google Earth ponto da subestação definida inicialmente | 35 |
| Figura 8- Fluxograma da elaboração da subestação aérea | 36 |
| Figura 9- Recuo para a instalação da Subestação em Poste e conjunto blindado | 44 |
| Figura 10- Recuo para SEE modelo 1 | 45 |
| Figura 11- Recuo para SEE modelo 2..... | 45 |
| Figura 12- Vista frontal de grade com abertura dupla | 46 |
| Figura 13- parte da vista superior da Subestação Aérea no <i>AutoCad</i> | 47 |
| Figura 14-Diagrama unifilar | 49 |
| Figura 15- detalhes da estrutura de medição | 50 |
| Figura 16-Detalhe do quadro para instalação do display | 51 |
| Figura 17- detalhes da malha de aterramento para medição e para-raios | 52 |
| Figura 18- Recuo para instalação do poste de medição | 53 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1- legenda Figura 3 e 4 | 28 |
| Tabela 2- Isoladores | 31 |
| Tabela 3- Condutores para média tensão | 32 |
| Tabela 4- Postes e cruzetas | 33 |
| Tabela 5- Equipamentos | 33 |
| Tabela 6- Iluminação | 37 |
| Tabela 7-Tomadas | 37 |
| Tabela 8- Ar-Condicionado | 37 |
| Tabela 9-Elevador | 38 |
| Tabela 10- Aparelhos de aquecimento | 38 |
| Tabela 11-Outras cargas | 38 |
| Tabela 12-Bomba D'água | 38 |
| Tabela 13-Tabela 1.6 Mamede fator de demanda para iluminação e tomadas. | 70 |
| Tabela 14-Tabela 2 da norma CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE, fator de demanda para elevadores. | 71 |
| Tabela 15-Tabela 3 da norma CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE, Fatores de Demanda paraz Equipamentos de Hidromassagem de uso Residencial..... | 71 |
| Tabela 16-Tabela 4 da norma CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE, fator de Demanda de Aparelhos de Ar Condicionado para Uso Residencial..... | 71 |
| Tabela 17-Tabela 5 da norma CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE, fator de Demanda de Aparelhos de Ar Condicionado para Uso Comercial..... | 72 |
| Tabela 18-Tabela 5 da norma CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE, fator de Demanda de Aparelhos de Ar Condicionado para Uso Comercial..... | 72 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ART | Atestado de Responsabilidade Técnica |
| AVT | Atestado de Viabilidade Técnica |
| AT | Alta Tensão |
| BT | Baixa Tensão |
| NBR | Norma Brasileira Regulamentar |
| TRT | Termo de Responsabilidade Técnica |
| QGBT | Quadro Geral de Baixa Tensão |
| TUG | Tomadas de Uso Geral |
| TUE | Tomadas de Uso Específico |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-----|----------------------------------|
| % | Porcentagem |
| Eq | Equação matemática |
| km | Quilômetros |
| kW | Quilowatts |
| kV | Quilovolts |
| m | Metro |
| W | Watt |
| UTM | Universal Transversa de Mercator |
| V | Volts |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 | Justificativa | 19 |
| 1.2 | Objetivos | 20 |
| <i>1.2.1</i> | <i>Objetivos gerais</i> | <i>20</i> |
| <i>1.2.2</i> | <i>Objetivos específicos</i> | <i>20</i> |
| 1.3 | Metodologia | 20 |
| 1.4 | Estruturação do Trabalho | 21 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE O PROJETO | 22 |
| 2.1 | Definindo o projeto da subestação aérea para o hospital | 22 |
| 2.2 | Subestação de Entrada de Energia (SEE)..... | 23 |
| <i>2.2.1</i> | <i>Zona de corrosão e componentes de uma subestação aérea</i> | <i>28</i> |
| 3 | CONCEPÇÃO DO PROJETO | 34 |
| 3.1 | Documentação necessária ao projeto | 35 |
| 3.2 | Elaboração dos cálculos do projeto | 36 |
| 4 | PROJETO PARA ENVIAR A CONCESSIONÁRIA LOCAL ENEL- CEARÁ | 43 |
| 4.1 | Planta de situação..... | 43 |
| 4.2 | Diagramas Unifilares | 48 |
| <i>4.2.1</i> | <i>Detalhes da estrutura de medição</i> | <i>50</i> |
| <i>4.2.2</i> | <i>Detalhe do quadro para a instalação do display</i> | <i>51</i> |
| <i>4.2.3</i> | <i>Detalhe da malha de aterramento do conjunto de medição</i> | <i>52</i> |
| <i>4.2.4</i> | <i>Recuo para instalação do poste de medição</i> | <i>53</i> |
| <i>4.2.5</i> | <i>TRT/ART</i> | <i>53</i> |
| <i>4.2.6</i> | <i>Memorial descritivo</i> | <i>54</i> |
| <i>4.2.7</i> | <i>AVT</i> | <i>54</i> |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 5 | CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS..... | 56 |
| 5.1 | Trabalhos futuros | 56 |
| | REFERÊNCIAS | 58 |
| | ANEXO A – MODELO DO MEMORIAL | 61 |
| | ANEXO B – MODELO TRT/ART | 68 |
| | ANEXO D – TABELAS DA NORMA e MAMEDE..... | 70 |
| | ANEXO D – PLANTAS ELÉTRICAS | 73 |

1 INTRODUÇÃO

No mundo onde a energia elétrica é fundamental para o crescimento de uma civilização, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) (2022), é muito importante que o sistema elétrico esteja em pleno funcionamento, sendo necessário haver normas que regularizem os sistemas elétricos de um país. Desta forma, para qualquer tipo de estabelecimento, como residencial, industrial, empresarial dentre outros, são exigidos vários fatores relacionados aos projetos de instalações elétricas, que devem seguir um planejamento baseado em normas estabelecidas para cada tipo de projeto elétrico.

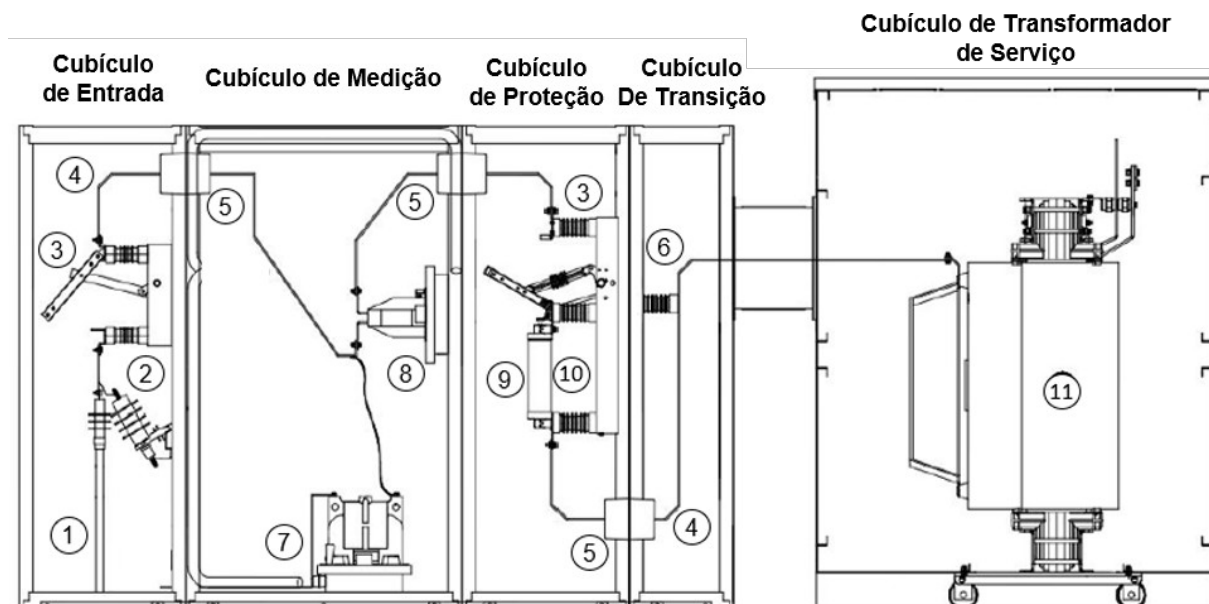
Para fins de projeto e de segurança nas instalações elétricas, é indispensável obedecer às normas que regem os projetos elétricos de acordo com a concessionária local, pois ela dispõe das informações essenciais para o fornecimento de energia elétrica da unidade consumidora, que pode ser diferente a depender da região do Brasil onde o projeto será submetido. Dito isso, para um cliente que se encontra com uma carga instalada superior a 75kW e que seja conectado à rede primária de distribuição como cliente de grupo A, é necessário a construção de uma subestação que atenda à unidade consumidora, de tal forma a garantir seu fornecimento de energia elétrica. Outro fator importante a se definir é o atendimento do cliente em tensão primária, assim como mencionar a potência da demanda contratada por ele. Essa demanda é apresentada e definida durante a elaboração de um cálculo de demanda presumível para a instalação.

Ainda em relação ao tipo de subestação, de acordo com a potência instalada e a demanda são definidos dois tipos de subestações: abrigada e aérea. Levando isso em consideração, é importante saber qual norma rege as regras para a instalação destes dois tipos de subestações. Segundo a norma da Enel-Ceará CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022), temos que para definir a subestação quanto ao seu tipo, é necessário fazer a análise da carga instalada e da demanda contratada. Para subestações com demanda contratada acima de 300kVA é obrigatório a construção de uma subestação abrigada mostrada na Figura 1, para o fornecimento de energia elétrica ao consumidor, já para demanda contratada inferior a 300kVA, não é necessário a elaboração do projeto de subestação abrigada, no entanto, a depender da carga instalada, é preciso instalar uma subestação aérea conforme a Figura 4, para o fornecimento de energia elétrica ao cliente.

A elaboração de um projeto elétrico de uma subestação deve conter os dados relativos às condições de suprimentos e das características funcionais do local. Além disso, para

os cálculos de demanda contratada, é necessário utilizar, juntamente com a norma anteriormente citada, a norma que oferece as fórmulas de cálculo da demanda como a CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022) como referência.

Figura 1- modelo de subestação abrigada



Fonte: Enel-Ceará (2022).

Considerando essa situação para o projeto de subestação aérea do hospital, objeto de estudo do presente trabalho, por se tratar de um cliente que será conectado à rede primária e devido à sua carga instalada e sua demanda ultrapassarem o mínimo exigido por norma, tem-se então, a prerrogativa de usar a norma da concessionária local do Estado do Ceará, que disponibiliza maneiras de realizar o dimensionamento dos componentes elétricos e dos distanciamentos destes em relação a subestação aérea e dimensionar os dispositivos de proteção e as condições gerais de fornecimento de energia elétrica. No contexto do projeto hospitalar, o qual será retratado neste trabalho, sendo necessário o projetista receber informações dos detalhes técnicos, tais como:

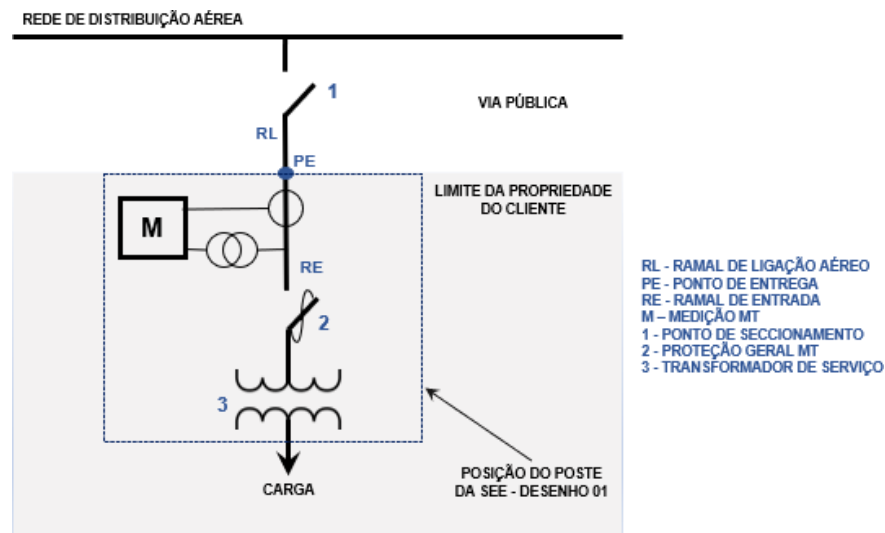
Planta de situação: nela, encontram-se as coordenadas relativas à obra, como: ruas, lotes adjacentes, características do terreno e área construída e coordenada UTM.

Além de aspectos mencionados anteriormente, uma planta de situação deve conter outros dados relevantes para a realização do projeto elétrico, sendo eles:

- Estrutura da subestação aérea, se é única ou em conjunto;

- Para subestação externa em poste 15kV, segue o modelo oferecido por norma na Figura 2;
- Quanto a localização da subestação, de acordo com o item 7.6.1.1 da norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022), deve-se atentar:
 - Local deve ser de livre acesso pela distribuidora;
 - Recuada da via de acesso por distâncias mínimas;
 - Afastamentos mínimos entre as partes energizadas e as edificações adjacentes.
- **Diagrama Unifilar:** nele, serão representados graficamente as partes da subestação aérea, desde o ramal da concessionária até o Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT). Na Figura 2, temos o diagrama que mostra o modelo da subestação a ser utilizada. Deve-se mostrar com riquezas de detalhes o circuito de controle e proteção, contendo os equipamentos, dispositivos e materiais, colocando desde o ponto de entrega até a proteção geral. Deve-se também, mostrar os valores nominais e de ruptura dos dispositivos e pontos de regulação, caso tenha e sua capacidade de interrupção.
- **Detalhes construtivos da caixa de *display*:** nele, serão apresentadas as medidas da caixa de *display*, distâncias e material utilizado.
- **Detalhes de aterramento:** nele, serão identificadas as hastes utilizadas, suas distâncias e a medidas do aterramento.
- **Detalhes de recuo:** nele, serão apresentadas as distâncias necessárias da subestação em relação a cada parte energizada e pontos como sacada, janelas, marquise dentre outros pontos acessíveis a essas, além de distâncias entre passeios, recuos internos e porta de acesso.
- **Memorial Descritivo:** nele, se encontram todos os cálculos de dimensionamento da subestação, descrevendo as tabelas de cargas, a carga instalada, a demanda prevista e todos os equipamentos como condutores, dispositivos de proteção e todos os outros dispositivos necessários para a instalação da subestação.
- **Cálculo do sistema de aterramento:** Se faz necessário que a empresa que executará a obra, ofereça o memorial de cálculo de aterramento com os detalhes de resistência da malha de aterramento e sua continuidade. Sabe-se que as medições devem seguir à norma ABNT NBR 15749 (2009).

Figura 2- modelo de ligação a rede de distribuição



Fonte: Enel-Ceará (2022).

Com isso, é visto que há um processo rigoroso na realização de um projeto elétrico de uma subestação aérea, o que será o tema discutido ao longo deste trabalho, explicando todos os pontos e detalhes do projeto do hospital.

1.1 Justificativa

De acordo com a resolução normativa nº 1000 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2021), o hospital que possui uma potência instalada maior que 75kW e uma demanda menor ou igual a 2500kW, deve pertencer ao grupo A, ou seja, conectado à rede primária de distribuição com tensão entre 2,3kV e 69kV. Tendo em vista isso, observando a necessidade de um projeto de subestação aérea para o cliente, foi proposta a solução de acordo com o levantamento de cargas e do cálculo da demanda prevista de 300KVA para aprovação do projeto na concessionária local Enel-Ceará, utilizando a norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022).

Desta forma, é obrigatório a construção de uma subestação aérea que atenda o cliente de forma a garantir o fornecimento de energia elétrica, definir o local da medição e das proteções, cabos e condutos a serem utilizadas por meio das normas técnicas vigentes.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos gerais

Este trabalho teve como objetivo geral descrever uma metodologia do detalhamento do projeto elétrico de uma subestação aérea de 300kVA de um hospital localizado na cidade de São Benedito, no estado do Ceará, na qual será levada em conta todos os aspectos básicos necessários para a aprovação do projeto submetido na concessionária local, Enel-Ceará, desde o memorial descritivo até as plantas elétricas. Além disso, será mostrado o detalhamento das pranchas elétricas utilizadas e suas implicações para o projeto.

