

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC**

**CENTRO DE CIENCIAS TECNOLÓGICAS - CCT**

**BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**RENATA ROSSI**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE PROJETOS DE SUBESTAÇÃO EM ALVENARIA E  
EM ELETROCENTRO**

**JOINVILLE – SC**

**2021**

**RENATA ROSSI**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE PROJETOS DE SUBESTAÇÃO EM ALVENARIA E  
EM ELETROCENTRO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Bacharelado em Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, para obtenção do Grau de Engenheiro Eletricista.  
Orientador: Prof. Marcos Fergütz

**JOINVILLE**

**2021**

**RENATA ROSSI**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE PROJETOS DE SUBESTAÇÃO EM ALVENARIA E  
EM ELETROCENTRO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Bacharelado em Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, para obtenção do Grau de Engenheiro Eletricista.  
Orientador: Prof. Marcos Fergütz

**BANCA EXAMINADORA**

Orientador:

\_\_\_\_\_

Avaliador: Prof. Marcos Fergütz, Me., UDESC

Membros:

\_\_\_\_\_

Avaliador: Prof. Fabiano Ferreira Andrade, Dr., UDESC

\_\_\_\_\_

Avaliador: Prof. Fernando Buzzulini Prioste, Dr., UDESC

Joinville, 12 de abril de 2021.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que contribuíram com a realização deste trabalho.

À minha família que sempre apoiou em todas as minhas escolhas e me deu suporte para sempre buscar meus objetivos.

Aos meus amigos e namorado, que me ajudaram em todos os momentos da graduação, pela paciência e pelo companheirismo.

Ao meu professor orientador, pela dedicação e auxílio durante todo o curso.

À toda a equipe da Luzville Engenharia, que me auxiliou no desenvolvimento deste trabalho, por permitir o uso de materiais didáticos, fotos e auxiliar na estimativa de custos do projeto.

À equipe da CDF Construtora, pelo auxílio na elaboração das estimativas de custo do projeto.

## RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso visa encontrar o modelo de subestação mais adequado para um Supermercado em Joinville através de seu projeto elétrico, civil e mecânico. Para isso realiza-se o reprojeto de sua subestação construída em alvenaria para uma subestação modular metálica construída em Eletrocentro - salas elétricas metálicas transportáveis e compactas alocadas em contêineres ou chaparia metálicas, desenvolvidas para abrigar equipamentos de força, distribuição, controle e supervisão, de forma segura e prática. Para isso é realizado o projeto detalhado do Eletrocentro, com todos os seus componentes e equipamentos internos, com base na subestação em alvenaria construída inicialmente. A partir disso foi feita a análise de quesitos como sustentabilidade, tempo de construção e instalação, custo final, benefícios fiscais, área construída, e tecnologias empregadas para observar qual dos modelos de subestação analisados é o mais adequado para o projeto em questão. Levando também em consideração possíveis ampliações futuras no projeto, tempo de degradação, inovações tecnológicas, possibilidades de integração de sistemas, modernização de equipamentos e controle e supervisão sobre a planta como um todo. Com base no custo total do Eletrocentro, que ficou inferior à construção em alvenaria, realiza-se a comparação de custo/benefício entre ambos os projetos.

**Palavras-chave:** Subestação. Eletrocentro. Modular. Projeto. Viabilidade.

## **ABSTRACT**

The present thesis aims to find the most suitable type of power substation for a Supermarket in Joinville through its electrical, civil and mechanical project. Thus, performing the redesign of its substation built in masonry for a modular metallic substation built as an “Eletrocentro” – transportable and compact metallic electrical rooms allocated in containers or metal plates, developed to harbor power, distribution, control and supervision equipments in a safe and practical environment. For this purpose, it is developed the detailed project of the “Eletrocentro”, with all its components and internal equipment, based on the masonry substation built initially. Based on this, issues such as sustainability, construction and installation time, final cost, tax benefits, built area, and technologies employed were analyzed and was made to observe which of the substation considered is the most suitable for the project, considering possible future expansions, degradation time, technological innovations, possibilities for systems integration, modernization of equipment and control and supervision over the plant. Based on the total cost of the “Eletrocentro”, which was cheaper than the masonry construction, a cost / benefit comparison is made between both projects.

**Palavras-chave:** Subestação. Eletrocentro. Modular. Projeto. Viabilidade.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Sistema simplificado de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.	17
Figura 2.2 – Esquemático típico de uma Subestação abrigada em alvenaria .....	20
Figura 2.3 – Subestação abrigada em alvenaria até 36 kV .....	20
Figura 2.4 – Vista frontal de uma subestação modular metálica tipo flange lateral .....	21
Figura 2.5 – Vista frontal de uma subestação modular metálica do tipo flange superior e lateral.....	21
Figura 2.6 – Vista frontal interna de subestação modular metálica com tela aramada .....	22
Figura 2.7 – Vista frontal externa de uma subestação modular metálica em chapa de aço .....	23
Figura 2.8 – Elementos de entrada de serviço de uma unidade consumidora de alta-tensão...	26
Figura 2.9 – Transformadores de 300kVA: (a) a óleo e (b) a seco. ....	27
Figura 2.10 – Tipos construtivos de Eletrocentro.....	33
Figura 2.11 – Circuitos distribuídos em Eletrocentros instalados .....	34
Figura 2.12 – Baia do transformador em Eletrocentro instalado.....	36
Figura 3.1 – Célula seccionadora de painéis SM6.....	50
Figura 3.2 – Estágios de conexão da seccionadora .....	51
Figura 3.3 – Disjuntor MT fixo SF1, FLUARC .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativa de custos com materiais elétricos para a Subestação de Medição.....	67
Tabela 2 – Estimativa de custos com materiais elétricos para a Subestação de Transformação .....	68
Tabela 3 – Estimativa de custos civis para a Subestação de Transformação .....	69
Tabela 4 – Estimativa de custos civis para a Subestação de Medição .....	70
Tabela 5 – Estimativa de custos com alimentadores especiais – Alvenaria.....	71
Tabela 6 – Estimativa de custos – Eletrocentro.....	72
Tabela 7 – Estimativa de custos com alimentadores especiais – Eletrocentro.....	73
Tabela 8 – Custo total Subestação em Alvenaria .....	74
Tabela 9 – Custo total Subestação em Eletrocentro .....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SE	Subestação Elétrica
SDAT	Sistema de Distribuição de Alta Tensão
SDMT	Sistema de Distribuição de Média Tensão
SED	Subestações de Distribuição
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
NR	Norma Regulamentadora
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
ENIT	Escola Nacional da Inspeção do Trabalho
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	American National Standards Institute
TP	Transformador de Potencial
TC	Transformador de Corrente
TSI	Tensão Suportável de Impulso
IAC	Internal Arc Classification
TTA	Type-Tested Assemblies
PTTA	Partially Type-Tested Assemblies
VPIS	Voltage Presence Indicating System

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1	OBJETIVO GERAL .....	13
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.3	JUSTIFICATIVA .....	14
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
2.1	CONCEITOS DE SUBESTAÇÃO.....	16
2.2	TIPOS CONSTRUTIVOS DE SUBESTAÇÕES DE MÉDIA TENSÃO .....	18
<b>2.2.1</b>	<b>Subestação de instalação interior</b> .....	<b>18</b>
2.2.1.1	<i>Subestação em alvenaria</i> .....	19
2.2.1.2	<i>Subestação em invólucro metálico</i> .....	20
2.3	NORMATIZAÇÃO .....	23
2.4	PARTES DE UMA SUBESTAÇÃO DE CONSUMIDOR.....	25
<b>2.4.1</b>	<b>Transformadores de força</b> .....	<b>26</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Relés de proteção</b> .....	<b>27</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Chave seccionadora</b> .....	<b>27</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Disjuntores de potência</b> .....	<b>28</b>
<b>2.4.5</b>	<b>Disjuntores de baixa tensão</b> .....	<b>28</b>
<b>2.4.6</b>	<b>Chave de terra</b> .....	<b>28</b>
<b>2.4.7</b>	<b>Transformador de potencial – TP</b> .....	<b>28</b>
<b>2.4.8</b>	<b>Transformador de corrente – TC</b> .....	<b>29</b>
<b>2.4.9</b>	<b>Medidores de energia</b> .....	<b>29</b>
<b>2.4.10</b>	<b>Aterramento</b> .....	<b>29</b>
<b>2.4.11</b>	<b>Fusível</b> .....	<b>29</b>
<b>2.4.12</b>	<b>Barramentos</b> .....	<b>30</b>
<b>2.4.13</b>	<b>Para-raios</b> .....	<b>30</b>
<b>2.4.14</b>	<b>Isoladores</b> .....	<b>30</b>
<b>2.4.15</b>	<b>Cabos de força</b> .....	<b>30</b>
<b>2.4.16</b>	<b>Cabine de medição</b> .....	<b>31</b>
<b>2.4.17</b>	<b>Painéis elétricos</b> .....	<b>31</b>
2.5	ELETROCENTRO .....	31

<b>2.5.1</b>	<b>Tipos Construtivos .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Estrutura.....</b>	<b>33</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Equipamentos principais.....</b>	<b>35</b>
<b>3</b>	<b>PROJETO.....</b>	<b>37</b>
3.1	PROJETO DE ALVENARIA INICIAL .....	37
3.2	PROJETO DE ALVENARIA ATUALIZADO .....	39
3.3	PROJETO EM ELETROCENTRO .....	40
<b>3.3.1</b>	<b>Estrutura Mecânica .....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Estudo de Seletividade .....</b>	<b>42</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Aterramento .....</b>	<b>43</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Transformador .....</b>	<b>43</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Procedimento de Pintura.....</b>	<b>43</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Painel de Média Tensão .....</b>	<b>44</b>
3.3.6.1	<i>Para-Raios .....</i>	46
3.3.6.2	<i>Indicador de Presença de Tensão.....</i>	47
3.3.6.3	<i>Resistência de Aquecimento.....</i>	47
3.3.6.4	<i>TCs e TPs de Medição .....</i>	47
3.3.6.5	<i>TP para Proteção.....</i>	48
3.3.6.6	<i>TCs para Proteção.....</i>	48
3.3.6.7	<i>Chave Seccionadora .....</i>	49
3.3.6.8	<i>Chave de Terra .....</i>	50
3.3.6.9	<i>Disjuntor de Média Tensão.....</i>	51
3.3.6.10	<i>Intertravamentos Funcionais .....</i>	52
3.3.6.11	<i>Nobreak.....</i>	53
3.3.6.12	<i>Relé de Proteção.....</i>	54
3.3.6.13	<i>Módulo de Entrada/Saída .....</i>	55
3.3.6.14	<i>Disparador Capacitivo .....</i>	55
3.3.6.15	<i>Calha de BT.....</i>	55
3.3.6.16	<i>Caixa de BT.....</i>	56
3.3.6.17	<i>Cabos e Barramentos.....</i>	56
<b>3.3.7</b>	<b>Quadro de Distribuição Local - QDL.....</b>	<b>57</b>
3.3.7.1	<i>DPS .....</i>	58
3.3.7.2	<i>Circuito 01 – Iluminação Interna do Eletrocentro .....</i>	58
3.3.7.3	<i>Circuito 02 – Tomada Interna do Eletrocentro .....</i>	59

3.3.7.4	<i>Circuito 03 – Iluminação de Emergência</i> .....	59
3.3.7.5	<i>Circuito 04 – Central de Alarme de Incêndio</i> .....	59
3.3.7.6	<i>Circuito 05 – Ar Condicionado do Eletrocentro</i> .....	60
3.3.7.7	<i>Circuito 06 – Alimentação 220 Vca do SM6</i> .....	61
3.3.7.8	<i>Circuito 07 – Alimentação 220 Vca Relé TR-001</i> .....	61
3.3.7.9	<i>Circuito 08 – Alimentação 220 Vca do Comando</i> .....	61
3.3.7.10	<i>Circuito 09 – Exaustor do Trafo</i> .....	62
<b>3.3.8</b>	<b>Eletrodutos</b> .....	<b>62</b>
3.4	ALIMENTADORES ESPECIAIS .....	64
3.5	SPDA .....	66
<b>4</b>	<b>ANÁLISE COMPARATIVA</b> .....	<b>67</b>
4.1	ANÁLISE DE CUSTOS .....	67
<b>4.1.1</b>	<b>Investimento Subestação em Alvenaria</b> .....	<b>67</b>
<b>4.1.1.1</b>	<i>Custos da Subestação de Medição – Parte Elétrica</i> .....	67
<b>4.1.1.2</b>	<i>Custos da Subestação de Transformação – Parte Elétrica</i> .....	68
<b>4.1.1.3</b>	<i>Custos da Subestação de Transformação – Parte Civil</i> .....	69
<b>4.1.1.4</b>	<i>Custos da Subestação de Medição – Parte Civil</i> .....	70
<b>4.1.1.5</b>	<i>Custos com Alimentadores Especiais</i> .....	71
<b>4.1.2</b>	<b>Investimento Subestação em Eletrocentro</b> .....	<b>72</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Redução e Recuperação de Impostos</b> .....	<b>73</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Comparativo de Custos Totais</b> .....	<b>74</b>
4.2	TEMPO DE COMISSONAMENTO .....	75
4.3	ÁREA CONSTRUÍDA .....	75
4.4	TECNOLOGIAS EMPREGADAS E POSSIBILIDADE DE EXPANSÃO .....	76
4.5	GARANTIA E TEMPO DE DEGRADAÇÃO .....	76
4.6	CUSTO/BENEFÍCIO .....	77
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>79</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>80</b>
	<b>APÊNDICE A – PLANTA DE SITUAÇÃO</b> .....	<b>84</b>
	<b>APÊNDICE B – DIAGRAMA UNIFILAR INICIAL</b> .....	<b>85</b>
	<b>APÊNDICE C – DIAGRAMA UNIFILAR ATUALIZADO</b> .....	<b>86</b>
	<b>APÊNDICE D - ELETROCENTRO</b> .....	<b>87</b>
	<b>APÊNDICE E – DETALHES DO ELETROCENTRO</b> .....	<b>91</b>
	<b>APÊNDICE F – COTAÇÃO DO TRANSFORMADOR</b> .....	<b>92</b>

<b>APÊNDICE G – PROJETO DO PAINEL DE MT .....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE H – PROJETO DO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO LOCAL .....</b>	<b>118</b>
<b>APÊNDICE I – ESTUDO LUMINOTÉCNICO.....</b>	<b>132</b>
<b>APÊNDICE J – DIMENSIONAMENTO DO CABO DE MT .....</b>	<b>140</b>
<b>APÊNDICE K – DIMENSIONAMENTO DO SPDA DO ELETROCENTRO .....</b>	<b>141</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda por desenvolvimento sustentável, almejando sempre sistemas com maior segurança, disponibilidade e continuidade no fornecimento de energia, a indústria tem buscado cada vez mais a redução da área utilizada de seu parque fabril, além da procura por agilidade em seus processos, confiabilidade, redução de custos, e praticidade. Por este motivo começaram a ser desenvolvidos os Eletrocentros, tecnologia relativamente nova, pouco divulgada ainda dentro das universidades, mas que já apresenta grande relevância nos setores industriais e que vem crescendo cada vez mais em função de todas as suas vantagens.

Ele aparece como alternativa para as tecnologias atualmente empregadas na construção de subestações do consumidor, sendo projetados de acordo com as normas vigentes para projetos elétricos da Associação Brasileira de Normas Técnicas, para o qual diversas normas regulamentam partes distintas dos equipamentos utilizados nestes projetos; com isso busca-se a padronização dos processos, minimizando os riscos para a segurança de seus operadores.

Com este modelo de subestação é possível utilizar uma solução compacta, prática, com alto tempo de degradação e, além de tudo, móvel, de modo que as indústrias não necessitam mais contratar subestações temporárias em todas as suas obras, permitindo também a integração de soluções de automação e controle de geração de energia sustentável, junto da parte de potência, tudo em um único contêiner, além dos benefícios fiscais através da redução de impostos propiciada pelo mesmo. Contudo, por ser algo novo no mercado, muitos ainda possuem diversas dúvidas em relação a seu custo-benefício, necessitando de um estudo na área para dirimir estas questões, não somente da parte econômica, mas também nos quesitos ambiental e energético.

Com isso, a realização de um reprojeto de um caso específico, neste caso da subestação implantada para um Supermercado situado em Joinville-SC, auxilia na comparação entre os dois modelos de subestação considerados, permitindo analisar quesitos técnicos e econômicos em ambos os casos. Por motivos de sigilo industrial, o nome e localização do consumidor em questão não serão mencionados.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o reprojeto de uma subestação em alvenaria para uma subestação em Eletrocentro com a análise do comparativo de custo/benefício entre eles.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- Definir as especificações de projeto da subestação em questão;
- Analisar os componentes básicos de uma subestação tanto em Eletrocentro, como em alvenaria;
- Atualizar a subestação em alvenaria construída inicialmente para possibilitar a comparação;
- Dimensionar os componentes e equipamentos necessários para o projeto do Eletrocentro;
- Realizar o comparativo financeiro e técnico dos resultados obtidos.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Em função da crescente demanda por desenvolvimento sustentável, buscando sistemas com maior segurança, disponibilidade, continuidade no fornecimento de energia, e de mais agilidade, confiabilidade, redução de custos, e praticidade nos processos produtivos, além da tentativa de redução da área utilizada de parques fabris industriais, a procura por alternativas no processo de construção e modernização de parques industriais tem crescido nos últimos anos. Neste cenário, tem-se os Eletrocentros como possível substituto para as antigas construções em alvenaria, sendo uma solução compacta, prática, móvel, com alto tempo de degradação, que propicia novas tecnologias e a padronização e integração dos processos produtivos, minimizando os riscos para a segurança de seus operadores.

## 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho a seguir está organizado em cinco capítulos.

O primeiro capítulo apresenta uma introdução sobre o assunto, a justificativa do tema e também os objetivos geral e específicos.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica do tema proposto, apresentando os conceitos básicos de Subestação Elétrica, seus tipos construtivos, as normas que regem seu funcionamento e os principais componentes e equipamentos nela inseridos. Apresenta também os conceitos iniciais acerca dos Eletrocentros, seus tipos construtivos e estruturais e seus principais equipamentos.

O terceiro capítulo representa a etapa de projeto. Inicialmente ressaltando as características da Subestação Elétrica construída em 2015 para o Supermercado em questão, para, então, propor uma remodelação deste projeto em alvenaria com equipamentos mais

recentes, conforme as normas vigentes, com valores atualizados. Em seguida é realizado o projeto do Eletrocentro completo, com especificação da estrutura considerada, das proteções, do aterramento, do transformador, dos procedimentos de pintura, do painel de média tensão, do quadro de distribuição local e dos seus circuitos internos. Neste capítulo, também são especificados e dimensionados alguns alimentadores especiais os quais representam impacto significativo sobre os custos finais de cada instalação.

O quarto capítulo apresenta as análises sobre os dois projetos em questão. Consideram-se as questões de sustentabilidade, tempo de construção e instalação, custo final, benefícios fiscais, área construída, e tecnologias empregadas sobre os dois modelos de Subestação considerados para observar qual é o mais adequado para o projeto em questão. Leva-se em conta, também, possibilidade de expansão, tempo de degradação, inovações tecnológicas, possibilidades de integração de sistemas, modernização de equipamentos, controle e supervisão sobre a planta como um todo, além de realizar o comparativo de custo/benefício entre ambos os projetos.

O quinto capítulo apresenta as principais conclusões obtidas com o desenvolvimento deste trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONCEITOS DE SUBESTAÇÃO

Uma Subestação Elétrica (SE) é um conjunto de instalações elétricas em média ou alta tensão que agrupa os equipamentos, condutores e acessórios, destinados à proteção, medição, manobra e transformação de grandezas elétricas. Da mesma forma, têm-se também as subestações consumidoras, as quais representam uma SE para atendimento à unidade consumidora atendida em média ou alta tensão de distribuição. As subestações de distribuição (SED) são SEs que conectam o Sistema de Distribuição de Alta Tensão (SDAT) ao Sistema de Distribuição de Média Tensão (SDMT), contendo transformadores de força. As Subestações Transformadoras Compartilhadas são as SEs de propriedade de dois ou mais agentes de distribuição utilizadas para conexão destes no sistema de distribuição (ANEEL - PRODIST, 2016).

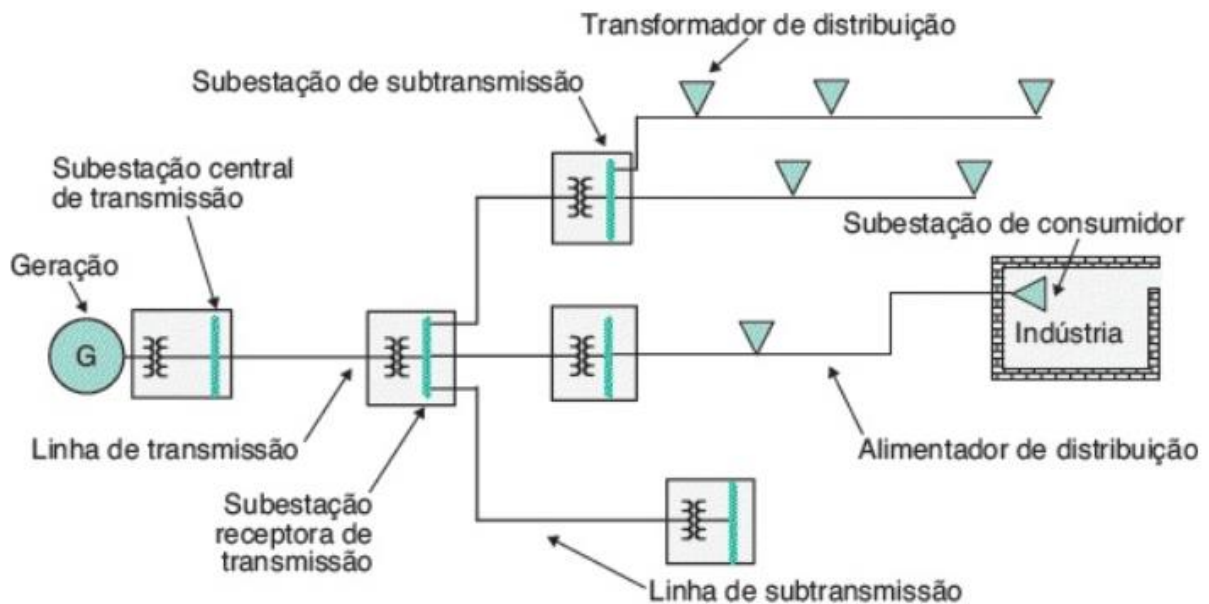
Neste sentido, uma SE é uma instalação composta por um conjunto de equipamentos utilizados para controlar, modificar, comandar, distribuir e direcionar o fluxo de potência em um sistema elétrico.

As subestações podem ser classificadas como:

- a) Subestação central de transmissão  
É aquela normalmente construída ao lado das usinas produtoras de energia elétrica, cuja finalidade é elevar o nível de tensão fornecido pelos geradores para transmitir a potência gerada aos grandes centros de consumo;
- b) Subestação receptora de transmissão  
É aquela construída próxima aos grandes blocos de carga e que está conectada, por meio de linha de transmissão, à subestação central de transmissão ou à outra subestação receptora intermediária;
- c) Subestação de subtransmissão  
É aquela construída, em geral, no centro de um grande bloco de carga, alimentada pela subestação receptora e de onde se originam os alimentadores de distribuição primários, suprindo diretamente os transformadores de distribuição e/ou as subestações de consumidor.
- d) Subestação do consumidor  
É aquela construída em propriedade particular suprida por alimentadores de distribuição primários, originados das subestações de subtransmissão, que suprem os pontos finais de consumo. (MAMEDE FILHO, 2017, p. 534).

Na Figura 2.1 está esquematizado a posição de cada modelo de subestação com sua devida classificação em um sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Considera-se que uma subestação próxima ao limite do terreno com a via pública visa resolver o problema de acesso ao local onde estão instalados os equipamentos de medição para faturamento, agilizando o processo de leitura, fiscalização, atendimento de emergência, substituição dos equipamentos de medição e para implantação de novas tecnologias (CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A., 2016).

Figura 2.1 - Sistema simplificado de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica



Fonte: Mamede Filho (2017, p. 534).

De acordo com a NR-10, tensões superiores a 1 kV em corrente alternada, ou 1,5 kV em corrente contínua, tanto entre fases, ou entre fase e terra, configuram alta tensão (Ministério do Trabalho e Emprego, 2019). Da mesma forma, para a norma ABNT NBR IEC 62271-200:2007 que define alta tensão como tensões acima de 1 kV até e inclusive 52 kV.

Entretanto, na NBR 14039:2005, é normatizado que instalações elétricas com tensões de 1 kV a 36,2 kV para a frequência industrial podem ser classificadas como Média Tensão, da mesma forma que na normativa ANSI/IEEE 1585-2002 e na IEEE 1623-2004. Já segundo a ANEEL, o SDMT corresponde ao conjunto de linhas de distribuição e de equipamentos associados em tensões típicas superiores a 1 kV e inferiores a 69 kV, na maioria das vezes com função primordial de atendimento a unidades consumidoras, podendo conter geração distribuída; e a alta tensão de distribuição corresponde à tensão entre fases com o valor eficaz igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV, a menos que especificado de outra forma definida pela agência (ANEEL - PRODIST, 2016).

Neste trabalho será abordado apenas as subestações do consumidor.

As concessionárias locais possuem normas próprias que disciplinam a construção das subestações de consumidor, estabelecendo critérios, condições gerais de projeto, proteção, aterramento etc., que, no seu todo, estão compatíveis com a NBR 14039 – Instalações elétricas de alta-tensão (MAMEDE FILHO, 2017). Dessa forma, considerando operação no estado de Santa Catarina, local onde está sendo realizado o projeto e instalação da subestação, considera-se, além das normativas nacionais e internacionais, as normativas próprias da Celesc,

concessionária local responsável pela regulamentação e distribuição de energia elétrica no estado, as quais serão destacadas em maiores detalhes na seção 2.3 a seguir.

Além das normativas próprias das concessionárias locais, tem outros fatores que também devem ser levados em conta para a escolha do número de subestações a serem construídas dentro de uma planta industrial, como localização, concentração de cargas e o fator econômico. Mamede Filho afirma que estes fatores podem ser delineados pelas seguintes características:

- Quanto menor a capacidade da subestação, maior o custo por kVA.
- Quanto maior o número de subestações unitárias, maior será o emprego de cabos de média tensão.
- Desde que convenientemente localizadas, quanto maior o número de subestações unitárias, menor será o emprego de cabos de baixa tensão.
- Quanto menor o número de subestações unitárias de capacidade elevada, menor será o emprego de cabos de média tensão e maior o uso de cabos de baixa tensão. (MAMEDE FILHO, 2017, p. 535).

Neste sentido, cabe ao projetista assumir o compromisso técnico-econômico objetivando tanto a qualidade da instalação, quanto o menor custo final. Assim, um projeto de subestação deve conter um memorial descritivo, no qual devem ser apresentados finalidade do projeto; local a ser construído; carga e tipo de subestação previstos; memorial de cálculo e de demanda prevista; descrição sumária de todos os elementos de proteção utilizados; e características completas de todos os equipamentos utilizados (MAMEDE FILHO, 2017).

## 2.2 TIPOS CONSTRUTIVOS DE SUBESTAÇÕES DE MÉDIA TENSÃO

Alguns fatores como meio ambiente agressivo, área classificada - com a presença de gases corrosivos ou inflamáveis por exemplo - a proximidade da carga e até as dimensões da área reservada para a construção da subestação, podem interferir na escolha do tipo da subestação a ser adotada. Neste sentido, destacam-se dois tipos de subestações que podem ser construídas, as do tipo abrigado, e ao tempo, e destas, podem-se ter a instalação tipo interior, ou exterior (MAMEDE FILHO, 2017). Além destas, no entanto, pode-se utilizar de SEs blindadas, feitas por chaparia metálica, as quais vêm crescendo amplamente no mercado.

Neste trabalho, vai-se destacar as subestações de instalação interior, pois o objetivo é realizar o comparativo dos custos/benefícios entre a construção em alvenaria e em Eletrocentro.

### 2.2.1 Subestação de instalação interior

Neste modelo de SE, os equipamentos e aparelhos são instalados em locais abrigados das condições ambientais e intempéries, podendo ser construída em alvenaria ou em invólucro metálico.

### 2.2.1.1 Subestação em alvenaria

As SEs em alvenaria são as mais comuns no âmbito industrial. Elas apresentam um custo reduzido e fácil montagem e manutenção, necessitando, no entanto, de uma área construída relativamente grande. Por estes motivos, elas são mais comumente utilizadas em instalações industriais que tenham espaços disponíveis próximos aos centros de carga (MAMEDE FILHO, 2017).

De acordo com Mamede Filho (2017) as subestações em alvenaria são divididas em compartimentos denominados postos ou cabines, cada um desempenhando uma função bem definida. Destacam-se:

- Posto de medição:

Destinado à localização dos equipamentos auxiliares da medição, como os transformadores de corrente e potencial. É de uso exclusivo da concessionária, de modo a não permitir a entrada de pessoas estranhas à companhia fornecedora. Ela é responsável por fornecer gratuitamente os transformadores de corrente, de potencial e medidores, estabelecendo padrões dos suportes necessários à fixação desses equipamentos.