1.2.2 Objetivos específicos

Entre os objetivos específicos pode-se destacar:

- Mostrar metodologicamente o passo a passo de como foi realizado o levantamento de cargas;
- Demonstrar a análise do local a ser realizado a subestação aérea;
- Demonstrar por meio de cálculos realizados e por auxílio das normas, o valor de demanda a ser contratada e instalada;
- Indicar por meio dos cálculos, normas, tabelas e referências a metodologia do projeto.
- Aprovar o projeto na concessionária.

1.3 Metodologia

Este trabalho consiste em um projeto elétrico de uma subestação aérea de 300KVA e das instalações elétricas de um hospital, localizado na região da Serra da Ibiapaba, na cidade de São Benedito/Ceará. Tendo por objetivo, mostrar todas as etapas de elaboração do projeto elétrico seguindo a norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022) e Resolução Normativa Nº 1000, levando em consideração as normas estabelecidas pela concessionária local, até o momento da entrega do projeto. Dessa forma, pode-se definir que:

:

- O trabalho será iniciado com o levantamento de cargas de um hospital, em que será detalhado os equipamentos presentes nesse hospital e feito o cálculo de dimensionamento da carga instalada;
- Em seguida, será feita a elaboração da planta de situação e diagramas elétricos da subestação para esse hospital;
- Por fim, é descrita a aprovação do projeto na concessionária.

1.4 Estruturação do Trabalho

O presente trabalho é apresentado e dividido em 05 capítulos, sendo o capítulo um, referente à introdução, objetivos gerais e específicos e metodologias.

No capítulo dois é apresentado o conteúdo base para realizar a subestação aérea, normas, materiais e equipamentos que estão presentes na subestação.

No capítulo três é apresentada a concepção do projeto, passo a passo, na elaboração dos cálculos de dimensionamento das cargas para o hospital e *softwares* utilizados para o dimensionamento.

No quarto capítulo, são apresentados os documentos para a aprovação na concessionária local, planta de situação, diagramas, e memorial descritivo.

Por fim, o quinto capítulo é reservado aos resultados, discussões e sugestões futuras a este trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE O PROJETO

Nesse capítulo será mencionado o que diz a norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR sobre os critérios mínimos do projeto de uma subestação aérea, seus componentes e equipamentos.

2.1 Definindo o projeto da subestação aérea para o hospital

De acordo com a **NBR 5679/77 (1995)**, o projeto se resume como a qualidade e quantidade dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de uma obra ou serviço de engenharia e/ou arquitetura, sendo essencial a presença de dados, elementos construtivos, informações gerais e específicas, estudos, discriminação técnica, cálculos, desenhos representativos, normas, projeções e composição de outros artificios especiais de características de agregação ao projeto.

O significado de “Projetar” está representado na forma de organização de ideias que serão colocadas em prática de tal forma a encontrar soluções mais ágeis e concretas para serem executadas visando um objetivo específico.

O projeto de instalações elétricas pode ser definido como a organização de elementos e partes elétricas que, juntas, formam toda a instalação elétrica, e que depende da forma como são dispostas dentro de uma planta arquitetônica, levando em consideração outras instalações, tais como a hidráulica, de gás, dentre outras que complementam todo o projeto.

Neste caso, o projeto elétrico de uma subestação aérea envolve:

- Quantificar e localizar os pontos de conexões de energia elétrica, dentro e fora da edificação;
- Dimensionar e definir o local da medição e das proteções, cabos e condutos a serem utilizadas, por meio das normas técnicas vigentes;
- Representar com desenhos técnicos os pontos e as informações da instalação elétrica para que os profissionais habilitados, capacitados e autorizados, possam utilizá-los como guia de execução;
- Por fim, procurar sempre diminuir custos desnecessários e garantir a proteção e segurança da instalação elétrica.

2.2 Subestação de Entrada de Energia (SEE)

Na definição de Mamede (2017), tem-se que a subestação de entrada de energia (SEE) é composta por condutores, aparelhos e equipamentos capazes de alterar a energia elétrica, isto é, corrente e tensão, deferindo sua alimentação aos níveis adequados para disposição do consumidor. Desta forma, pode-se dividir as SEE em:

a) Subestação Central de Distribuição

Elas são comumente encontradas próximas as usinas geradoras de energia elétrica, a qual tem por objetivo elevar o nível de tensão fornecido pelos geradores para transmitir a tensão e corrente gerada, aos conglomerados de consumidores conectados na rede.

b) Subestação Receptora de transmissão

Ela está próxima às grandes massas de cargas, e faz parte do meio da linha de transmissão, conectando-se à subestação central de transmissão ou à outra subestação receptora intermediária.

c) Subestação de Subtransmissão

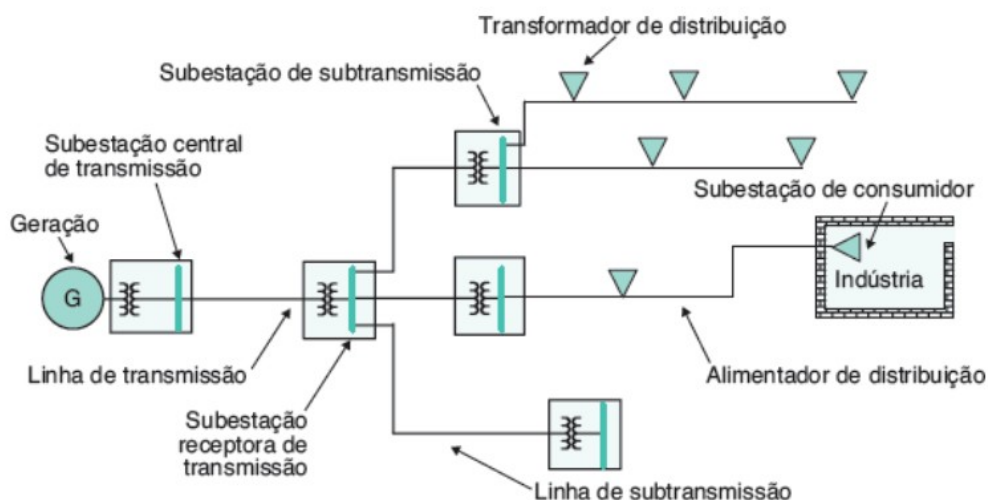
Ela está localizada em grandes centros de massas de carga, alimentada pela subestação receptora e de onde dá início os alimentadores de distribuição primário, fornecendo energia elétrica aos transformadores de distribuição e/ou as subestações de consumidor.

d) Subestação de Consumidor:

Dessa vez, é abordado o tema central do trabalho, pois esta subestação é aquela construída em propriedade particular, abastecida por alimentadores da linha de distribuição primária, originárias da linha de subtransmissão e fornece energia elétrica ao consumidor final.

Pode-se observar pela Figura 3, como é realizado esse esquema de geração, transmissão e distribuição. Nela, é possível ver as subestações que passam por cada sistema, como: a subestação elevadora na transmissão e a subestação receptora de transmissão para receber a linha de transmissão. Tem-se ainda, a subestação de subtransmissão para realizar o abaixamento das tensões e enviar para as linhas de distribuição e, por fim, as subestações de distribuição e do consumidor final.

Figura 3- modelo simplificado de Geração, transmissão e distribuição



Fonte: Mamede (2017).

Na concepção do projeto, utilizam-se normas que regulam os processos de aprovação e de homologação de vários serviços, desde simples reformas e manutenções elétricas, até mesmo acréscimo de carga e de conexão à rede elétrica. Para a homologação do projeto da subestação aérea neste trabalho, é utilizado a norma da concessionária Enel-Ceará CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022). Seguindo essa norma, foi realizado o cálculo da demanda presumível para o estabelecimento em questão, com o dimensionamento de todos os pontos de iluminação e tomadas que foram dimensionadas de acordo com Mamede (2017), e por questão de necessidade para ambientes onde eram necessários quantidades superiores ao valor mínimo indicado. Por exemplo, para cada cômodo foi definido a quantidade mínima de pontos de tomadas e iluminação.

Em via de regra, as subestações de consumidor, eliminando as que estão designadas para atendimento a múltiplas unidades consumidoras (MUC), apontam como principais elementos:

- **Entrada de Serviço:** é o ponto onde será conectado a derivação da rede de distribuição da concessionária aos terminais da medição e/ou proteção geral da MT, por norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022). Nela, existe a infraestrutura apropriada à ligação, fixação, caminhamento, sustentação e proteção de condutores. Ela se subdivide em:
 - **Ponto de ligação:** é o ponto onde deriva o ramal de ligação;
 - **Ramal de ligação:** compreende o trecho entre o ponto de ligação e o ponto de entrega, como pode ser observado na Figura 3. Nele, fica nítido o fato de o trecho desse circuito

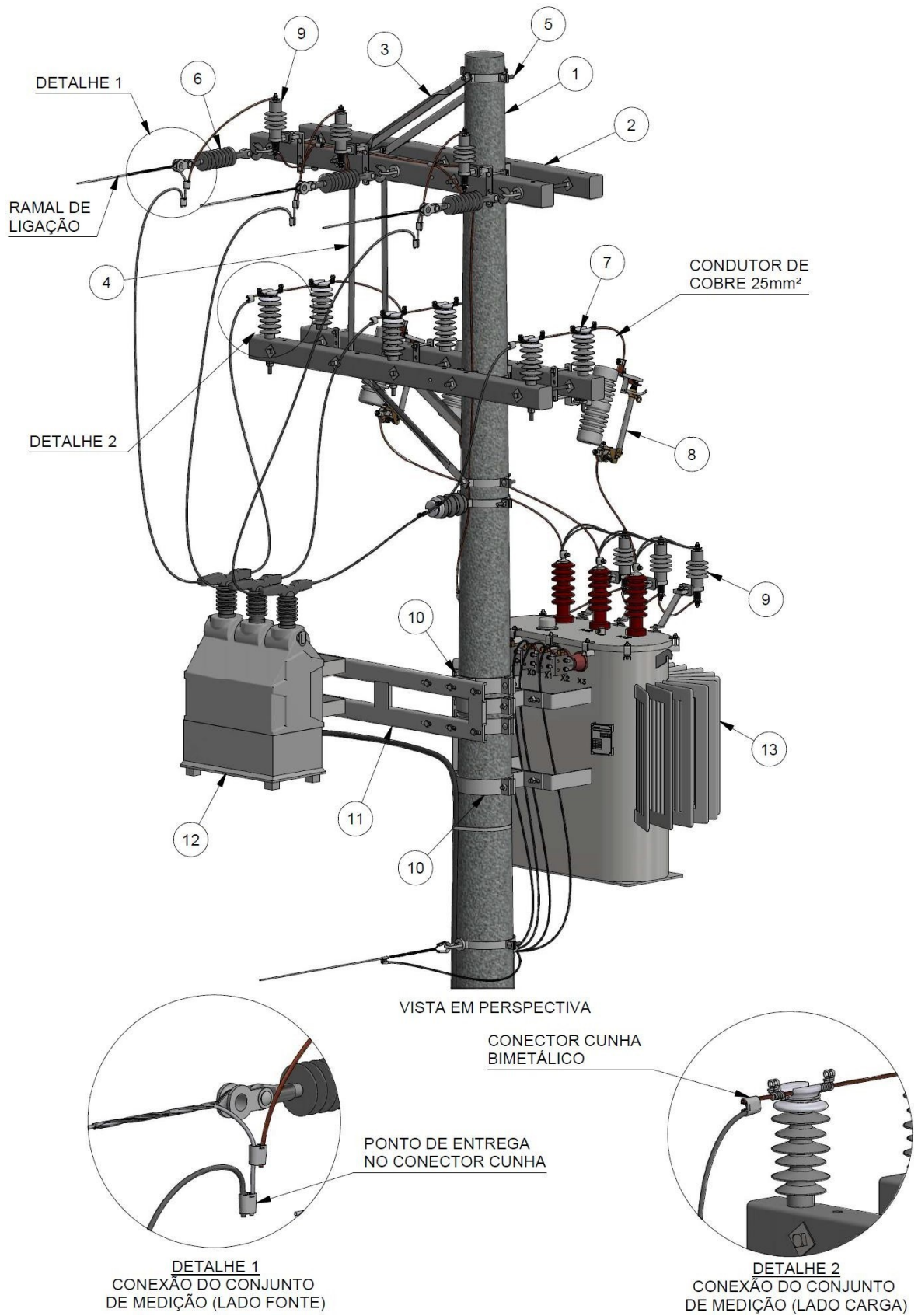
ser aéreo, e não se deve equivocar com um trecho subterrâneo, pois esse é denominado ramal de entrada subterrâneo.

- **Ponto de entrega:** é aquele cuja a finalidade é fornecer a energia elétrica ao consumidor, tornando-se a concessionária apta e responsável tecnicamente pela manutenção, operação, execução e serviços de construção. Por conseguinte, o ponto de entrega se ramifica em:

- **Entrada aérea:** os limites da obra/propriedade particular têm um ponto de entrega e esse ponto é alinhado à via pública. Quando a distância entre o ponto de entrega e a unidade a ser abastecida se torna muito distante desse ponto, pode-se usar a fachada ou mesmo uma estrutura própria para receber a entrada.
- **Entrada subterrânea:** como o próprio nome sugere, essa entrada é abaixo do nível do solo, e tem regras para a sua aplicação. Segunda a norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022), deve ser seguida uma série de distâncias e de proteções para o seu uso. De forma simplificada deve ser empregados cabos cuja proteção seja mais severa a danos por impacto e por corrosão e a distância entre pontos como sua subida em postes devem ser protegidos por eletroduto galvanizado.
- **Ramal de entrada:** é aquele que contém os condutores e os materiais necessários a interligação e fixação elétrica, entre o ponto de entrega e o ponto de medição. Aqui, também são divididos em aéreo e subterrâneo. Para cada região existe uma norma que irá regular como deve ser feito os distanciamentos mínimos para segurança e quais suas proteções em ambos os casos.

Na Figura 4, é possível verificar a estrutura utilizada para a subestação aérea em um único poste estando presente a medição e transformação.