- Posto de proteção:

Destinado à instalação de chaves seccionadoras, fusíveis ou disjuntores responsáveis pela proteção geral e seccionamento da instalação.

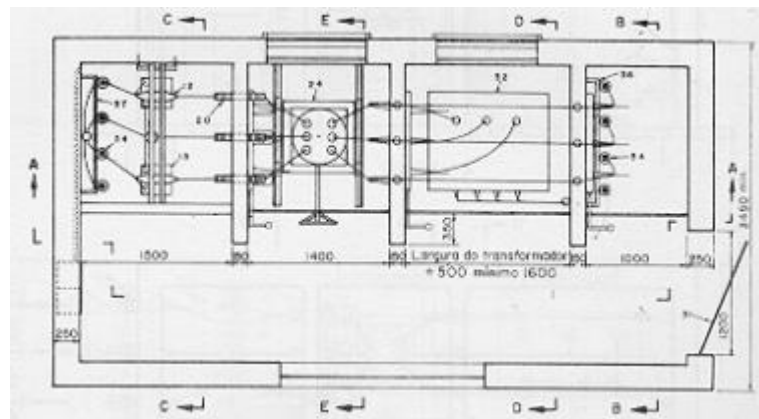
De acordo com a NBR 14039:2005, para SEs com capacidade de transformação trifásica superior a 300 kVA, a proteção geral na média tensão deve ser realizada por meio de disjuntor acionado por relé contendo as funções ANSI 50 e 51, proteções de fase e de neutro. Já para as SEs com capacidade igual ou inferior a 300 kVA, a proteção geral na média tensão deve ser realizada ou por meio de disjuntor acionado por relé contendo as funções ANSI 50 e 51, ou por meio de chave seccionadora e fusível, sendo que, neste caso, adicionalmente, a proteção geral na baixa tensão deve ser realizada por disjuntor.

- Posto de transformação:

Destinado à instalação dos transformadores de força, podendo conter os equipamentos de proteção individual.

Assim, pode-se analisar um exemplo de um esquemático em planta baixa deste modelo de Subestação abrigada em alvenaria na Figura 2.2, destacando-se sua divisão pelos seus postos e na Figura 2.3, um modelo já instalado desta categoria de SE.

Figura 2.2 – Esquemático típico de uma Subestação abrigada em alvenaria



Fonte: Paulo Duailibe (1999, p. 15).

Figura 2.3 – Subestação abrigada em alvenaria até 36 kV



Fonte: E & E Quadros e Painéis (2017).

### 2.2.1.2 Subestação em invólucro metálico

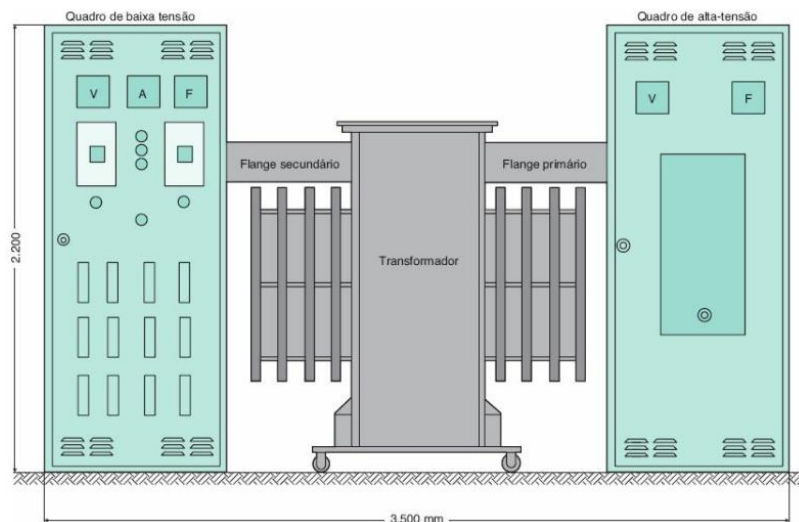
Uma subestação em invólucro metálico, também denominada de Subestação Modular Metálica, é destinada especialmente às edificações onde o espaço disponível é reduzido, podendo ser construída para uso interno ou ao tempo. Ela pode ser classificada segundo sua construção em quatro tipos básicos, existindo outros modelos de fabricação comercial, porém todos eles de concepção derivada de um dos quatro tipos apresentados: (MAMEDE FILHO, 2017)

- Subestação com transformador com flanges laterais:

Este é um dos tipos mais utilizados em instalações industriais. É uma subestação compacta, que ocupa uma área reduzida, podendo ter grau de proteção IP 4X, ou superior, de modo a oferecer grande segurança aos operadores e aos operários, em geral.

A Figura 2.4 mostra a vista frontal deste tipo de subestação. É constituída de transformador de construção especial, onde as buchas, primária e secundária, são fixadas lateralmente à carcaça e protegidas por um flange de seção retangular, que se acopla aos módulos metálicos, primário e secundário. Estes poderão ser complementados acoplando-se novos módulos aos existentes, caso haja necessidade de aumento no número de saídas de ramais primários e secundários.

Figura 2.4 – Vista frontal de uma subestação modular metálica tipo flange lateral

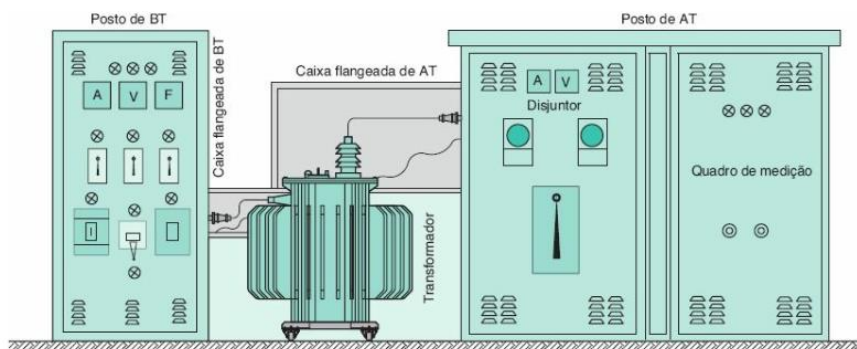


Fonte: Mamede Filho (2017, p. 545).

- Subestação com transformador com flange superior e lateral:

É constituída de um transformador de construção convencional, acoplado aos módulos metálicos, primário e secundário, por meio de duas caixas flangeadas, sendo uma fixada na parte superior do transformador e a outra, lateralmente, conforme mostrado na Figura 2.5. Pode ter grau de proteção IP 4X ou superior e tem a mesma aplicação da subestação de flanges laterais.

Figura 2.5 – Vista frontal de uma subestação modular metálica do tipo flange superior e lateral

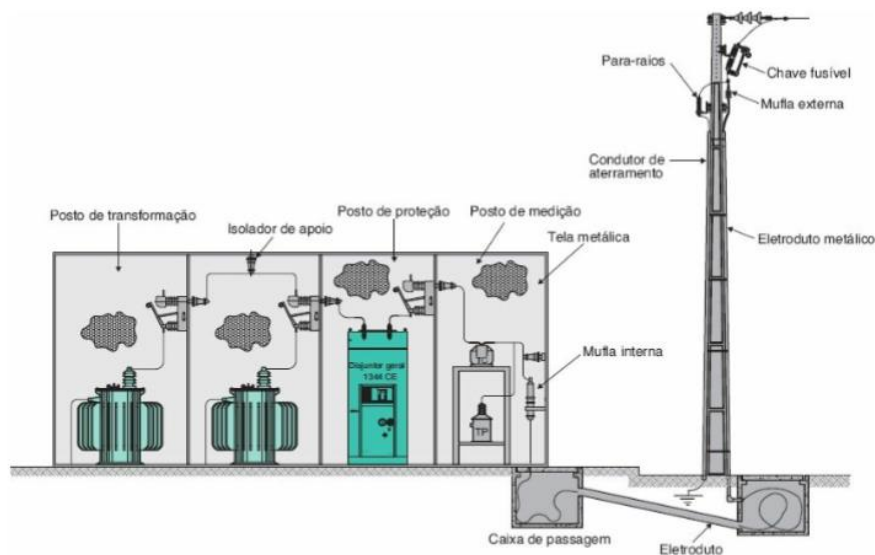


Fonte: Mamede Filho (2017, p. 546).

- Subestação com transformador enclausurado em posto metálico em tela aramada:

Essa subestação é constituída por transformadores convencionais, reduzindo custos, instalados internamente a um invólucro metálico. Esse invólucro é lateralmente protegido por uma tela aramada, que está acoplada a módulos metálicos primários e secundários. Dado o seu baixo grau de proteção, em geral IPX1, essas subestações não devem ser utilizadas em ambientes poluídos, notadamente de materiais de fácil combustão, ou em áreas em que haja presença de pessoas não habilitadas ao serviço de eletricidade. A Figura 2.6 apresenta uma vista frontal interna deste tipo de subestação.

Figura 2.6 – Vista frontal interna de subestação modular metálica com tela aramada

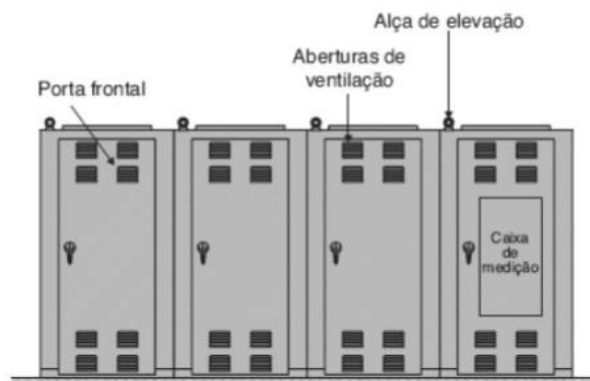


Fonte: Mamede Filho (2017, p. 547).

- Transformador e demais equipamentos enclausurados em posto metálico em chapa de aço:

Esse tipo de subestação é composto de transformadores instalados internamente a invólucros metálicos, constituídos totalmente em chapa de aço de espessura adequada, e providos de pequenas aberturas para ventilação. Os postos metálicos são acoplados lateralmente por parafusos e constituem um módulo compacto cujo grau de proteção depende da solicitação do interessado, sendo função do ambiente onde ele for operar. Os transformadores, chaves e demais acessórios são de fabricação convencional. A Figura 2.7 apresenta uma vista frontal externa para este tipo de subestação.

Figura 2.7 – Vista frontal externa de uma subestação modular metálica em chapa de aço



Fonte: Mamede Filho (2017, p. 548).

### 2.3 NORMATIZAÇÃO

No contexto do setor elétrico, a Agência Reguladora é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) – vinculada ao Ministério de Minas e Energia – a qual é responsável por regular e fiscalizar a aplicação das leis a ela vinculadas (ESS, 2016). Da mesma forma, têm-se também as Normas Reguladoras (NRs) a ela associadas, elaboradas pelo Ministério do Trabalho, sendo disposições complementares ao Capítulo V da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), consistindo em obrigações, direitos e deveres a serem cumpridos por empregadores e trabalhadores com o objetivo de garantir trabalho seguro e sadio, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho (ENIT – Escola Nacional da Inspeção do Trabalho, 2020).

Destas NRs, destaca-se a “NR-10 – SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE”, a qual estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade (Ministério do Trabalho e Emprego, 2019).

Da mesma forma, ressalta-se, neste sentido, a NBR 14039, a qual estabelece um sistema para o projeto e execução de instalações elétricas de média tensão, com tensão nominal de 1 kV a 36,2 kV, à frequência industrial, garantindo a segurança e continuidade do serviço (ABNT, 2005).

Destaca-se também a norma ABNT NBR IEC 62271-200:2007, a qual trata do conjunto de manobra e controle de alta tensão em invólucro metálico para tensões acima de 1 kV até 52 kV. Ela foi elaborada pelo Comitê Brasileiro de Eletricidade e representa uma tradução idêntica

da IEC 62271-200:2003 que foi elaborada pelo Comitê Técnico *High-voltage switchgear and controlgear*.

Já no âmbito da concessionária local, no caso de Joinville, SC, tem-se a Norma Técnica N-321.0002 que trata do “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição”, para distribuição até 25 kV com carga instalada superior a 75 kW, atendidas por meio de rede aérea ou subterrânea, nas tensões padronizadas de 13,8 kV e 23,1 kV, na área de concessão da Celesc Distribuição S.A.

Estas normas têm por objetivo assegurar que estas SEs abriguem os componentes elétricos nela presentes proporcionando determinado grau de proteção dos equipamentos contra influências externas e um grau de proteção contra a aproximação ou contato com as partes vivas e contra contato com as partes móveis, de certa forma garantindo a segurança de pessoas e garantido a continuidade do sistema.

Ao tratarem especificamente dos cubículos metálicos, estas normas obrigam também a serem realizados ensaios de tipo em uma unidade funcional representativa, uma vez que estes são de caráter destrutivo e devido aos vários tipos de variações e combinações de componentes. Nestes casos não é obrigatória a realização dos ensaios de tipo em todos os arranjos, considerando que, uma vez testado e certificado por um laboratório competente, os próximos cubículos fabricados pelo mesmo fabricante e com as mesmas características mecânicas já estarão aprovados e certificados no que se trata dos ensaios de tipos.

Em relação aos ensaios de rotina, diferentemente dos ensaios de tipo, devem ser realizados em todos os arranjos fabricados, ou seja, cada cubículo, após fabricado, deve ser submetido aos ensaios de rotina, o qual assegura que o produto está em conformidade com o equipamento em que foi realizado o ensaio de tipo.

A subestação blindada ou metálica é permitida pela Celesc desde que seja ensaiada conforme a ABNT NBR 62271-200:2007, devendo obedecer às Normas da Associação Brasileira de Normas técnicas – ABNT, assim a Norma Técnica N-321.0002 faz algumas exigências para tornar tal cubículo compatível e aceitável.

Além destas normas as quais já foram tratadas, destaca-se também outras que influenciam nas partes de projeto da SE. Considerando as principais:

- NBR 8800: Projeto e execução de estruturas em aço
- NBR 14039: Instalações elétricas de média tensão
- NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão
- NBR 5419: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas

- NBR 11240: SDAI (sistema de detecção e alarme incêndio)
- NBR 11742: Porta corta fogo
- NBR IEC 62271-200: Conjunto de manobra e controle até 52kV (painéis de média tensão)
- NBR IEC 60439-1: Conjunto de manobra e controle até 1kV (painéis de baixa tensão)
- NBR IEC 61439-2: Conjunto de manobra e controle até 1kV (painéis de baixa tensão) – NOVA NORMA
- NBR IEC 60694: Especificações comuns para equipamentos até 52kV
- NBR IEC 60529: Grau de proteção para invólucros
- NBR IEC 10295: Transformadores de potência a seco
- NBR IEC 5356: Transformadores de potência a óleo
- NR 10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade
- NR 17: Ergonomia
- NR 23: Proteção contra incêndios

#### 2.4 PARTES DE UMA SUBESTAÇÃO DE CONSUMIDOR

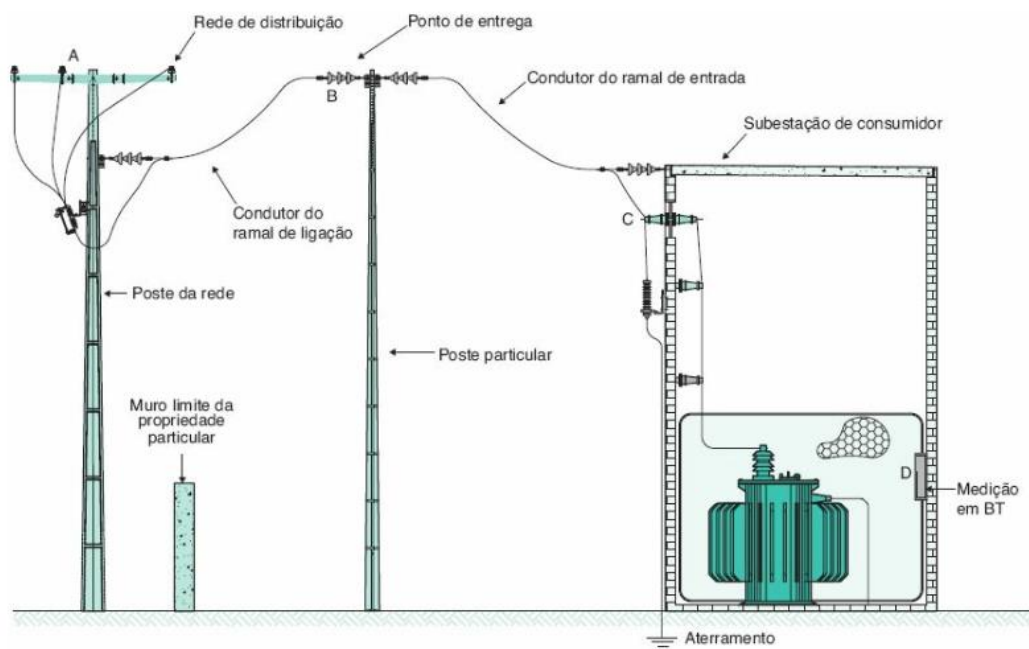
De acordo com a Norma Técnica N-321.0002 da Celesc Distribuição S.A. de 2016, conforme demonstrado na Figura 2.8, uma SE de Consumidor deve representar uma Entrada de Energia Elétrica composta por:

- Ponto de Derivação da Rede;
- Ramal de Ligação: conjunto de condutores e acessórios instalados pela distribuidora sob o trecho compreendido entre o ponto de derivação de sua rede e o ponto de entrega, podendo ser aéreo ou subterrâneo;
- Ponto de Entrega: ponto até o qual a concessionária se obriga a fornecer energia elétrica a consumidores em caráter permanente, sendo, tanto em entrada aérea, quanto em subterrânea, definido como o primeiro ponto de fixação interno ao território do consumidor;
- Ramal de Entrada: conjunto de condutores e acessórios, de propriedade do consumidor, instalados entre o ponto de entrega e a medição ou a proteção de suas instalações; em ramal aéreo deve ser composto por condutores nus ou com isolamento; em ramal subterrâneo deve ser composto por condutores isolados

dentro de conduto ou enterrados no solo, devendo apresentar caixas de passagem para inspeção;

- Equipamentos de proteção;
- Condutores e acessórios até o sistema de medição, inclusive.

Figura 2.8 – Elementos de entrada de serviço de uma unidade consumidora de alta-tensão



Fonte: Mamede Filho (2017, p. 536).

Em uma subestação há vários equipamentos e dispositivos, dentre eles ressaltam-se: transformador; relé de proteção; chave seccionadora; disjuntor; chave terra; TP; TC; medidores de energia; aterramento/eletrodo de aterramento; fusível; barramentos; para-raios; isoladores; painéis elétricos; cabos de média; e cabos de comando.

#### 2.4.1 Transformadores de força

Os transformadores, ou trafos como também são conhecidos, são os equipamentos estáticos de elevado rendimento responsáveis pela conversão da energia elétrica de um nível de tensão para outro, seja superior ou inferior, a partir de sua relação de transformação; (CREDER, 2016).

Existem dois tipos construtivos principais de transformadores de força, os transformadores a óleo, e os transformadores a seco, representados na Figura 2.9. Nos transformadores a óleo, este componente é o responsável pelo isolamento e refrigeração do sistema como um todo, já nos transformadores a seco, a resina epóxi que reveste as bobinas é a

incumbida pela isolação e o ar que circula entre as bobinas é o encarregado da refrigeração (OLIVEIRA COSTA, 2011).

Figura 2.9 – Transformadores de 300kVA: (a) a óleo e (b) a seco.



Fonte: Ferreira Finocchio et al. (2016, p. 3).

#### 2.4.2 Relés de proteção

São os dispositivos responsáveis pela garantia da qualidade de fornecimento de energia e da integridade de operação dos circuitos e equipamentos por ele monitorados. As proteções podem ser classificadas na sua forma de sensibilização: pelas grandezas elétricas primárias e pelas grandezas secundárias. As grandezas elétricas são levadas aos dispositivos; a partir daí a proteção atua sobre os dispositivos de manobras dos equipamentos.

As funções dos relés são comumente definidas de acordo com a “Tabela ANSI”. ANSI (*American National Standards Institute*) é uma importante organização que regulamenta a padronização dos dispositivos de proteção, dando nome e número de identificação específico para cada elemento da proteção, como, por exemplo, as funções 50 e 51, as quais representam relé de sobrecorrente instantâneo e temporizado respectivamente, que são costumeiramente exigidas para relés utilizados em Subestações Elétricas (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

#### 2.4.3 Chave seccionadora

São os dispositivos que em geral são operados sem carga, ou seja, sem corrente elétrica em suas lâminas e conexões. Possuem normalmente comando simultâneo das três lâminas – ou fases – através de varas e sistemas mecânicos articulados por pivôs isolados das partes energizadas ou através de varas de manobra quando projetadas para acionamento individualizado. (CREDER, 2016).

#### **2.4.4 Disjuntores de potência**

São os equipamentos responsáveis pelas manobras de sistema, capazes de interromper ou restabelecer grandes potências durante a manobra ou ocorrência de um defeito ou curto-circuito na carga dos circuitos ou da instalação geral. Podem ter como seu meio isolante óleo, ar, vácuo, ou ainda gás hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>). Normalmente, e por serem de atuação muito rápida, possuem dispositivos de acúmulo de energia tipo mola, ou pistões para promover a mudança de estado de seus contatos. Essa mudança, acontecendo muito rapidamente, garante o menor tempo de submissão térmica aos contatos causada pela corrente elétrica da carga. Podem atuar por comando manual – efetuado pelo operador – ou por elementos de proteção diretos ou indiretos (CREDER, 2016).

#### **2.4.5 Disjuntores de baixa tensão**

De acordo com Mamede Filho (2017, p. 386) “é um equipamento de comando e de proteção de circuitos de baixa tensão, cuja finalidade é conduzir, continuamente, a corrente de carga sob condições nominais e interromper correntes anormais de sobrecarga e de curto-circuito”. Eles podem ser tipo abertos e em caixa moldada, podendo operar como termomagnéticos, somente térmicos, somente magnéticos, como limitadores de corrente, ou operar até de forma eletrônica dependendo de suas características construtivas.

#### **2.4.6 Chave de terra**

A chave de terra é um dispositivo mecânico de manobra destinado a aterrar partes do circuito e capaz de suportar, por determinado período, correntes sob condições anormais, tais como curto-circuito, mas não previstas para conduzir correntes sob condições normais do circuito, possibilitando aterramento para manutenção do sistema com segurança, rapidez e agilidade (SOUZA, 2002).

#### **2.4.7 Transformador de potencial – TP**

É um equipamento muito utilizado em sistemas de medição de tensão elétrica, sendo capaz de reduzir a tensão do circuito para níveis compatíveis com a máxima suportável pelos instrumentos de medição. Sua principal aplicação é na medição de tensões com valores elevados, ou seja, em seu circuito primário é conectada a tensão a ser medida, de forma a ser reproduzida no secundário uma tensão reduzida e diretamente proporcional à do primário. Assim, com menor custo e maior segurança, pode-se conectar o instrumento de medição no secundário do equipamento sem a necessidade de lidar com altas tensões para medição (MAMEDE FILHO, 2017).

#### **2.4.8 Transformador de corrente – TC**

Os transformadores de corrente (TCs) podem ser divididos de acordo com a sua utilização, podendo ser utilizado para serviço de medição ou para serviço de proteção. É um equipamento capaz de reduzir a corrente que circula no seu primário para um valor inferior, no secundário, compatível com os medidores para os quais ele será utilizado. Ele é constituído de um enrolamento primário, composto, costumeiramente, de poucas espiras de cobre, um núcleo de ferro e um enrolamento secundário para a corrente nominal padronizada, usualmente de 5 A (MAMEDE FILHO, 2017).

#### **2.4.9 Medidores de energia**

Considerando as Subestações do Consumidor de consumidores Grupo A com a medição realizada na Alta Tensão, são os medidores fornecidos pela concessionária local responsáveis pela aferição do consumo através da análise da energia ativa e reativa consumidas a partir da demanda contratada (CEMIG, 2005). Difere-se dos medidores de energia para consumidores Grupo B, nos quais apenas a energia ativa é analisada, sem contratação de demanda.

#### **2.4.10 Aterramento**

É a ligação intencional de parte eletricamente condutiva à terra, através de um condutor elétrico, com o intuito de constituir um circuito elétrico de terra formado pelos componentes responsáveis pelo escoamento da corrente de falta para o solo. Ele tem por objetivo de projeto garantir níveis de corrente de curto-circuito fase-terra suficientes para permitir a atuação da proteção de retaguarda, assim como potenciais de passo e de toque suportáveis, podendo ser obtido através de uma geometria de malha de aterramento compatível com a resistividade local do solo, com a parcela da corrente de falta dissipada pela malha adequadamente dentro dos tempos de atuação da proteção estipulados (ABNT - NBR 15751, 2013).

#### **2.4.11 Fusível**

Fusível é um dispositivo de proteção contra sobrecorrente que consiste em um elemento fusível (elo) ou lâmina de liga metálica de baixo ponto de fusão que se funde, por efeito Joule, quando a intensidade de corrente elétrica superar, devido a uma sobrecarga ou um curto-circuito, o valor que poderia danificar o isolamento dos condutores ou até causar danos em outros elementos do circuito. Assim, o dispositivo fusível compreende todas as partes constituintes deste dispositivo de proteção que contém em seu interior o elo fusível (CREDER, 2016).

#### **2.4.12 Barramentos**

São estruturas que fazem a conexão entre os diversos postos dentro dos próprios painéis elétricos ou dentro da própria SE. Eles são fixados através de isoladores na estrutura das SEs, devendo ser dimensionados para suportar a intensidade das forças desenvolvidas durante uma falta. Neles são conectados tanto circuitos alimentadores, como os circuitos de distribuição, incluindo os transformadores de potência. Podem ser utilizados barramentos flexíveis, constituídos de cabos de alumínio, cabos em liga de alumínio, e cabos de cobre, ou barramentos rígidos, constituídos de alumínio ou cobre em tubos/vergalhões, ou barras de seção retangular (MAMEDE FILHO, 2017).

#### **2.4.13 Para-raios**

São equipamentos responsáveis pela segurança das instalações e atuam durante uma súbita elevação do valor de tensão nominal da rede de distribuição por ocasião de uma descarga atmosférica. Os raios e chaveamento de equipamentos por vezes causam semelhante sobretensão ou descargas. Dessa forma, sua construção resistiva não linear se comporta como um curto-circuito para a “terra” quando a tensão na linha passa dos limites de segurança estabelecidos por projeto, fazendo com que o excesso de energia seja desviado para outro local – o solo (CREDER, 2016).

#### **2.4.14 Isoladores**

Os isoladores são responsáveis pelo isolamento das partes energizadas a massa. Esses equipamentos, normalmente fabricados em cerâmica, vidro, epóxi, fibra de vidro ou poliméricos, determinam o nível de qualidade final da instalação quando analisamos sua colaboração para as correntes de fuga por que passam eles, além de serem mecanicamente capazes de suportar esforços produzidos pelos condutores (CREDER, 2016).

#### **2.4.15 Cabos de força**

Os cabos de força são os responsáveis pela chegada e envio da energia elétrica dentro das instalações, quando essa tem que passar por lugares em que o espaço de isolamento aéreo é limitado, ou a proximidade com pessoas e animais mostra comprometimento da segurança. Podem ser instalados por meios aéreos ou subterrâneos, isolados ou semi-isolados. Estes elementos têm necessidade de serem testados quanto a sua condição de isolamento elétrico. Os condutores de força, sempre que utilizados em subestações por vias subterrâneas, são protegidos mecanicamente por condutos ou envelopes de concreto. Nesses casos, todas as entradas e saídas

de condutos devem ser fechadas de maneira a assegurar a estanqueidade da subestação (CREDER, 2016).

#### **2.4.16 Cabine de medição**

São locais de acesso restrito destinadas à instalação dos medidores de energia e de dispositivos usados pelo consumidor para garantir que a energia elétrica fornecida será medida dentro de arranjos elétricos preestabelecidos, e que a sua inviolabilidade será alcançada. Nela são encontrados equipamentos como os citados anteriormente, além dos sistemas de medição de energia da concessionária local (CREDER, 2016).

#### **2.4.17 Painéis elétricos**

São caixas metálicas construídas para abrigar equipamentos de seccionamento, proteção, comando, sinalização, instrumentos de medida ou outros destinados ao controle e supervisão da instalação, podendo ser destinados a operação de baixa, média ou alta tensão, cada com suas respectivas normativas regulamentadoras (MAMEDE FILHO, 2017).

Os painéis devem também conter internamente a eles uma resistência de aquecimento capaz de evitar a formação de umidade nos equipamentos ali instalados. Da mesma forma, sua chaparia deve receber tratamento e pintura adequados de acordo com o grau de proteção especificado para tal painel. (MAMEDE FILHO, 2017).

### **2.5 ELETROCENTRO**

Surgidos, no Brasil, na década de 1960, os eletrocentros começaram a ser difundidos nos últimos anos, quando passaram a ser aplicados em setores industriais de grande porte que necessitavam da instalação de plantas cada vez maiores e mais rápidas (MANCINI, 2010).