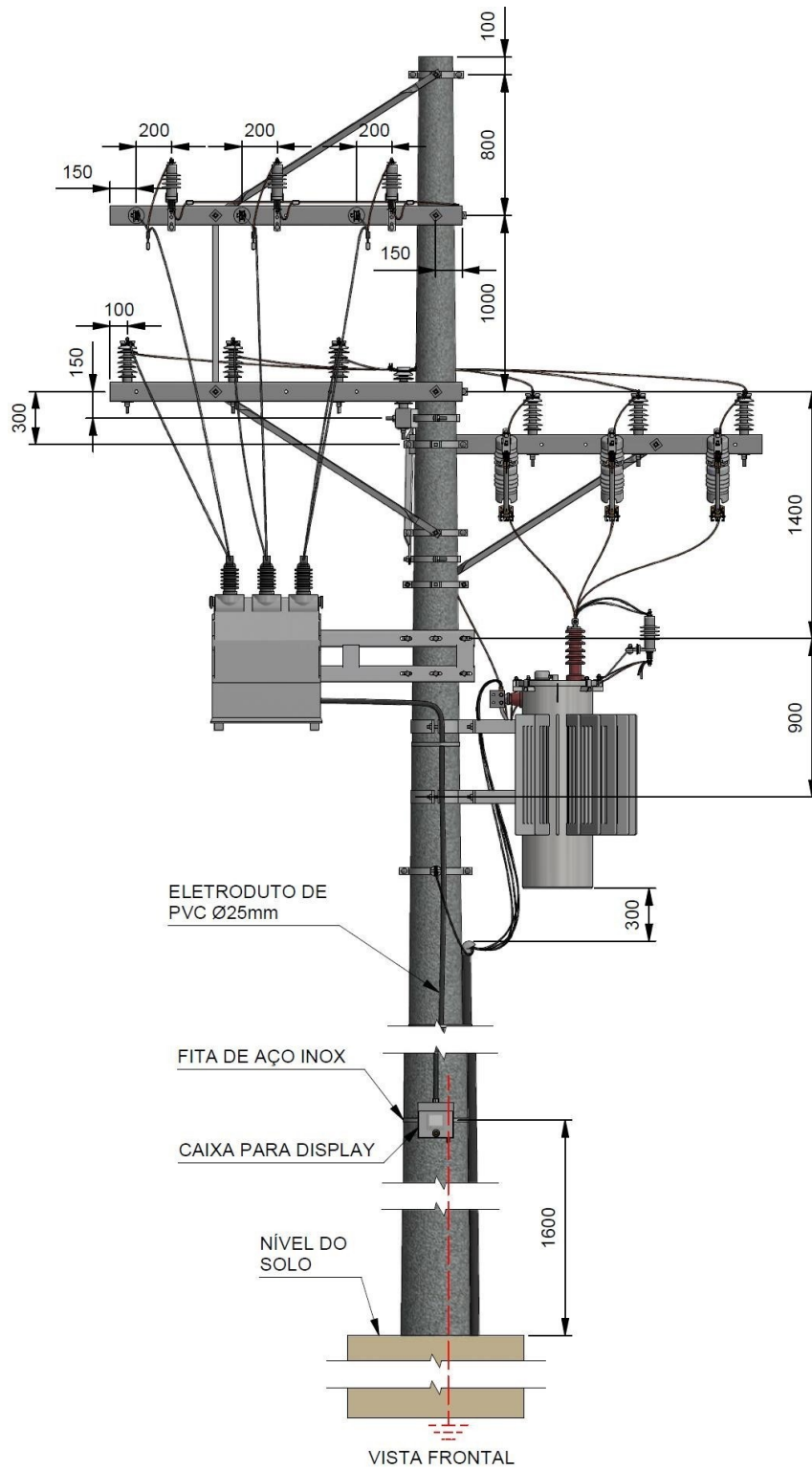
Figura 4- Elementos de entrada de serviço de uma unidade consumidora em MT



Fonte: Enel (2022).

Na Figura 5, estão presentes os distanciamentos da estrutura em relação a cada parte que compõe a subestação aérea.

Figura 5- modelo subestação aérea para ligação em MT



Fonte: (CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR, 2022, pag. 87).

A Tabela 1, mostra a legenda das Figuras 3 e 4, com todas as medidas e denominações utilizadas.

Tabela 1- legenda Figura 3 e 4

| | |
|----|--|
| 1 | Poste circular 12m x 1000 daN, no mínimo |
| 2 | Cruzeta polimérica 2000mm |
| 3 | Mão francesa perfilada |
| 4 | Mão francesa plana |
| 5 | Cinta para poste circular |
| 6 | Isolador de suspensão |
| 7 | Isolador tipo pilar |
| 8 | Chave fusível |
| 9 | Para-raios |
| 10 | Suporte para equipamento em poste circular |
| 11 | Suporte afastador de conjunto de medição |
| 12 | Conjunto de medição |
| 13 | Transformador até 300kVA |
| 14 | Eletroduto de PVC rígido |
| 15 | Cabeçote ou curva de 135° |

Fonte: CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022).

Na Tabela 1, estão listados os equipamentos utilizados na subestação aérea e que são mostrados na Figura 4, onde é possível ver o para-raios, chave fusível, transformador de até 300kVA e eletroduto de Policloreto de Vinila (PVC) rígido, dentre outros mostrado e mencionados. Posteriormente, é visto a ligação aérea até o TC no poste, conectado ao conjunto de medição pelo conector cunha no detalhe 2 da Figura 4, passando pelo isolador tipo pilar até a chave fusível, para-raios e transformador. Os condutores de baixa que saem do transformador irão para o Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), finalizando a conexão da subestação a unidade consumidora.

2.2.1 Zona de corrosão e componentes de uma subestação aérea

As subestações como já foram mencionadas, são responsáveis pela transformação da tensão e da corrente, aumentando ou baixando a depender do caso. Com isso, toda etapa desde a entrada de energia até o consumidor final, existe uma série de componentes responsáveis pela proteção dessa subestação e dos condutores que a alimentam. Além disso, existe a divisão de cada etapa de transformação dentro da subestação.

Outro fator importante a mencionar, é a condição ambiente a qual a subestação se encontra. Devido os materiais sofrerem com efeitos de intempéries, é importante substituir ou

aumentar a proteção do material para evitar sua alta taxa de degradação, além disso, o nível de isolamento é afetado de acordo com a zona de corrosão. Logo, para definir o ambiente no qual se encontra o material, foram classificadas as zonas de corrosão e seus tipos de influência sobre o material.

Pela norma WKI-OMBR-MAT-18-0248-EDBR (2020), define-se três zonas, sendo elas:

- **Zona corrosão A:** Possui como requisito áreas localizadas a partir de 20 km de distância da orla marítima. Nesta área, o nível de corrosão é muito leve ou leve, e permite a não ocorrência de riscos de desempenho dos equipamentos e materiais por tempo estimado entre 15 e 25 anos.
- **Zona corrosão B:** Possui como requisito áreas localizadas a partir de distâncias maiores que 5 km e menores que 20 km da orla marítima, sofrendo eventos naturais como vento vindo do mar, e com a possibilidade de adicionar anteparos naturais ou artificiais, de modo a proteger as estruturas e equipamentos de exposição direta. Nessa área o nível de corrosão é médio, onde a ocorrência de comprometimento e riscos ao desempenho do material está em torno de 5 a 15 anos.
- **Zona de corrosão C:** Possui como requisito, áreas que sofrem diretamente a ação corrosiva, sem nenhum anteparo natural ou artificial, perante ventos fortes e ininterruptos vindo do mar, estando ela com uma distância máxima de até 5km do litoral e de ambientes salinos. Nesta área, o nível de corrosão é alto, com uma poluição pesada e que os equipamentos aparentam falha no seu desempenho com tempo de até 05 anos, com um impacto severo por conta da característica salina e de poluição.

Abaixo, será detalhado e listado os principais equipamentos presentes em uma subestação aérea, a depender da sua área de corrosão:

- **Chaves seccionadora e fusíveis:** Em uma subestação a qual a potência do transformador com capacidade instalada seja menor ou igual a 300kVA, deve ser utilizado chaves seccionadoras com fusível que esteja dimensionado de acordo com a norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022). Esses dispositivos são utilizados para garantir a proteção na

entrada da MT. Quanto a seleção por zona de corrosão, é destacada seu uso de acordo com a Tabela 6.

- **Transformador de até 300KVA:** Deve ser escolhido o transformador adequado de acordo com o cálculo de demanda presumível, e, esse por sua vez, será alocado na estrutura em poste dito por norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022).

Os transformadores utilizados devem ainda, atender as exigências das normas ABNT (NBR 5356, NBR 5440 e demais normas correlatas), segundo a norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022) da Enel-Ceará. Ainda deve ser identificado as características como: trifásicos com enrolamento primário ligado em delta; a instalação do transformador deve atender a norma ABNT NBR 14039; A bucha X0 deve ser conectada ao aterramento geral.

Quanto a seleção por zona de corrosão, é destacada seu uso de acordo com a Tabela 6.

Para instalação do transformador de líquido isolante no caso das subestações aéreas, faz-se necessário obedecer aos critérios da norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022), contendo as especificações como valores de perdas em vazio, perdas em carga, tensão suportável nominal a frequência da rede, dentre outros fatores exigidos pela norma.

- **Estrutura:** A estrutura é o elemento que irá receber todos os equipamentos e dispositivos da subestação aérea. Essa estrutura pode ser de concreto armado, fibra de vidro ou polimérico a depender da zona de corrosão. De acordo com a norma WKI-OMBR-MAT-18-0248-EDBR (2020) da concessionária Enel-Ceará, é dada a Tabela 4 para as zonas de corrosão:
- **Caixa de display:** Nessa parte, fica como exigência da Enel-Ceará, seguir a PM-C 196.01.1 (2010), a qual estabelece as medidas da caixa de display e sua estrutura de fixação em poste.
- **Transformadores de medida:** Fica a critério da distribuidora a escolha dos medidores e equipamentos a julgar necessário, bem como, a substituição deles quando for considerada relevante. Sendo os transformadores de corrente (TC) e transformador de potência (TP), responsáveis por equipamentos de medição em uma subestação. Quanto a seleção por zona de corrosão, é destacada seu uso de acordo com a Tabela 5.
- **Para-raios:** Irá proteger a instalação contra sobre tensões transitórias. Eles devem ser instalados por fase; devem ser ligados a malha de aterramento por meio de cabo de cobre nu ou com isolamento na cor verde, com seção mínima de 25mm², segundo a norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022). Além disso, não deve haver emendas ou interrupções

em sua extensão. Quanto a seleção por zona de corrosão, é destacada seu uso de acordo com a Tabela 5.

- **Disjuntor:** Deve estar presente no lado de baixa como proteção geral, sendo dimensionado a partir da potência do transformador e alimentado por cabos de XLPE ou EPR, e caso esteja em solo, deve possuir proteção mecânica contra impactos. Os cabos que irão atender o disjuntor são dimensionados de acordo com a corrente do disjuntor e da potência do transformador, obedecendo aos critérios de capacidade de condução de corrente e queda de tensão.
- **Isoladores:** É preciso utilizar esses componentes para isolar as partes energizadas das estruturas, e esses, também devem ser dimensionados de acordo com o ambiente, levando-se em consideração a zona de corrosão e poluição. É observado na Tabela 2, da norma WKI-OMBR-MAT-18-0248-EDBR (2020) da concessionária Enel-Ceará, a classificação dos isoladores quanto a zona de corrosão.
- **Condutores:** Pela Tabela 3, é definido os condutores quanto a sua zona de corrosão. Além disso, para os condutores de Média tensão, segue o dimensionamento do condutor pela capacidade de condução de corrente que é definida a partir da potência do transformador e da tensão de entrada da unidade consumidora.

Tabela 2- Isoladores

| Descrição | Zonas | | |
|---|-------|-----|-----|
| | A | B | C |
| Isolador Roldana – BT | Sim | Sim | Sim |
| Isolador Ancoragem Polimérico - MT | Sim | Sim | Sim |
| Isolador Pilar Híbrido – MT | Não | Não | Sim |
| Isolador Pilar Polimérico - MT | Sim | Sim | Sim |
| Isolador de Pino Polimérico (Spacer) – MT | Sim | Sim | Sim |
| Isolador de Suspensão Polimérico - AT | Sim | Sim | Sim |
| Isolador Line-Post Polimérico - AT | Sim | Sim | Sim |

Fonte: Enel-Ceará (2020).

Tabela 3- Condutores para média tensão

| Descrição | Zonas | | |
|---|-------|-----|------------------------|
| | A | B | C |
| Cobre Nu _(nota1) | Não | Não | Sim |
| Aço de cobre _(nota1) | Não | Não | Sim _(nota2) |
| Alumínio Nu com Alma de Aço (CAA) | Sim | Sim | Não |
| Alumínio Nu com Alma de Aço revestido de alumínio (Alumoweld) | Não | Sim | Sim |
| Liga de Alumínio (CAL) _(nota1) _(nota3) | Sim | Sim | Não |
| Alumínio Coberto (Spacer) | Sim | Sim | Não |
| Alumínio Isolado (Multiplexado) | Sim | Sim | Sim |

NOTA 1: A utilização desses condutores está condicionada a apresentação de justificativa técnica e aprovação da Enel Global.

NOTA 2: Utilizado em substituição ao cobre nu, principalmente em regiões com alta incidência de furto de condutores. Deve ser verificada em projeto a corrente nominal do condutor pois, em relação ao cobre nu, as capacidades de condução de corrente são ligeiramente inferiores.

NOTA 3: Condutor engraxado ou não.

NOTA 4: Em condutores nus de alumínio, devem ser utilizadas alças pré-formadas de aço revestido de alumínio.

NOTA 5: Em condutores nus de cobre, devem ser utilizadas alças pré-formadas em liga de cobre.

NOTA 6: Em condutores de alumínio cobertos, devem ser utilizadas alças em aço revestidas de alumínio ou aço galvanizado.

Fonte: Enel-Ceará (2020).

Tabela 4- Postes e cruzetas

| Descrição | Zonas | | |
|---------------------------------|-------|-----|------------------------|
| | A | B | C |
| Em concreto armado | Sim | Sim | Sim _(nota1) |
| Em fibra de vidro ou polimérico | Sim | Sim | Sim |

Nota1: Restrito para locais que não tenham respingo de maré e incidência direta de vento marítimo na face do material.

Fonte: Enel-Ceará (2020).

Tabela 5- Equipamentos

| Descrição | Zonas | | |
|---------------------------------------|-------|-----|-----|
| | A | B | C |
| Chave fusível _(nota1) | Sim | Sim | Sim |
| Chave seccionadora _(nota1) | Sim | Sim | Sim |
| Transformador | Sim | Sim | Sim |
| Para-raio _(nota1) | Sim | Sim | Sim |

Nota1: Conforme especificação do material.

Fonte: Enel-Ceará (2020).

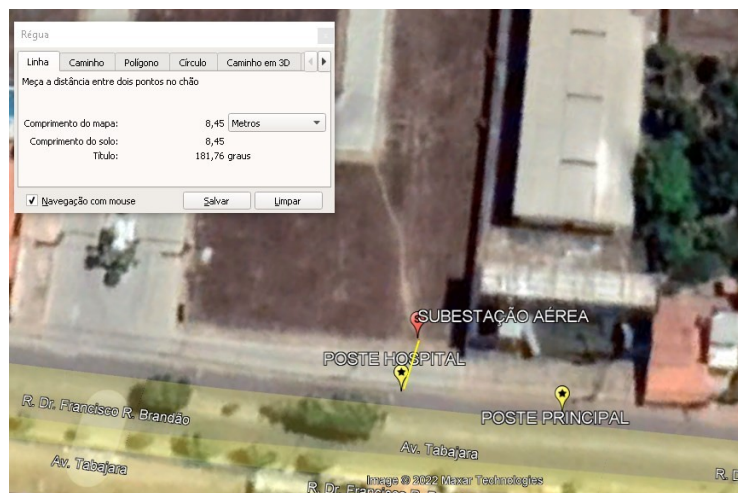
3 CONCEPÇÃO DO PROJETO

Neste capítulo, será apresentada os recursos e os passos para execução do projeto, assim como o formato do memorial descritivo e dos cálculos de iluminação e tomadas, descrevendo de forma clara a identificação do local e as análises a serem feitas sobre a posição da rede de MT e os códigos dos postes, além do endereço correto do cliente e o tipo de estrutura e de serviço prestado da futura unidade consumidora.

Foi realizada primeiramente, junto com o projeto arquitetônico, a visita técnica ao local a ser instalada a subestação, o levantamento de cargas com base na descrição do hospital, ou seja, todos os equipamentos elétricos, como raio X, tomógrafo, salas cirúrgicas e outros equipamentos elétricos dispostos na planta baixa, além da quantidade de tomadas de uso geral e de uso específico.

Em Segundo lugar, foram coletadas as coordenadas em Universal Transversa de Mercator (UTM) da obra que é referenciada na planta de situação. Juntamente a visita técnica, foi observado alguns pontos no projeto que foram modificados antes do projeto elétrico da subestação ser começado. Desta forma, pode-se mencionar: a localização inicial da subestação realizada no projeto arquitetônico ficava inicialmente a mais de 30 metros da rede de MT. Logo ao ser observado isso, sugeriu-se a mudança dessa subestação para o lado da frente do hospital que ficava a uma distância máxima de 9 metros de acordo com o que foi medido em campo e a medida pelo *Google Earth* como se pode verificar na Figura 6.

Figura 6- Localização da obra no google Earth ponto da subestação



Fonte: autor.