Isso deve-se ao Eletrocentro ser considerado, segundo Bammesberger (2020, p. 29) “basicamente um integrador, com a finalidade de unificar em um único lugar todas as partes componentes pertinentes ao sistema elétrico de determinada planta/obra”.

Já de acordo com Gesualdi (2015) são subestações elétricas transportáveis, pré-fabricadas e pré comissionadas através do conceito de modularização em um ambiente de fábrica.

Dessa forma o Eletrocentro consiste em uma sala metálica pré-fabricada, apropriada para abrigar equipamentos elétricos e de automação, neste caso sendo utilizado como invólucro metálico para abrigo de SE blindada.

Segundo Luzville Engenharia (2020) ele também é conhecido como “E-House”, ou “Power House”, podendo ser utilizado nos mais diversos segmentos de mercado e trazendo

como principais vantagens a fabricação, montagem, integração e teste de todo o sistema elétrico, Subestação ou Sistema de Automação ainda em fábrica, proporcionando assim um menor impacto no canteiro de obras e uma fabricação facilitada e em menor tempo, proporcionando também benefícios fiscais e menor custo final, além do prazo de entrega reduzido.

Segundo Mancini (2010), neste equipamento, todas as interligações internas podem ser realizadas diretamente no armazém de fabricação do Eletrocentro, possibilitando o pré-comissionamento dos equipamentos na fábrica antes da chegada no campo. Isso reduz o tempo dos engenheiros no campo, reduzindo custos como estadia, alimentação e dias da montadora fora da fábrica.

Ele representa, de acordo com o Grupo WEG - Unidade Automação (2017) uma solução integrada e personalizada de acordo com as necessidades do cliente, podendo ser transportado e entregue completo com todos os equipamentos, eliminando a necessidade de grandes construções em alvenaria, de forma a fornecer sistemas elétricos e eletrônicos montados, interligados e testados em fábrica. Este sistema é fornecido pronto para receber as ligações externas para as cargas, tanto de entrada de energia quanto de saída, além de já apresentar, de acordo com a necessidade, as redes e periféricos previstos em projeto.

Assim, os Eletrocentros podem ser desenvolvidos para abrigar em seu interior devidamente montados conjuntos de cubículos elétricos em média tensão, centro de controle de motores, painéis de distribuição em baixa tensão, painéis de automação, banco de baterias, transformadores e demais equipamentos. Ele pode ser instalado em ambiente externo (ao tempo) devidamente fabricado de modo a suportar possíveis condições agressivas de pó e outras partículas existentes no ambiente industrial, além de apresentar a devida documentação técnica, inclusive a base de cálculo estrutural (GRUPO WEG - Unidade Automação, 2017).

### **2.5.1 Tipos Construtivos**

Segundo Bammesberger (2020, p. 54), “ficou definido que, quanto mais próximo da dimensão de um container convencional o Eletrocentro for projetado, menor serão as restrições para seu transporte e mais prática a carga e descarga do mesmo”.

Assim, de acordo com Luzville Engenharia (2020), os modelos mais comumente utilizados para a construção de Eletrocentros são os modelos convencionais ou de container naval, conforme respectivamente apresentados na Figura 2.10. Os modelos convencionais são construídos a partir de chaparia metálica comissionada especificamente para seu uso final, sendo construído com vigas inferiores e laterais e revestido com dupla parede em aço. Já o

segundo modelo se utiliza de containers de 20 pés ou 40 pés, apresentando dimensões mais limitadas, porém podem proporcionar uma solução mais compacta e de baixo custo, além de apresentar um prazo de entrega reduzido. O container a ser utilizado deve passar por intervenções de caldeiraria, além de receber nova pintura e alocação de piso (LUZVILLE ENGENHARIA, 2020).

Figura 2.10 – Tipos construtivos de Eletrocentro



Fonte: Luzville Engenharia (2020).

Vale ressaltar que, segundo Gesualdi (2015) deve-se considerar a rigidez mecânica do Eletrocentro no projeto mecânico e na construção da estrutura, uma vez que a sala deverá suportar a massa de sua estrutura somada com a massa dos componentes instalados internamente ao mesmo, além de cargas adversas como a do vento e sísmicas quando aplicáveis.

### 2.5.2 Estrutura

De acordo com Luzville Engenharia (2020), os Eletrocentros devem receber fechamentos laterais constituídos por dupla parede em aço, sendo chapa padronizada de aço para a parte externa nos modelos convencionais, e a própria parede do container para o tipo Naval; já a parede interna deve apresentar espessura mínima de 1,2 mm, entre elas ocorre o revestimento com lã de rocha para isolamento térmico e acústico, proporcionando classe de flamabilidade A1.

Mancini (2010) destaca que toda estrutura, tanto externa, quanto interna, deve ter base de pintura em primer epóxi e acabamento em poliuretano anti-linfático, recomendando, também que a pintura do piso seja feita com tinta anti-derrapante.

Nesse sentido, Luzville Engenharia (2020) ressalta a necessidade de se estabelecer o método de preparo da superfície e as condições e procedimentos para a aplicação de tintas para os serviços de pintura nos Eletrocentros a partir das condições ambientais nas quais o mesmo

será instalado, conforme determinado pelas normativas que tratam deste quesito, como a ISO 8501-1, a ABNT NBR 14847 e a ABNT NBR 15158.

O Grupo WEG - Unidade Automação (2017) especifica que dentro do Eletrocentro ocorre a distribuição interna de circuitos, conforme apresentado na Figura 2.11, destacam-se circuitos de iluminação, ar condicionado, alarmes e sistemas de comando, podendo ser instalados sobrepostos sobre as paredes, ou através da utilização de piso técnico removível.

Mancini (2010) também informa que devem ser também utilizadas portas tipo “corta-fogo”, equipadas com barras anti-pânico, garantindo rotas de fuga em caso de incêndio, além da instalação de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas conforme estabelecido pela NBR 5419.

Figura 2.11 – Circuitos distribuídos em Eletrocentros instalados



Fonte: Luzville Engenharia (2020).

Segundo Mancini (2010) os Eletrocentros devem possuir alarme de incêndio composto por detectores de fumaça tipo fotoelétricos, sirenes, acionadores e sinalizadores, os quais podem ser integrados aos sistemas de proteção utilizados no próprio Eletrocentro.

Deve também apresentar sistema de combate a incêndio, podendo este ser automático, utilizando sistemas a base de gás FM 200 ou Novec 1230 que preenche o eletrocentro em caso de detecção de fumaça, ou manual, através de extintores estrategicamente distribuídos dentro do eletrocentro conforme NR 23 (GRUPO WEG - Unidade Automação, 2017).

O Grupo WEG - Unidade Automação (2017) declara que o Eletrocentro pode, também, apresentar sistemas de exaustão a partir de ventilação forçada, utilizada principalmente na baía dos transformadores, podendo ser utilizado também na sala de painéis de acordo com necessidade do projeto ou especificações do cliente.

Deve também utilizar sistemas de condicionamento de ar em salas com muitos equipamentos as quais tendem a ter elevada dissipação térmica, que podem ser sistemas

convencionais tipo Split ou sistemas de precisão para aplicações mais severas, como HVAC de precisão. Da mesma forma, caso haja presença de agentes externos agressivos, como atmosfera salina, enxofre, pó condutivo, entre outros, é necessário a utilização de sistema de pressurização para garantir que estes não contaminem os equipamentos, nem a eletrônica interna ao Eletrocentro (GRUPO WEG - Unidade Automação, 2017).

Além de todos os testes de rotina previstos para cada equipamento, segundo Bammesberger (2020, p. 64), o eletrocentro e seus equipamentos devem ser novamente testados, de forma integrada, em fábrica conforme NBR's e IEC's pertinentes a cada equipamento, proporcionando garantia de funcionamento.

### **2.5.3 Equipamentos principais**

Dentre os principais equipamentos utilizados nos Eletrocentros, Luzville Engenharia (2020) destaca os painéis de média tensão, os quais, conforme NBR IEC 62271-200, devem ser tipo AIS ou GIS (isolados a ar ou gás), apresentando garantia de continuidade de serviço e compartimentação tipo LSC1-2B-PM ou LSC2A, além de ser resistentes a arco interno com classificação IAC (*Internal Arc Classification*) AFL (acesso restrito a pessoas autorizadas para acesso frontal e lateral ao painel) ou ALFR (acesso restrito a pessoas autorizadas para acesso frontal, lateral e traseiro ao painel).

Tem-se também os transformadores, os quais podem ser tipo à óleo, instalado do lado externo do eletrocentro, ou à seco, instalado no interior do eletrocentro em baia exclusiva para o transformador, conforme apresentado na Figura, utilizando sistema de exaustão afim de garantir a temperatura média especificada pelo fabricante (LUZVILLE ENGENHARIA, 2020).

Segundo Bammesberger (2020, p. 51), podem-se ter também os painéis de baixa tensão, estes devem ser tipo TTA (*Type-Tested Assemblies*) ou PTTA (*Partially Type-Tested Assemblies*), conforme NBR IEC 60439-1.

Segundo Luzville Engenharia (2020) estes painéis de baixa tensão devem ser resistentes a arco interno conforme IEC 61641, apresentando compartimentação interna 2b, 3b ou 4b, com instalação encostada na parede com acesso 100% frontal, ou afastado da parede com acesso traseiro.

Além destes, segundo Mancini (2010), tem-se ainda os painéis de automação, os quais devem ser desenvolvidos de acordo com as necessidades de projeto, tendo em vista as possíveis arquiteturas e protocolos de comunicação passíveis de serem utilizados de acordo com as alternativas de integração com os sistemas existentes.

As conexões entre os equipamentos internos ao eletrocentro podem ser realizadas através de dutos de barras ou cabos, conforme necessidade do projeto e requisitos do cliente.

Figura 2.12 – Baia do transformador em Eletrocentro instalado



Fonte: Luzville Engenharia (2020).

### 3 PROJETO

Considerando o objetivo de, além de realizar a análise de custo-benefício entre uma Subestação em Alvenaria e uma em Eletrocentro, também apresentar em detalhes as tecnologias empregadas nos novos Eletrocentros, foram realizadas algumas modificações no posicionamento de determinados equipamentos utilizados inicialmente na construção do Supermercado para demonstrar as diversas alternativas de montagem dos Eletrocentros.

Faz-se isso em função da procura por comparar dois projetos semelhantes, considerando uma nova instalação, não a substituição de uma instalação existente.

Dessa forma, para aprimorar a análise de custo-benefício realizada sobre os projetos em questão, primeiramente será descrito o projeto utilizado como base, desenvolvido em 2015 para a construção do Supermercado. Em seguida será apresentada uma modificação para parte deste projeto em alvenaria, de modo a proporcionar um comparativo mais realista em relação ao Eletrocentro a ser projetado.

Esta sugestão conta com componentes atualizados para o ano de 2021, uma vez que alguns dos equipamentos que foram utilizados na construção em 2015 atualmente caíram em desuso ou não são mais recomendados para novas instalações.

Trata-se do reprojeto da Subestação Elétrica das lojas de um supermercado. Situado em Joinville – SC, com 36 mil metros quadrados, ele representa, além de um supermercado, um centro de compras e lazer, com praça de alimentação, farmácia, pet shop, salão de beleza, posto do Correios e diversas lojas e quiosques.

#### 3.1 PROJETO DE ALVENARIA INICIAL

A partir do memorial desenvolvido pela equipe de engenharia responsável pela obra e construção do Supermercado foram definidas as especificações do projeto para a SE em alvenaria que foi construída para o uso final. Assim, tem-se a necessidade do desenvolvimento de um projeto para uma entrada de serviço classe de tensão 15 kV para as instalações comerciais em questão. (DPM, 2013)

Na entrada de energia utilizou-se uma cabine em alvenaria para realizar a medição em alta tensão; uma cabine em alvenaria com 2 transformadores de 500kVA, os quais funcionam em paralelo a um grupo motor-gerador alocado nesta mesma cabine com seus devidos quadros de transferência automáticos, no caso de uma possível ocorrência de falta de energia por parte da concessionária, para alimentação do mercado; e uma cabine em alvenaria com um transformador de 750kVA para alimentação das lojas anexas ao mercado, conforme planta de implantação do APÊNDICE A, na qual está destacado em vermelho a localização destas cabines

e do QGBT; nesta planta já foi adicionado o Eletrocentro e a alternativa de reposicionamento do QGBT por via de informação, destacados em verde.

Os transformadores utilizados apresentam tensão secundária de 380 V. O ramal de entrada é derivado de um poste da Celesc - item 08 da legenda do APÊNDICE A - da rede de média tensão (13,8kV) indo para outro poste implantado próximo ao alinhamento predial da instalação - item 01 da legenda do APÊNDICE A. Deste poste sai, através de uma caixa de passagem, 4 cabos de cobre de bitola #50 mm<sup>2</sup> e classe de isolamento 12/20 kV em alumínio, instalados em 1 eletroduto corrugado, tipo Kanalex de diâmetro Ø4", envelopados em concreto com 600mm de profundidade, com faixa de marcação, e deixando folga de 2 metros nas caixas de passagem até a cabine de medição, proteção e transformação.

A caixa de entrada da cabine é de 80x80x80 cm, com dispositivo de lacre, assim como no poste de entrada. Das muflas de entrada da cabine seguem barramentos de cobre eletrolítico de seção circular com diâmetro de Ø3/8", que passam pelos TC's e TP's de medição da concessionária. Destes o barramento segue para as buchas de passagem que isolam o cubículo de medição do cubículo restante. Ainda no primeiro cubículo, no mesmo suporte que as muflas, estão instalados para-raios poliméricos classe 15 kV 5 kA.

A proteção na alta tensão é feita por chave seccionadora de 15 kV-5 kA na entrada do cubículo de proteção de 400 A, após a seccionadora foi instalado um disjuntor de proteção geral do sistema sendo o mesmo do tipo PVO, à pequeno volume de óleo, classe 15 kV, 250 MVA, In=630 A, com bobina de abertura e intertravamento Kirk com a chave seccionadora geral. Ele pode ser acionado por relé secundário SEPAM S10, o qual está instalado num quadro de proteção secundária, juntamente com nobreak. Esse relé deve possuir as funções 50/51 e 50/51N.

Do terceiro cubículo sai a alimentação da Subestação das lojas, essa alimentação se dá a partir de 4 cabos de 50mm<sup>2</sup>. No quarto cubículo tem-se a medição da concessionária. No quinto cubículo sai a alimentação da Subestação Mercado, a partir de 4 cabos de 50 mm<sup>2</sup>.

A proteção contra descargas atmosféricas na alta tensão foi feita através de para-raios instalados nas pontas do ramal subterrâneo, estes são tipo polimérico, classe 15 kV, I<sub>cc</sub>=5 kA. O aterramento utilizado foi feito através de cabo de cobre nu #25 mm<sup>2</sup> ligado direto na haste, e a interligação entre eles foi feita através de cordoalha de cobre com largura de 10 mm.

O quadro de medição – uma caixa tipo EN - está fixado na parte de trás da cabine, seguindo os padrões vigentes em norma da concessionária.

A demanda contratada para o projeto em questão é de 800 kW, com a tarifa classificada no grupo A horo sazonal verde.

A malha de aterramento da cabine de medição está interligada às malhas de terra do restante das instalações. Também de uma haste de aterramento foi derivado um cabo de #25mm<sup>2</sup> para realizar aterramento das partes metálicas não energizadas em cada cabine e nas caixas de medição. O neutro do transformador foi interligado diretamente na malha da cabine através de cabo de cobre nu com seção nominal #95mm<sup>2</sup>. No interior da caixa tipo “EN” o aterramento da carcaça foi feito através de cabo de cobre nu, seção nominal #25mm<sup>2</sup>. A resistência de terra não deve ser superior a 10 Ω em qualquer época do ano. Todos os eletrodutos instalados em áreas sujeitas a tráfego de veículo possuem envelope em concreto.

O diagrama unifilar proposto inicialmente para esta instalação com os equipamentos elétricos devidamente apresentados está representado no APÊNDICE B.

### 3.2 PROJETO DE ALVENARIA ATUALIZADO

Tendo como base as instalações construídas para o Supermercado em 2015, realiza-se agora uma atualização do projeto de sua chamada “Subestação Lojas”. Para isso serão consideradas duas saídas após a medição geral da instalação, uma seguirá para o transformador das lojas, que será detalhado a seguir, a outra sairá para uma subestação anexa que não será projetada neste caso, somente mencionada, que se trata da “Subestação Mercado – Transformação e Geração”, a qual é responsável pela alimentação do mercado, tanto pela rede CELESC, quanto pelo grupo motor-gerador, em uma possível ocorrência de falta de energia na rede.

Considera-se a cabine de medição em média tensão de 4,60 m X 7,00 m, com altura de 3,00 m e a cabine de transformação de 750 kVA de 4,00 m X 6,00 m, com altura de 4,00 m, conforme instalado inicialmente.

O ponto de derivação da rede, o ramal de ligação, o ponto de entrega, e o ramal de entrada serão considerados os mesmo do projeto original, da mesma forma que os condutores inicialmente dimensionados, uma vez que a carga analisada se mantém a mesma. Os equipamentos e condições alterados estão descritos a seguir.

Considera-se a utilização de um para-raio de distribuição de uso interno, com sistema neutro aterrado, detonador automático 12 a 15kV, corrente nominal de descarga 10 kA, conforme determinado pela Norma Técnica N-321.0002 da CELESC (2016, p. 44).

Para seccionadora anterior ao disjuntor geral, opta-se pela utilização de uma chave seccionadora tripolar, de desligamento sem carga, classe 15 kV 400A, Icc 25KA/1s, de uso interno, com lâmina de aterramento, com bloqueio mecânico e certificada pela CELESC. Ela inclui comando rotativo bloco em aço com bloqueio kirk e sinalização; alavancas articuláveis;

suporte para punho; eixo prolongador de 1 metro e mancal; e tubo de interligação do eixo da chave com o comando de 1 metro.

Opta-se, também, por realizar a troca no disjuntor de proteção geral do sistema, partindo de um disjuntor tipo PVO para um conjunto “on-board” com proteção secundária incorporada, em plataforma de aço, com as mesmas características elétricas. Assim, tem-se um disjuntor tripolar de MT, com seccionamento isolado a SF6, classe 17,5 kV,  $I_n=630$  A, com capacidade de interrupção mínima de 25 kA, com dispositivo de intertravamento mecânico com comando motorizado, bobinas de abertura e fechamento e nobreak de 600 V incorporado, com carrinho de sustentação com rodas. Nesta mesma plataforma, para atender à norma da Celesc, tem-se uma fonte capacitiva com duas saídas, uma para o circuito de trip do disjuntor e outra para alimentação auxiliar do relé.

Para realizar o acionamento deste disjuntor, atualmente, é necessário a utilização de um equipamento mais completo se comparado com o Sepam S10, uma vez que este não apresenta proteções de corrente e de falha do disjuntor, somente de sobrecorrente de fase e de fuga à terra. Dessa forma opta-se pelo primeiro modelo que atende a todos os requisitos da norma, o Sepam S23.

Em relação as seccionadores anteriores às saídas para os transformadores, utiliza-se duas chaves seccionadoras tripolares, para desligamento sob carga, com molas pré-carregadas para abertura ultrarrápida, da classe 15 kV 400A,  $I_{cc}$  25KA/1s, de uso interno, com lâmina de aterramento, com bloqueio mecânico e certificadas pela CELESC. Elas também incluem comando rotativo bloco em aço com bloqueio kirk e sinalização; alavancas articuláveis; suporte para punho; eixo prolongador de 1 metro e mancal; e tubo de interligação do eixo da chave com o comando de 1 metro.

Nesse sentido, a medição agora, deverá unificada, sendo realizada antes de ambas as saídas para os transformadores. Faz-se isso uma vez que no Eletrocentro se utilizará de um padrão de entrada de energia homologado pela Celesc, procurando utilizar um circuito o mais semelhante possível para viabilizar a comparação. Em função desta alteração na medição não se tem mais necessidade da seccionadora anterior à medição, conforme apresentado no diagrama unifilar atualizado desta Subestação, dado no APÊNDICE C.

### 3.3 PROJETO EM ELETROCENTRO

Considerando o projeto da subestação em alvenaria descrito na Seção 3.2, será realizado o reprojeito desta subestação na forma de um Eletrocentro, uma sala metálica pré-fabricada - invólucro metálico - para abrigo de uma SE blindada. Este projeto será realizado de forma mais

minuciosa se comparado com os anteriores, com o intuito apresentar em detalhes as tecnologias empregadas nos novos Eletrocentros para ampliar os conhecimentos sobre estas tecnologias, enfatizando as especificações dos equipamentos mais cruciais ao funcionamento do Eletrocentro.

Como trata-se de uma instalação em Santa Catarina, sob a concessão da CELESC, somente montadoras devidamente homologadas e certificadas estão autorizadas a realizar a fabricação e instalação de subestações em invólucro metálico (blindada), devendo apresentar certificado de seus ensaios de certificação. Por este motivo, este projeto da subestação em Eletrocentro toma por base os padrões já estabelecidos e homologados pela própria CELESC, mantendo o padrão de instalações anteriores já aprovadas pela mesma.

Para este projeto da “Subestação Lojas” será considerado como base algumas informações dadas no memorial descritivo da obra inicial para possibilitar os cálculos a seguir. Utiliza-se a demanda da instalação, conforme mencionada, de 800 kW; a potência do transformador de 750 kVA; para o ramal de ligação subterrâneo utiliza-se cabos de fase de alumínio de 50 mm<sup>2</sup> e de neutro de 25 mm<sup>2</sup>, instalados em eletroduto corrugado, tipo Kanalex de diâmetro Ø4”, envelopados em concreto com 600mm de profundidade.

### **3.3.1 Estrutura Mecânica**

Considerando esses padrões mencionados, opta-se por um Eletrocentro de 2,7 m de largura, 7,5 m de comprimento, 2,8 m de pé direito e 3,35 m de altura externa, sem considerar o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas. A sala de painéis apresenta dimensões internas de 2,5 m de largura por 4,7 m de comprimento, enquanto a sala do transformador apresenta 2,5 m de largura e 2,6 m de comprimento. Assim, ele é capaz de acomodar apropriadamente todos os equipamentos necessários, apresentando ainda certo espaço reserva para possível expansão, conforme apresentado no APÊNDICE D.

A estrutura do eletrocentro será constituída com base nos padrões de fabricação deste equipamento utilizados pela empresa Semacald, em parceria com a Luzville Engenharia. A base do Eletrocentro deve ser construída através de perfis metálicos de aço estrutural, longarinas, transversinas e travessas, que formam um quadro para atender à capacidade de carga estipulada em projeto. Sobre esta estrutura devem ser fixadas as chapas piso, será considerada a utilização da “chapa #9” de aço - bitola MSG (Manufacturer’s Standard Gauge) N. 9 - com espessura de 3,75 mm. Além disso, sobre o piso tem-se uma cobertura e acabamento adicional antiderrapante, além do tapete isolante elétrico na parte frontal dos equipamentos de manobra

– painéis de MT – como medida de proteção coletiva obedecendo à NR-10 (LUZVILLE ENGENHARIA, 2020).

Abaixo do piso tem-se uma área de 250 mm de altura onde são fixados os leitos e eletrocalhas para passagem dos cabos. Esta área é formada por colunas soldadas à base do eletrocentro e chapas de aço galvanizado modulares, com isolamento termoacústica, para fechamento nas laterais. O revestimento interno das paredes e teto é constituído por chapas de aço #18, de 1,2 mm de espessura, e as chapas externas, do piso, parede e teto são chapas #16, de 1,5 mm de espessura, para possibilitar a sustentação do material isolante e garantir a proteção da estrutura.

Entre essas chapas, tanto para piso, quanto para parede e teto, tem-se preenchimento com lã de rocha, um produto isolante formado por tramas de fibras minerais flexíveis, aglomeradas com resinas industriais, rígida, com ou sem revestimentos, responsável por proporcionar isolamento térmica e/ou absorção acústica e proteção contra fogo (BIOLÃ, 2016).

A parte específica de sustentação, interna e externa do eletrocentro, com dimensionamento das vigas, travessas e longarinas, e também dos pilotis para elevação e sustentação do eletrocentro, deve ser dimensionada detalhadamente por um projetista mecânico, realizando os devido cálculos de esforço e distribuindo-os dentro da estrutura. Por este motivo estes cálculos não serão realizados neste projeto, mas seus custos estarão inclusos no valor final da estrutura.

### **3.3.2 Estudo de Seletividade**

Em um caso real, em um projeto a ser desenvolvido, fabricado e instalado, é necessário apresentar o estudo de proteção do projeto, contendo informações sobre a metodologia utilizada, memorial de cálculo, estudo de saturação do TC, especificação técnica e acessórios dos disjuntores e relés utilizados, manual do relé, passo a passo da implementação dos valores no relé e um resumo dos dados para parametrização do relé no campo (CELESC, 2016).

Para possibilitar o desenvolvimento deste material são necessárias informações específicas sobre a carga instalada, equipamentos utilizados, padrão de consumo do cliente e todas as características elétricas da instalação. Para isso deve-se considerar até 1,3 x demanda contratada e fator de potência de 0,92 para o dimensionamento da proteção em média tensão, valores estes definidos pela Celesc em função das características do seu sistema elétrico. Além disso, sempre que houver variação da demanda de  $\pm 20\%$  da contratada, deverá ser encaminhado novo estudo completo com nova ART do profissional responsável (CELESC, 2016).

No caso deste projeto, por falta de contato com o cliente, não se têm as informações suficientes e necessárias para a realização deste estudo completo, nem os dados da Celesc das correntes de curto no ponto de conexão do consumidor. Dessa forma, fica ressaltada a necessidade do mesmo para realizar a coordenação da proteção e para atender aos requisitos necessários da Celesc. Mesmo não sendo realizado este estudo detalhadamente, o custo para sua realização estará incluso nas estimativas de preço do projeto final.

### **3.3.3 Aterramento**

No caso do Eletrocentro foi optado pela utilização de anel metálico circundando a edificação com condutor de cobre nu de 50 mm<sup>2</sup> para realização do aterramento através de esquema de ligação TN-S. O condutor de aterramento deve ser conectado à barra de terra externa do Eletrocentro conforme representado no detalhe 08 do APÊNDICE E, esta será conectada ao restante da malha de aterramento interna do Eletrocentro. Esse anel de aterramento estará a 1 m de distância da edificação, com 50 cm de profundidade. As caixas de inspeção do eletrodo de aterramento serão de alvenaria, com dimensões 30x30x40 cm, e estarão posicionadas em todas as hastes conforme o item 5.14.1 da N-321.0002 – CELESC.

### **3.3.4 Transformador**

O transformador a ser utilizado, de acordo com o diagrama unifilar inicial desenvolvido pela equipe de engenharia responsável pela obra e construção do Supermercado especifica a utilização de um transformador a seco para a subestação das lojas, de 13,8 kV para 380 V, com Z:6 %. Dessa forma, foi optado por um transformador da WEG, modelo Transformador Seco 750.0 kVA 13.8/0.38 kV CST IP-00 NA, por ser uma opção compacta, com baixo custo de instalação e fácil manutenção, conforme APÊNDICE F. Ele apresenta frequência de 60 Hz, perdas totais de 12 kW, é para instalação abrigada, impedância de 6%, classe de temperatura F (155°C) e nível de ruído de 64 dB (WEG, 2020).

### **3.3.5 Procedimento de Pintura**

Para garantir a longevidade do Eletrocentro, deve-se realizar um procedimento de pintura para o mesmo. Este procedimento deve ser validado por técnico responsável e deve ser específico para as condições ambientais nas quais será instalado. Para este processo considera-se a utilização de tintas de boa qualidade, em bom estado, conforme estipuladas detalhadamente no procedimento de pintura e que os processos de pintura sejam realizados dentro dos requisitos de condições ambientais estipulados.

Inicialmente deve-se realizar a inspeção visual da superfície do Eletrocentro para procurar pontos com vestígios de óleos, graxa e outros contaminantes e também avaliar o grau de corrosão em que ela se encontra. Em seguida ela deve passar por processo de limpeza nas regiões em que, durante a inspeção, constatou-se vestígio de óleo, graxa ou gordura, para então passar para o processo de jateamento por agente abrasivo, e preparação da superfície, para então realizar a aplicação das tintas em três “de mãos”. Toda esta pintura deve apresentar espessura de até 170  $\mu\text{m}$ . Devem ser realizadas inspeções durante todo processo de pintura, além de sobre o resultado final para validação da mesma de modo a garantir a adequação do realizado às necessidades dispostas para esta estrutura (LUZVILLE ENGENHARIA, 2019).

### **3.3.6 Painel de Média Tensão**

Com o objetivo de facilitar o entendimento do projeto será realizada uma distinção entre duas nomenclaturas: Painel e Cabine. Será chamado de painel o equipamento elétrico como um todo, que recebe energia elétrica de uma ou mais fontes de alimentação e a distribui por um ou mais circuitos, neste caso será composto por uma junção de colunas para executar esta função. A coluna, ou cabine, é uma única unidade funcional deste painel com uma função específica a desempenhar no seu conjunto.

Com base no diagrama unifilar inicial do projeto da construção do Supermercado, a entrada de serviço a ser utilizada neste caso dentro do Eletrocentro será um modelo homologado pela CELESC, a qual obedece a todas as normas e requisitos necessários para este tipo de medição, proteção e derivação de energia, além de se apresentar como uma solução modular, de tamanho e manutenção reduzidos, de fácil instalação e de operação simplificada e segura.

Em concordância com a norma N-321.0002, 05/2016 da CELESC Distribuição S.A., foram homologados, com este intuito, os conjuntos blindados fabricados pela Schneider Electric; trata-se das cabines compactas da linha SM6, destinada estritamente à ambientes internos, para Mono-medição, classe 15 kV, com proteção contra arco elétrico até 12,5 kA/1[s] e compartimentação construtiva LSC2A. Eles consistem na configuração de cabines com cubículo SM6 seguindo o padrão de colunas pré-estabelecido: GAM-2 PR + GBC-L + DM1-A/D, seguido a montagem da esquerda para a direita, com a medição realizada por 3 TCs antes do disjuntor e 2 TPs sem fusíveis, com a proteção devendo apresentar as funções 50/51, 50/51N, 50BF, 74.

Este padrão, portanto, consiste em cubículos independentes para abrigar TCs e TPs de medição, prevendo relé Sepam S23 para a proteção do sistema de cada Subestação, além de um módulo de entrada/saída MES114 com lacre. Nele também são previstas duas fontes

capacitivas, uma para o circuito de trip do disjuntor e outra para a alimentação auxiliar do relé, além da obrigatoriedade dos lacres nas células de medição (CELESC, 2016). Destaca-se que a célula de medição padronizada deve ser de no mínimo 1200 mm de largura para a alocação dos TCs e TPs, requisito importante a ser ressaltado no projeto.

Assim, a partir das colunas pré-estabelecidas para serem utilizadas, é possível desenvolver o projeto conforme a necessidade. A coluna GAM-2 PR consiste em uma coluna de entrada - este caso - ou saída de cabos, com para-raio, apresentando 375 mm de largura. A coluna GBC-L serve para a medição de corrente e/ou de tensão com seccionadora e transições superiores por barras, apresentando por padrão 750 mm de largura. Contudo, optou-se pela utilização da coluna GBC-L especial fabricada pela Schneider, com 1250 mm de largura, em função dos requisitos de dimensão mínima da CELESC (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

A próxima coluna pode ser tanto a DM1-A, quanto a DM1-D, ambas são de 750 mm e possuem disjuntor desconectável de simples acionamento, a diferença é que na primeira tem-se saída inferior e na segunda tem-se transição à direita; neste caso se utilizará da DM1-A, uma vez que, pelo Eletrocentro apresentar piso técnico removível, facilita a saída de cabos desta forma (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

Esta configuração de colunas altera um pouco o diagrama unifilar inicialmente projetado, uma vez que, desta forma, não é possível realizar a proteção conjunta para ambas as subestações. Para que isso fosse possível era necessária a utilização de uma coluna GBC-B, que apresenta especificamente esta função, entretanto como ela não se enquadra no modelo de entrada de energia homologado pela Celesc, ela não será utilizada.

Considerando que neste caso existe ainda a necessidade de uma saída adicional para transformadores distintos após a medição, será também utilizada uma coluna para esta função, uma vez que, por ela estar no final das demais, continua valendo a entrada de energia homologada. Dentre toda gama de colunas para o SM6, existiria a possibilidade de, por exemplo, utilizar mais uma coluna DM1-A, na qual poderia ser realizada, também, a proteção da “Subestação Mercado”. Entretanto, buscando reduzir custos, opta-se pela utilização de uma coluna IM, por apresentar custo extremamente inferior a DM1-A. Ela consiste em uma seccionadora com saída inferior e apresenta 375 mm de largura (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

Estas colunas consistem no “esqueleto” do painel de média tensão utilizado, conforme apresentado nas folhas 3 e 5 do APÊNDICE G, entretanto existem diversos equipamentos e acessórios os quais devem ser dimensionados com base na sua aplicação. Dessa forma, partindo da entrada de cabos na coluna GAM-2 PR, será realizado o devido dimensionamento de todos

estes componentes. Além disso, as células devem ser estocadas e instaladas em local seco, protegidas de poeiras, com variações de temperaturas limitadas para estocagem entre  $-40^{\circ}\text{C}$  e  $70^{\circ}\text{C}$  e para funcionamento entre  $-5^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$ , devendo, quando necessário, possuir equipamentos auxiliares para mantê-las funcionando nestas condições. O projeto completo deste painel está representado no APÊNDICE G.

### 3.3.6.1 Para-Raios

Inicialmente tem-se a necessidade de dimensionar o para-raio, obrigatório para atender os requisitos das normas vigentes. No memorial descritivo desenvolvido pela equipe de engenharia responsável pela obra e construção do Supermercado foi solicitado a utilização de um para-raio de 15 kV / 5 kA, entretanto, para obedecer aos requisitos normativos deve-se utilizar os equipamentos de segurança corretamente dimensionados para os equipamentos e para os quais os painéis foram ensaiados - ensaios de tipo. Dessa forma o fabricante dos painéis – Schneider – recomenda, a partir de seus ensaios para este painel, para esta classe de tensão, para-raio menor do que 13,8 kV, considerando sua margem de segurança, com capacidade de interrupção de corrente mínima de 5 kA (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

Para realizar o dimensionamento deste equipamento deve-se entender, primeiramente o que representa a tensão nominal ( $U_r$ ) do para-raio, que seria o valor de tensão eficaz à frequência industrial que é aplicado aos terminais do para-raio e para o qual o para-raio é projetado para operar corretamente e manter a sua estabilidade térmica sob condições de sobretensão temporária durante 10 segundos (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2000).

Dessa forma, deve-se conhecer a máxima tensão de operação contínua do sistema. Considerando uma máxima flutuação admitida na regulação do sistema de 5% no valor de tensão, o sistema de 13,8 kV deve possuir uma máxima tensão na casa de 14,5 kVrms. Assim a tensão fase-terra máxima em regime normal é de 8,38 kVrms. Na norma sugere-se ainda a utilização de um fator adicional de 5% para prever os efeitos de maiores tensões de crista provocados por distorções harmônicas no sistema. Portanto, tem-se então como a tensão fase-terra máxima 8,8 kVrms; dessa forma, a  $U_c$  - Tensão de Operação Contínua - do para-raio deve ser maior do que este valor, considerando ainda um fator de segurança quando desejado (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2000).

Dentre os fabricantes conhecidos deste tipo de equipamento optou-se pelo oferecido pela “Balestro”, dos quais os componentes atendem a todos os requisitos construtivos demandados destes equipamentos. A partir de suas tabelas, percebe-se como alternativa nesta

faixa de tensão para-raios de 6 kV, de 12 kV e de 15 kV de tensão nominal, procurando o valor imediatamente inferior a faixa estabelecida de 13,8 kV e superior à tensão fase-terra máxima 8,8 kVrms suportada, opta-se pelo modelo PBP-12/10/C – “para-raio p/ cubículo 12 kV/10 kA; máxima tensão 39,6 kV pico”, o qual apresenta  $U_c$  de 10,2 kVrms (BALESTRO, 2020).

Ademais, de acordo com a Norma Técnica N-321.0002 da CELESC (2016, p. 44) tem-se como “tensão nominal dos para-raios de 12kV para sistema de 15kV [...] sendo a corrente nominal de descarga de 10kA e nível de isolamento de acordo com o sistema a ser protegido”, de modo que o para-raio escolhido atendo aos requisitos estabelecidos.

### 3.3.6.2 *Indicador de Presença de Tensão*

Diversas colunas da gama SM6 já apresentam direto de fábrica um dispositivo tipo VPIS (*Voltage Presence Indicating System*) com LEDs luminosos integrados, em conformidade com a norma IEC 61958, permitindo verificar a presença ou ausência de tensão nos cabos de sua respectiva coluna. Este equipamento está presente em todas as colunas a serem utilizadas neste projeto (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

### 3.3.6.3 *Resistência de Aquecimento*

Da mesma forma que o indicador de presença de tensão, em determinadas colunas utilizadas neste projeto também é indicado pela Schneider a utilização de uma resistência de aquecimento, especialmente se a instalação é em locais com climas úmidos, para evitar a degradação acelerada dos equipamentos e chaparia do painel. Esta resistência fornecida junto com o painel deve ser de 50 W, alimentada em tensão 220 Vca, proveniente, neste caso, de uma fonte externa ao painel, o quadro de distribuição de baixa tensão (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

### 3.3.6.4 *TCs e TPs de Medição*

Para possibilitar a medição de energia por parte da concessionária devem ser instalados os transformadores de corrente e potencial. Estes ficarão alocados na coluna GBC-L, junto da antena responsável pela telemedição. Estes equipamentos não podem ser os mesmos utilizados para enviar os sinais de tensão e corrente para o disjuntor, devendo, para isso, utilizar transformadores para instrumentos independentes, os quais terão os acessos aos seus comandos para ajustes lacrados pela Celesc, ficando liberado o acesso para rearme (CELESC, 2016).

A partir da Tabela 6 da Norma Técnica N-321.0002 da CELESC, tem-se, utilizando a ligação com 2 TPs, para uma tensão nominal de 13,8 kV, uma relação de transformação de  $13,8/115=120$  para os TPs. Já para os TCs, com a tensão nominal de 13,8 kV, demanda

contratada de 800 kW, considerando um FP de 0,92, tem-se uma relação de transformação de 40:5. Equipamentos estes que devem ser fornecidos pela própria concessionária local antes da energização do sistema, esta será responsável pela especificação detalhada do equipamento a ser utilizado com base no estudo de seletividade da instalação.

#### 3.3.6.5 TP para Proteção

De acordo com a CELESC (2016, p.40) “O transformador de potencial de proteção deverá ser instalado imediatamente antes da chave seccionadora de isolamento do disjuntor, de modo a manter este equipamento sempre energizado independentemente da abertura desta chave” entretanto nesta mesma norma, N-321.0002, também é mencionado que “somente para subestação em invólucro metálico (blindada, fabricada segundo a NBR IEC 62.271-200), dada a dificuldade técnica, o TP da proteção pode ser instalado após a chave seccionadora” (CELESC, 2016, p.40), conforme é o caso deste projeto.

Este TP para proteção deve ser do tipo para ligação fase x fase – GL-1, sendo utilizado apenas 1 TP no caso deste projeto, pois, considerando os requisitos mínimos de proteção necessários, não é solicitado em norma, nem em projeto, a utilização de controle sobre possíveis alterações de tensão, como as funções 59 e 59N por exemplo.

Dessa forma, o TP de proteção tem a função de alimentar os circuitos de comando utilizados no painel, com este intuito optou-se por um TP da Brasformer com tensão nominal primária e secundária de 13,8 kV/115 V, relação de transformação nominal de 120:1, GL-1, fator de sobretensão nominal 1,2 (contínuo) e 1,2 (30s), frequência de 60 Hz, tensão máxima de 15 kV, classe de isolamento de 110 kV, carga nominal P75, classe de exatidão 0,3, potência térmica nominal de 500 VA, de uso interior, para altitudes até 1000 m (BRASFORMER, 2015). Neste caso, o valor de compra do TC é o mesmo independente da classe de exatidão, dessa forma utiliza-se o mais preciso dentre as opções que atendem a esta função, optando-se pelo modelo BPS-12-500VA; 0,3P75; GL-1.

#### 3.3.6.6 TCs para Proteção

Em relação aos TCs, será necessária a utilização de 3 para atender às funções de corrente demandadas no relé. Eles devem ficar instalados entre a chave seccionadora de isolamento e o disjuntor (CELESC, 2016). Considerando o sistema integrado entre relé e disjuntor, não será considerada a impedância do cabo de interligação do secundário do TC até o relé, apenas as características do próprio relé.

Como este TC está protegendo o transformador responsável pela alimentação das lojas, deve-se calcular a corrente deste ramal para o trafo de 750 VA pela equação (1).

$$I_{tr} = \frac{750}{\sqrt{3} \times 13,8} = 31,4A \quad (1)$$

Assim, tem-se a corrente nominal primária e secundária dos TCs  $I_{TCp} = 40A$  e  $I_{TCs} = 5A$ , com relação nominal de 8:1. Para a tensão nominal de 13,8 kV, tem-se a tensão máxima de 15 kV para o TC e classe de isolamento de 95 kV.

Considerando o consumo das cargas ligadas ao secundário do TC, neste caso apenas o relé de proteção, pode-se definir a carga nominal a ser especificada, dentre as cargas nominais padronizadas. Considerando, a partir do catálogo do relé de proteção, o consumo do relé ligado ao secundário como sendo 0,5 VA a 5 A (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020, p.72), a especificação seria de 2,5 VA, entretanto, considerando os TCs disponíveis no mercado encontrados, utiliza-se o de 7,5 VA.

Tem-se também apenas 1 núcleo para medição por TC, com classe de exatidão 10P, classe A de temperatura (105 °C), com fator térmico de  $1,2 \cdot I_n$ , corrente térmica nominal  $80 \cdot I_n = 3,2$  kA, com corrente dinâmica nominal de 8,0 kA e fator de sobrecorrente 20, conforme limite imposto pela Celesc. Ele será de uso interior, para altitudes inferiores a 1000 m. Dessa forma, atendendo a todos estes requisitos dimensionados, utiliza-se o TC da Brasformer BCS11C 7,5VA 10P 20 (BRASFORMER, 2015).

### 3.3.6.7 Chave Seccionadora

Serão necessárias nesse projeto duas chaves seccionadoras, uma para a coluna DM1-A e uma para a IM. Elas devem “ser tripolares de comando simultâneo, com lâmina de aterramento e dispositivo de bloqueio mecânico, tipo abertura sob carga ou com intertravamento de operação com disjuntor, certificado pela Celesc” (CELESC, 2016, p. 36).

As chaves seccionadoras devem ser dimensionadas com base na tensão elétrica nominal de operação e corrente de condução, a qual deve ser compatível com a corrente nominal que conduzirá na chave (ELTROBRÁS, 1982).

A fabricante Schneider padroniza os valores de corrente nominal de acordo com a tensão do sistema para este tipo de equipamento - neste caso colunas SM6 para até 15kV - de forma que as seccionadoras selecionadas são modelos padrão para sua respectiva coluna, conforme apresentado na Figura 3.1. Elas apresentam uma vida útil de até 1000 manobras, com sinalização do status da seccionadora ligada diretamente ao seu eixo rotativo, refletindo a posição do aparelho de forma garantida. Elas possuem três posições: “fechada”, “aberta” ou “aterrada”, constituindo um intertravamento natural que impede manobras perigosas. Além disso, cada seccionadora apresenta três contatos rotativos no interior de um invólucro de resina

epóxi cheio de gás SF<sub>6</sub> (hexafluoreto de enxofre), o qual atua como isolante e agente de corte, a uma pressão relativa de 1,5 bar, fixados sobre uma estrutura que dá suporte ao comando (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

Dessa forma, considerando a especificação do aparelho recomendada pelo fabricante, utiliza-se para ambas as colunas seccionadora da linha SM6 24 kV, com tensão nominal de 13,8 kV, corrente nominal de 630 A, proteção contra arco elétrico até 12,5 kA/1[s], frequência 60 Hz, nível básico de isolamento de 95 kV, e corrente nominal de curta duração admissível de 20 kA/1[s] (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

Na DM1-A utiliza-se o modelo “CS1-24kV-630A-DM” na qual a abertura e fechamento com operação é dependente de alavancas. Já na IM utiliza-se a “CIT-24kV-630A-IM”, na qual a energia necessária para as manobras é obtida comprimindo-se uma mola que, após a passagem do ponto morto, provoca o fechamento ou a abertura do aparelho (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

Figura 3.1 – Célula seccionadora de painéis SM6



Fonte: Schneider Electric (2020, p. 22)

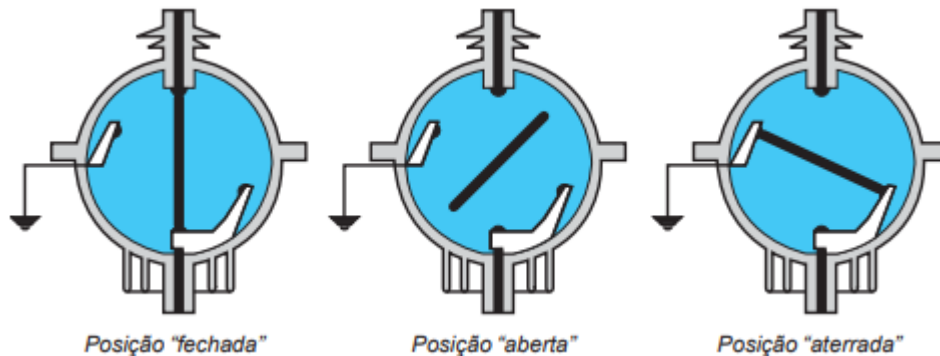
#### 3.3.6.8 Chave de Terra

A chave de terra presente nas seccionadoras é utilizada para habilitar o terceiro estágio de conexão da mesma. Ela pode estar “fechada”, conforme apresentado na imagem a esquerda da Figura 3.2, possibilitando a passagem de energia entre alimentação da coluna e o disjuntor ou circuito subsequente; pode estar “aberta”, conforme apresentado na imagem do meio, somente impedindo a passagem dessa corrente; ou pode estar “aterrada”, conforme imagem à direita, ligando os circuitos subsequentes à malha de terra na qual a coluna deve estar conectada.

A operação dessa chave de terra obedece ao comportamento da seccionadora, sendo seu acionamento ou por molas, ou por alavanca, conforme descrito anteriormente. Considerando que ambas estão no interior do mesmo invólucro blindado e isolado a gás SF<sub>6</sub>, a chave de terra

dispõe inclusive de um poder de fechamento em curto-circuito, conforme algumas normas internacionais.

Figura 3.2 – Estágios de conexão da seccionadora



Fonte: Schneider Electric (2020, p. 24)

Na coluna DM1-A, esta chave de terra tem como principal função não permitir um retorno de 13,8 kV indevido caso ocorra alguma falha no comando posterior ao TP de proteção. Já na IM é uma forma de aterrar todos os circuitos subsequentes.

Na coluna DM1-A tem-se também uma chave de terra a jusante do disjuntor, ela apresenta capacidade de fechamento de 2 kA nesta célula em questão, e têm a função de ligar o circuito entre a saída do disjuntor e seu circuito subsequente à malha de aterramento quando necessário.

### 3.3.6.9 Disjuntor de Média Tensão

Para especificar o disjuntor utilizado na coluna DM1-A deve-se considerar os valores de corrente nominal padronizados de acordo a tensão nominal do sistema onde o mesmo deve ser conectado. Da mesma forma que as chaves seccionadoras, para escolher o disjuntor apropriado verifica-se o valor de corrente nominal disponível no mercado, que corresponda a tensão de fornecimento da unidade consumidora, é suficiente maior que a corrente nominal que conduzirá na chave (ELTROBRÁS, 1982).

Considerando isso utiliza-se o disjuntor de média tensão fixo SF1; 17,5 kV - 20 kA, 630 A de corrente nominal; modelo de disjuntor FLUARC recomendado pela fabricante com a menor corrente disponível para disjuntor à tensão nominal de 13,8 kV, frequência 60 Hz e nível básico de isolamento de 95 kV, conforme apresentado na Figura 3.3. Este modelo utiliza a tecnologia SFSet ou SF1, constituído por três polos separados, fixados sobre uma estrutura que suporta o comando. Cada polo contém todas as partes ativas no interior de um invólucro isolante preenchido de SF6 à pressão relativa de 0,5 bar, atendendo ao “sistema à pressão selada” e sua estanqueidade é sistematicamente verificada na fase de fabricação. Sua vida útil mecânica é de

10.000 manobras; vida útil elétrica de 40 aberturas a 12,5 kA, ou 25 aberturas a 25 kA, ou 10.000 aberturas a  $I_r$  (corrente nominal),  $\cos \phi = 0,7$ , classe E2 (SCHNEIDER ELECTRIC, 2008).

A operação deste disjuntor é independente de fechamento. Ele opera em 2 tempos com carregamento do comando por alavanca ou motorização, depois libera a energia armazenada por botão pulador (I) ou bobina. Operação independente de abertura por botão pulador (O) ou bobinas. O mecanismo de controle elétrico via motorização realiza ciclos de religamento e é automaticamente recarregado após cada fechamento, a alavanca auxiliar é usada apenas como um mecanismo operacional de backup para armar o disjuntor no caso de ausência da fonte de alimentação auxiliar (SCHNEIDER ELECTRIC, 2008).

Figura 3.3 – Disjuntor MT fixo SF1, FLUARC



Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC (2020, p. 24 e 45)

#### 3.3.6.10 Intertravamentos Funcionais

Com o intuito de impedir manobras indevidas nos equipamentos do painel, utiliza-se dos intertravamentos funcionais. Eles consistem em restrições na realização de determinadas operações com o objetivo de garantir a segurança da instalação e dos operadores do sistema. Dessa forma, no caso deste painel em questão, tem-se alguns intertravamentos a serem utilizados, alguns específicos para cada coluna, alguns em função da finalidade da operação. Neste sentido destaca-se, considerando os equipamentos específicos das colunas, que:

- O fechamento da seccionadora sob carga somente será possível, se a chave de terra estiver aberta e a tampa frontal no lugar.
- O fechamento da chave de terra somente será possível, se a seccionadora sob carga estiver aberta.
- A abertura da tampa de acesso às conexões somente será possível, se a chave de terra estiver fechada.
- A seccionadora será bloqueada na posição aberta quando a tampa de acesso aos cabos for removida. As operações da chave de terra são então possíveis para testes. (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020, p. 49).

Da mesma forma, tem-se também que o acesso ao compartimento de conexão do disjuntor e da seccionadora está condicionado ao fechamento da chave de terra (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

Se tratando das funções específicas das colunas, tem-se que:

- O fechamento da(s) seccionadora(s) somente será possível, se o disjuntor estiver aberto e a tampa frontal de acesso na posição “travado” (tipo 50).
- O fechamento da(s) chave(s) de terra somente será possível se a(s) seccionadora(s) estiver(em) aberta(s).
- A abertura da tampa frontal de acesso somente será possível se: o disjuntor estiver aberto e travado, a(s) seccionadora(s) estiver(em) aberta(s), a(s) chave(s) de terra estiver(em) fechada(s).
- Para efetuar manobras sem carga no disjuntor é possível travar a(s) seccionadora(s) na posição aberta (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020, p. 49).

Além dos intertravamentos funcionais, utiliza-se uma proteção adicional para “impedir o fechamento da chave de terra em uma célula de proteção de transformador, se o disjuntor de baixa tensão não tiver sido travado na posição “aberto” ou “extraído” (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020, p. 49). Este intertravamento é utilizado na coluna DM1-A para a proteção dos circuitos subsequentes à célula.

### 3.3.6.11 Nobreak

O *Nobreak* é um equipamento de proteção de energia que possui baterias internas, de forma que, além de proteger os equipamentos dos distúrbios da rede elétrica, evitando a queima, o mal funcionamento ou a redução da vida útil, ele também assegura a continuidade da energia em casos de falta. Neste caso, assegura principalmente a atuação da proteção do relé, garantindo a segurança e a correta operação das proteções no caso de uma eventual falta de energia (NHS, 2019).

Dessa forma, para o correto dimensionamento deste equipamento deve-se saber, primeiramente, quais os equipamentos serão protegidos pelo *Nobreak*; neste caso tem-se o disparador capacitivo de duas saídas, o relé de proteção, o módulo de entradas/saídas, as bobinas de abertura e fechamento do disjuntor e alimentação do comando e sinalização do painel. Somando a potência consumida por todos estes equipamentos, tem-se uma potência aparente em torno de 700 VA. O *Nobreak* escolhido deve, também, atender aos requisitos de

alimentação disponíveis na instalação, como ele será alimentado pelo TP de proteção, este deve apresentar uma tensão de entrada nominal de até 115 V, 60 Hz, mesma tensão e frequência que ele deve entregar na saída para os circuitos os quais irá alimentar.

Dessa forma, considerando uma margem de segurança e possibilidade de futuras expansões, opta-se por um *Nobreak* de 1000VA da NHS, modelo MINI III EXT 1000 VA. Este modelo apresenta seleção de alimentação bivolt automática, com faixa de frequência de 47 a 63 Hz, com faixa de tensão de entrada de 95 a 140 V para alimentação à 120 V e de 180 a 245 V para alimentação à 220 V. A sua tensão de saída padrão é de 120 V - podendo ser configurado internamente para 220 V – sua frequência é 60 Hz, com autonomia a carga típica de 11 min, a meia carga de 17 min e a plena carga de 6 min, tempo este disponível para retornar ao funcionamento normal de alimentação da rede (NHS, 2021).

#### 3.3.6.12 *Relé de Proteção*

A utilização do relé de proteção para acionar o equipamento de disjunção principal é obrigatória para garantir a segurança da instalação, no entanto ele também apresenta outras funções. Ele realiza a proteção eficaz dos bens e das pessoas, as medições precisas e diagnósticos detalhados, o controle integral do equipamento e a sinalização e operação local ou remota (CELESC, 2016).

O relé de proteção deve atender à algumas funções mínimas necessárias para permitir sua utilização. Ele deve ser capaz de realizar, pelo menos, as seguintes funções de acordo com a tabela ANSI: 50 (sobrecorrente instantânea); 51 (sobrecorrente de tempo inverso); 50N (sobrecorrente de neutro instantânea); 51N (sobrecorrente de neutro de tempo inverso); 74 (dispositivo de monitoramento da continuidade do circuito de trip); autocheck com sinalização de defeito; bloqueio de Inrush; falha no disjuntor e contato seco disponível em caso de falha do relé (CELESC, 2016).

Neste projeto o relé tem como principal função realizar a proteção da subestação das lojas e seus circuitos subsequentes, dessa forma é optado pela utilização da série S20 de relés de proteção da Schneider. Ela apresenta todos os requisitos mínimos e funções necessários para sua utilização em subestação.

Com o intuito de melhorar ainda mais sua utilização opta-se pelo modelo SEPAM S23, pois além das funções de corrente usuais, ele também apresenta proteção específica sobre falha do disjuntor. Ele apresenta 10 entradas lógicas; 8 saídas a relé; 1 porta de comunicação; e 8 entradas para sensores de temperatura. Além disso, para adaptar-se ao maior número de situações possível e permitir atualizações futuras da instalação, podem ser adicionados módulos

opcionais a qualquer momento, para ampliar sua gama de utilizações possível (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

Ele apresenta 4 unidades disponíveis para proteção de sobrecorrente de fase (funções 50,51) com dois grupos de ajuste; 4 unidades disponíveis para proteção de fuga à terra/fuga à terra sensível (funções 50N/51N 50G/51G); 1 unidade disponível para proteção de falha do disjuntor (função 50BF) e 1 unidade disponível para proteção de desbalanço/corrente de sequência negativa (função 46). Além disso, ele apresenta função para medição de corrente de fase  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  e RMS; corrente residual  $I_0$ ; demanda de corrente  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ; demanda máxima de corrente  $I_{M1}$ ,  $I_{M2}$ ,  $I_{M3}$ ; corrente de trip  $TripI_1$ ,  $TripI_2$ ,  $TripI_3$ ,  $TripI_0$ ; taxa de desbalanço/corrente de sequência negativa  $I_i$ ; Oscilografia; e Corrente acumulada de curto (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

#### 3.3.6.13 Módulo de Entrada/Saída

Utiliza-se o módulo obrigatório de entradas e saídas MES114E, conforme requisito da CELESC, no qual, ao finalizar a instalação, deve-se ainda utilizar um lacre de segurança para garantir que não haja nenhuma interferência no sistema. Ele possui 10 entradas de tensão 110-125  $V_{CA}$  ou  $V_{CC}$ , 1 saída para relé de controle e 3 saídas para relé de indicação (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

#### 3.3.6.14 Disparador Capacitivo

De acordo com a NBR 14039, a alimentação do circuito de disparo do disjuntor deve ser realizada por uma fonte capacitiva. Dessa forma, a fonte de alimentação e o relé de disparo capacitivo constituem “um equipamento desenvolvido para suprimento confiável de energia a pequenos sistemas de proteção, principalmente a Proteção Geral de Média Tensão em Subestações de Entrada de Energia” (Tech Art, 2016, p. 1).

Assim, caso ocorra uma perda na alimentação auxiliar, garante-se a alimentação do relé por tempo suficiente para que ele opere, e também fornece energia para o circuito de disparo da bobina de abertura do disjuntor. Com este intuito foi optado pelo modelo BRFRDC150 da Schneider, um disparador capacitivo com duas saídas, alimentado em 115 V, 60 Hz, modelo padrão recomendado para utilização de relés de proteção da série S20 (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020).

#### 3.3.6.15 Calha de BT

Sobre as colunas GAM-2 PR, GBC-L e IM utiliza-se uma calha de baixa tensão, ela “permite instalar os elementos simples de baixa tensão, tais como sinalizadores, botões

pulsadores e multimedidores PM 700” (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020, p. 23) sendo neste caso utilizada para alocar os bornes para conexão da alimentação dos resistores de aquecimento de cada coluna. Ainda sobre essa calha passa uma caixa de controle ou caixa de ligação para entrada e passagem de cabos pela parte superior.