O resultado dessa mudança de localização foi visto na situação mostrada na Figura 7, a subestação ficaria a uma distância muito grande, gerando custos adicionais ao cliente, caso fosse exigido uma obra para levar a rede de MT até o ponto de conexão da subestação. Por outro lado, a subestação na frente do hospital não gerava custos de implementação de uma nova estrutura para sua energização.

Figura 7- Localização da obra no google Earth ponto da subestação definida inicialmente



Fonte: autor.

3.1 Documentação necessária ao projeto

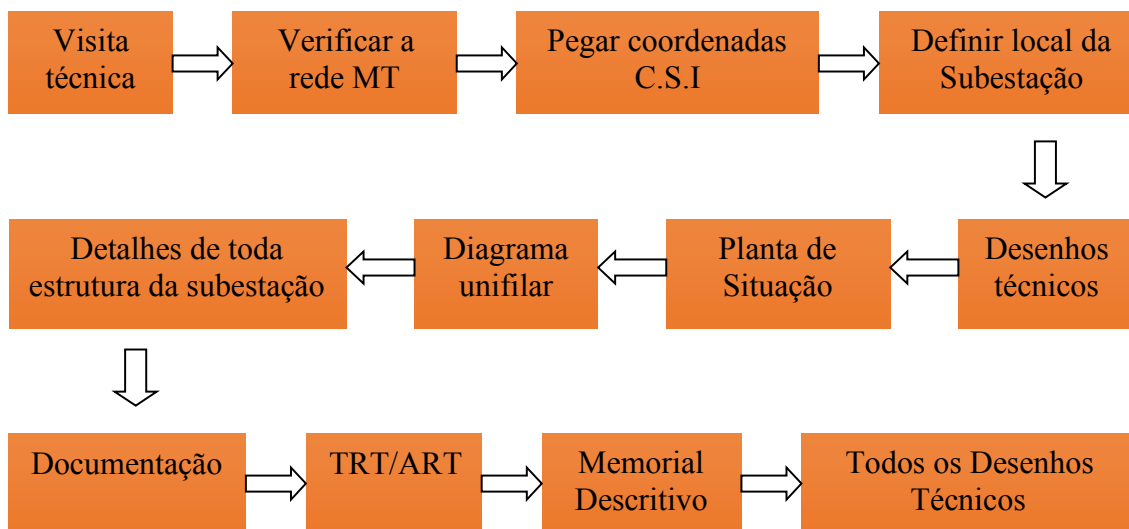
Para o projeto da Subestação aérea de 300kVA, foi elaborado um conjunto de elementos que devem conter no momento da aprovação do projeto na concessionária local, nos quais se dividem em:

- **Pranchas com esquemas elétricos:**
 - Planta de situação;
 - Diagrama unifilar;
 - Detalhes da estrutura de medição;
 - Detalhes da malha de aterramento do conjunto de medição;
 - Recuo para instalação do poste de medição;

- Detalhe do quadro para a instalação do display.
- **As planilhas de cálculo e das cargas instaladas:**
 - Planilhas de cálculo do quadro de cargas;
- **Os arquivos em texto com as informações dos profissionais responsáveis e do cliente:**
 - TRT/ART;
 - Memorial descritivo(demonstrativos dos cálculos de carga).
 - AVT

Um fluxograma do processo de construção do projeto pela Figuras 8:

Figura 8- Fluxograma da elaboração da subestação aérea



Fonte: autor.

3.2 Elaboração dos cálculos do projeto

Para o início do projeto, foi realizado primeiro uma lista dos equipamentos a serem utilizados dentro do hospital, descrevendo sua funcionalidade e especificando suas potências, além de outros aspectos inerentes a cada dispositivo em planta baixa e memorial descritivo. O hospital possui uma planta de térreo e três pavimentos, logo, foram resumidas as cargas totais do hospital para cada ambiente em tabelas simplificadas que serão mostradas a seguir.

Para a potência de iluminação foram definidos os valores de cada lâmpada e respectivamente a quantidade de cada uma. Ao final, é somada as potências e dado o valor total na Tabela 6.

Tabela 6- Iluminação

| Descrição | Pot. unit. (W) | Qde | Pot. total (kW) |
|-------------|----------------|------|-----------------|
| Lâmpada Led | 19 | 2000 | 38,0 |
| Lâmpada Led | 27 | 100 | 2,7 |
| Lâmpada Led | 65 | 193 | 12,5 |
| | | | 53,2 |

Fonte: autor.

Para a potência de Tomadas de Uso Específico (TUE) e Tomadas de Uso Geral (TUG), foi definido a quantidade de cada uma. Ao final, é somada as potências e dado o valor total na Tabela 7.

Tabela 7-Tomadas

| Descrição | Pot. unit. (W) | Qde | Pot. total (kW) |
|-----------|----------------|------|-----------------|
| TUG | 100 | 1180 | 118,0 |
| TUE | 2000 | 6 | 12,0 |
| TUE | 6000 | 6 | 36,0 |
| | | | 166,0 |

Fonte: autor.

Para a potência dos aparelhos de ar-condicionado foi definido a quantidade de cada um. Ao final é somada as potências e dado o valor total na Tabela 8.

Tabela 8- Ar-Condicionado

| Descrição | Pot. unit. (W) | Qde | Pot. total (kW) |
|---------------------|----------------|-----|-----------------|
| Split de 9.000 Btu | 807 | 82 | 66,1 |
| Split de 12.000 Btu | 1075 | 1 | 1,0 |
| Split de 18.000 Btu | 1612 | 18 | 25,7 |
| Split de 24.000 Btu | 2151 | 18 | 40,8 |
| Split de 36.000 Btu | 3226 | 3 | 9,7 |
| | | | 142,5 |

Fonte: autor.

Para a potência de cargas especiais, como Elevador, foi definido a quantidade de cada um e seu fator de potência. Ao final é somada as potências e dado o valor total na tabela 9.

Tabela 9-Elevador

| Descrição | Pot.unit.(kW) | Qde | Fator de Pot. | Pot. Total (kVA) |
|----------------|---------------|-----|---------------|------------------|
| ELEVADOR | 5,89 | 3 | 0,92 | 19,21 |
| POTÊNCIA TOTAL | | | | 19,21 |

Fonte: autor.

Para a potência dos aparelhos de aquecimento foi definido a quantidade de cada uma. Ao final é somada as potências e dado o valor total na Tabela 10.

Tabela 10- Aparelhos de aquecimento

| Descrição | Pot. unit. (W) | Qde | Pot. total (kW) |
|-------------------|----------------|-----|-----------------|
| CHUVEIRO ELÉTRICO | 3000 | 20 | 60,0 |
| TORNEIRA ELÉTRICA | 2000 | 10 | 20,0 |
| FORNO ELÉTRICO | 6000 | 2 | 12,0 |
| POTÊNCIA TOTAL | | | 92,0 |

Fonte: autor.

Para a potência de cargas especiais, como máquina de tomografia, Raio X e Mamografia, foi definido a quantidade de cada uma e seu fator de potência. Ao final, é somada as potências e dado o valor total na Tabela 11.

Tabela 11-Outras cargas

| Descrição | Pot. unit. (W) | Qde | Fator de Pot. | Pot. total (kVA) |
|----------------|----------------|-----|---------------|------------------|
| RAIO X | 10 | 1 | 0,85 | 11,7 |
| TOMOGRAFIA | 15 | 2 | 0,80 | 37,5 |
| MAMOGRAFIA | 12 | 2 | 0,82 | 29,2 |
| POTÊNCIA TOTAL | | | | 78,5 |

Fonte: autor.

Para a potência das bombas d'água, foi definido a quantidade de cada uma e seu fator de potência. Ao final, é somada as potências e dado o valor total na Tabela 12.

Tabela 12-Bomba D'água

| Descrição | Pot.unit.(kW) | Qde | Fator de Pot. | Pot. Total (kVA) |
|----------------|---------------|-----|---------------|------------------|
| BOMBA D'ÁGUA | 3,68 | 2 | 0,90 | 8,17 |
| POTÊNCIA TOTAL | | | | 8,17 |

Fonte: autor.

Após todo o levantamento de cargas é adicionado o valor total da carga instalada apresentada que nada mais é, que a soma de cada potência dos quadros de cargas da iluminação, tomadas, ar-condicionado, aparelhos de aquecimento e outras cargas.

Carga instalada total (kW) →

532,3kW

Para esses valores dados pelas tabelas acima, foram realizadas pesquisas de potências relacionadas aos Raio X, tomógrafo e Mamografia. Os valores foram selecionados de tal forma a obedecer a um critério de seleção de projeto.

Após todo o levantamento de carga, segue o cálculo da demanda presumível, apresentada na seção 3.2.1.

3.2.1. CÁLCULO DA DEMANDA PRESUMÍVEL

Com base no quadro de carga do cliente apresentado no item anterior, foi dimensionado o transformador que deverá ser utilizado com base na fórmula empírica. Equação 3.1 da norma CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022).

O dimensionamento do transformador deverá ser feito com base no cálculo da demanda sugerido pela norma (CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE, 2022) e (Mamede, 2017).

$$D = [0,77 \times a + 0,7 \times b + 0,95 \times c + 0,59 \times d + 1,2 \times e + F + G] \text{ kVA} \quad (3.1)$$

Primeiramente, será dimensionado o valor da demanda de iluminação e tomadas pela seguinte expressão Equação 3.2:

$$a = (P_{ILUMINAÇÃO(kW)} + P_{TOMADAS(kW)}) \times \text{Fator de Demanda (FD)} \quad (3.2)$$

De acordo com a Tabela 1.6 do Mamede (2017), o fator de demanda que se encontra para atividades hospitalares é de de 40% para os primeiros 50kW e 20% para o restante, logo em seguida substituindo os valores na Equação 3.2 fica:

$$a = [(50,00kW) \times 40\% + (169,15kW) \times 20\%] \quad (3.3)$$

Assim, o valor de a é:

$$a = 53,83 \text{ kW} \quad (3.4)$$

Agora, será dimensionado o valor da demanda para aparelhos de aquecimento pela seguinte expressão:

$$b = P_{\text{até}3,5\text{KW}}(\text{kW}) \times \text{FD} + P_{\text{acima}3,5\text{KW}}(\text{kW}) \times \text{FD} \quad (3.5)$$

De acordo com a tabela 6 da CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022), o fator de demanda para a quantidade de 30 aparelhos de aquecimento de até 3,5KW e 2 acima de 3,5KW individual, é de 30% e 24% respectivamente, logo em seguida substituindo os valores na Equação 3.5 fica:

$$b = [(80,00\text{kW}) \times 30\% + (12,00\text{kW}) \times 24\%] \quad (3.6)$$

Assim, o valor de b é:

$$b = 26,88 \text{ kW} \quad (3.7)$$

Agora, será dimensionado o valor da demanda para aparelhos de ar-condicionado pela seguinte expressão:

$$c = (P_{\text{AR CONDICIONADO}}(\text{kW})) \times \text{FD} \quad (3.8)$$

De acordo com a tabela 5 da CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022), o fator de demanda para a quantidade de 121 aparelhos de ares-condicionados instalados é de $\text{FD} = 60\%$. logo substituindo os valores na Equação 3.8 fica:

$$c = 142,513 \text{ kW} \times 60\% \quad (3.9)$$

Assim, o valor de c é:

$$c = 85,508 \text{ kW} \quad (3.10)$$

Agora, será dimensionado o valor da demanda para bombas d'água pela seguinte expressão:

$$d = (P_{\text{Bomba_água}}(\text{kW})) \times \text{FD} \quad (3.11)$$

De acordo com a CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022), o fator de demanda para bombas d'aguas é $\text{FD} = 100\%$. logo substituindo os valores na Equação 3.11 fica:

$$d = [2*3680] * 1 \quad (3.12)$$

Assim, o valor de d é:

$$d = 7,360 \text{ kW} \quad (3.13)$$

Agora, será dimensionado o valor da demanda para elevadores pela seguinte expressão:

$$e = (P_{\text{ELEVADORES}}(\text{kW})) \times \text{FD} \quad (3.14)$$

De acordo com a tabela 2 da CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022), o fator de demanda para a quantidade de 3 elevadores é $\text{FD} = 65\%$. Logo, substituindo os valores na Equação 3.14 fica:

$$e = [19,21] * 0,65 \quad (3.15)$$

Assim, o valor de e é:

$$e = 12,48 \text{ kW} \quad (3.16)$$

Por fim, será dimensionado o valor da demanda para outras cargas pela seguinte expressão:

$$e = (P_{\text{OUTRASCARGAS}}(\text{kW})) \times \text{FD} \quad (3.17)$$

De acordo com a CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022), o fator de demanda para cargas que não se enquadram em nenhuma das outras, é considerado o fator de demanda de acordo com o projetista. Adotado-se o fator de demanda igual a 1 e substituí os valores na Equação 3.17.

$$G = [78,533] * 1 \quad (3.18)$$

Assim, o valor de G é:

$$G = 78,533 \text{ kW} \quad (3.19)$$

Ao final, aplica-se os valores calculados anteriormente na Equação 3.1, o que resulta na seguinte expressão:

$$D = [0,77 \times 53,83 + 0,7 \times 26,88 + 0,95 \times 85,508 + 0,59 \times 8,170 + 1,2* 11,474+78,533] \quad (3.20)$$

Assim, o valor da Demanda total é:

$$\text{Demanda Total} = 238,61\text{kVA} \quad (3.21)$$

Com base nos cálculos da demanda, será dimensionado 01 transformador de 300kVA a óleo, transformador comercial prevendo um futuro aumento de demanda do hospital. Ressalta-se que o transformador que será utilizado, segundo a CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022), deve possuir uma reserva menor ou igual a 30%, ou seja, pela Equação 3.8, tem-se:

$$\%RESERVA = \left(1 - \frac{D(kVA)}{P_{POTENCIA \ TRANSFORMADOR} (kVA)} \right) \times 100 \leq 30\% \quad (3.22)$$

Aplicando os valores da demanda calculada e do transformador na Equação 3.22, tem-se:

$$\%RESERVA = \left(1 - \frac{238,61}{300} \right) * 100 \leq 30\% \quad (3.23)$$

$$\%RESERVA = 20,46\% \quad (3.24)$$

Assim, o transformador está dentro do valor permitido de 30%, não sendo necessário nenhuma alteração em seu valor. As tabelas utilizadas para o cálculo estarão em anexo neste trabalho para consulta.

4 PROJETO PARA ENVIAR A CONCESSIONÁRIA LOCAL ENEL-CEARÁ

Neste capítulo, é abordado os documentos necessários para serem enviados à ENEL-CEARÁ, tais como, planta de situação, diagramas elétricos, TRT/ART e memorial descritivo, além de citar as recomendações da norma que é pedido ao realizar os passos de implementação do projeto.