#### *3.3.6.16 Caixa de BT*

Sobra a coluna DM1-A utiliza-se uma caixa de baixa tensão, ela “é reservada aos acessórios de baixa tensão de grandes dimensões, ou de profundidade superior a 100 mm, ou de equipamentos complexos, tais como o Sepam série 80, conversores, inversores de fontes e unidades de telecontrole” (SCHNEIDER ELECTRIC, 2020, p. 23). Neste caso será utilizada para alocação dos equipamentos de comando em geral do painel, do módulo de entrada/saída MES114E, do relé de proteção SEPAM S23, do disparador capacitivo e do nobreak.

#### *3.3.6.17 Cabos e Barramentos*

A escolha e padronização dos cabos nos painéis SM6 leva em conta diversos fatores, tais como capacidade de corrente, queda de tensão, seção mínima, curto-circuito e resistência mecânica dos condutores. Neste caso, como trata-se dos condutores internos ao painel, não será levado em conta o critério de queda de tensão, uma vez que estes percorrerão caminhos muito curtos. Neste sentido, os cálculos para curto-circuito serão considerados apenas ao se tratar dos barramentos, uma vez que os demais condutores apresentam seções muito pequenas de forma a não necessitar deste cálculo. Para este projeto considera-se a utilização dos cabos flexíveis de baixa tensão, até 750 V, da fabricante Corfio.

Para a conexão dos resistores de aquecimento aos bornes responsáveis por sua alimentação utiliza-se de condutores já fornecidos pela fabricante, dessa forma é necessário somente realizar o dimensionamento dos condutores responsáveis pela alimentação destes bornes. Para isso utiliza-se cabos de  $1,5 \text{ mm}^2$ , considerando como seção mínima para os circuitos de comando internos ao painel  $1,5 \text{ mm}^2$  e atendendo a necessidade de capacidade de corrente para este circuito.

A conexão dos TCs e TPs de medição devem ser realizadas após a disponibilização, por parte da concessionária, destes equipamentos, através de barramentos adaptados para melhor conexão dos mesmos, atendendo aos requisitos de capacidade de corrente e curto-circuito desta gama de painéis.

A conexão da alimentação das seccionadoras é através de barramento tubular de seção  $\phi 28,5 \text{ mm}$ , com jogo de barras isolado comportando três elementos dispostos em paralelo. As

conexões são efetuadas pela parte superior do invólucro com o auxílio de repartidores de campo com parafusos integrados capacidade de condução mínima de acordo com a corrente nominal do painel.

Os barramentos, barras, lâminas e vergalhões internos ao painel utilizados, dentro de cada coluna e entre as colunas, são especificados pela fabricante e devem ser utilizados conforme recomendação em função dos ensaios dos painéis específicos de acordo com a corrente nominal, capacidade de corrente, e nível de curto-circuito dos mesmos.

A conexão do secundário do TC de proteção até o bloco de aferição de corrente, e deste até o relé de proteção é feita através de cabos de  $6 \text{ mm}^2$  para as fases e  $2.5 \text{ mm}^2$  para o terra; na norma de algumas concessionárias locais o mínimo exigido para esta conexão das fases é de  $4 \text{ mm}^2$ , entretanto para outras é de  $6 \text{ mm}^2$ , em função disso optou-se pela utilização por padrão dos  $6 \text{ mm}^2$  para atender aos requisitos de todas as concessionárias. Ressalta-se a utilização do bloco de teste depois dos TCs para aterrar as saídas caso necessário, evitando a saturação do núcleo do mesmo.

A alimentação do TP de proteção é feita através de cabo de  $4 \text{ mm}^2$ , isso deve-se à resistência mecânica necessária para este cabo. Mesmo ele alimentando um fusível de  $0.5 \text{ A}$  é necessária a utilização de um cabo de maior seção para prevenir, caso ocorra um arco elétrico, que ele não se rompa e encoste na carcaça do invólucro, criando um novo curto e um novo arco. Por este motivo, a fabricante do painel recomendada esta seção de cabo para esta conexão, conforme utilizado nos ensaios deste painel, garantindo a segurança do mesmo.

Os demais cabos utilizados foram padronizados no início do projeto e estão representados na folha de dados, seguindo este padrão durante todo o projeto, sendo F e N cinza para cabos de comando CA à  $220 \text{ V}$ , F cinza e N azul claro para comando CA à  $115 \text{ V}$  e “+” Marrom e “-” azul escuro para comando CC à  $115\sqrt{2} \text{ V}$ .

### **3.3.7 Quadro de Distribuição Local - QDL**

Para realizar a alimentação dos circuitos internos ao eletrocentro, faz-se a utilização de um quadro de distribuição local, conforme projeto no APÊNDICE H. Ele realiza a alimentação dos circuitos de iluminação, de tomadas, de iluminação de emergência, da central de alarme de incêndio, do ar condicionado, da alimentação  $220 \text{ V}_{CA}$  do SM6, do relé do transformador, do comando interno do próprio quadro, do exaustor da sala do transformador e apresenta também espaços reserva para futuras ampliações. A alimentação deste quadro vem de uma fonte externa, neste caso do QGBT, que não está no escopo deste projeto de subestação e localiza-se no

interior do galpão do supermercado, sendo alimentado pelo transformador das lojas o qual está dentro do eletrocentro.

Os cabos de BT que saem do QDL e se distribuem através dos circuitos do Eletrocentro são cabos unipolares instalados em Eletroduto de seção circular aparente, ou em leito aramado, sob o piso técnico removível.

#### *3.3.7.1 DPS*

Este quadro apresenta, por estar em um painel secundário, dispositivo para proteção de surtos DPS classe II, para proteger os equipamentos elétricos contra sobretensões causadas pelas descargas atmosféricas. Foi optado pelo DPS da linha Acti 9 da Schneider, o qual atende a todos os requisitos do circuito, apresentando nível de proteção de 1.1 kV F/PE; tensão máxima de operação contínua de 350 V F/PE e N/PE; suporte de sobretensão temporária de 337 V F/N por 5 s, ou 1200 V N/PE por 200 ms no modo de falha segura; corrente nominal de descarga de 5 kA F/PE e N/PE; corrente de impulso de 20 kA F/PE; e corrente de curto-circuito de 50 kA. Ele apresenta um disjuntor de desconexão associado, conforme recomendado em seu catálogo, da linha iC60N de 25A com  $I_{CU}$  de 10 kA. As bitolas dos condutores associados ao DPS foram utilizadas de 16 mm<sup>2</sup> considerando a norma (SCHNEIDER ELECTRIC, 2021).

#### *3.3.7.2 Circuito 01 – Iluminação Interna do Eletrocentro*

Para a iluminação interna do Eletrocentro foi escolhida a luminária hermética da Philips TCW062 2x36W, com as lâmpadas LEC modelo TLD32W. Sua disposição foi feita dividindo o eletrocentro em seus dois ambientes, a sala de painéis, que deveria apresentar 500 lux em seu plano de trabalho, e a sala do transformador, que deveria apresentar 300 lux em seu plano de trabalho (PHILIPS, 2017). O modo de instalação desta luminária pode ser observado no Detalhe 03 do APÊNDICE E.

Para facilitar o dimensionamento deste circuito foi realizado um estudo luminotécnico para a estrutura interna do Eletrocentro através do software desenvolvido pela empresa DIAL, o DIALux. Foram utilizadas 6 luminárias na sala de painéis e 2 luminárias na sala do transformador para atingir o objetivo de iluminação desejado. Os resultados encontrados junto com as devidas disposições das luminárias dentro do eletrocentro estão dispostos no APÊNDICE I.

Considerando as luminárias escolhidas tem-se a potência total do circuito 556 VA com uma corrente de 2,53 A. Considerando a bitola mínima para circuitos de iluminação, conforme

tabela 14 da NBR 5410:2004, tem-se que o cabo será de #1,5 mm<sup>2</sup> e opta-se pela utilização do disjuntor de 10 A curva C.

### **3.3.7.3** *Circuito 02 – Tomada Interna do Eletrocentro*

Considerando que a parte interna do Eletrocentro é considerada uma “zona de risco” de acordo com a NR10, somente profissional qualificado, ambientado com os procedimentos técnicos e operacionais tem permissão de adentrar no mesmo. Neste sentido, é suficiente a utilização de apenas uma tomada dentro de cada ambiente, considerando uma eventual necessidade de alimentação de equipamento para manutenção, a norma estabelece a necessidade de pelo menos uma. Dessa forma tem-se que a potência do circuito é de 1200 VA com uma corrente de 5,45 A. Pela bitola mínima para circuitos de tomada, conforme tabela 14 da NBR 5410:2004, o cabo será de #2,5 mm<sup>2</sup> e o disjuntor escolhido será de 16 A curva C.

### **3.3.7.4** *Circuito 03 – Iluminação de Emergência*

O circuito 03 alimenta a luminária de emergência e o indicador de saída responsável pela sinalização da rota de fuga da sala de painéis. Não se tem a necessidade destes equipamentos na sala dos transformadores em função da proibição de permanência de pessoas neste local, que deve ser, inclusive, fechada com tela aramada.

O modelo da luminária escolhida é o BLA 1200 da Intelbras, com autonomia de até 4 horas, lâmpadas de LED nos faróis direcionáveis, com fluxo luminoso de 1200 lúmens e consumo de 3 W (INTELBRAS, 2021a). O modelo do indicador de saída é o 4632001, também da Intelbras. Ele apresenta autonomia de até 3 horas, fluxo luminoso de 30 lúmens através de 8 LEDs de alto brilho, com potência máxima de 1 W (INTELBRAS, 2021b).

Opta-se pela utilização da mesma bitola de cabo e dispositivo de proteção do circuito de iluminação, cabo de #1,5mm<sup>2</sup> e disjuntor de 10 A curva C.

### **3.3.7.5** *Circuito 04 – Central de Alarme de Incêndio*

O circuito 04 é responsável pela alimentação da central de alarme de incêndio. Foi optado pelo modelo CIC 24L da Intelbras, com consumo em vigília máximo de 7 W. Além deste equipamento utiliza-se também os detectores de temperatura e fumaça no teto da sala de painéis e no entre-piso da sala de painéis e do trafo e o detector de fumaça no teto da sala do trafo. Tem-se, também um acionador manual de incêndio convencional e o sinalizador audiovisual do lado de fora da porta do Eletrocentro. Todos estes equipamentos adicionais

pertencem à mesma linha convencional de alarme de incêndio da Intelbras (INTELBRAS, 2021c).

Considerando a baixa potência de todos estes equipamentos e a bitola mínima para circuitos de sinalização e circuitos de controle de  $0,5 \text{ mm}^2$ , conforme tabela 14 da NBR 5410:2004, opta-se novamente pelo cabo  $1,5 \text{ mm}^2$  e disjuntor de 10 A curva C, atendendo às necessidades de alimentação de todos os componentes e apresentando disponibilidade para adição de outros equipamentos auxiliares para esta central, conforme necessidade.

### 3.3.7.6 Circuito 05 – Ar Condicionado do Eletrocentro

A partir das dimensões escolhidas para o Eletrocentro na seção 3.3.1 é possível escolher o condicionador de ar responsável por manter a temperatura dentro dos limites estabelecidos para os equipamentos. Considerando a área interna do Eletrocentro de  $20,25 \text{ m}^2$ , optou-se pelo modelo “Split Elgin Eco Power Só Frio High Wall 18000 BTUs HWFI18B2IA 220V”. Este modelo apresenta classificação A do Inmetro, e selo Procel, com eficiência energética de 3,24 W/W e consumo de 1630 W/h (ELGIN, 2021).

Para a utilização dentro do Eletrocentro opta-se por eliminar o controlador de temperatura próprio do ar condicionado, uma vez que, com o mesmo, não é possível escolher o “range” de temperatura que opera. Utilizando um controlador de temperatura externo e programável, como o modelo MT-543Ri plus da Full Gauge, é possível fazer com que a condensadora opere em maiores intervalos de tempo, por menos vezes, aumentando a vida útil do equipamento. Isso pode ser utilizado pois dentro do Eletrocentro não se tem a necessidade de manter uma temperatura constante, como está automaticamente programado nos ar condicionados convencionais, mas sim dentro dos limites de segurança dos equipamentos (FULL GAUGE, 2006).

Além disso, com a utilização do controlador externo, tem-se a alimentação da condensadora e da evaporadora através de contatores. Dessa forma, no caso de uma queda de energia, sem a utilização destes equipamentos o ar condicionado, ao retornar, estaria desligado, o que não pode ocorrer; ele deve manter a regulação da temperatura interna o tempo inteiro, por este motivo é necessária a utilização destes equipamentos. A partir disso, tem-se a evaporadora sempre ligada, realizando a ventilação, e a condensadora operando a partir do comando do controlador de temperatura.

Opta-se também pela utilização de um contato auxiliar em uma das saídas do controlador de temperatura, com isso é possível enviar um sinal de alarme externo para monitoramento fora do eletrocentro.

Considerando a corrente máxima indicada para o ar condicionado pelo fabricante de 9,2 A e a dos demais equipamentos associados a este, opta-se pela utilização de um disjuntor de 16 A curva C, e cabos com bitola de 2,5 mm<sup>2</sup>.

#### **3.3.7.7 Circuito 06 – Alimentação 220 Vca do SM6**

O circuito 06 é responsável pela alimentação 220 Vca do painel de média tensão – SM6. Considerando que no SM6 ele será utilizado, neste caso, apenas para a alimentação das resistências de aquecimento, a potência do circuito é de 200 W. Entretanto, devido a modularidade do SM6 deve-se considerar possível expansão do mesmo a longo prazo, além da possibilidade de conectar, de acordo com a necessidade, outros equipamentos nesta tensão. Considerando uma possível expansão de até mais duas colunas de 750 mm no SM6, teria um adicional de mais duas resistências de aquecimento de 50 W.

Dessa forma, , a partir da bitola mínima para circuitos de sinalização e circuitos de controle de 0,5 mm<sup>2</sup>, conforme tabela 14 da NBR 5410:2004, opta-se novamente pelo cabo 1,5 mm<sup>2</sup> e disjuntor de 10 A curva C. Assim, considerando a capacidade de corrente deste cabo, tem-se possibilidade de expansão deste circuito de controle com dispositivos somando até 1,5 kW adicionais de potência sem a necessidade de troca de fiação e proteção do circuito.

#### **3.3.7.8 Circuito 07 – Alimentação 220 Vca Relé TR-001**

O circuito 07 é responsável pela alimentação do monitor de temperatura do transformador – função 49 da tabela ANSI. Este equipamento vem junto com o transformador e deve ser instalação adequadamente no comissionamento da estrutura. O contato deste relé é utilizado no circuito de comando para ligar/desligar o exaustor da sala do transformador. Considerando a baixa corrente deste circuito de controle, utiliza-se novamente cabo 1,5 mm<sup>2</sup> e disjuntor de 10 A curva C, de forma que o circuito apresenta folga suficiente para expansões futuras.

#### **3.3.7.9 Circuito 08 – Alimentação 220 Vca do Comando**

No caso deste painel, o circuito de controle e comando alimenta apenas a bobina do contator que aciona o exaustor da sala do transformador. Como trata-se de uma corrente muito baixa, utiliza-se cabo de #1,0 mm<sup>2</sup> e disjuntor de 10 A curva C, apresentado ainda bastante espaço para expansão no comando neste circuito caso necessário.

### 3.3.7.10 Circuito 09 – Exaustor do Trafo

Para dimensionar o exaustor da sala do transformador deve-se utilizar a potência dissipada pelo próprio trafo, considerar a variação de temperatura admitida e a vazão necessária. Nesse sentido, nas especificações do transformador utilizado tem-se 12 kW de perdas totais. A partir do manual de transformadores à seco da WEG, tem-se que ao volume de ar de refrigeração – vazão – em  $\text{m}^3/\text{min}$ , deve ser cinco vezes o valor das perdas totais do transformador dissipadas a  $115\text{ }^\circ\text{C}$ , em kW (WEG 2019). Dessa forma tem-se que a vazão mínima do exaustor deve ser de  $60\text{ m}^3/\text{min} - 3600\text{ m}^3/\text{h}$ . A partir desse valor de vazão foi possível escolher o exaustor. Optou-se pelo modelo VA 500 de 1,0 cv com  $10100\text{ m}^3/\text{h}$  de vazão, atendendo, com uma margem de segurança, ao valor calculado (AEROVILLE, 2021).

Com isso deve-se então dimensionar os equipamentos para realizar a partida direta deste exaustor conforme acionado pelo monitor de temperatura do transformador. Para isso foi utilizado o aplicativo “EcoStruxure™ Motor Control Configurator” da Schneider. Com ele é possível obter diretamente a associação dos componentes recomendados para cada tipo de partida a partir das características do motor. Assim, tem-se um disjuntor termomagnético modelo GV2ME07 com regulagem térmica de 1,6 a 2,5 A, um contato auxiliar com 1 NA+1NF para utilizar na alimentação da bobina do contator e um contator tripolar modelo LC1D09M7 de 9 A. Esta associação já leva em conta a corrente de partida do motor com tempo inferior à curva do disjuntor, possibilitando a correta operação da associação sem prejudicar as demais partes do sistema. Ela pode ser analisada através do identificador de configuração “9e647da8-2658-4b72-8e80-997e84fd1ee4” dentro do aplicativo (SCHNEIDER, 2021).

Dessa forma utiliza-se a bitola mínima estabelecida para os circuitos de força, de  $\#2,5\text{ mm}^2$ , conforme tabela 14 da NBR 5410:2004.

### 3.3.8 Eletrodutos

Com base nas regras de dimensionamento de eletrodutos a partir da NBR5410, a partir da taxa de ocupação dos mesmos, tem-se que a taxa de ocupação deve ser menor ou igual à 40% para 3 ou mais condutores. Considerando que todos os circuitos instalados são unipolares, e que os condutores de BT são tipo Eprotenax Gsette EPR 0,6/1 kV da Prysmian e de MT são tipo Eprotenax Compact 105, também da Prysmian, foi possível dimensionar os eletrodutos, os quais devem ser galvanizados a fogo, as eletrocalhas e os leitos a serem utilizados no Eletrocentro para melhor disposição dos circuitos. Para isso foram utilizados os diâmetros dos condutores conforme catálogo do fabricante.

- Eletroduto com até 5 condutores de  $\#1,5\text{ mm}^2$

A área total máxima ocupada considerada pelos condutores é determinada pela equação (2).

$$S_{TOTAL} = 5 \cdot 19,63 = 98,17 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

Para essa área calculada tem-se a necessidade de eletroduto de  $\phi 3/4''$ , o qual possui área útil de  $138,6 \text{ mm}^2$ . Este foi o eletroduto mínimo a ser considerado para o Eletrocentro para, por se tratar de uma área pequena, manter o padrão estético do ambiente.

- Eletroduto com 4 condutores de  $\#2,5 \text{ mm}^2$

A área total máxima ocupada considerada pelos condutores é determinada pela equação (3).

$$S_{TOTAL} = 4 \cdot 22,90 = 91,6 \text{ mm}^2 \quad (3)$$

Para essa área calculada tem-se a necessidade de eletroduto de  $\phi 3/4''$ , o qual possui área útil de  $138,6 \text{ mm}^2$ .

- Eletroduto com 3 condutores de  $\#2,5 \text{ mm}^2$  e 2 condutores de  $\#1,5 \text{ mm}^2$

A área total máxima ocupada considerada pelos condutores é determinada pela equação (4).

$$S_{TOTAL} = 3 \cdot 22,90 + 2 \cdot 19,63 = 107,98 \text{ mm}^2 \quad (4)$$

Para essa área calculada tem-se a necessidade de eletroduto de  $\phi 3/4''$ , o qual possui área útil de  $138,6 \text{ mm}^2$ .

- Eletroduto com 3 condutores de  $\#2,5 \text{ mm}^2$  e 6 condutores de  $\#1,5 \text{ mm}^2$

A área total máxima ocupada considerada pelos condutores é determinada pela equação (5).

$$S_{TOTAL} = 3 \cdot 22,90 + 6 \cdot 19,63 = 186,52 \text{ mm}^2 \quad (5)$$

Para essa área calculada tem-se a necessidade de eletroduto de  $\phi 1''$ , o qual possui área útil de  $225,6 \text{ mm}^2$ .

- Eletroduto com 3 condutores de  $\#2,5 \text{ mm}^2$  e 4 condutores de  $\#1,5 \text{ mm}^2$

A área total máxima ocupada considerada pelos condutores é determinada pela equação (6).

$$S_{TOTAL} = 3 \cdot 22,90 + 4 \cdot 19,63 = 147,25 \text{ mm}^2 \quad (6)$$

Para essa área calculada tem-se a necessidade de eletroduto de  $\phi 1''$ , o qual possui área útil de  $225,6 \text{ mm}^2$ .

- Eletrocalha com 9 condutores de  $\#2,5 \text{ mm}^2$  e 6 condutores de  $\#1,5 \text{ mm}^2$

A Eletrocalha é calculada de modo a evitar a necessidade da aplicação de FCA. Dessa forma tem-se que a largura e altura mínimas devem ser calculadas pelas equações (7) e (8).

$$L_{min} = 4 \cdot 5,4 + 2 \cdot 5,4 + 2 \cdot 5,4 + 2 \cdot 5,4 + 3 \cdot 5,4 + 2 \cdot 5,4 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 5 = 131 \text{ mm} \quad (7)$$

$$H_{min} = 5,4 \text{ mm} \quad (8)$$

A partir disso, opta-se pela utilização da eletrocalha de 150 mm X 50 mm.

- Eletrocalha fechada com 4 condutores de #70 mm<sup>2</sup>

Para os cabos de MT, os quais serão especificados detalhadamente na seção 3.3.9, deve-se utilizar Eletrocalha fechada, com o intuito de separá-los dos demais circuitos. Ela deve ter largura e altura mínimas conforme calculado nas equações (9) e (10).

$$L_{min} = 4 \cdot 22 = 88 \text{ mm} \quad (9)$$

$$H_{min} = 22 \text{ mm} \quad (10)$$

A partir disso, opta-se pela utilização da eletrocalha fechada de 100 mm X 50 mm.

Sob o piso técnico removível tem-se um leito aramado. A partir da disposição inicial dos circuitos, sua largura mínima deve ser de 129 mm. Entretanto opta-se pela utilização de leito de 400 mm X 100 mm, o qual deve conter septo para divisão dos circuitos, conforme apresentado no Detalhe 04 do APÊNDICE E. Desta forma tem-se folga suficiente para eventuais expansões do Eletrocentro no futuro.

### 3.4 ALIMENTADORES ESPECIAIS

Em relação aos cabos externos ao Eletrocentro, serão considerados para efeito de análise apenas os cabos que serão alterados e representarão alteração significativa de custo. Neste sentido, será proposta uma realocação do Eletrocentro se comparado com a posição inicial da subestação de medição construída para o Supermercado. Isso deve-se ao fato de ter sido optado pela alocação do transformador dentro do próprio Eletrocentro; isso representa uma redução considerável de cabos de MT, porém um acréscimo nos cabos de BT. Sugere-se que o Eletrocentro seja instalado conforme representado no APÊNDICE A, destacado em verde.

Já para o QGBT, que antes estava alocado na “Subestação Lojas” destacado em vermelho no APÊNDICE A, considera-se seu reposicionamento para a mesma sala dos quadros de distribuição dos circuitos subsequentes, conforme destacado em verde. Desta forma se reduz a distância a ser percorrida pelos cabos de BT que saem do QGBT, reduzindo a queda de tensão e os custos totais com cabos, além de possibilitar a redução da bitola de alguns alimentadores. Assim, os alimentadores que inicialmente deveriam percorrer o caminho em azul apresentado no APÊNDICE A, percorrem caminhos extremamente inferiores.

No projeto inicial foram utilizados para os cabos de MT 4#70mm<sup>2</sup> saindo da cabine de medição, até a entrada do transformador da “Subestação Lojas”, devendo estes percorrer

aproximadamente 210 m. No caso do Eletrocentro estes devem percorrer apenas aproximadamente 9 m. Redimensionando estes cabos através do Software “PRYSMIAN CABLES AND SYSTEMS”, o qual já leva em consideração o modelo da cabo escolhido, a forma de instalação, a distância percorrida pelo circuito, a quantidade de circuitos agrupados, além das características elétricas, como corrente e tensão do circuito, deve-se manter os  $4 \times 70 \text{mm}^2$ , alterando apenas a distância percorrida pelos mesmos, conforme apresentado no APÊNDICE J. Para MT será considerada a utilização de cabos tipo Eprotenax Compact 105 da Prysmian, para tensões entre 8,7 e 15 kV, de cobre, unipolar (PRYSMIAN GROUP, 2021).

Em relação aos cabos de BT, foi optada pela utilização de cabos tipo Eprotenax Gsette EPR 0,6/1 kV da Prysmian. Inicialmente eram necessários cabos de  $4(3 \times 185 \text{mm}^2) + T \times 95 \text{mm}^2$  entre o transformador e o QGBT, percorrendo aproximadamente 4 m. No caso do Eletrocentro, considerando a realocação do mesmo e do QGBT, conforme destacado em verde no APÊNDICE A, estes devem percorrer aproximadamente 35 m. Redimensionando estes cabos, pelo critério de capacidade de corrente deve-se manter a utilização de  $4(3 \times 185 \text{mm}^2) + T \times 95 \text{mm}^2$ .

Inicialmente, o QGBT apresentava 6 circuitos de saída com disjuntor de 400 A cada, saindo com cabos de  $2(3 \times 120 \text{mm}^2) + T \times 70 \text{mm}^2$ , devendo percorrer aproximadamente 100 m para chegar até seu respectivo quadro de distribuição. Com o reposicionamento do QGBT, estes cabos devem percorrer uma distância entre 5 e 25 m, dependendo de para qual quadro o circuito está saindo. Redimensionando estes cabos, pelo critério de capacidade de corrente será utilizado  $2(3 \times 70 \text{mm}^2) + T \times 35 \text{mm}^2$ .

É necessário, ainda, realizar o dimensionamento do circuito que vai do QGBT para alimentar o QDL dentro do Eletrocentro, percorrendo aproximadamente 35 m. Considerando o disjuntor geral do QDL de 40 A, deve-se utilizar, tanto pelo método de capacidade de corrente, quanto pelo de queda de tensão, cabos de  $3 \times 6 \text{mm}^2 + T \times 4 \text{mm}^2$ .

Vale ressaltar que esta alteração do local da instalação do Eletrocentro é possível considerando a modularidade do mesmo, uma vez que, desta forma, ele mantém-se na mesma distância da via pública, apresentado, inclusive, no local escolhido para sua instalação, poste para possibilitar a entrada de energia, mantendo os custos da entrada de energia conforme o projeto inicial do Supermercado. Destaca-se que foi considerado que a “Subestação Mercado – Transformação e Geração” foi mantida no mesmo local do projeto inicial. A distância do Eletrocentro até a mesma mantém-se, aproximadamente, igual à distância da subestação de proteção inicial à “Subestação Mercado”, de forma que não se faz necessário redimensionamento dos cabos e nem alteração de custo dos mesmos.

### 3.5 SPDA

Considerando as características elétricas e construtivas do Eletrocentro e seu entorno, além de ressaltar as proteções contra incêndio utilizadas, como extintores e a central de alarme de incêndio e contra choque elétrico, como avisos de alerta nos equipamentos e acesso restrito a pessoas autorizadas, é possível realizar o cálculos dos riscos para a estrutura do Eletrocentro. Dessa forma, tem-se um fator de risco de  $1,41 \cdot 10^{-5}$ .

Percebe-se que o valor do risco obtido se mostra maior que o permitido, devendo ser realizadas modificações para reduzi-lo. Adicionando um SPDA nível III ao projeto é possível recalcular os riscos e perceber que, desta forma, atende aos requisitos mínimos de proteção necessários, obtendo, assim, um fator de risco de  $5,32 \cdot 10^{-6}$ .

Para um SPDA nível III será considerada a utilização captores no teto, a chaparia do próprio Eletrocentro como descida para condução externa e garantindo a condutividade até o eletrodo de aterramento. Utilizando o método da esfera rolante, com uma esfera de 45 m, conforme estabelecido para SPDA nível III, é possível distribuir os captores sobre a estrutura do Eletrocentro, conforme APÊNDICE K. Garantindo, assim, a condutividade elétrica de forma duradoura entre eles e a estrutura e entre a estrutura e o eletrodo de aterramento, assegurando a proteção da estrutura contra descargas atmosféricas.

## 4 ANÁLISE COMPARATIVA

Com base nos projetos da seção 3.2 e 3.3 da “Subestação Lojas” é possível realizar as estimativas de valores para possibilitar as devidas análises e comparações.

### 4.1 ANÁLISE DE CUSTOS

#### 4.1.1 Investimento Subestação em Alvenaria

A partir da atualização da Subestação instalada inicialmente do Supermercado em questão, foi possível obter orçamentos de suas respectivas etapas para cálculo de seus custos totais. Estes custos foram divididos em parte elétrica e civil e custos de materiais e de serviços, para a Subestação de medição e para a de transformação, uma vez que estas foram construídas em locais distintos.

##### 4.1.1.1 Custos da Subestação de Medição – Parte Elétrica

Na Tabela 1 tem-se os valores considerados dos custos de materiais da parte Elétrica da Subestação de Medição. Este orçamento foi elaborado pela equipe da Luzville Engenharia a partir do diagrama unifilar e das dimensões da subestação em questão, considerando todos os equipamentos necessários para o comissionamento e instalação da mesma. Buscando otimizar o trabalho, foram inseridos na tabela apenas os itens de maior destaque e maior valor, como conjunto disjuntor, seccionadoras e alguns acessórios os quais valem a pena ser ressaltados, entretanto o custo total considerado engloba os valores específicos de todos os equipamentos e acessórios necessários para a construção e comissionamento da subestação, como eletrodutos, condutores, muflas, terminais para fixação de cabos, entre outros.

Tabela 1 – Estimativa de custos com materiais elétricos para a Subestação de Medição

Item	Descrição	Fabricante	Qtd	Unid	Preço Unit. Materiais	Preço Total Materiais
1.1.1	Materiais					
1.1.1.1	Para-raio 12 a 15kV, corrente nominal de descarga 10kA	Sieletric	3	pç	190,15	570,45
1.1.1.2	CAVALETE DE PROTEÇÃO MT COM DISJUNTOR: Conjunto "on-board" com proteção secundária incorporada, plataforma de aço. Disjuntor tripolar de MT, com isolamento a vácuo ou SF6, classe 17,5kV, In=630A, 60Hz, capacidade de interrupção mín. 25kA	Sieletric	1	cj	39.800,10	39.800,10
1.1.1.3	Chave Seccionadora Tripolar, desligamento sem carga, 15KV 400A, Icc 25KA/1s, uso interno, com lâmina de aterramento, com bloqueio mecânico	Sieletric	1	pç	4.341,70	4.341,70

(continua)

						(conclusão)
1.1.1.4	Chave Seccionadora Tripolar, desligamento sob carga, com molas pré carregadas para abertura ultra-rápida, 15KV 400A, Icc 25KA/1s, uso interno, com lâmina de aterramento, com bloqueio mecânico	Sieletric	2	pç	10.748,90	21.497,80
1.1.1.5	Fusível Limitador de corrente	Sieletric	6	pç	565,80	3.394,80
1.1.1.6	Cavalete para montagem dos TC's e TP's com regulação vertical	Sieletric	1	pç	1.049,50	1.049,50
1.1.1.7	Placas informativas e de advertência	Luzville	12	pç	72,60	871,20
1.1.1.8	Cabos internos à subestação	Corfio	150	m	2,49	373,50
1.1.1.9	Bloco autônomo para iluminação de emergência, 9W	Segurimax	2	pç	149,16	298,32
1.1.1.10	Interruptor 1 tecla simples 10A/250V, uso externo, a prova d'água	Schneider	2	pç	121,44	242,88
1.1.1.11	Luminária blindada para lâmpadas fluorescentes ou LED	Olivo	2	pç	116,16	232,32
1.1.1.12	Tomada hexagonal 10A/250V, uso interno, em condutele	Schneider	6	pç	16,50	99,00
1.1.1.13	Cabo de cobre nu seção #25mm <sup>2</sup> - aterramento	Luzville	47	m	48,63	2.285,61
1.1.1.14	Extintor de incêndio	Luzville	2	pç	514,80	1.029,60
1.1.1.15	Estrado de borracha de segurança - tapete isolante elétrico até 15kV - dim. 100x100x2,5cm	Luzville	3	pç	646,80	1.940,40
1.1.1.16	Acessórios diversos	Luzville	1	vb		27.346,76
<b>Total Materiais</b>						<b>105.373,94</b>

Fonte: Adaptado de Luzville Engenharia (2021)

Além dos custos com materiais, devem-se levar em conta os custos de serviços e mão de obra para esta instalação. Para este projeto o valor total orçado para serviços foi de R\$37.934,62. Dessa forma, tem-se para a Subestação de Medição um custo total da parte elétrica de R\$143.308,56.

#### 4.1.1.2 Custos da Subestação de Transformação – Parte Elétrica

Da mesma forma que para a Tabela 1, optou-se pela apresentação de uma versão reduzida dos equipamentos orçados buscando otimizar este trabalho. Assim, estão apresentados na Tabela 2 os valores considerados dos custos da parte Elétrica da Subestação de Transformação.

Tabela 2 – Estimativa de custos com materiais elétricos para a Subestação de Transformação

							(continua)
Item	Descrição	Fabricante	Qtd	Unid	Preço Unit. Materiais	Preço Total Materiais	
1.2.1	Materiais						
1.2.1.1	Chave Seccionadora Tripolar, desligamento sob carga, com molas pré carregadas para abertura ultra-rápida, 15KV 400A, Icc 25KA/1s	Selux	1	pç	10.748,90	10.748,90	

							(conclusão)
1.2.1.2	Fusível Limitador de corrente	Selux	3	pç	565,80		1.697,40
1.2.1.3	Cabos internos à subestação	Corfio	90	m	2,49		224,10
1.2.1.4	Bloco autônomo para iluminação de emergência, 9W	Segurimax	1	pç	149,16		149,16
1.2.1.5	Interruptor 1 tecla simples 10A/250V, uso externo, a prova d'água	Schneider	1	pç	121,44		121,44
1.2.1.6	Luminária blindada para lâmpadas fluorescentes ou LED	Olivo	1	pç	116,16		116,16
1.2.1.7	Tomada hexagonal 10A/250V, uso interno, em condutele	Schneider	3	pç	16,50		49,50
1.2.1.8	Barramento de equipotencialização principal (BEP)	Luzville	1	pç	858,00		858,00
1.2.1.9	Caixa para inspeção do aterramento da SE com tampa de PVC	Luzville	2	pç	72,60		145,20
1.2.1.10	Estrado de borracha de segurança - tapete isolante elétrico até 15kV - dim. 100x100x2,5cm	Luzville	1	pç	646,80		646,80
1.2.1.11	Transformador à Seco 750.0 kVA 13.8/0.38 kV CST IP-00 NA - f 60 Hz, perdas totais de 12 kW, instalação abrigada, Z=6%, classe F	WEG	1	pç	65.736,74		65.736,74
1.2.1.12	Acessórios diversos para montagem	Luzville	1	vb			20.518,50
<b>Total Materiais</b>							<b>101.011,90</b>

Fonte: Adaptado de Luzville Engenharia (2021)

Além dos custos com materiais, devem-se levar em conta os custos de serviços e mão de obra para esta instalação. Para este projeto o valor total orçado para serviços foi de R\$36.364,28. Dessa forma, tem-se para a Subestação de Transformação um custo total da parte elétrica de R\$137.376,18.

#### 4.1.1.3 Custos da Subestação de Transformação – Parte Civil

O orçamento da parte civil das Subestações foi elaborado pela equipe da CDF Construtora a partir do diagrama unifilar e das dimensões da subestação em questão, considerando todos os equipamentos necessários para o comissionamento e instalação da mesma. Foi realizada a separação dos custos com materiais e serviços para a obtenção dos custos totais da parte civil da Subestação de Transformação, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Estimativa de custos civis para a Subestação de Transformação

								(continua)
Item	Descrição	Qtd	Unid	Materiais		Mão de Obra		
				Preço Unit	Total	Preço Unit.	Total	
<b>1.3.1</b>	<b>Serviços Preliminares</b>	<b>1</b>	<b>vb</b>	<b>4.312,00</b>	<b>4.312,00</b>	<b>1.713,84</b>	<b>1.713,84</b>	
1.3.1.1	Mobilização/ Desmobilização / Canteiro de obras	1	vb	1.650,00	1.650,00	714,84	714,84	
1.3.1.2	Projeto estrutural de concreto armado / ART	1	vb	2.662,00	2.662,00	999,00	999,00	

							(conclusão)
<b>1.3.2</b>	<b>Estrutura em concreto armado (Fundação. supraestrutura. laje) / Alvenaria / Reboco / Pintura</b>	<b>24</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>557,33</b>	<b>13.375,92</b>	<b>348,13</b>	<b>8.355,12</b>
<b>1.3.3</b>	<b>Alvenaria / Reboco / Pintura</b>	<b>1</b>	<b>vb</b>	<b>10.791,72</b>	<b>10.791,70</b>	<b>13.380,48</b>	<b>13.380,48</b>
1.3.3.1	Alvenaria em bloco cerâmico esp. 14cm	88	m <sup>2</sup>	58,36	5.135,68	40,29	3.545,52
1.3.3.2	Chapisco e reboco em paredes e laje	214	m <sup>2</sup>	10,77	2.304,78	39,58	8.470,12
1.3.3.3	Pintura com tinta acrílica em paredes e laje	214	m <sup>2</sup>	15,66	3.351,24	6,38	1.365,32
<b>1.3.4</b>	<b>Impermeabilização de laje com material a base cimentícia</b>	<b>35</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>30,25</b>	<b>1.058,75</b>	<b>25,53</b>	<b>893,55</b>
<b>1.3.5</b>	<b>Esquadrias / Grades metálica</b>	<b>1</b>	<b>vb</b>	<b>23.595,00</b>	<b>23.595,00</b>	<b>1.404,15</b>	<b>1.404,15</b>
<b>1.3.6</b>	<b>Caixas de passagem / Tubulações</b>	<b>1</b>	<b>vb</b>	<b>3.151,50</b>	<b>3.151,50</b>	<b>2.716,36</b>	<b>2.716,36</b>
1.3.6.1	Caixas de passagem com tampa metálica padrão Celesc	2	un	1.452,00	2.904,00	879,49	1.758,98
1.3.6.2	Abertura e fechamento de vala para ligação da sala elétrica as caixas	15	m	16,50	247,50	63,83	957,45
<b>1.3.7</b>	<b>Remoção de entulho / Limpeza final</b>	<b>1</b>	<b>vb</b>	<b>770,00</b>	<b>770,00</b>	<b>1.106,67</b>	<b>1.106,67</b>
<b>TOTAL</b>	<b>Subestação Abrigada Transformação - 4.00x6.00m. Alt. 4.00m</b>				<b>57.054,87</b>		<b>29.570,17</b>

Fonte: Adaptado de CDF Construtora (2021)

Dessa forma, tem-se para a Subestação de Transformação um custo total da parte civil de R\$86.625,04.

#### 4.1.1.4 Custos da Subestação de Medição – Parte Civil

Da mesma forma que para a Subestação de Transformação, foi elaborado o orçamento para a Subestação de Medição pela equipe da CDF Construtora considerando todos os equipamentos necessários para o comissionamento e instalação da mesma. Foi realizada a separação dos custos com materiais e serviços para a obtenção dos custos totais da parte civil da Subestação de Medição, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Estimativa de custos civis para a Subestação de Medição

Item	Descrição	Qtd	Unid	Materiais		Mão de Obra	
				Preço Unit.	Total	Preço Unit.	Total
<b>1.4.1</b>	<b>Serviços Preliminares</b>	<b>1</b>	<b>vb</b>	<b>4.895,00</b>	<b>4.895,00</b>	<b>1.713,84</b>	<b>1.713,84</b>
1.4.1.1	Mobilização/Desmobilização/ Canteiro de obras	1	vb	1.870,00	1.870,00	714,84	714,84
1.4.1.2	Projeto estrutural de concreto armado / ART	1	vb	3.025,00	3.025,00	999,00	999,00
<b>1.4.2</b>	<b>Estrutura em concreto armado (Fundação. supraestrutura. laje) / Alvenaria / Reboco / Pintura</b>	<b>32,2</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>480,99</b>	<b>15.487,88</b>	<b>300,45</b>	<b>9.674,49</b>
<b>1.4.3</b>	<b>Alvenaria / Reboco / Pintura</b>	<b>1</b>	<b>vb</b>	<b>11.614,82</b>	<b>11.614,82</b>	<b>13.991,09</b>	<b>13.991,09</b>
1.4.3.1	Alvenaria em bloco cerâmico esp. 14cm	81,6	m <sup>2</sup>	58,36	4.762,18	40,29	3.287,66
1.4.3.2	Chapisco e reboco em paredes e laje	208	m <sup>2</sup>	10,77	2.240,16	39,58	8.232,64

							(conclusão)
1.4.3.3	Pintura com tinta acrílica em paredes e laje	208	m <sup>2</sup>	15,66	3.257,28	6,38	1.327,04
1.4.3.4	Impermeabilização de laje com material a base cimentícia	44,8	m <sup>2</sup>	30,25	1.355,20	25,53	1.143,74
<b>1.4.4</b>	<b>Esquadrias / Grades metálica</b>	<b>1</b>	<b>vb</b>	<b>35.695,00</b>	<b>35.695,00</b>	<b>2.042,40</b>	<b>2.042,40</b>
<b>1.4.5</b>	<b>Caixas de passagem / Tubulações</b>	<b>1</b>	<b>vb</b>	<b>4.653,00</b>	<b>4.653,00</b>	<b>3.787,41</b>	<b>3.787,41</b>
1.4.5.1	Caixas de passagem com tampa metálica padrão Celesc	3	un	1.452,00	4.356,00	879,49	2.638,47
1.4.5.2	Abertura e fechamento de vala para ligação da sala elétrica as caixas	18	m	16,50	297,00	63,83	1.148,94
<b>1.4.6</b>	<b>Remoção de entulho / Limpeza final</b>	<b>1</b>	<b>vb</b>	<b>904,75</b>	<b>904,75</b>	<b>1.291,12</b>	<b>1.291,12</b>
<b>TOTAL</b>	<b>Subestação Abrigada Medição - 4.60x7.00m. Alt. 3.00m</b>				<b>73.250,44</b>		<b>32.500,35</b>

Fonte: Adaptado de CDF Construtora (2021)

Dessa forma, tem-se para a Subestação de Medição um custo total da parte civil de R\$105.750,79.

#### 4.1.1.5 Custos com Alimentadores Especiais

Além dos custos da parte elétrica e da parte civil, deve-se ressaltar ainda, para a Subestação em alvenaria, os custos com os alimentadores especiais utilizados neste projeto, os quais foram dimensionados e especificados na seção 3.4. Neste caso estes cabos foram enquadrados apenas na parte de materiais, desconsiderando serviço e mão de obra para os mesmos; estes estão representados na Tabela 5.

Tabela 5 – Estimativa de custos com alimentadores especiais – Alvenaria

Item	Descrição	Fabricante	Qtd	Unid	Preço Unit. Materiais	Preço Total Materiais
1.5.1	Materiais					
1.5.1.1	Cabo de cobre unipolar isol. MT Eprotenax Compact 105 8,7 a 15 kV seção 70mm <sup>2</sup>	Prysmian	210	m	123,28	25.888,80
1.5.1.2	Cabo de cobre unipolar isol. BT Eprotenax Gsette EPR 0,6/1 kV seção 185mm <sup>2</sup>	Prysmian	52	m	129,73	6.746,22
1.5.1.3	Cabo de cobre unipolar isol. BT Eprotenax Gsette EPR 0,6/1 kV seção 95mm <sup>2</sup>	Prysmian	4	m	68,10	272,42
1.5.1.4	Cabo de cobre unipolar isol. BT Eprotenax Gsette EPR 0,6/1 kV seção 120mm <sup>2</sup>	Prysmian	4200	m	85,84	360.510,89
1.5.1.5	Cabo de cobre unipolar isol. BT Eprotenax Gsette EPR 0,6/1 kV seção 70mm <sup>2</sup>	Prysmian	100	m	52,01	5.201,00
<b>Total Materiais</b>						<b>398.619,32</b>

Fonte: Adaptado de Luzville Engenharia (2021)

#### 4.1.2 Investimento Subestação em Eletrocentro

A partir da Subestação em Eletrocentro projetada na Seção 3.3 foi possível realizar o orçamento do equipamento completo. Estes custos foram divididos em custos de materiais e de serviços no orçamento elaborado pela equipe da Luzville Engenharia.

Na Tabela 6 estão representados os principais equipamentos e componentes considerados no Eletrocentro, com seus respectivos custos agregados. A pedido da empresa responsável pelo orçamento, alguns valores referentes a preços de determinados equipamentos não serão divulgados, mas estão considerados no custo total.

Tabela 6 – Estimativa de custos – Eletrocentro

Item	Descrição	Fabricante	Qtd	Unid.	Preço Unit. Materiais	Preço Total Materiais
2.1.1	Materiais e equipamentos					
2.1.1.1	Ar condicionado - split	Elgin	1	un	2.148,24	2.148,24
2.1.1.2	Eletrocalhas	Luzville	1	vb	-	-
2.1.1.3	Emergência	Intelbras	1	vb	223,47	223,47
2.1.1.4	Exaustor	Aeroville	1	un	2.193,50	2.193,50
2.1.1.5	Central de Incêndio e Extintor	Intelbras	1	vb	1.982,39	1.982,39
2.1.1.6	Grelhas	Luzville	1	vb	-	-
2.1.1.7	Painel auxiliar - QDL	Luzville	1	un	10.705,33	10.705,33
2.1.1.8	Transformador Seco 750.0 kVA 13.8/0.38 kV CST IP-00 NA	WEG	1	un	65.736,74	65.736,74
2.1.1.9	SM6	Schneider	1	vb	196.264,44	196.264,44
2.1.1.10	Tubulações	Luzville	1	vb	-	-
2.1.1.11	Outros	Luzville	1	vb	-	-
2.1.1.12	Terminais	Luzville	4	vb	-	-
2.1.1.13	Cabos BT iluminação	Prysmian	1	vb	-	-
2.1.1.14	Muflas	Luzville	6	un	-	-
2.1.1.15	Iluminação	Philips	8	un	149,206	1.193,65
2.1.1.16	Eletrocentro - 7,5x2,7x3,35m	Semacald	20,3	m <sup>2</sup>	270.978,74	270.978,74
2.1.1.17	Cabos terra	Prysmian	1	vb	-	-
2.1.1.18	Cabos Incêndio	Luzville	100	m	-	-
2.1.1.19	Conectores terra	Luzville	2	un	-	-
2.1.1.20	Acessórios Diversos	Luzville	1	vb	-	-
<b>Total Materiais</b>						<b>595.350,00</b>

Fonte: Adaptado de Luzville Engenharia (2021)

Além dos custos totais do Eletrocentro, deve-se acrescentar os custos com os alimentadores especiais utilizados neste projeto, os quais foram dimensionados e especificados na seção 3.4. Neste caso estes cabos foram enquadrados apenas na parte de materiais, desconsiderando serviço e mão de obra para os mesmos e estão representados na Tabela 7. Vale

ressaltar que estes cabos alimentam os mesmos circuitos que os alimentadores especiais da Subestação em Alvenaria, apenas foram redimensionados em função da realocação de alguns equipamentos, ocasionando alteração na distância percorrida pelos mesmos.

Tabela 7 – Estimativa de custos com alimentadores especiais – Eletrocentro

Item	Descrição	Fabricante	Qtd	Unid	Preço Unit. Materiais	Preço Total Materiais
2.2.1	Materiais					
2.2.1.1	Cabo de cobre unipolar isol. Eprotenax Compact 105 seção 70mm <sup>2</sup>	Prysmian	9	m	123,28	1.109,52
2.2.1.2	Cabo de cobre unipolar isol. BT Eprotenax Gsette EPR 0,6/1 kV seção 185mm <sup>2</sup>	Prysmian	455	m	129,73	59.029,40
2.2.1.3	Cabo de cobre unipolar isol. BT Eprotenax Gsette EPR 0,6/1 kV seção 95mm <sup>2</sup>	Prysmian	35	m	68,10	2.383,66
2.2.1.4	Cabo de cobre unipolar isol. BT Eprotenax Gsette EPR 0,6/1 kV seção 70mm <sup>2</sup>	Prysmian	574	m	52,01	29.853,72
2.2.1.5	Cabo de cobre unipolar isol. BT Eprotenax Gsette EPR 0,6/1 kV seção 35mm <sup>2</sup>	Prysmian	30	m	25,24	757,12
2.2.1.6	Cabo de cobre unipolar isol. BT Eprotenax Gsette EPR 0,6/1 kV seção 6mm <sup>2</sup>	Prysmian	140	m	4,92	688,87
2.2.1.7	Cabo de cobre unipolar isol. BT Eprotenax Gsette EPR 0,6/1 kV seção 6mm <sup>2</sup>	Prysmian	35	m	3,75	131,20
<b>Total Materiais</b>						<b>93.953,50</b>

Fonte: Adaptado de Luzville Engenharia (2021)

#### 4.1.3 Redução e Recuperação de Impostos

Com base na Lei N° 12.973, de maio de 2014, pode-se enquadrar os materiais e equipamentos utilizados nas Subestações analisadas como ativo imobilizado, sendo considerados bens necessários à manutenção da empresa. Desta forma, a compra destes equipamentos destinados ao ativo imobilizado está sujeita a créditos, com a apropriação destes sendo feita à razão de 1/48 por mês, com a primeira prestação sendo apropriada no mês em que ocorrer a entrada desta no estabelecimento. Essa compensação gera o processo de crédito do ICMS, tomando como base para a estimativa deste crédito a alíquota estadual do local em que foi realizada a negociação (PORTAL TRIBUTÁRIO, 2021).

No caso de Santa Catarina, tem-se uma alíquota de 12%. Dessa forma, é possível receber o retorno deste percentual sobre o valor pago nos equipamentos de ambas as Subestações através de descontos em outros tributos ou por retorno financeiro. Deve-se ressaltar que este percentual não recai sobre os materiais da parte civil da instalação, nem sobre os serviços, uma vez que estes não estão sujeitos à incidência do ICMS (PORTAL TRIBUTÁRIO, 2021).

Em relação à restituição de PIS e COFINS, as Leis nº 10.833/2003 e 10.637/2002 autorizam a constituição de créditos sobre bens incorporados ao ativo imobilizado – bens adquiridos a serem utilizados na produção e atividades da empresa. Estes créditos são determinados a partir das alíquotas de 1,65 % para o PIS/PASEP e 7,6 % para o COFINS sobre o valor correspondente ao custo de aquisição do bem, somando 9,25 % que pode ser descontado imediatamente após a compra (PORTAL TRIBUTÁRIO, 2021). Nesse sentido, considerando os custos totais de ambos os investimentos, em Subestação em Alvenaria e em Eletrocentro, pode-se deduzir os respectivos valores de PIS, COFINS e ICMS do custo total considerado.

#### 4.1.4 Comparativo de Custos Totais

Somando todos os custos da Subestação em Alvenaria apresentados na seção 4.1.1 e realizando as devidas recuperações e restituições de impostos, conforme destacadas na seção 4.1.3, é possível encontrar o custo total de instalação desta, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Custo total Subestação em Alvenaria

Item	Descrição	Qtd	Unid	Materiais R\$	Serviços R\$	Preço Total (R\$)
<b>Opção 01 – Subestação em Alvenaria</b>						
1.1	Subestação de Medição - Parte Elétrica	1	vb	105.373,94	37.934,62	143.308,56
1.2	Subestação de Transformação - Parte Elétrica	1	vb	101.011,90	36.364,28	137.376,18
1.3	Subestação de Transformação - Parte Civil	1	vb	57.054,87	29.570,17	86.625,04
1.4	Subestação de Medição - Parte Civil	1	vb	73.250,44	32.500,35	105.750,79
1.5	Alimentadores	1	vb	398.619,32	-	398.619,32
<b>Total Investimento Subestação em Alvenaria</b>				<b>735.310,47</b>	<b>136.369,42</b>	<b>871.679,89</b>
Recuperação ICMS		12	%	-72.600,62	-	-72.600,62
Redução PIS/Cofins		9,25	%	-68.016,22	-12.614,17	-80.630,39
<b>Custo Total Subestação em Alvenaria</b>				<b>594.693,63</b>	<b>123.755,25</b>	<b>718.448,88</b>

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Em relação ao Eletrocentro, somando todos os custos apresentados na seção 4.1.2 e realizando as devidas recuperações e restituições de impostos, conforme destacadas na seção 4.1.3, é possível encontrar o custo total de instalação deste, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Custo total Subestação em Eletrocentro

Item	Descrição	Qtd	Unid	Materiais R\$	Serviços R\$	Preço Total (R\$)
<b>Opção 02 – Subestação em Eletrocentro</b>						
2.1	Eletrocentro	1	vb	595.350,00	139.650,00	735.000,00
2.2	Alimentadores	1	vb	93.953,50	-	93.953,50
<b>Total Investimento Eletrocentro</b>				<b>689.303,50</b>	<b>139.650,00</b>	<b>828.953,50</b>
Recuperação ICMS		12	%	-82.716,42	-	-82.716,42
Redução PIS/Cofins		9,25	%	-63.760,57	-12.917,63	-76.678,20
<b>Custo Total Eletrocentro</b>				<b>542.826,51</b>	<b>126.732,38</b>	<b>669.558,88</b>

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Dessa forma, tem-se que este Eletrocentro apresenta uma redução de 8,72% em materiais, ou seja, R\$51.867,13, um aumento de 2,41% em serviços, R\$2.977,13, e uma redução de 6,80%, R\$48.890,00, no preço final quando comparado com Subestação em Alvenaria considerada.

Percebe-se que um fator extremamente determinante para possibilitar esta grande valorização do Eletrocentro foi a realocação do QGBT e do Eletrocentro, se comparado com os locais inicialmente dispostos para eles. Esta modificação permitiu uma redução drástica no custo de cabos de BT, impactando severamente no valor final do projeto. Isso só foi possível em função da modularidade e mobilidade do Eletrocentro, além da existência de outro poste da concessionária passível de ser utilizado para uma entrada de energia.

#### 4.2 TEMPO DE COMISSIONAMENTO

Como foi possível perceber na análise financeira, a construção da Subestação em Alvenaria necessita de diversos fornecedores e responsáveis por diferentes partes da instalação. Ela necessita, também, de técnicos mobilizados no canteiro de obras durante a construção civil, apresenta alto risco de alteração de cronograma devido a greves ou intempéries no canteiro de obras e ociosidade causada por possível indisponibilidade local de mão-de-obra, além de riscos constantes de acidentes de trabalho durante a construção civil.

Enquanto isso, o Eletrocentro apresenta um único fornecedor responsável pela definição de equipamentos, projeto, lay-out e sub sistemas. Este é responsável por todo o comissionamento da obra, tendo a responsabilidade de entregar o equipamento devidamente instalado, testado e funcionando para o cliente. O Eletrocentro pode ser fabricado dentro do próprio galpão industrial do fornecedor, necessitando de menos tempo no canteiro de obras, não havendo a necessidade de alto deslocamento de pessoal para sua instalação na planta do cliente e atendendo com mais garantia aos prazos e cronogramas.

Dessa forma, enquanto a Subestação em Alvenaria apresenta um prazo de execução de aproximadamente 70 dias, conforme recebido no orçamento da CDF Construtora, somente para a parte civil, sem contar a instalação de todos os equipamentos elétricos, o Eletrocentro apresenta como alternativa um comissionamento completo após aprovação dos projetos de até 50 dias, destacando que para isso não precisa de canteiro de obras (LUZVILLE, 2020)

#### 4.3 ÁREA CONSTRUÍDA

Para a Subestação em Alvenaria foi considerado uma Subestação para Medição de 4.60x7.00 m. Alt. 3.00 m, ou seja, 32,2 m<sup>2</sup>, e uma para Transformação de 4.00x6.00m. Alt.

4.00m, ou seja, 24 m<sup>2</sup>. Isso representa uma área considerável na planta industrial e sobre a qual recai, inclusive, a cobrança do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU).

Em contradição, o Eletrocentro completo apresenta 7.5x2.7 m e altura externa de 3,35 m. Isso representa uma área de 20,25 m<sup>2</sup>, pouco mais do que duas vaga de estacionamento, fazendo jus ao local onde foi sugerida a instalação do mesmo, ao lado do estacionamento descoberto do Supermercado. Deve-se ressaltar ainda que, sobre o Eletrocentro não se paga IPTU, uma vez que este pode ser declarado como equipamento, não como construção civil.

#### 4.4 TECNOLOGIAS EMPREGADAS E POSSIBILIDADE DE EXPANSÃO

Em relação à parte de potência, por mais que as tecnologias empregadas em ambas as Subestações apresentem formas construtivas bem distintas, seu funcionamento e principais características são os mesmos. Contudo, pelo Eletrocentro ser modular, ele apresenta maior flexibilidade para expansão, podendo inserir outros equipamentos nele, ampliar os existentes e inclusive, anexar outro Eletrocentro à sua estrutura para ampliações futura, possibilitando se manter em dia com as inovações tecnológicas do mercado e realizar a integração de sistemas, através de dispositivos de controle e supervisão sobre a planta.

Além disso, uma vez que foi optado pela utilização de painel SM6 para a MT, aumenta consideravelmente as possibilidades futuras para a instalação, uma vez que estas colunas apresentam diversas opções de alterações e expansões, tanto para outras colunas de MT, quanto na inserção de acessórios e circuitos de comando na BT.

#### 4.5 GARANTIA E TEMPO DE DEGRADAÇÃO

Enquanto as Subestações em Alvenaria apresentam garantias distintas de diversos fornecedores, por durações diferentes, o Eletrocentro apresenta garantia total, inclusive de seus equipamentos e sub sistemas, de único fornecedor responsável. Além disso, o descarte de seus materiais após o fim de sua vida útil é direcionado. Os materiais contidos no Eletrocentro contemplam equipamentos eletrônicos que possuem em sua composição diversas substâncias que variam desde metais preciosos, como ouro, prata, platina à substâncias nocivas como chumbo, arsênio, mercúrio, cádmio e cromo hexavalente (LUZVILLE, 2020).