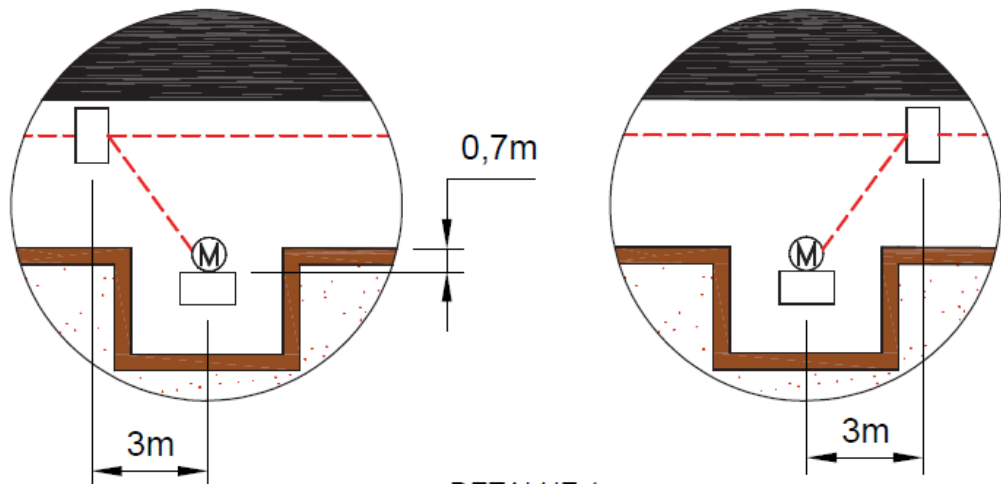
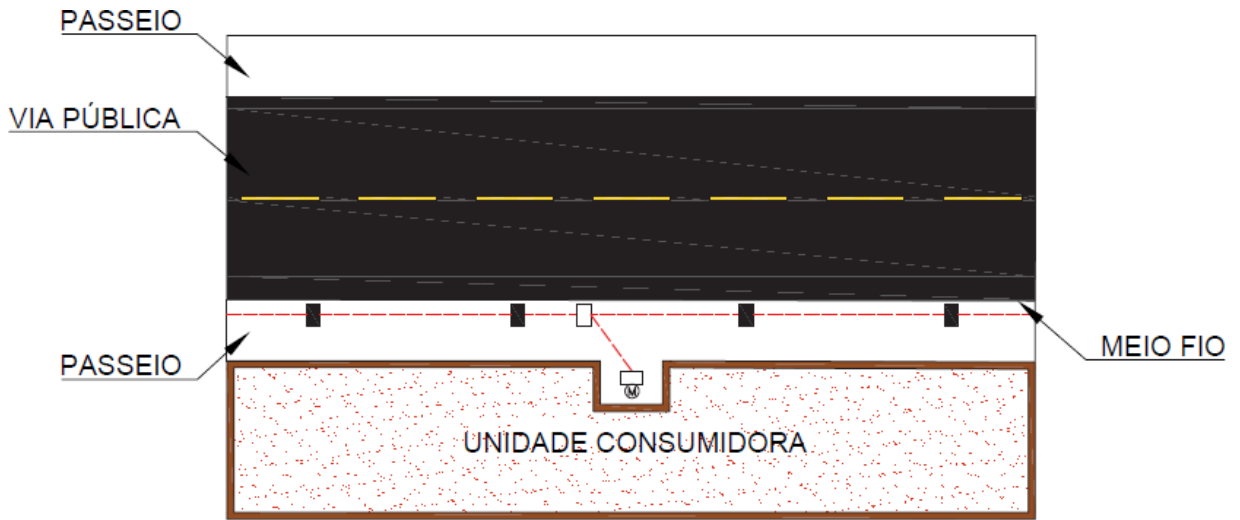
4.1 Planta de situação

A planta de situação é o local onde se encontra todos os dados da localização da obra. Nela, estão contidas as informações das ruas adjacentes, dos pontos onde serão alocados os pontos de conexão elétrica, os espaços obrigatórios entre a subestação aérea e a rua, sua distância entre os pontos como janelas, sacadas entre outros. Pela Figura 09, é possível ver os distanciamentos e o modo de representação da subestação na planta de situação.

Seguindo nas dimensões dos recuos, têm-se duas formas de alocar a subestação dentro do espaço projetado:

- O primeiro fica com a Subestação de Entrada de Energia (SEE), posicionada do lado direito, o poste no meio e o Transformador de Corrente (TC) a esquerda, as distancias mínimas da base do poste a mureta de isolamento e as distâncias mínimas da parte energizada para com outras partes da edificação são mostradas na Figura 10. Logo, deve haver uma distância mínima de 1 (um) metro de circulação do poste da estrutura do ponto de entrega. A distância “E” na Figura 10 deve ficar de 1 metro entre a mureta da edificação. A distância “E” deve ficar a 1,5 metros em relação às sacadas, janelas, telhados ou demais pontos que permitam acesso a partes energizadas.
- O segundo modo de se instalar a SEE é posicionando o transformador aos fundos da mureta, o TC continua a esquerda enquanto a direita fica livre e o transformador fica aos fundos com as distâncias mínimas representadas na Figura 11. Logo, deve haver uma distância mínima de 1 (um) metro de circulação do poste da estrutura do ponto de entrega. A distância “E” na Figura 11 deve ficar de 1 metro entre a mureta da edificação. A distância “E” deve ficar a 1,5 metros em relação às sacadas, janelas, telhados ou demais pontos que permitam acesso a partes energizadas.

Figura 9- Recuo para a instalação da Subestação em Poste e conjunto blindado



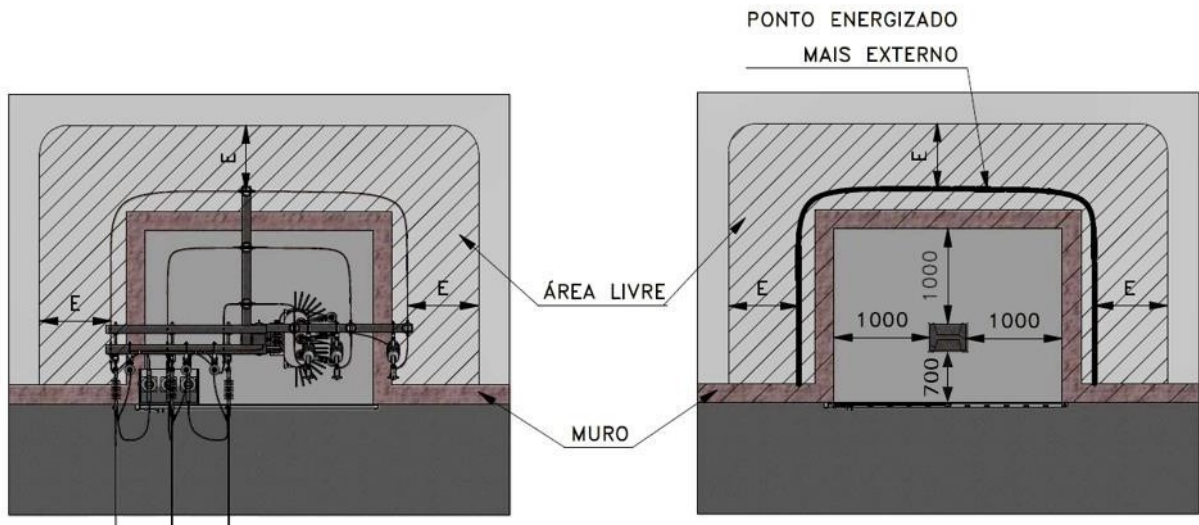
DETALHE 1
INDEPENDENTE DO LADO DA DERIVAÇÃO,
O AFASTAMENTO INDICADO DEVE SER MANTIDO

LEGENDA:

- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE MT
- POSTE DA REDE EXISTENTE
- POSTE DE DERIVAÇÃO DA REDE A SER IMPLANTADO
- Ⓜ ESTRUTURA DO CONJUNTO DE MEDIÇÃO A SER IMPLANTADO

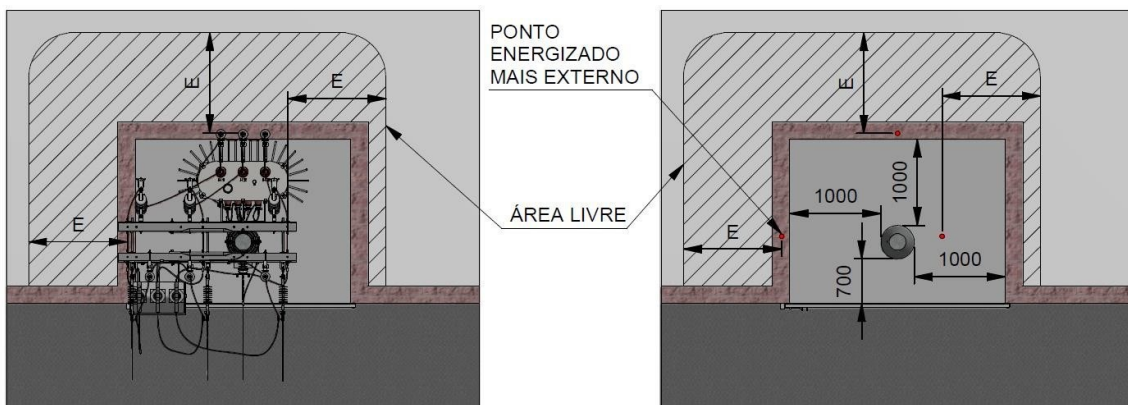
Fonte: Enel-Ceará (2022).

Figura 10- Recuo para SEE modelo 1



Fonte: Enel-Ceará (2022).

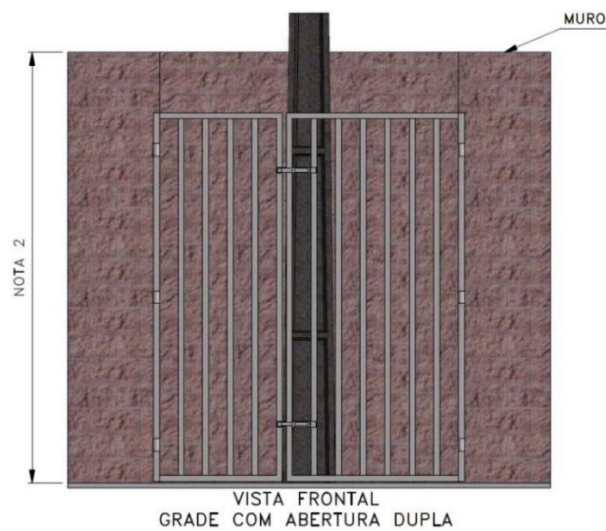
Figura 11- Recuo para SEE modelo 2



Fonte: Enel-Ceará (2022).

Outra parte a ser mencionada na subestação aérea, é o portão de acesso a ela como mostra a Figura 13. Segundo a norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022), as grades de proteção devem ser em aço zincado ou pintado, havendo ainda a opção de ser em metalon, barra chata ou mista; deve permitir que haja uma abertura de 180° das grades; caso não possa realizar essa abertura em 180°, fica possibilitado o uso de trilhos; todas as partes metálicas da estrutura e do portão que não estão destinadas a conduzir corrente devem ser rigorosamente aterradas. Devem ainda, ser fixadas placas com os dizeres “Perigo de Morte” com o devido símbolo de forma visível ao lado externo da grade.

Figura 12- Vista frontal de grade com abertura dupla



Fonte: Enel-Ceará (2022).

Para elaborar a planta de situação e demais arquivos em *Computer-Aided Design (CAD)*, foi utilizado o *software AutoCad*, para essa finalidade. Esse programa é essencial para os projetistas, seja ele da área da elétrica ou dentre outras áreas. É importante seu uso na realização de desenhos técnicos, pois ele tem muita aplicabilidade quando se quer demonstrar por meio de desenhos os diagramas elétricos, planta de situação dentre outras funcionalidades que auxiliam o profissional nos aspectos de projeto, facilitando assim, a visualização e acesso aos projetos realizados.

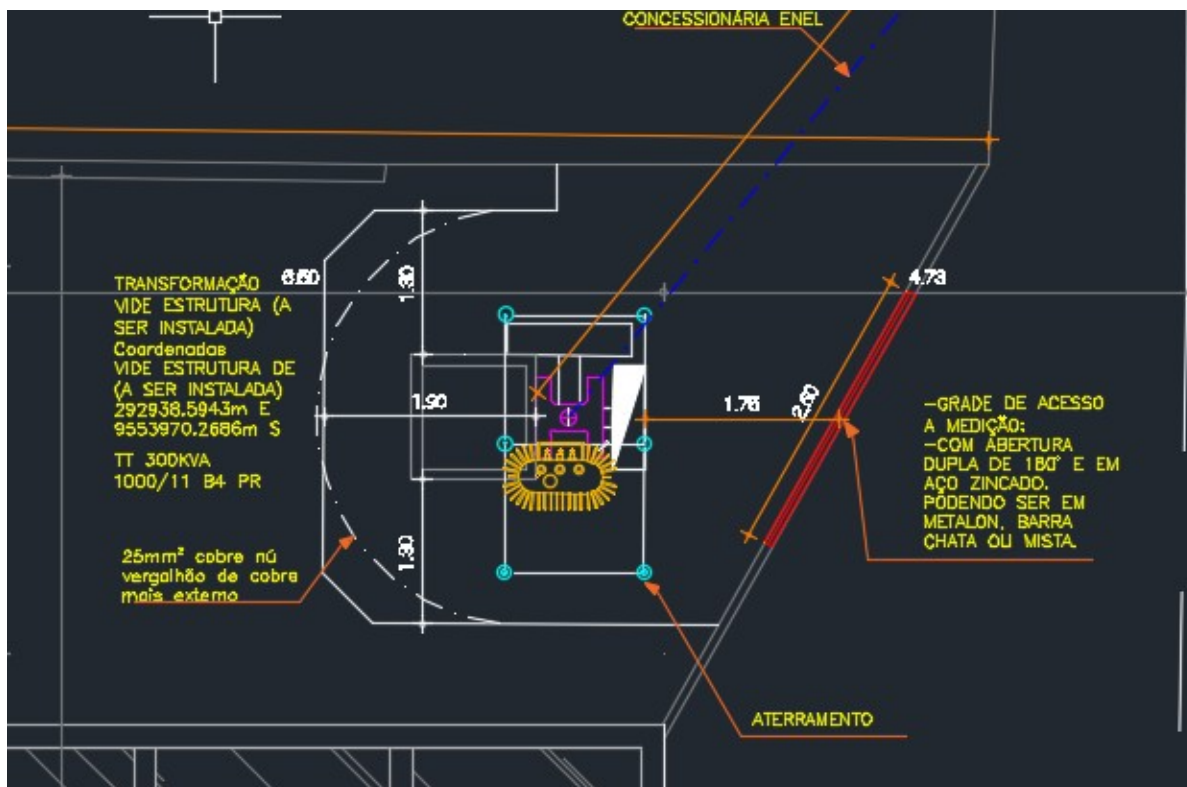
Portanto, de acordo com o que foi mencionado, é visto pela Figura 13, a representação de uma parte da planta de situação elaborada no *software AutoCad* da Subestação realizada para o hospital.

Comparando o que foi dito anteriormente sobre o que a norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022), é visto pela Figura 13, que ela segue uma configuração do modelo 1, no entanto, a parte do transformador foi direcionada para o lado contrário ao indicado no modelo 1. Isso é relativo ao projeto da sacada, pois ainda não tinha sido notificado como ficaria a relação das distâncias entre ela e a SEE. Por motivos de projeto, foi sugerido a mudança na planta arquitetônica, o afastamento da sacada em dois metros, pois a subestação será recuada de forma a garantir os valores mínimos de distanciamento exigido por norma e garantir a segurança das pessoas.

A subestação mostrada na planta de situação da Figura 13, se encontra na Zona de corrosão A, pois está a mais de 20 km da orla marítima. Assim, os equipamentos, estrutura e

dispositivos da subestação, não estão sujeitos aos efeitos de ventos fortes que sopram diretamente do mar, e nem aos altos índices pluviométricos. Ainda é observado uma poluição muito leve onde não há criação de camadas de poluição sólida sobre a superfície dos materiais.

Figura 13- parte da vista superior da Subestação Aérea no *AutoCad*



Fonte: autor.

Pela figura 13, é visto que a distância entre as muretas que a envolve é de 1,30 metros para as laterais e de 1,90 metros para os fundos. Por norma, as distâncias mínimas exigidas entre a Subestação aérea e o passeio é de 0,7 metros, como mostra a figura 13.

Ainda na Figura 13, não foi dado o espaço ideal entre a sacada e a subestação, assim, o projeto foi aprovado com a ressalva, já que a distância mínima entres sacadas, janelas, telhados e demais pontos que permitam acesso aos pontos energizados é de no mínimo 1,5 metros segundo norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022). Esse problema foi solucionado com a alteração da marquise do hospital para uma distância de 2 metros da subestação. A planta de situação completa estará disponível nos anexos deste trabalho.