Boa parte dos equipamentos em questão podem ser reciclados, como os cabos, cordões e fios, as comutadoras e disjuntores, os conectores, os plásticos em geral, os relês, as resistências, e os próprios barramentos e chaparias. Entretanto, alguns equipamentos como conjuntos e placas de circuito impresso e meios de armazenamento de dados, como placa mãe, processador e HD, devem ser encaminhados para empresa especializada em descarte de

eletrônicos. Já os dispositivos luminosos, pilhas, baterias e os sensores devem ser encaminhados para empresa especializada para descontaminação (LUZVILLE, 2020).

O modelo de chaparia utilizada para a construção dos Eletrocentros apresenta tempo de decomposição de mais de 100 anos; esta, aliada aos procedimentos de pintura e tratamento utilizados, apresenta uma vida útil difícil de ser estimada. Em contrapartida, tem-se a durabilidade de materiais como concreto armado e vigas, os quais são de 50 a 100 anos e da argamassa, de 20 a 30 anos, estes materiais essenciais para instalações em Alvenaria, causam sua degradação mais acelerada, necessitando de maior manutenção para mantê-la operando de forma segura para os sistema, os equipamentos e para os operadores (ARAÚJO, 2018).

#### 4.6 CUSTO/BENEFÍCIO

Considerando as análises realizadas acerca de ambas as formas de construção de Subestação do Consumidor, em Alvenaria e em Eletrocentro, foi possível perceber as inúmeras vantagens em favor do modelo mais atual, em Eletrocentro, neste caso. Tanto em quesitos de sustentabilidade através de seus materiais menos agressivos ao meio ambiente, com maneiras de descarte pré-definidas, e elevado tempo de degradação, quanto por seu tempo de construção e instalação reduzido, seu custo final inferior, das maiores vantagens através de benefícios fiscais aplicados sobre ele, da área construída inferior, e das tecnologias empregadas.

Nesse sentido, destaca-se ainda a modularidade do Eletrocentro, possibilitando ampliações futuras na planta, a integração de sistemas através da adição de equipamentos modernos, se mantendo em dia com as inovações tecnológicas de mercado e permitindo a realização do controle e supervisão sobre a planta como um todo. Estas vantagens podem ser observadas de forma resumida no Quadro 1.

Quadro 1 – Comparativo entre SE em Alvenaria e em Eletrocentro

	<b>Alvenaria</b>	<b>Eletrocentro</b>
Custo Implantação	Maior	Menor
Flexibilidade	Fixa	Móvel
Isenção IPTU	Pago	Isento
Recuperação ICMS	Menor	Maior
Recuperação PIS/Cofins	Igual (%)	
Facilidade Expansão	Limitada	Modular
Tempo de Comissionamento	Maior	Menor
Área Demandada	Maior	Menor
Garantia	Por fornecedor	Total
Tempo de degradação	Normal	Lento

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Dessa forma, considerando todas as vantagens encontradas para o Eletrocentro neste caso, espera-se que, então, isso se repita em outras oportunidades. Contudo, deve-se levar sempre em conta qual a aplicação que se está sendo considerada.

No caso desta planta, já se era esperada uma significativa diferença de custo ao se reposicionar o Eletrocentro, uma vez que, dessa forma, se reduziu drasticamente as distâncias percorridas pelos alimentadores em questão, conforme demonstrado na Seção 3.4 e no destaque em azul do APÊNDICE A. Este foi o principal motivo que beneficiou o Eletrocentro nesta análise, caso não fosse considerada esta realocação, haveria, o incremento do valor do mesmo, o qual já estava significativamente mais caro do que a Subestação em Alvenaria.

Deve-se ressaltar, também, que, neste caso, se utilizou do Eletrocentro para o desenvolvimento de uma Subestação do Consumidor. Pode-se utilizar deste equipamento para a realização e instalação de diversos outros equipamentos elétricos, conforme necessidade, em casos de, por exemplo, falta de espaço na construção civil em uma necessidade de expansão.

Neste sentido, tem-se que atualmente é possível a utilização de Eletrocentro em outras situações, destacando seu rápido tempo de comissionamento, sua mobilidade e modularidade e sua área demandada reduzida, considerando ressalvas para a parte financeira, de forma que o custo/benefício deve ser analisado com base na necessidade do consumidor, uma vez que o Eletrocentro ainda pode ser mais dispendioso do que uma construção civil em muitos casos.

## 5 CONCLUSÕES

A partir de todos os resultados obtidos, é possível concluir que foi possível alcançar os objetivos propostos por este trabalho. Realizando os projetos e dimensionamento dos equipamentos de forma concisa, para, a partir destes, obter valores de custo final para ambas as subestações, e realizar a devida comparação de custo/benefício e respectivas análises técnicas.

O reprojeção da Subestação construída em Alvenaria para Eletrocentro foi possível através da definição das especificações de projeto da Subestação em questão e da análise dos componentes básicos de uma subestação. Assim, realizou-se a revisão desta Subestação inicial para um modelo atualizado. Desta forma foi possível realizar a especificação detalhada do Eletrocentro e de seus equipamentos, dimensionando os componentes e equipamentos necessários para o projeto com base nas normas técnicas que englobam estas instalações.

A partir destes projetos foram solicitados orçamentos para fornecedores consolidados deste ramo de instalações industriais para realizar o comparativo financeiro e técnico dos resultados obtidos. Obtendo um valor de custo total 6,8% inferior para o Eletrocentro, apresentado destaque para a implicação que a alteração do posicionamento do Eletrocentro apresentou, valorizando ao extremo seu custo final.

Este custo reduzido, aliado a todas as vantagens descritas ao longo deste trabalho e resumidas no Quadro 1, permitiu perceber que, neste caso específico, a Subestação em formato de Eletrocentro é mais a viável, tanto tecnicamente, quando financeiramente.

Isso deve-se à seus quesitos de sustentabilidade, com seus materiais menos agressivos ao meio ambiente, ao seu elevado tempo de degradação, seu tempo de construção e instalação reduzido, seu custo final inferior, suas vantagens através de benefícios fiscais, sua área construída inferior e da sua mobilidade e modularidade.

Como sugestão de trabalhos futuros, indica-se a realização do estudo de seletividade completo do projeto, para possibilitar especificação detalhada da proteção, e a determinação do coordenograma da instalação. Ademais, sugere-se a realização de mais estudos semelhantes à este, comparando Eletrocentro a outras alternativas de instalação, na busca de uma posição mais generalista da viabilidade do mesmo em outros casos.

Além disso, sugere-se a realização de um estudo da instalação de um Eletrocentro em substituição à uma Subestação em alvenaria instalada e em funcionamento, com necessidade de adaptação ou correções da mesma, considerando alternativas de reaproveitamento dos equipamentos pré-existentes e seu impacto no retorno do investimento.

## REFERÊNCIAS

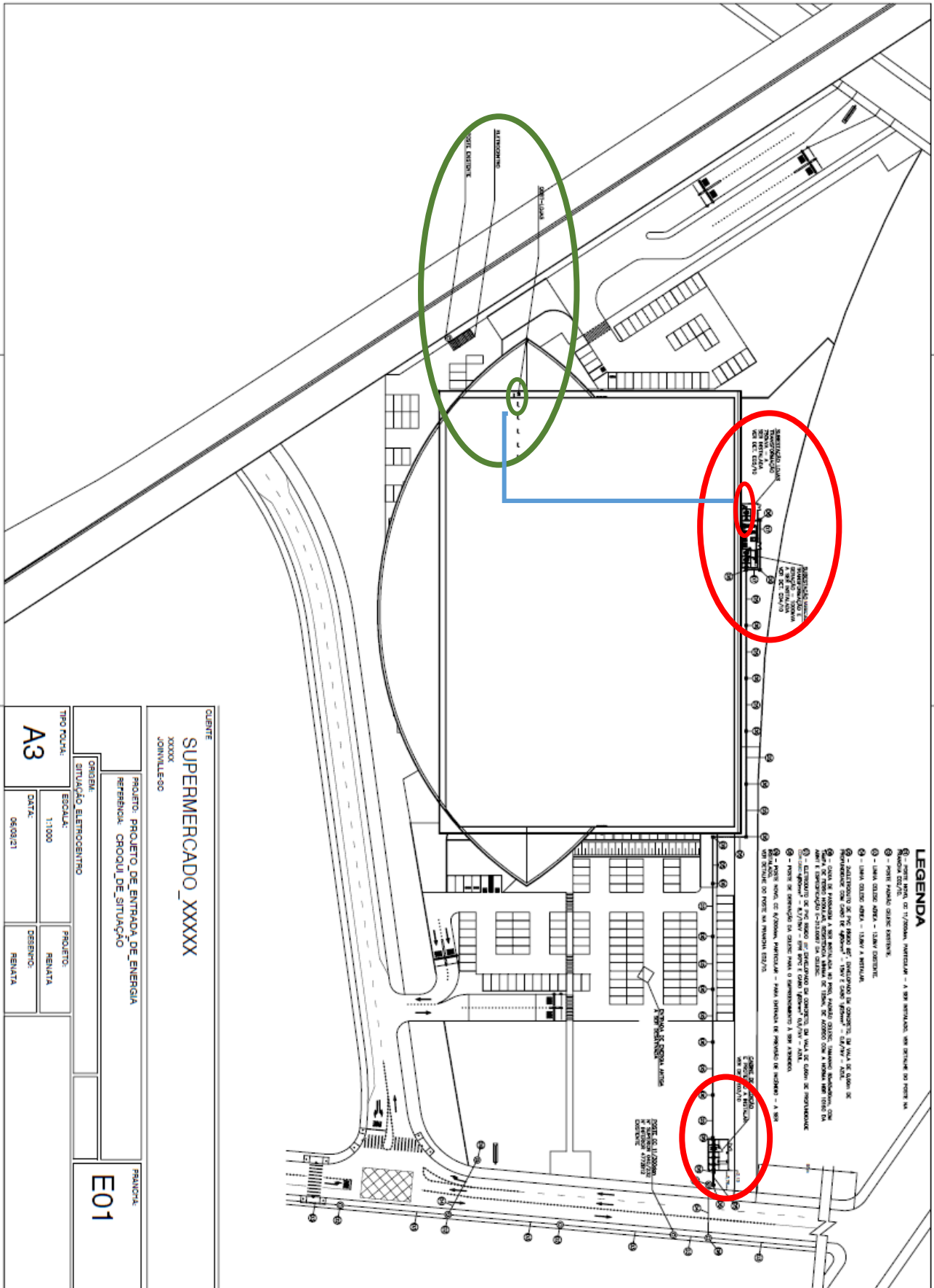
- [1] Agência Nacional De Energia Elétrica - ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – **PRODIST**, rev. 9, 2016.
- [2] Escola Nacional da Inspeção do Trabalho – ENIT. **Normas Regulamentadoras** – Português. 2020. Disponível em: <<https://enit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-menu/sst-normatizacao/sst-nr-portugues?view=default>>. Acesso em: 23 mar. 2020.
- [3] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE**. Brasília. 2019. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2020.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14039 Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV**. Rio de Janeiro. 2005.
- [5] MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais: de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015**. 9. ed. 945 p. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- [6] CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. Norma Técnica N-321.0002 **Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição**. 2016.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 62271-200 Conjunto de manobra e controle de alta-tensão. Parte 200: Conjunto de manobra e controle de alta-tensão em invólucro metálico para tensões acima de 1 kV até e inclusive 52 kV**. Rio de Janeiro. 2007.
- [8] INSTITUTE OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERS – IEE. IEEE 1585-2002 Functional Specification of Medium Voltage (1–35 kV) **Electronic Series Devices for Compensation of Voltage Fluctuations**. Nova York. 2002.
- [9] INSTITUTE OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERS – IEE. IEEE 1623-2004 Functional Specification of Medium Voltage (1 kV-35 kV) **Electronic Shunt Devices for Dynamic Voltage Compensation**. Nova York. 2004.
- [10] CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 16. ed. 470 p. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- [11] SCHNEIDER ELECTRIC. **Catálogo Relé de sobrecorrente VAMP 11F** (Versão 1.0). 2020. Disponível em: <<https://www.se.com/br/pt/product-range-download/63300-rel%C3%A9s-de-prote%C3%A7%C3%A3o-vamp-11f/#/documents-tab>>. Acesso em: 31 mar. 2020.
- [12] SOUZA, Antonio Fernando de. **Sistema para monitoração da operação de chaves seccionadoras de alta tensão baseado na análise das correntes do motor de acionamento**. Trabalho de Conclusão de Curso do Mestrado em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/82875/197448.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 31 mar. 2020.

- [13] COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. **Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão** - Rede de Distribuição Aérea ou Subterrânea. Belo Horizonte. 2005.
- [14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15751 **Sistemas de aterramento de subestações** – Requisitos. Rio de Janeiro. 2013.
- [15] OLIVEIRA COSTA, João Carlos de. Equipamentos elétricos em subestações. Brasília. 2011.
- [16] FERREIRA FINOCCHIO, Marco Antonio et al. **Comparação entre transformadores a óleo e a seco**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC. Foz do Iguaçu. 2016.
- [17] DUAILIBE, Paulo. **Subestações: tipos, equipamentos e proteção**. Consultoria para Uso Eficiente de Energia. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro. 1999. Disponível em: < <http://www.vieiraevarela.com.br/arquivos/SE.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2020.
- [18] E & E QUADROS E PAINÉIS. **Nossos serviços: Montagem de subestações abrigadas em alvenaria até 36kV (tradicional) em regime Turn-Key em conformidade com ABNT NBR 14039 (Entregue pronta, funcionando)**. 2017. Disponível em: <<http://www.eepaineis.com.br/index.php/nossos-servicos>>. Acesso em: 18 jul. 2020.
- [19] GRUPO WEG - Unidade Automação. **Eletrocentros**. Jaraguá do Sul. 2017. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h7f/h57/WEG-Eletrocentro-10535380-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- [20] MANCINI, Felipe; Artigo Técnicos: **Eletrocentros: novas tendências no fornecimento de sistemas elétricos pré-montados**. 2010 Disponível em: < <https://www.osetoreletrico.com.br/Eletrocentrosnovas-tendencias-no-fornecimento-desistemas-eletricos-pre-montados/>>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- [21] BAMESBERGER, Thomas. **Projeto de subestações elétricas do tipo eletrocentro: estudo de caso do projeto de uma unidade de armazenagem e beneficiamento de grãos**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, Rio Grande do Sul, 2020.
- [22] GESUALDI, MARCELO E. R. **Eletrocentros e Sistema Integrado de Automação, Contribuição técnica ao 19º Seminário de Automação e TI Industrial**. Parte integrante da ABM Week, realizada de 17 a 21 de agosto de 2015, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [23] LUZVILLE ENGENHARIA. **Eletrocentro LUZ**. Apresentação. Joinville. 2020.
- [24] LUZVILLE ENGENHARIA. **Subestações Metálicas**. Joinville. 2020. Disponível em: <<https://luzville.jv200.net/wp-content/uploads/sites/233/2018/02/Apresenta%C3%A7%C3%A3o-Subesta%C3%A7%C3%B5es-Met%C3%A1licas-Luzville-Engenharia.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- [25] DPM – Soluções Integradas em Engenharia. **Memorial Descritivo: MD-718-DT.19.07.13. REV00**. Joinville. 2013.

- [26] BIOLÃ. **Lã de rocha** – Folha de dados técnicos. Poá. 2016. 03 rev.
- [27] WEG. **Transformador Seco 750.0kVA 13.8/0.38kV CST IP-00 AN**. Jaraguá do Sul. 2020. Disponível em: <<https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Gera%C3%A7%C3%A3o%2C-Transmiss%C3%A3o-e-Distribui%C3%A7%C3%A3o/Transformadores-a-Seco/M%C3%A9dio-%28At%C3%A9-3-000-kVA%29/Transformador-Seco-750-0kVA-13-8-0-38kV-CST-IP-00-AN/p/14554003>>. Acesso em: 05 fev. 2021.
- [28] LUZVILLE ENGENHARIA. **Procedimento de pintura para Eletrocentros**. Joinville. 2019.
- [29] SCHNEIDER ELECTRIC. **SM6-24** Células modulares. 2020. Disponível em: <[https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Catalog&p\\_File\\_Name=Cat%C3%A1logo+SM6-24.pdf&p\\_Doc\\_Ref=CatalogoSM624kV2019](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=Cat%C3%A1logo+SM6-24.pdf&p_Doc_Ref=CatalogoSM624kV2019)>. Acesso em: 05 fev. 2021
- [30] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60099-5**. Surge arresters – Part 5: Selection and Application Recommendations. 2000.
- [31] BALESTRO. **Para-raios de Óxido de Zinco Polimérico (Silicone)**. Mogi Mirim. 2015. Disponível em: <<http://balestro.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Para-raios-Oxido-Zinco-Polim-silicone-PBP.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2020.
- [32] BRASFORMER. **Transformadores para medição e proteção elétrica TP, TC e Conjuntos de medição**. São Paulo. 2015. Disponível em: <[http://brasformer.com/wp-content/themes/braspel/assets/CATALOGO\\_2015.pdf](http://brasformer.com/wp-content/themes/braspel/assets/CATALOGO_2015.pdf)>. Acesso em: 28 nov. 2020.
- [33] ELETROBRÁS. **Proteção de sistemas aéreos de distribuição**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1982, 2 v., 234 p.
- [34] SCHNEIDER ELECTRIC. **SF circuit breakers up to 40.5 kV fixed and withdrawable versions**. 2008. Disponível em: <[https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Catalog&p\\_File\\_Name=catalogo\\_sf\\_amted304010en.pdf&p\\_Doc\\_Ref=catalogo\\_sf\\_amted304010en](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=catalogo_sf_amted304010en.pdf&p_Doc_Ref=catalogo_sf_amted304010en)>. Acesso em: 08 fev. 2021.
- [35] NHS. **Manual do usuário nobreaks line interactive**. 2019. Disponível em: <[https://www.nhs.com.br/wp-content/uploads/2020/07/761072-Manual-T%C3%A9cnico-Mini-III-V12\\_compressed.pdf](https://www.nhs.com.br/wp-content/uploads/2020/07/761072-Manual-T%C3%A9cnico-Mini-III-V12_compressed.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- [36] SCHNEIDER ELECTRIC. **Proteção de sistemas elétricos de média e baixa tensão - Sepam Séries 20, 40 e 80**. 2020. Disponível em: <<http://www.mediatensao.com.br/imagens/produtos/28216.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2021.
- [37] TECH ART. **Fonte de alimentação e relé de disparo capacitivo – FRDC-150**. Cascavel. 2016.
- [38] SCHNEIDER ELECTRIC. **Protetor de surto ACTI9 IPRD20 20KA 1P 340V**. 2021. Disponível em: <<https://www.se.com/br/pt/product/A9L20100/protetor-de-surto-acti9-iprd20-20ka-1p-340v/>>. Acesso em: 04 dez. 2020.
- [39] PHIIPS LIGHTING. **Luminárias Indoor**. 2017. Disponível em: <[https://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/Brazil/ODLI20171120\\_001-UPD-pt\\_BR-Catalogo\\_de\\_Luminarias\\_Indoor.pdf](https://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/Brazil/ODLI20171120_001-UPD-pt_BR-Catalogo_de_Luminarias_Indoor.pdf)>. Acesso em: 05 dez. 2020.

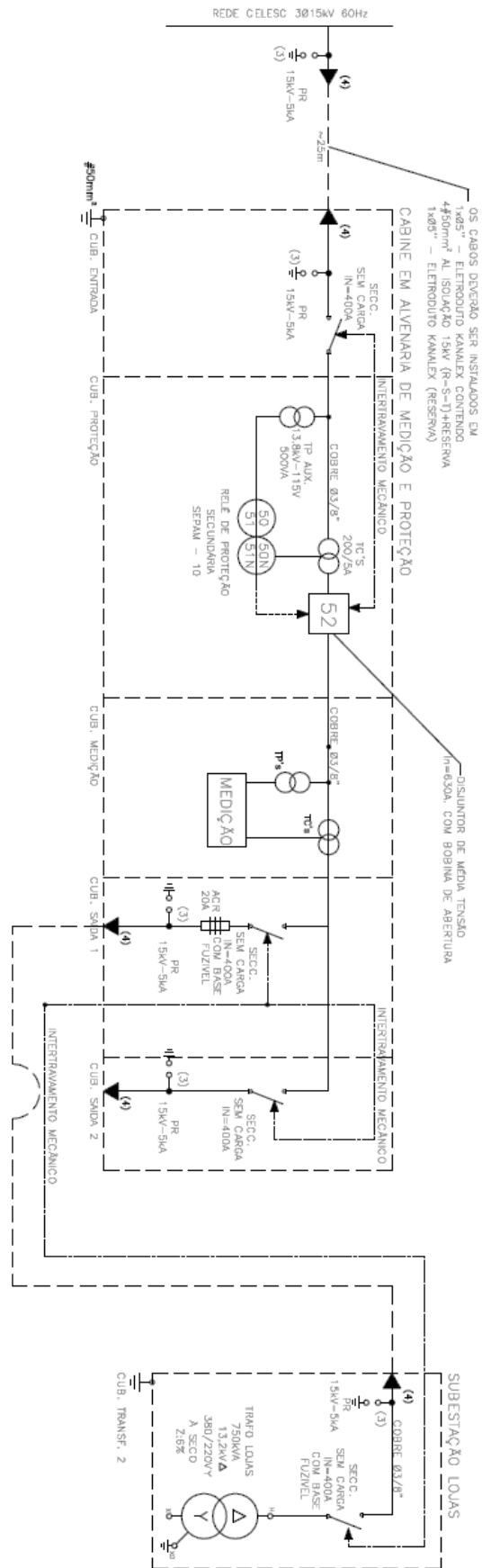
- [40] INTELBRAS. **Bloco de Iluminação de Emergência Intelbras BLA 1200**. Disponível em: <[https://loja.intelbras.com.br/bloco-de-iluminacao-1200/p?gclid=CjwKCAjw9MuCBhBUEiwAbDZ-7kPfra73I5-J7kteI\\_kXXDtVRMpVXqHiHcsp2kF8YTzvD09wUdRcGxoCC\\_IQAvD\\_BwE](https://loja.intelbras.com.br/bloco-de-iluminacao-1200/p?gclid=CjwKCAjw9MuCBhBUEiwAbDZ-7kPfra73I5-J7kteI_kXXDtVRMpVXqHiHcsp2kF8YTzvD09wUdRcGxoCC_IQAvD_BwE)>. Acesso em: 18 fev. 2021.
- [41] INTELBRAS. **Placa de Sinalização Sempre Acesa Intelbras PSA 125 Face Única**. Disponível em: <<https://loja.intelbras.com.br/placa-de-sinalizacao-psa125/p>>. Acesso em: 18 fev. 2021.
- [42] INTELBRAS. **Deteção e alarme de incêndio - CIC 24L**. Disponível em: <[https://backend.intelbras.com/sites/default/files/2020-02/Datasheet\\_A4\\_CIC\\_24L\\_01-20.pdf](https://backend.intelbras.com/sites/default/files/2020-02/Datasheet_A4_CIC_24L_01-20.pdf)>. Acesso em: 18 fev. 2021.
- [43] ELGIN. Tabela informativa - **características técnicas high wall eco power**. 2021. Disponível em: <[https://www.elgin.com.br/assets/arquivos/imgCard\\_5a27b364-9083-47b8-89f9-3734fb98caf9\\_Tabela%20Informativa%20-%20High%20Wall%20Eco%20Power.pdf](https://www.elgin.com.br/assets/arquivos/imgCard_5a27b364-9083-47b8-89f9-3734fb98caf9_Tabela%20Informativa%20-%20High%20Wall%20Eco%20Power.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2020.
- [44] FULL GAUGE. **MT-54i plus**. 2006. 3 v. Disponível em: <<https://www.fullgauge.com.br/public/uploads/files/products/manual-de-produto-44-210.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2020.
- [45] WEG. **Manual de instruções** - transformador a seco. 2019. 12 rev.
- [46] AEROVILLE. **Ventilador axial**. Joinville. 2020. Disponível em: <<https://www.aeroville.com.br/wp-content/uploads/sites/268/2020/05/Folder-Ventilador-Axial.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2020.
- [47] SCHNEIDER. **EcoStruxure™ Motor Control Configurator**. 2021. Disponível em: <<https://www.se.com/br/pt/work/products/industrial-automation-control/tools/motor-control-configurator.jsp>>. Acesso em: 04 mar. 2021.
- [48] PRYSMIAN GROUP. **EPRO COMPACT 105**. 2021. Disponível em: <<https://latam.prysmiangroup.com/en/node/20590>>. Acesso em: 08 mar. 2021.
- [49] PRYSMIAN GROUP. **Cabo Eprotenax Gsette® EPR 0,6/1kV**. 2021. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/5990/37589/eprotanax-gsette-catalogo.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2021.
- [50] PORTAL TRIBUTARIO. **ICMS** - crédito do ativo imobilizado. 2021. Disponível em: <[http://www.portaltributario.com.br/guia/icms\\_ap.html](http://www.portaltributario.com.br/guia/icms_ap.html)>. Acesso em: 19 mar. 2021.
- [51] ARAUJO. **Quanto tempo dura um prédio?**. 2018. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/quanto-tempo-dura-um-predio/>>. Acesso em: 19 mar. 2021.