4.2 Diagramas Unifilares

Após a análise da planta de situação, é mostrado como ficará as proteções da SEE, que será representado no diagrama unifilar como mostra a Figura 14, e a partir dela, são mostrados os componentes listados abaixo:

- **Medição**

No início do diagrama é encontrado a rede de distribuição da concessionária local ENEL-Ceará. Em seguida, a chave fusível de 15KV de tensão de ruptura, 300A de corrente nominal de funcionamento, uma corrente de curto-circuito de 10KA e 95KV de tensão. O para-raios de distribuição de 12KV tipo C4, polimérico de 10KA e 12KV que segue de acordo com as normas vigentes para áreas não litorâneas, e em seguida alimentando o TC. Esse conjunto faz parte da medição da SEE. As partes metálicas, por norma devem ser aterradas por meio de condutores de proteção em cobre, seção mínima de 25mm² e como observado na figura 14, tem-se um condutor de proteção de 35mm² garantindo as exigências da norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR. Como já foi mencionado, por se localizar em uma zona de corrosão e poluição leve, não há necessidade de aumentar a proteção dos dispositivos para suportar aos efeitos de corrosão ou poluição.

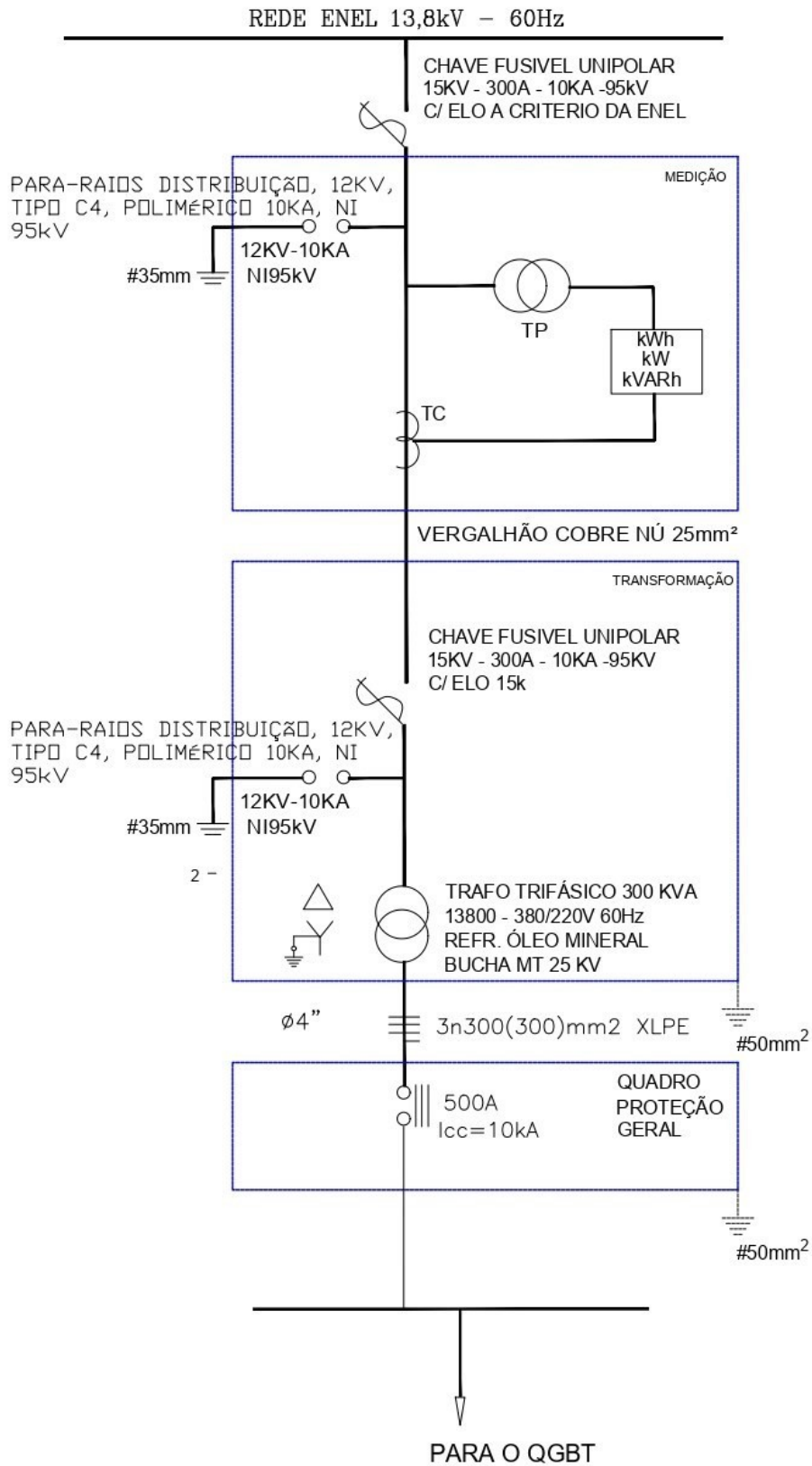
- **Transformação**

Já a parte de transformação, é instalado uma chave fusível de 300A e 15KV nominais e de curto-circuito temos 10KA e 95KV. O para-raios utilizado após a chave é o mesmo tipo e de mesma característica do para-raios utilizado na medição. Em seguida, vem o transformador que foi dimensionado nos cálculos de demanda contratada, o qual possui um valor de 300KVA de potência, com capacidade de trabalho numa tensão nominal de 13,8KV, refrigerado a óleo mineral. Por fim, na saída de baixa do transformador, é adicionado uma bucha de MT de 35KV na passagem/mudança de condutor.

- **Proteção**

O Conjunto de proteção envolve um Disjuntor Termomagnético (DTM), com corrente nominal de 500A e corrente de curto-circuito $I_{cc}=10KA$. Em seguida, os condutores seguem para o quadro geral de baixa tensão (QGBT), por meio de cabos de XLPE de 300mm².

Figura 14-Diagrama unifilar

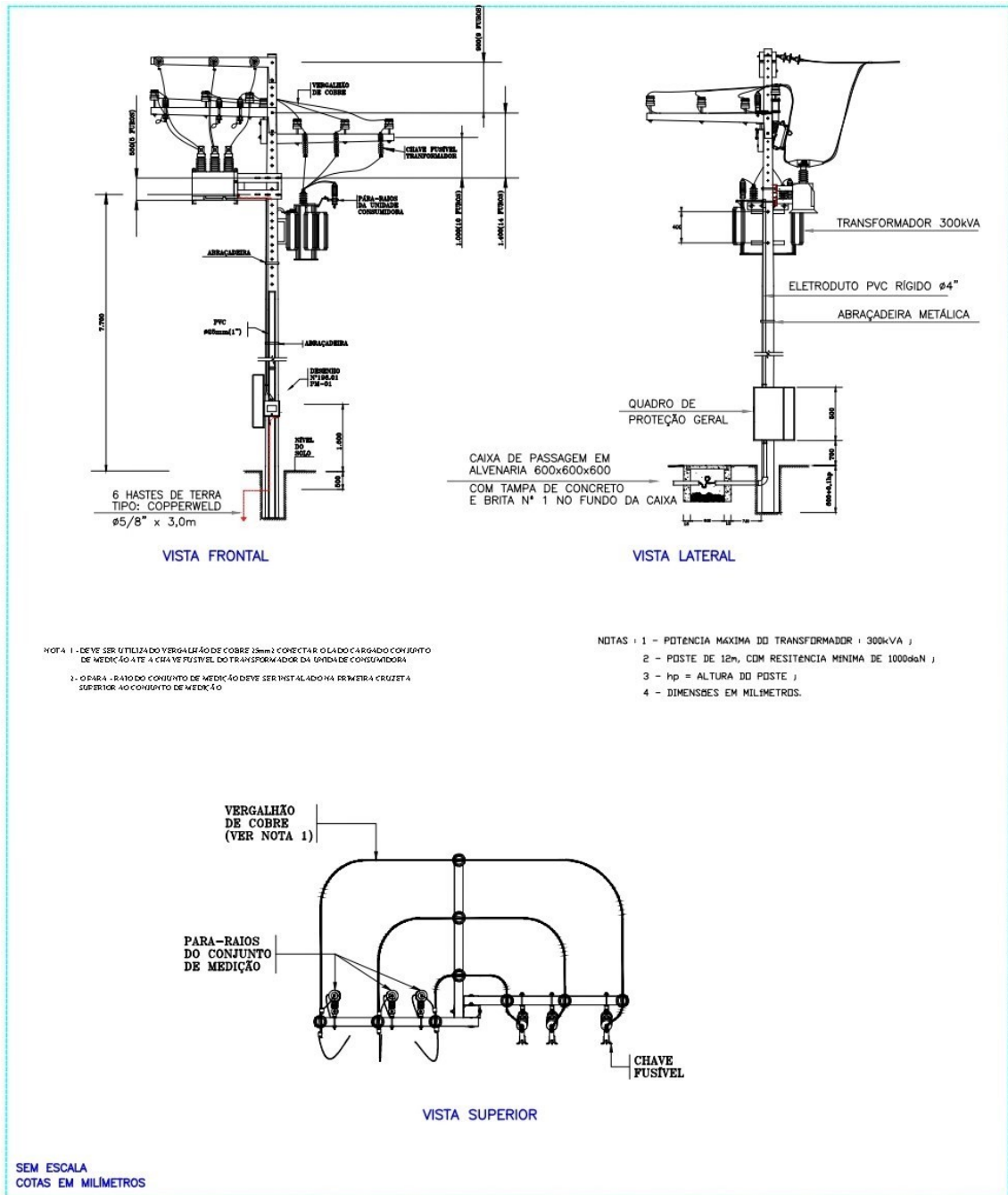


Fonte: autor.

4.2.1 Detalhes da estrutura de medição

Na estrutura de medição, são indicadas as posições, distâncias e configurações de cada elemento da SEE, em vistas laterais, frontais e superiores como mostra a Figura 15.

Figura 15- detalhes da estrutura de medição



Fonte: autor.

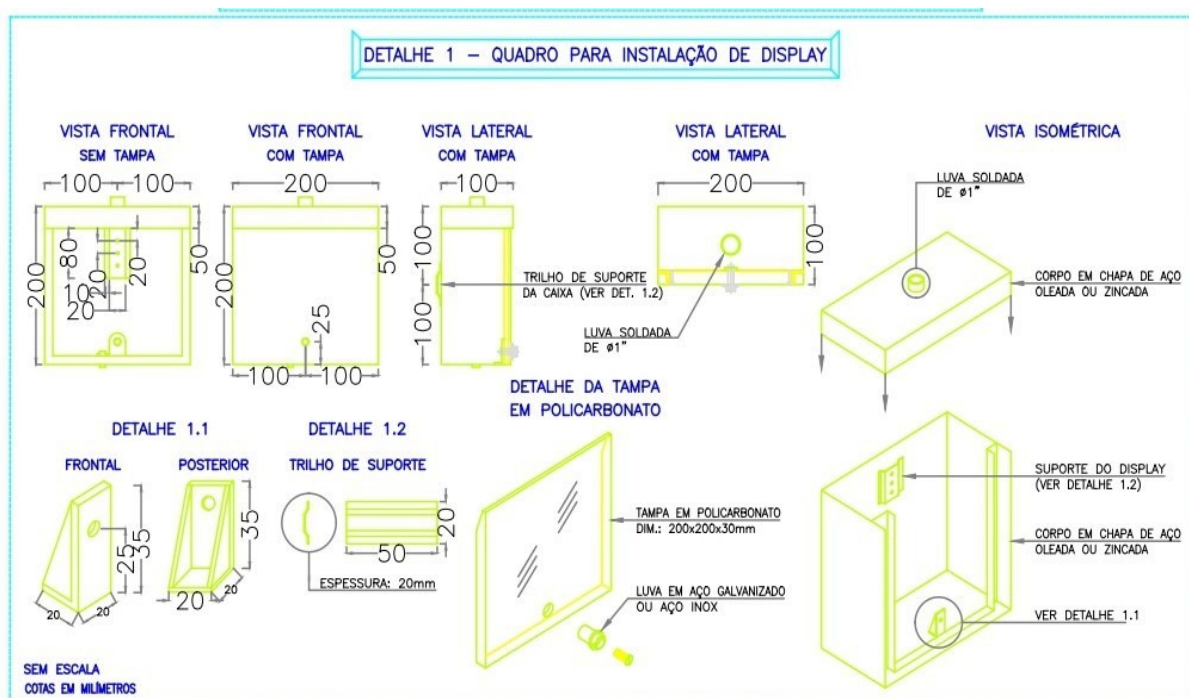
Pode-se citar alguns pontos importantes nessa estrutura vista na Figura 15, como:

- **Vista Frontal:** Mostra como fica a estrutura do TC e do transformador e suas medidas, as abraçadeiras, o display de medição, a haste de aterramento e a altura até o TC.
- **Vista Lateral:** Mostra o transformador o quadro de medição e proteção geral a caixa de passagem feita em alvenaria com suas respectivas medidas e a profundidade seguindo a norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR ENEL-CEARÁ.
- **Vista Superior:** Mostra o formato do vergalhão de cobre que conecta o TC ao transformador formando um U, além dos para-raios e da chave fusível.

4.2.2 Detalhe do quadro para a instalação do display

Na parte da instalação do display, é exigido uma série de informações da disposição e das medidas do quadro que irá recebe-lo. Em vista disso, a Figura 16, mostra as vistas do quadro mostrando as medidas cotadas e de cada divisória e o tipo de material utilizado.

Figura 16-Detalhe do quadro para instalação do display



Fonte: autor.

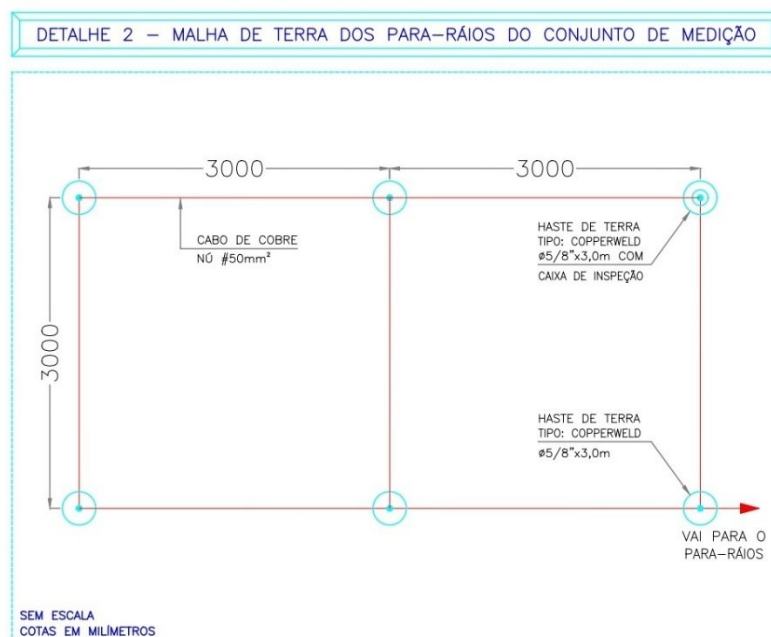
4.2.3 Detalhe da malha de aterramento do conjunto de medição

Aqui, se encontra as hastes de aterramento e os condutores que a interligam, formando uma malha que servirá para o desvio de corrente no caso de descargas atmosféricas, ficando de responsabilidade da empresa executante, conferir a resistência da malha com exigência de uma resistividade pelo menos próxima aos 10 ohms(Ω). Existe exceções à regra da resistividade da malha, sendo quando o solo não for possível de forma economicamente viável, diminuir muito a resistência, logo, uma das opções é trabalhar nesse solo e na malha de forma a obter o menor valor de resistência, para que possa se manter uma segurança de funcionamento.

Para garantia de segurança e bom funcionamento da malha de aterramento, é de obrigatoriedade o uso da norma ABNT NBR 15751 (2009), que mostra o cálculo da resistência de aterramento e em conjunto a norma ABNT NBR 14039 (2003), que estabelece a tensão de contato mínima de segurança em um sistema de aterramento. Assim, faz-se necessário o laudo de aterramento para a ligação da subestação com o uso das normas mencionadas.

Os detalhes da malha são mostrados na Figura 17, com as distâncias indicadas de cada haste de aterramento e os valores dos cabos que as interligam.

Figura 17- detalhes da malha de aterramento para medição e para-raios

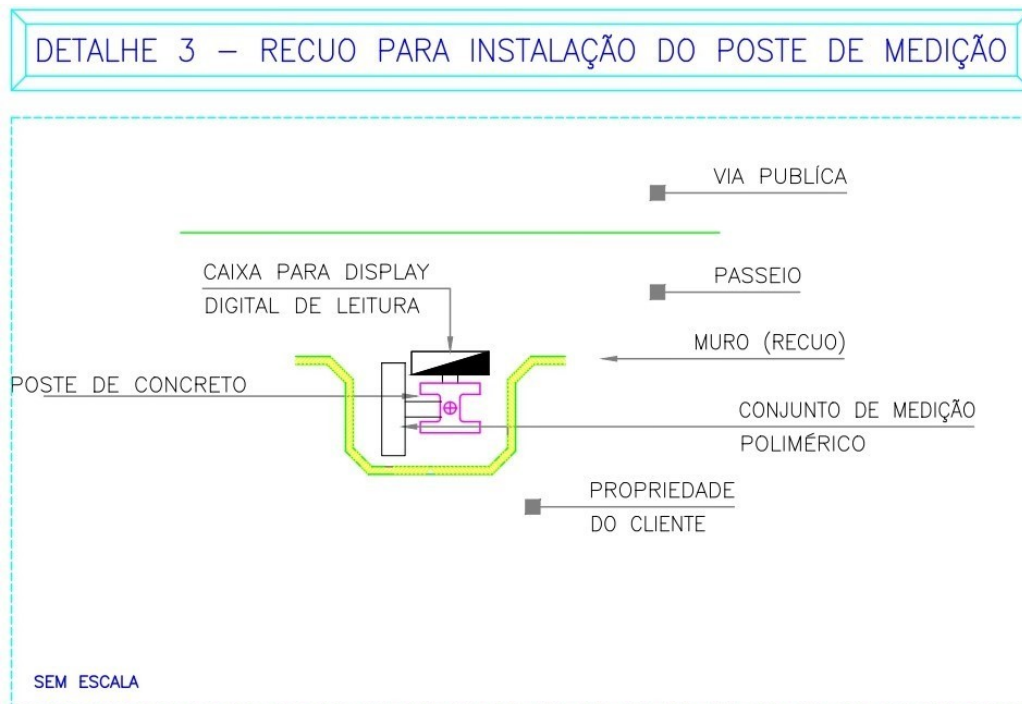


Fonte: autor

4.2.4 Recuo para instalação do poste de medição

Como ficou discutido na seção 4.1, os recuos na medição já foram mencionados, e de forma a enfatizar o que já foi mencionado lá, foi repetido na parte dos diagramas como mostra a Figura 18. Na planta elétrica só foi mostrada a configuração de disposição da SEE, e suas medidas não foram apresentadas na parte de diagramas, somente na planta de situação.

Figura 18- Recuo para instalação do poste de medição



Fonte: autor.

4.2.5 TRT/ART

Diante de todos os outros processos anteriores finalizados, chega a hora de emitir a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) ou a Termo de Responsabilidade Técnica (TRT). Elas são essenciais para a garantia de um profissional ser responsabilizado por tal projeto, tomando conta das suas atribuições diante a sua categoria. Para os engenheiros é utilizada a ART como principal documento comprobatório de execução ou de projeto utilizado pelos órgãos fiscalizadores de cada região, para certificar que está ocorrendo tudo bem naquela obra e/o no caso dos técnicos é utilizado o TRT.

Segundo o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea), a ART é o documento que determina que para efeito legal, os responsáveis técnicos no âmbito das profissões abrangidas pelo sistema Confea/Crea. Assim, pela Lei nº 6496/77 ficou então estabelecido que para contrato de obra ou prestação de serviços, seja obrigatório para as áreas que abrangem Engenharia, Agronomia, Geologia, e Meteorologia, assim como exercer cargo ou função, na qual seja obrigatório a habilitação legal e conhecimentos técnicos exigidos pelos sistemas Confea/Crea.

Desta forma, foi emitido a ART do projeto da SEE no CREA-Ceará, com todos os parâmetros exigidos como identificação dos interessados (cliente e responsável técnico), e endereços da obra junto as informações do serviço prestado e sua categoria.

Observação: O documento modelo está anexado a este trabalho para consulta.

4.2.6 Memorial descritivo

O memorial é um importante resumo de tudo que foi realizado para mandar para a concessionária local de como foi dimensionado a SEE e como será realizado suas proteções, dentre outros detalhes. Tudo isso deve estar em concordância com as normas. Caso o memorial esteja com erros de cálculos ou mesmo com incoerência de informações, será perceptível no momento da análise técnica da concessionária local. Assim, fica de suma importância identificar e detalhar de forma coesa todas as informações e tudo que for pertinente ao serviço prestado e/ou a obra a ser realizada.

Foi anexado a este trabalho, o memorial descritivo que foi a entrega para a aprovação da SEE aérea. Portanto, fica disponível as informações inclusas que foram mencionadas separadamente durante a descrição da elaboração dos cálculos na seção 3.

4.2.7 AVT

Na solicitação da AVT, deve conter as características básicas da unidade consumidora (UC), segundo a norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR ENEL-CEARÁ, tais como:

- Potência de transformação;
- Demanda contratada;
- Natureza da atividade, dentre outras informações necessárias que segue no modelo em Anexo C deste trabalho, o qual é oferecido pela própria concessionária.

Depois de ser analisado todo o processo e aprovado os projetos, é necessário pedir a concessionária local o Atestado de Viabilidade Técnica (AVT), para saber a disponibilidade da rede MT ou Alta Tensão (AT) e se haverá obras para o reforço dela. Sendo em sua maioria das vezes, de responsabilidade do cliente a participação financeira, em caso de obra de reforço da rede elétrica.

Na AVT, segundo a norma CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (2022), deve-se colocar informações pertinentes a obra, tais como: potência de transformação, demanda contratada, natureza da atividade, se há existências de grupos geradores, relações de cargas especiais que possam ocasionar oscilações de tensões no sistema elétrico da distribuidora, além de estudos de cargas complementares que impactam na qualidade de energia elétrica.

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Diante do exposto, é possível analisar vários fatores que corroboraram para um projeto bem planejado. O cálculo e todas as ações foram explicados de forma a ajudar a quem tiver o interesse de saber o processo de elaboração e aprovação de um projeto elétrico de uma subestação na concessionária Enel-Ceará, seguindo as normas CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR ENEL-CEARÁ e CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022), além da Resolução Normativa Nº 1000 descrita na ANEEL para o dimensionamento da potência instalada, dos componentes de proteção elétrica e do cálculo da demanda contratada. Outro fator importante, foi o auxílio das ferramentas computacionais como o *AutoCad* para a elaboração dos desenhos técnicos da planta de localização da subestação, do detalhamento da instalação e dos componentes elétricos presentes na sua construção, capazes de facilitar a vida do profissional projetista e de organizar de forma simples e clara os dados coletados para a futura execução do projeto, todas estas, essenciais para a atividade a ser realizada na área de atuação de projetos de subestações aéreas.

Apesar das grandes adversidades que existem durante o planejamento de um projeto, como a coleta das informações, fatores que impedem ou que geram custos da obra, levantamento de cargas, cálculo da demanda prevista e da carga instalada, eles fazem parte do processo na construção do projeto da subestação aérea. Dito isso, o trabalho serve não somente para falar sobre a aprovação do projeto, como também para demonstrar um pouco da vida prática do profissional como engenheiro eletricitista.

Por fim, é notório que o conhecimento de projeto de uma subestação aérea para o profissional da elétrica é de suma importância. Portanto, como resultado do processo adequado de dimensionamento e de planejamento, é possível obter a aprovação do projeto e a certeza que será garantida a segurança na instalação elétrica, desde que tanto o projetista como a empresa que executem o projeto cumpra com todos os requisitos mínimos exigidos pelas normas mencionadas ao longo do trabalho.

5.1 Trabalhos futuros

Um próximo passo para uma futura melhoria dos conhecimentos aplicados neste trabalho, são:

- Realizar um levantamento de materiais e custos para implementação da subestação;

- Retratar a aprovação de uma subestação abrigada e seus respectivos custos;
- Mencionar questões sobre comissionamento de uma subestação e o mercado de trabalho nessa área.

REFERÊNCIAS

ABNT. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**, NBR 5410-2004: Instalações elétricas de Baixa Tensão.

ABNT. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**, NBR 6855-2021: Transformador de Potencial Indutivo. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/385/abnt-nbr6855-transformador-de-potencial-indutivo-com-isolacao-solida-para-tensao-maxima-igual-ou-inferior-a-52-kv-especificacao-e-ensaios>. Acessado em: 26 de Jun. de 2022.

ABNT. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**, NBR 5679 1995: Elaboração de projetos de obras de engenharia e arquitetura.

ALMEIDA, Marcos Antônio D. Apostila de Proteção de Sistemas Elétricos. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2000.

COTRIM, Ademaro. **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**. atualização e conforme NBR 5410:2004. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

Costa, João Carlos de Oliveira. *Notas de aula sobre equipamentos elétricos em subestações*. Brasília, novembro 2011.

Costa, V.P.; 2004. Uma Metodologia Para Seleção e Classificação de Disjuntores de Alta e Extra Alta tensão Como Obsoletos. Pernambuco. Dissertação de mestrado em engenharia elétrica – UFP.

Chapman, Stephen J. Fundamentos de máquinas elétricas [recurso eletrônico]. 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

CREDER, Hélio. **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**. atualização e revisão Luiz Sebastião Costa. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

D'AJUZ, A; RESENDE, F.M; CARVALHO, F.M.S. et al.; 1985. ***Equipamentos Elétricos - Especificação e Aplicação em Subestações de Alta Tensão***. 1. Ed. Furnas Centrais Elétricas e Editora da Universidade Federal Fluminense.

Enel.**CNC-OMBR-MAT-18-0125-EDCE: Fornecimento de Energia Elétrica a Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras [ON-LINE]**. Disponível em: <https://www.eneldistribuicao.com.br/ce/normastecnicas.aspx>. Acessado em: 08 de Mar. de 2022.

Enel. **CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição [ON-LINE]**. Disponível em: <https://www.eneldistribuicao.com.br/ce/normastecnicas.aspx>. Acessado em: 08 de Out. de 2021.

Filho, João Mamede. ***Manual de Equipamentos Elétricos***. 3a Ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2005, 778 p.

Filho, João Mamede. **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS: De acordo com a norma brasileira NBR5419:2015. 9ª ed.** Rio de Janeiro. LTC, 2017.

HUGHES, T.P. **Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880- 1830**, Baltimore: John Hopkins University Press, 1983.

LEÃO, RUTH. Capítulo 4 – ***Distribuição de Energia Elétrica***. 2022. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/130060/mod_resource/content/1/Subestacoes-texto.pdf. Acessado em: 02 de jun. de 2022.

MAMEDE FILHO, J.; MAMEDE, D. R. ***Proteção de sistemas elétricos de potência***. Reimpressão. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

Nações Unidas Brasil. **ONU Energia Lança Plano de Ação e Plataforma de Networking**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/180436-onu-energia-lanca-plano-de-acao-e-plataforma-de-networking>. Acessado em: 02 Mar. 2022.

Situação e Locação. Publicado por: Arch & Urban: Disponível em: <
<https://archiurban.wordpress.com/2015/03/27/planta-de-situacao-x-planta-delocacao/>> Acesso
em: 02 Mar. 2022.

S.D. Umans, Máquinas Elétricas (AMGH, Porto Alegre, 2014), 7a ed., v. 1, p. 63.

UFRB-Biblioteca Setorial. *O funcionamento dos pára-raios.* Disponível em:
<https://www.ufrb.edu.br/bibliotecacfp/noticias/316-o-funcionamento-do-para-raios>. Acessado
em: 17 de Jun. de 2022.

ANEXO A – MODELO DO MEMORIAL

MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO DE SUBESTAÇÃO AÉREA DE 300 KVA

IDENTIFICAÇÃO

1.1. CLIENTE

INTERESSADO : XXXXXXXX

CPF / CNPJ : XXXXXx

ENDEREÇO : AV FRANCISCO RUBENS BRANDÃO, LOTES
01/02/03/07/08/09/10 – SÃO BENEDITO -CEARÁ

TELEFONE : (88) 9 97713245

RESPONSÁVEL TÉCNICO

ENGENHEIRO(A) : Francisco Sávio Lima Fontenele

CREA/CE : 32454543

ENDEREÇO : Av. Gerardo Rangel, 814, Ap 303, SOBRAL -CE.

TELEFONE : (88) xxxxx-xxxxx

INFORMAÇÕES DA OBRA

UNIDADE CONSUMIDORA : HOSPITAL FICTÍCIO -SÃO BENEDITO

ATIV. PRINCIPAL : HOSPITALAR

ENDEREÇO DA OBRA : AV FRANCISCO RUBENS BRANDÃO– SÃO BENEDITO -CEARÁ

ZONA DE CORROSÃO : TIPO A

C.S.I. ANTERIOR : KF6219

C.S.I. POSTERIOR :

CARGA : 559,57 KW
INSTALADA*
DEM. MAX. : 224,373 KVA
PREVISTA*

DEM. A SER : 300,00 KVA
CONTRATADA*

* Os cálculos da carga instalada e da demanda estão em anexo.

OBJETIVO

Este memorial tem como objetivo justificar por meio de critérios técnicos a necessidade da instalação de uma subestação de 300kVA para o fornecimento de energia a unidade consumidora em questão.

TRANSFORMADOR

Tendo em vista a demanda máxima prevista, será utilizado um transformador trifásico fabricado em liga de alumínio com refrigeração a óleo, de tensão nominal 13.800 V – 380/220 V, e potência nominal de **300 kVA** em poste 1000/11.

CONDUTORES

MÉDIA : 1. Vergalhão de cobre nu com seção transversal de **25 mm²**,
TENSÃO 12/20kV
2. Cabo cobre isolado de **25mm²** para cada fase e uma fase reserva, tipo XLPE/EPR 8,7kV/15kV.(4x25mm²)
BAIXA : Cabo de cobre isolado de **300mm²** para cada fase, **150mm²** para
TENSÃO neutro e condutor de proteção de **150mm²**, sendo do tipo XLPE/EPR 0,6/1kV.

PROTEÇÕES

DESCARAGAS ATMOSFÉRICA E SURTO DE TENSÃO

Para-raios poliméricos de distribuição com classe de tensão nominal de **12kV** e capacidade mínima de ruptura de **10kA**, nível de isolamento **95KV**.

CURTO-CIRCUITOS E SECCIONAMENTO MÉDIA TENSÃO

03 Chaves fusíveis unipolares de tensão nominal de **15kV**, corrente nominal de **300A**, capacidade de ruptura simétrica de **10KA**, nível de isolamento de **95KV**, com elo fusível de **15K**.

CURTO-CIRCUITOS, SECCIONAMENTO E SOBRECORRENTE EM BAIXA TENSÃO

Disjuntor tripolar termomagnético de **500A-10kA** com classe de isolamento de **750V**, instalado no quadro de proteção geral da baixa tensão.

ATERRAMENTO

A malha de aterramento deverá ser composta por no mínimo **06** (seis) hastes verticais de aço cobreado tipo copperweld de dimensão **5/8" x 3,00m**, disposto em **formato retangular** e distanciadas em no mínimo **3,00 metros**, interligados por meio de cabo de cobre nu de **50mm²**, com valor máximo de resistência da malha de terra de **10 OHMS**.

SINAIS DE CELULAR

Disponibilidade de rede das operadoras TIM, OI E CLARO.

DATA PREVISTA PARA LIGAÇÃO

Outubro de 2021

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as informações e cálculos apresentados neste memorial foram realizados segundo a **CNC-OMBR-MAT-18- 0125-EDCE**, distribuída pela própria concessionária de distribuição de energia local (ENEL).

Sobral, 01 de Agosto de 2021

CÁLCULO DA DEMANDA PRESUMÍVEL

Com base no quadro de carga do cliente apresentado no item anterior, foi dimensionado o transformador que deverá ser utilizado.

Observações:

O dimensionamento do transformador deverá ser feito com base no cálculo da demanda, sugerido, pela a CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022):

⇒ ILUMINAÇÃO E TOMADAS:

De acordo com a tabela 1 da CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022) o fator de demanda para a atividade do cliente é:

$$a = (P_{\text{ILUMINAÇÃO}}(\text{kW}) + P_{\text{TOMADAS}}(\text{kW})) \times \text{FD}$$

$$a = [(50,00\text{kW}) \times 40\% + (169,15\text{kW}) \times 20\%]$$

$$a = 53,83 \text{ kW}$$

⇒ APARELHOS DE AQUECIMENTO:

De acordo com a tabela 6 da CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022) o fator de demanda para a quantidade de 30 aparelhos de aquecimento de até 3,5KW e 2 acima de 3,5KW individual, é:

$$b = P_{\text{até3,5KW}}(\text{kW}) \times \text{FD} + P_{\text{acima3,5KW}}(\text{kW}) \times \text{FD}$$

$$b = [(80,00\text{kW}) \times 30\% + (12,00\text{kW}) \times 24\%]$$

$$b = 26,88 \text{ kW}$$

⇒ AR – CONDICIONADO:

De acordo com a tabela 3 da CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022) o fator de demanda para a quantidade de 121 aparelhos instalados é $\text{FD} = 60\%$.

$$c = (P_{\text{AR CONDICIONADO}}(\text{kW})) \times \text{FD}$$

$$c = 142,513 \text{ kW} \times 60\%$$

$$c = 85,508 \text{ kW}$$

BOMBAS D'AGUA,

De acordo com a CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022) o fator de demanda para

d'aguas é FD= 100%.

$$d = (P_{\text{Bomba_água}}(\text{kW})) \times \text{FD}$$

$$d = [8,17] * 1$$

$$d = 8,170 \text{ kW}$$

⇒ **ELEVADORES,**

De acordo com a tabela 4 da CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022) o fator de demanda para a quantidade de 3 elevadores é FD= 65%.

$$e = (P_{\text{ELEVADORES}}(\text{kW})) \times \text{FD}$$

$$e = [19,21] * 0,65$$

$$e = 12,48\text{kW}$$

⇒ **OUTRAS CARGAS,**

De acordo com a CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022) o fator de demanda para cargas que não se enquadram em nenhuma das outras, é considerado o fator de demanda de acordo com o projetista. Logo será adotado o fator de demanda igual a 1.

$$G = [78,533] * 1$$

$$G = 78,533\text{kW}$$

⇒ **Aplicando a fórmula da CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE (2022):**

$$D = [0,77 \times a + 0,7 \times b + 0,95 \times c + 0,59 \times d + 1,2 \times e + F + G] \text{ kVA}$$

$$D = [0,77 \times 53,83 + 0,7 \times 26,88 + 0,95 \times 85,508 + 0,59 \times 7,360 + 1,2 * 12,48 + 78,533]$$

$$\text{Demanda Total} = 238,61\text{KVA}$$

Será dimensionado 1 transformador de 300kVA a óleo, transformador comercial próximo ao demanda calculada, prevendo um futuro aumento de demanda do hospital.

Nota:

Lembre-se que o transformador que será utilizado, segundo a CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR(2022), deve possuir uma reserva menor ou igual a 30%, Ou seja,

$$\%RESERVA = \left(1 - \frac{D(kVA)}{P_{POTENCIA \ TRANSFORMADOR} (kVA)} \right) \times 100 \leq 30\%$$

$$\%RESERVA = \left(1 - \frac{238,61}{300} \right) * 100 \leq 30\%$$

$$\%RESERVA = 20,46\%$$

RELAÇÃO DAS CARGAS

ATIVIDADE DO CLIENTE: HOSPITALAR

| Iluminação | | | |
|-------------------|-----------------------|------------|------------------------|
| Descrição | Pot. unit. (W) | Qde | Pot. total (kW) |
| Lâmpada Led | 19 | 2000 | 38 |
| Lâmpada Led | 27 | 100 | 2,7 |
| Lâmpada Led | 65 | 193 | 12,45 |
| | | | 53,15 |

| Tomadas | | | |
|------------------|-----------------------|------------|------------------------|
| Descrição | Pot. unit. (W) | Qde | Pot. total (kW) |
| TUG | 100 | 1180 | 118,0 |
| TUE | 2000 | 6 | 12,0 |
| TUE | 6000 | 6 | 36,0 |
| | | | 166,00 |

| Aparelhos de aquecimento | | | |
|---------------------------------|-----------------------|------------|------------------------|
| Descrição | Pot. unit. (W) | Qde | Pot. total (kW) |
| CHUVEIRO ELÉTRICO | 3000 | 20 | 60,00 |
| TORNEIRA ELÉTRICA | 2000 | 10 | 20,00 |
| FORNO ELÉTRICO | 6000 | 2 | 12,00 |
| | | | 92,00 |

| Ar – condicionado | | | |
|--------------------------|-----------------------|------------|------------------------|
| Descrição | Pot. unit. (W) | Qde | Pot. total (kW) |
| Split de 9.000 Btu | 807 | 82 | 66,17 |
| Split de 12.000 Btu | 1075 | 1 | 1,07 |
| Split de 18.000 Btu | 1612 | 18 | 25,79 |
| Split de 24.000 Btu | 2151 | 18 | 40,87 |
| Split de 36.000 Btu | 3226 | 3 | 9,68 |
| | | | 142,51 |

| Outras Cargas | | | | |
|-----------------------|-----------------------|------------|----------------------|-------------------------|
| Descrição | Pot. unit. (W) | Qde | Fator de Pot. | Pot. total (kVA) |
| RAIO X | 10 | 1 | 0,85 | 11,76 |
| TOMOGRAFIA | 15 | 2 | 0,80 | 37,50 |
| MAMOGRAFIA | 12 | 2 | 0,82 | 29,26 |
| POTÊNCIA TOTAL | | | | 78,53 |

| Bomba D'água | | | | |
|-----------------------|-----------------------|------------|----------------------|-------------------------|
| Descrição | Pot. unit. (W) | Qde | Fator de Pot. | Pot. total (kVA) |
| BOMBA D'ÁGUA | 3,68 | 2 | 0,90 | 8,17 |
| POTÊNCIA TOTAL | | | | 8,17 |

| Elevador | | | | |
|-----------------------|-----------------------|------------|----------------------|-------------------------|
| Descrição | Pot. unit. (W) | Qde | Fator de Pot. | Pot. total (kVA) |
| ELEVADOR | 5,89 | 3 | 0,92 | 19,21 |
| POTÊNCIA TOTAL | | | | 19,21 |

| | |
|-------------------------------------|---------------|
| Carga instalada total (kW) ⇒ | 559,57 |
|-------------------------------------|---------------|

ANEXO B – MODELO TRT/ART

Página 1/1



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-CE

ART OBRA / SERVIÇO

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Ceará

INICIAL

1. Responsável Técnico

NOME DO RESPONSÁVEL TÉCNICO
Título profissional: ENGENHEIRO ELETRICISTA - ELETROTECNICA RNP: 0618247424
Registro: 340432CE

2. Dados do Contrato

Contratante: NOME DO CLIENTE CPF/CNPJ: XXX.XXX.XXX-x
AVENIDA AV FRANCISCO RUBENS BRANDÃO Nº: ****
Complemento: LOTES 01/02 Bairro: SEM BAIRRO UF: CE CEP: 62370000
Cidade: SÃO BENEDITO

Contrato: Não especificado Celebrado em:
Valor: R\$ 1.000,00 Tipo de contratante: Pessoa Física
Ação Institucional: NENHUMA - NÃO OPTANTE

3. Dados da Obra/Serviço

AVENIDA AV FRANCISCO RUBENS BRANDÃO Nº: ****
Complemento: LOTES 01/02/03/07/08/09/10 Bairro: SEM BAIRRO UF: CE CEP: 62370000
Cidade: SÃO BENEDITO Previsão de término: 30/09/2021 Coordenadas Geográficas: 04°1'58.62"S, 40°51'48.07"W
Data de Início: 01/08/2021 Código: Não Especificado CPF/CNPJ: 232.567.963-20
Finalidade: Saúde
Proprietário: LXXXX XXXX

4. Atividade Técnica

| | Quantidade | Unidade |
|--|------------|---------|
| 15 - Elaboração | | |
| 80 - Projeto > ELETROTÉCNICA > SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA > DE SUBESTAÇÃO > #11.9.17.1 - AÉREA DE ENERGIA ELÉTRICA | 300,00 | kw |

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

PROJETO E EXECUÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO AÉREA DE 300KVA PARA ATENDER UM HOSPITAL, LOCALIZADO NA CIDADE DE SÃO BENEDITO.

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

7. Entidade de Classe

NENHUMA - NÃO OPTANTE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Local _____ de _____ de _____

_____ engenheiro ou técnico responsável - CPF: 059.293.363-69
_____ proprietário - CPF: 232.567.963-20

9. Informações

10. Valor

Pagamento não identificado.

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-ce.sitac.com.br/publico/>, com a chave: w93D5
Impresso em: 01/08/2021 às 21:53:10 por: , ip: 189.84.117.70

www.crea-ce.org.br
Tel: (85) 3453-5800

faleconosco@crea-ce.org.br
Fax: (85) 3453-5804



ANEXO C – MODELO DO AVT



Solicitação de Estudo de Viabilidade Técnica - AVT

OBS.: Devem ser preenchidos todos os itens para solicitação de AVT referente a acréscimo de demanda/potência e ligação nova.

Esta solicitação pode ser enviada por e-mail

Identificação do Cliente (Pessoa Física)

Nome:

Telefone:

Celular:

E-mail:

Como você pretende receber o AVT? E-mail Retirar pessoalmente na Enel

Identificação do Empreendimento (Pessoa Jurídica)

Nome do Empreendimento:

Endereço:

Ramo de Atividade:

CNPJ:

Capacidade de Transformação Prevista

kVa

Demanda Prevista na Ponta

kW

Demanda Prevista na Fora Ponta

kW

Previsão de Ligação

Capacidade de Transformação Atual

kVa

Demanda Atual na Ponta

kW

Demanda Atual Fora Ponta

kW

Previsão de Ligação

Documentos Apresentados

Ofício/Carta Memorial Descritivo Projeto Elétrico Cróquis/Localização

Identificação do Sistema Elétrico

Código da Estrutura Anterior ao Ponto de Entrega

Código da Estrutura Posterior ao Ponto de Entrega

Identificação do Projetista

Nome:

Nº Carteira CREA:

Nº Credenciamento Enel

Telefone:

Celular:

E-mail:

Cargas Especiais

São consideradas cargas especiais: fornos, motores de corrente alternada superior a 30CV, individualmente ou em conjunto, cargas alimentadas em corrente contínua, conversores, compressores, reticadores e demais cargas que possam causar perturbação no fornecimento de energia. Caso o empreendimento possua cargas especiais, o mesmo deve preencher o Anexo G - Informações Técnicas de Carga.

ANEXO D – TABELAS DA NORMA e MAMEDE

Tabela 13-Tabela 1.6 Mamede fator de demanda para iluminação e tomadas.

| Descrição | Fator de demanda (%) |
|--|--|
| Auditório, salões para exposição e semelhantes | 100 |
| Bancos, lojas e semelhantes | 100 |
| Barbearias, salões de beleza e semelhantes | 100 |
| Clubes e semelhantes | 100 |
| Escolas e semelhantes | 100 para os primeiros 12 kW e 50 para o que exceder |
| Escritório e ambientes semelhantes | 100 para os primeiros 20 kW e 70 para o que exceder |
| Garagens comerciais e semelhantes | 100 |
| Hospitais e semelhantes | 40 para os primeiros 50 kW e 20 para o que exceder |
| Hotéis e semelhantes | 50 para os primeiros 20 kW - 40 para os seguintes 80 kW - 30 para o que exceder de 100 kW |
| Igrejas e semelhantes | 100 |
| Residências (apartamentos residenciais) | 100 para os primeiros 10 kW - 35 para os seguintes 110 kW e 25 para o que exceder de 120 kW |
| Restaurantes e semelhantes | 100 |

Fonte: Mamede (2017).

Tabela 14-Tabela 2 da norma CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE, fator de demanda para elevadores.

| Número de elevadores por bloco | Fator de Demanda (%) |
|--------------------------------|----------------------|
| 1 | 80 |
| 2 | 70 |
| 3 | 65 |
| 4 | 60 |
| 5 | 50 |
| Acima de 5 | 45 |

Fonte: Enel (2022).

Tabela 15-Tabela 3 da norma CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE, Fatores de Demanda para Equipamentos de Hidromassagem de uso Residencial

| Número de Aparelhos | Fator de Demanda (%) |
|---------------------|----------------------|
| Até 2 | 0,56 |
| 3 | 0,47 |
| 4 | 0,39 |
| 5 | 0,35 |
| 6 a 10 | 0,25 |
| 11 a 20 | 0,20 |
| 21 a 30 | 0,18 |
| Acima de 30 | 0,15 |

Fonte: Enel (2022).

Tabela 16-Tabela 4 da norma CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE, fator de Demanda de Aparelhos de Ar Condicionado para Uso Residencial

| Tipos de aparelhos | | (1) Número de aparelhos | | | | | | | |
|--------------------|---------------|-------------------------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|-------------|
| Janela/Split (BTU) | Centrais (TR) | 1 - 2 | 3 - 4 | 5 - 7 | 8 - 9 | 10 - 14 | 15 - 19 | 20 - 50 | Acima de 50 |
| 7.100 - 12.000 | - | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,40 |
| 14.000 - 30.000 | 3 - 6 | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,55 | 0,45 |
| - | 7,5 - 17 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,75 | 0,65 | 0,60 | 0,60 | 0,50 |
| - | Acima de 17 | 0,90 | 0,80 | 0,70 | 0,70 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,60 |

Fonte: Enel (2022).

Tabela 17-Tabela 5 da norma CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE, fator de Demanda de Aparelhos de Ar Condicionado para Uso Comercial

| Número de Aparelhos (Tipo Janela/Split ou centrais) | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------|
| 1 a 10 | 11 a 20 | 21 a 30 | 31 a 40 | 41 a 50 | 51 a 75 | 76 a 100 | Acima de 100 |
| 1 | 0,86 | 0,80 | 0,78 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,60 |

Fonte: Enel (2022).

Tabela 18-Tabela 5 da norma CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE, fator de Demanda de Aparelhos de Ar Condicionado para Uso Comercial

| Número de Aparelhos | Fator de Demanda (%) | |
|----------------------------|---------------------------------------|--|
| | Potência Individual até 3,5 kW | Potência Individual acima de 3,5 kW |
| 1 | 80 | 80 |
| 2 | 75 | 65 |
| 3 | 70 | 55 |
| 4 | 66 | 50 |
| 5 | 62 | 45 |
| 6 | 59 | 43 |
| 7 | 56 | 40 |
| 8 | 53 | 36 |
| 9 | 51 | 35 |
| 10 | 49 | 34 |
| 11 | 47 | 32 |
| 12 | 45 | 32 |
| 13 | 43 | 32 |
| 14 | 41 | 32 |
| 15 | 40 | 32 |
| 16 | 39 | 28 |
| 17 | 38 | 28 |
| 18 | 37 | 28 |
| 19 | 36 | 28 |
| 20 | 35 | 28 |
| 21 | 34 | 26 |
| 22 | 33 | 26 |
| 23 | 32 | 26 |
| 24 | 31 | 26 |
| 25 | 30 | 26 |
| 26 a 30 | 30 | 24 |
| 31 a 40 | 30 | 22 |
| 41 a 50 | 30 | 20 |
| 51 a 60 | 30 | 18 |
| 61 a mais | 30 | 16 |

Fonte: Enel (2022).

ANEXO D – PLANTAS ELÉTRICAS

UNITE DA PREFERENCIA
LOTES ADJACENTES