## APÊNDICE A – PLANTA DE SITUAÇÃO

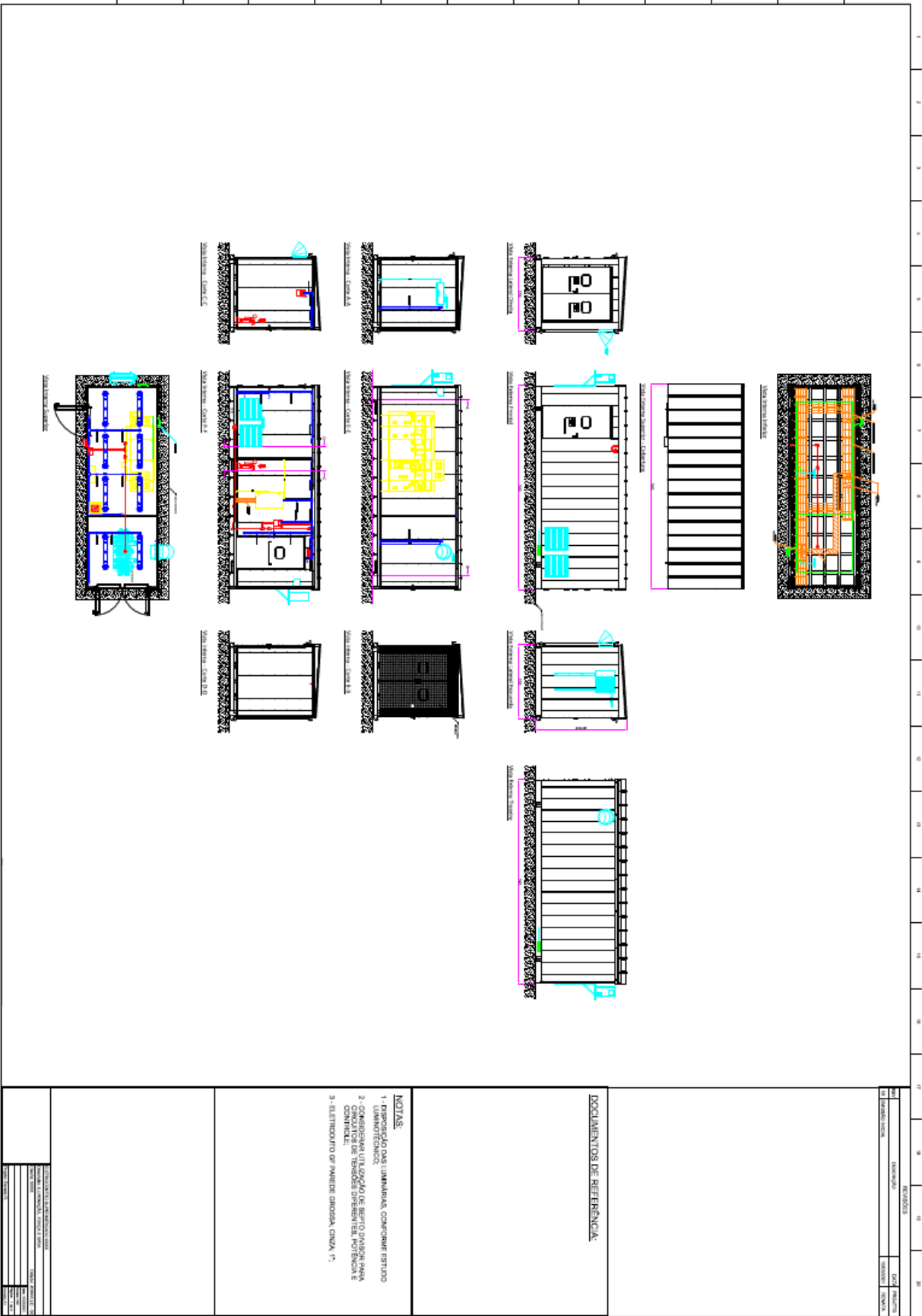


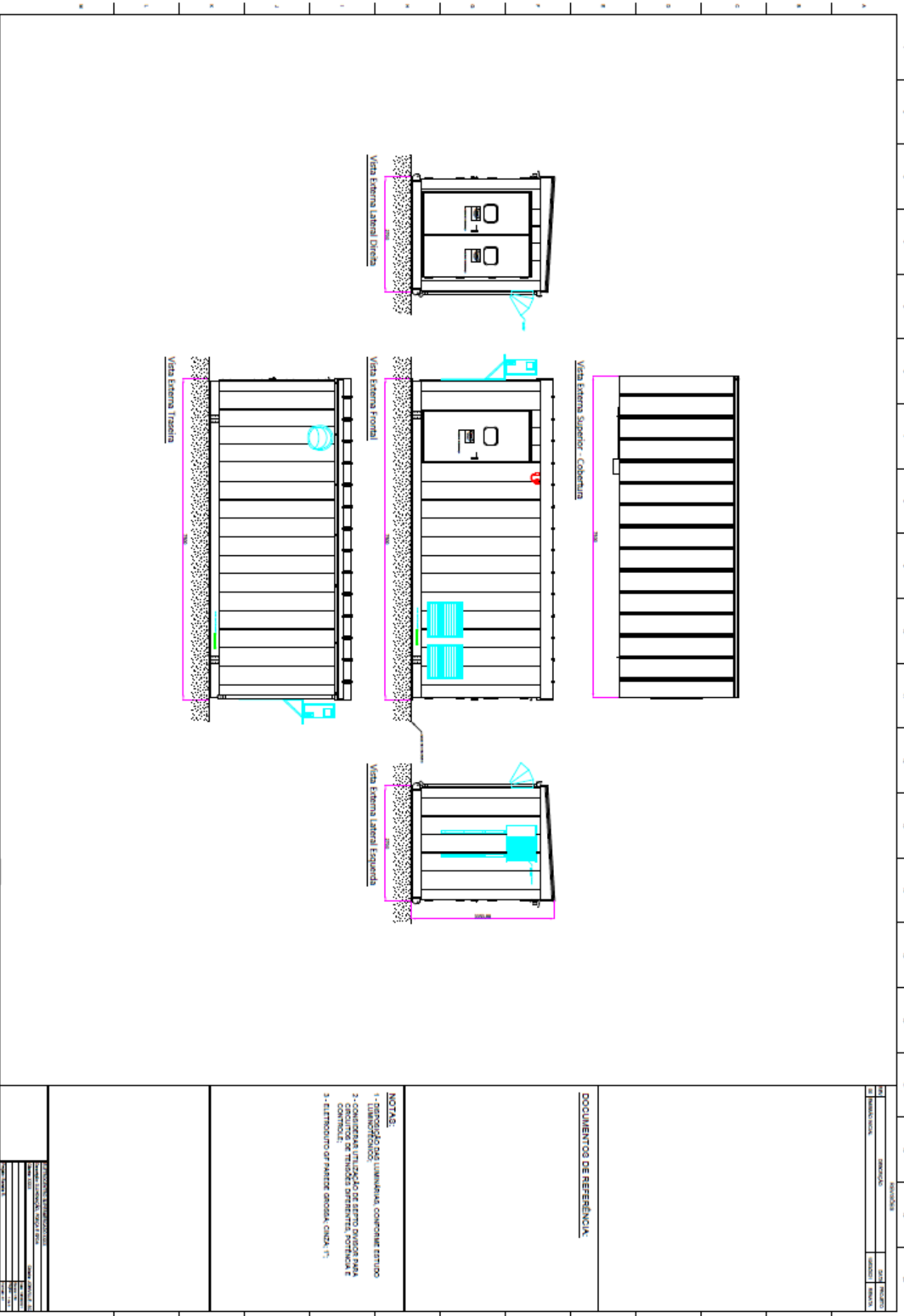


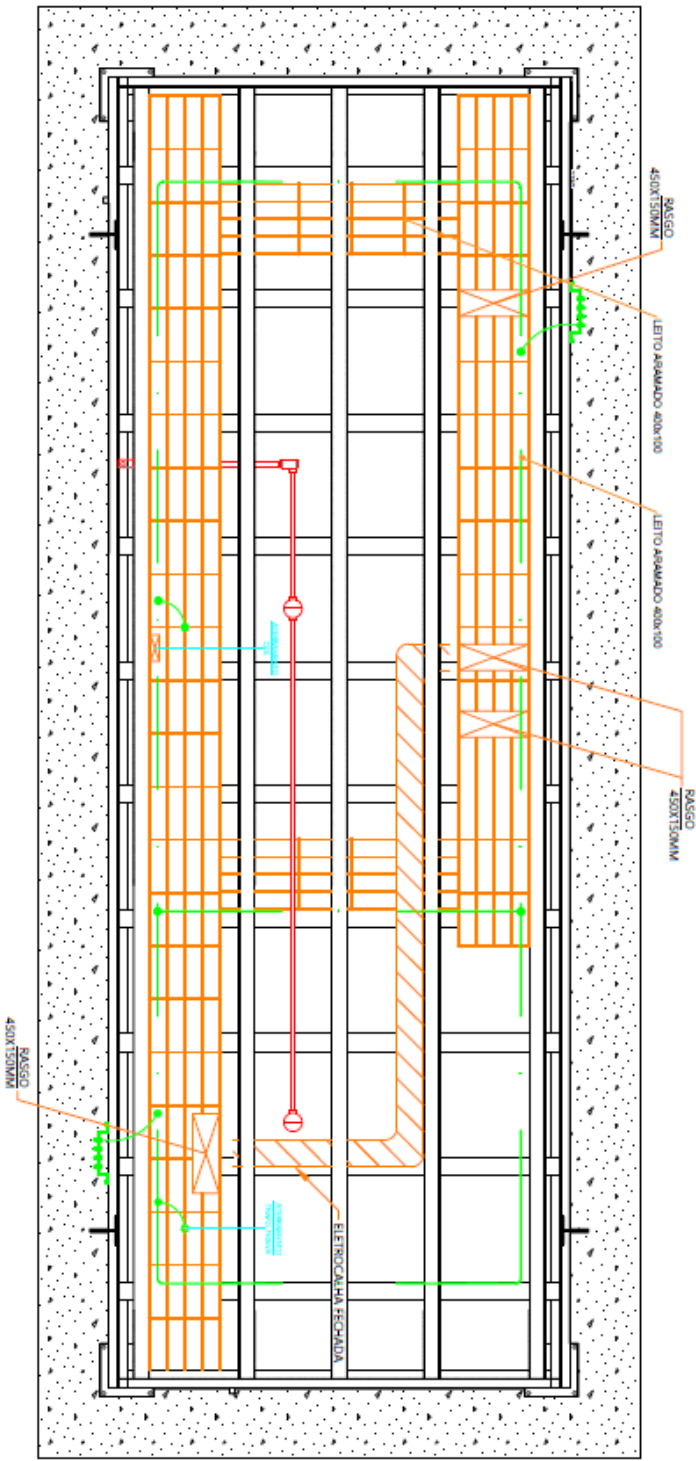
APÊNDICE C – DIAGRAMA UNIFILAR ATUALIZADO



## APÊNDICE D - ELETROCENTRO







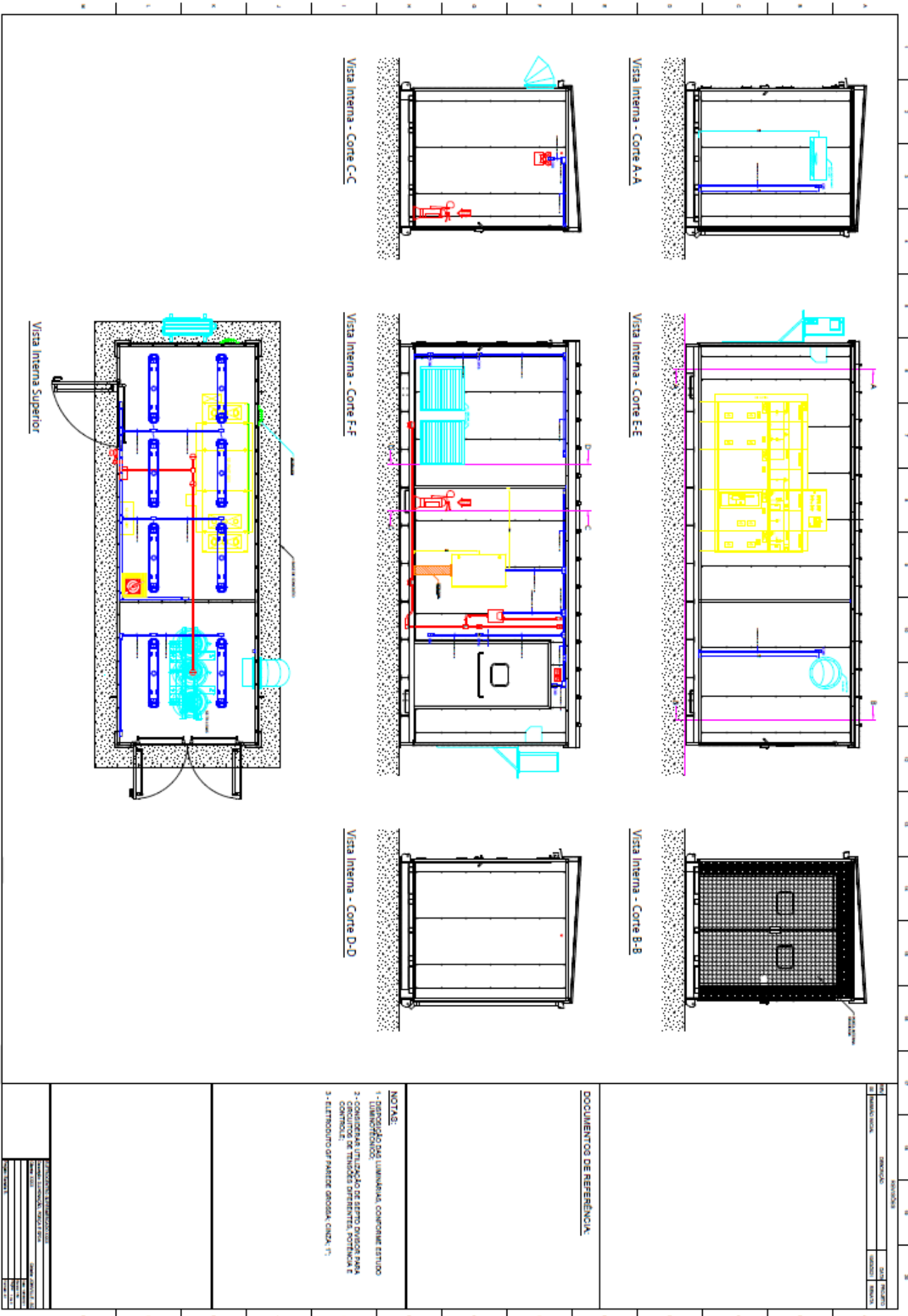
Vista Interna Inferior

REVISÃO		AUTORIZADO	
DATA	DESCRIÇÃO	PROJETA	REVISOR

DOCUMENTOS DE REFERENCIA:

- NOTAS:
- 1 - disposicao das luminarias, conforme estado LUMINIFICADOS;
  - 2 - considerar a utilizacao de senso diversos para o controle de tensões diferentes, POTENCIA E CONTROL;
  - 3 - eletroduto de parede grossa, CNDQ, 1"

PROJETO DE INSTALACAO DE ILUMINACAO	
ITEM	DESCRIÇÃO
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	



PROYECTO	CONSTRUCCIÓN	FECHA	ESTADO
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	CONSTRUCCIÓN	15/05/2018	PROYECTO

**DOCUMENTOS DE REFERENCIA:**

- NOTAS:**
- 1 - DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS CONFORME ESTUDIO
  - 2 - CONFORMAR EL UNIFORME DE SERVIDOR DENTRO PARA CONTROLAR
  - 3 - ESTIMACIÓN DE PAREDE GROSSA, CINCUA (5)

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN	FECHA	ESTADO
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	CONSTRUCCIÓN	15/05/2018	PROYECTO



## APÊNDICE F – COTAÇÃO DO TRANSFORMADOR



Cotação: 226051231	Rev.0/2021	Emissão: 23/mar/2021	Página: 1/2
--------------------	------------	----------------------	-------------

Para : Luzville Engenharia Ltda  
 A/C : Ronaldo Primo Fone:  
 E-mail : ronaldoprime@luzville.com.br  
 De : Carlos A.henschel Representacoes Ltdame Fone:  
 E-mail :

### Ref. Cotação transf.

Conforme vossa solicitação de cotação seguem preços e condições gerais de fornecimento para os produtos abaixo:

### 1. Condições gerais de fornecimento - Transmissão e Distribuição CNPJ:07.175.725/0014-84

Item	Cod. Prod.	Descrição dos Produtos	Qty	Un	Valor Unitário	Prazo de Entrega (dias)	ICMS %	IPI %	Valor Total ICMS-ST	Valor Total do Item (R\$)
	14543061	<![CDATA[Transformador Seco 750.0kVA 13.8/0.38KV CST IP-00 AN]]> - NCM 8504.34.00	1	UN	R\$ 65,736.74	90	12.0		R\$ 0.00	R\$ 65,736.74

Valor Total dos produtos	R\$ 65,736.74
ICMS-ST	
Frete	
Valor do IPI	
Valor Total dos produtos (com impostos)	R\$ 65,736.74

### 1.1 Condições comerciais

ICMS: incluso

PIS: 1,65% incluso

COFINS: 7,6% incluso

IPI: não incluso no valor unitário

ICMS-ST: não incluso no valor unitário

Prazo de entrega: A contar do momento que todas as condições técnicas, comerciais e financeiras estejam plenamente definidas entre as partes. Este prazo será confirmado na colocação do pedido e está sujeito a análise da equipe interna o que pode alterar a data de entrega.

Pagamento: Programa de pagamento. Esta condição de pagamento está sujeita a exame de crédito no momento da colocação do pedido.

Frete: EXW, sobre o veículo transportador sem descarga.

Garantia: 12 meses do faturamento, limitado a 18 meses da fabricação, o que ocorrer primeiro.

### 2. Observações

O Comprador aceita integralmente os termos da presente proposta, inclusive os termos das condições gerais de fornecimento de bens e serviços WEG rev. 4 (em anexo). No caso de colocação de pedido, gentileza mencionar/vincular o número desta proposta.

Demais condições de fornecimento conforme Condições Gerais de Fornecimento de Bens e Serviços WEG rev.4, anexo a esta oferta.

Para os equipamentos: A supervisão de montagem, comissionamento e start-up não estão inclusos.

Antes de energizá-los, consultar o manual de instalação.

NOTA: As alíquotas dos impostos são as que estão atualmente em vigor, sujeitos a alteração de acordo com a legislação vigente na data de faturamento do produto.

Validade da cotação: 30 dias a contar a partir da data de sua emissão.

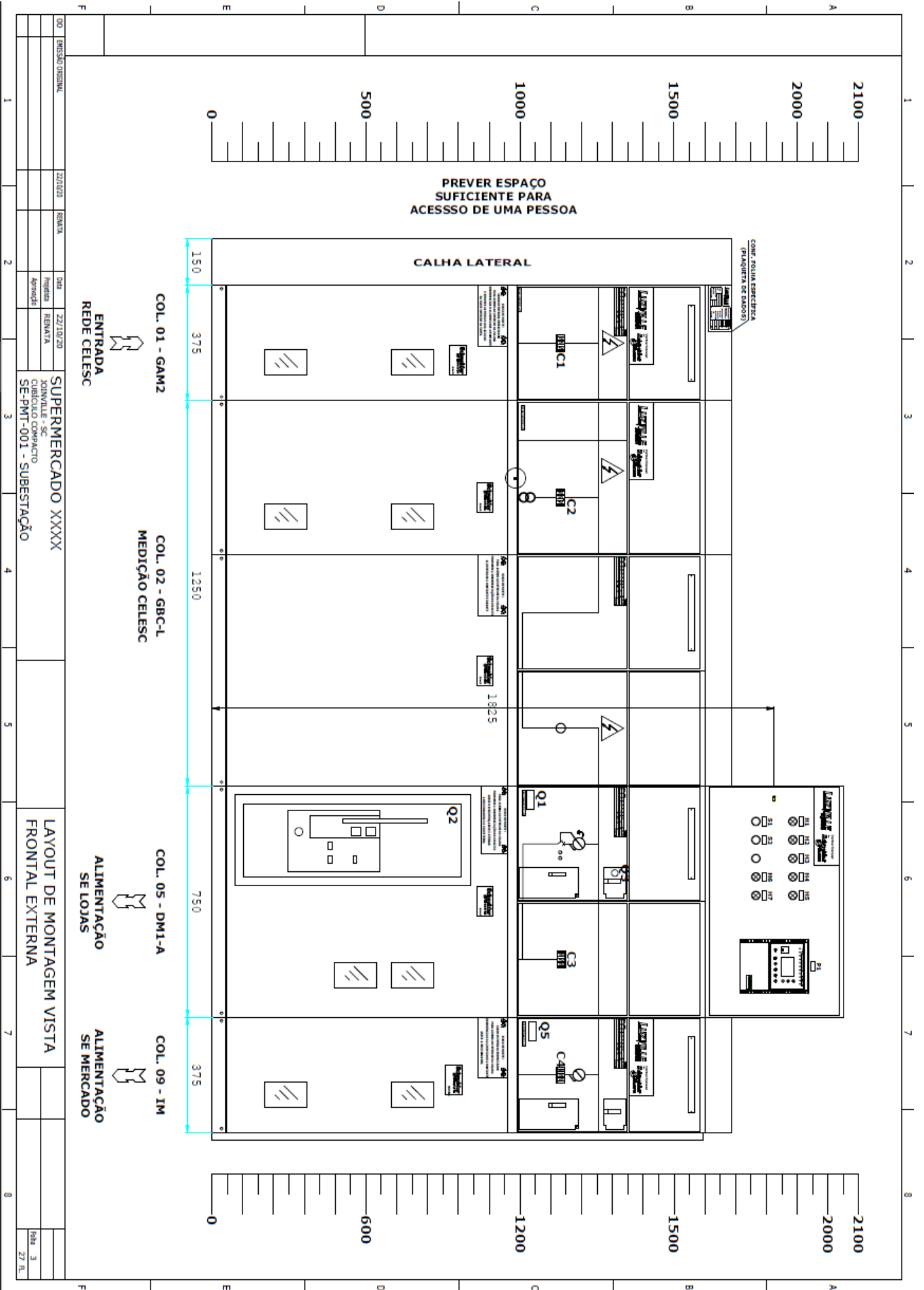
## APÊNDICE G – PROJETO DO PAINEL DE MT

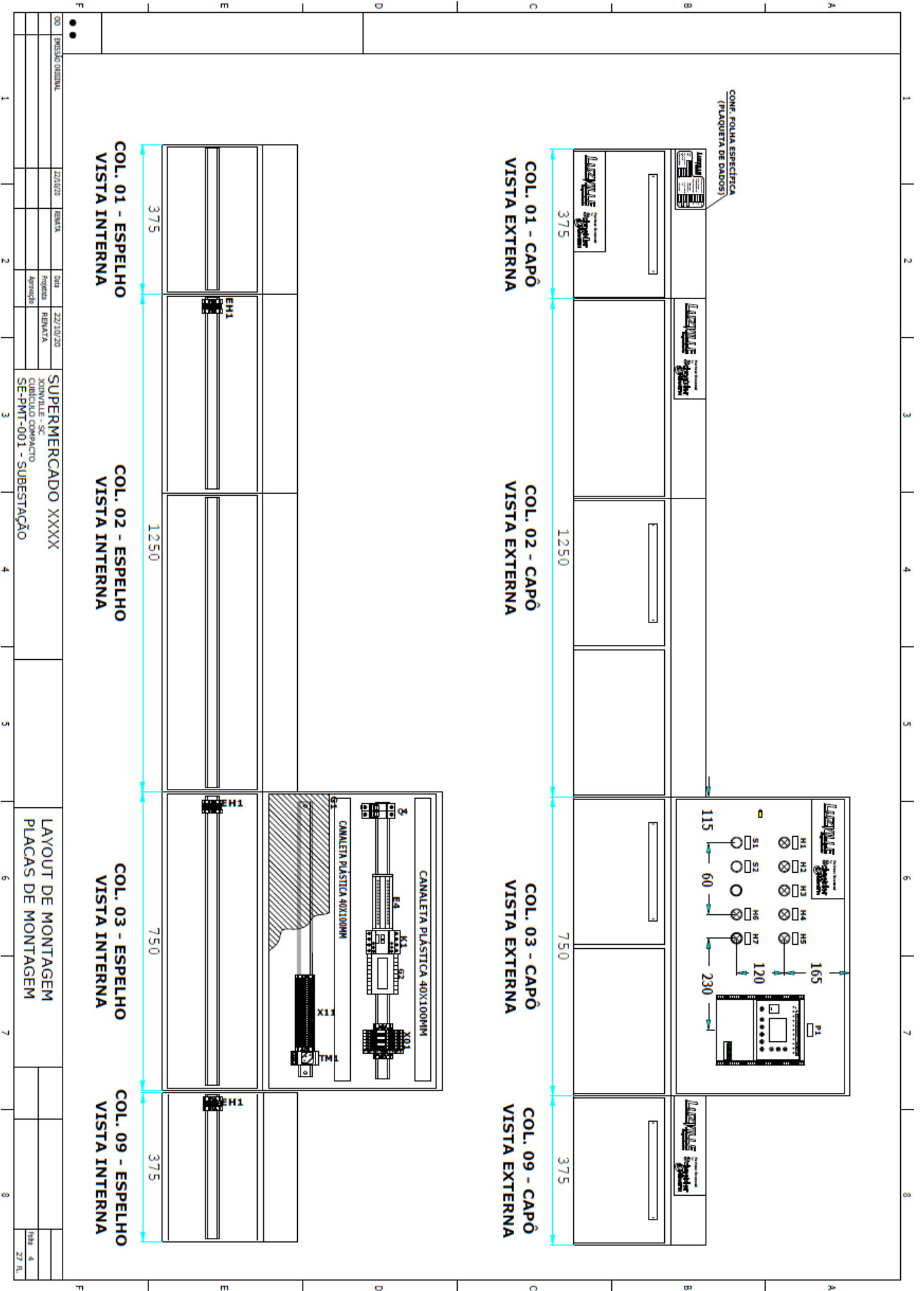
1	2	3	4	5	6	7	8
				SUPERMERCADO XXXX			
				JOINVILLE - SC			
				CUBÍCULO COMPACTO			
				SE-PMT-001 - SUBESTAÇÃO			
				PROJETISTA	RENATA ROSSI		
				APPROVAÇÃO			
				DATA	22/10/20	REVISÃO	00
				DOCUMENTO DE REFERÊNCIA: MD-718-DT.19.07.13.REV00			
				NOTAS			27 FL'S

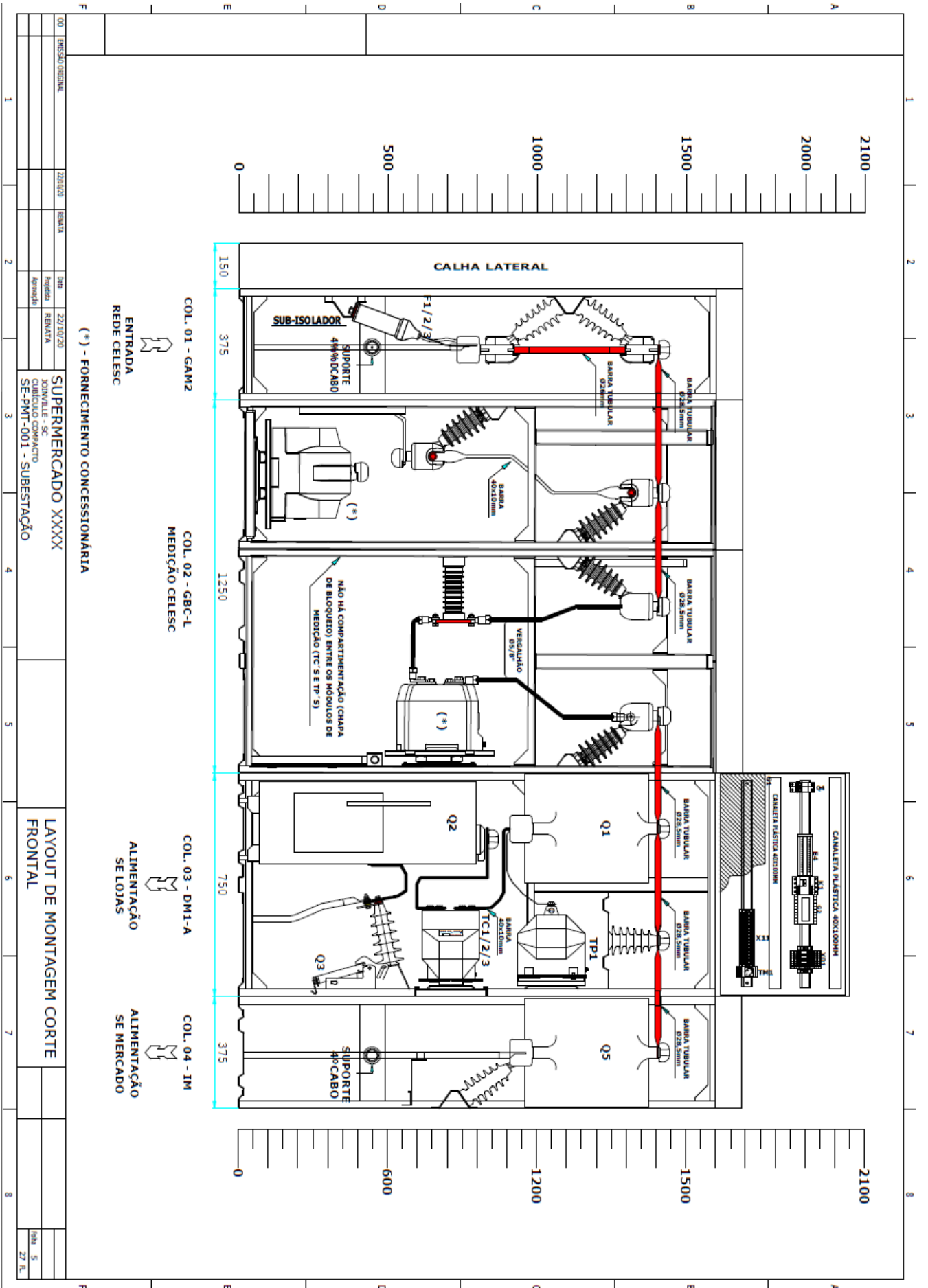
1	2	3	4	5	6	7	8
A	B	C	D	E	F	G	H
<p><b>1</b></p> <p><b>NORMAS APLICADAS</b></p> <p>01 NBR IEC 62271-200 - Conjunto de manobra e controle de alta-tensão em involucro metálico para tensões acima de 1 kV até e inclusive 52 kV.</p> <p>02 NBR 14039 - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV até 36,2 kV.</p> <p>03 NR 10 - Norma Regulamentadora número 10.</p> <p>04 IEC 60073 - Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification - Coding principles for indicators and actuators.</p> <p>05 Standard IEEE- 1584 - 2018 -1-EEE Guide for Performing Arc - Flash Hazard Calculations- 2018</p>	<p><b>B</b></p> <p><b>CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS NOMINAIS</b></p> <p>01 Classe de Tensão 17,5 kV</p> <p>02 Tensão de Operação Nominal 13,8 kV</p> <p>03 Frequência Nominal 60 Hz</p> <p>04 Tensão Aplicada 60Hz 1 min 38 kV</p> <p>05 Nível Básico de Impulso 95 kV</p> <p>06 Corrente Nominal 630 A</p> <p>07 Icc Simétrica Eficaz 20 kA</p> <p>08 Icc Pico 52 kA</p> <p>09 Fator de Assimetria 2,6</p> <p>10 Sistema X 3F+T --- 3F+N --- ---</p> <p>11 Neutro X Solidamente aterrado --- ---</p>	<p><b>C</b></p> <p><b>CIRCUITOS AUXILIARES</b></p> <p>01 Tensão de Comando Frequência Fonte 115V 60Hz Interna 115V 60Hz Interna --- --- Interna --- --- Interna</p> <p>02 Sistema de Aquecimento 220V 60Hz Externa</p> <p>03 Tomada 115V 60Hz Interna</p>	<p><b>D</b></p> <p><b>CONDIÇÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p> <p>01 Instalação ABRELIGADO</p> <p>02 Temperatura Ambiente Mínima -5°C</p> <p>03 Temperatura Ambiente Média 30°C</p> <p>04 Temperatura Ambiente Máxima 40°C</p>	<p><b>E</b></p> <p><b>CONDIÇÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p> <p>01 Instalação ABRELIGADO</p> <p>02 Temperatura Ambiente Mínima -5°C</p> <p>03 Temperatura Ambiente Média 30°C</p> <p>04 Temperatura Ambiente Máxima 40°C</p>	<p><b>F</b></p> <p><b>CONDICÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p> <p>01 Instalação ABRELIGADO</p> <p>02 Temperatura Ambiente Mínima -5°C</p> <p>03 Temperatura Ambiente Média 30°C</p> <p>04 Temperatura Ambiente Máxima 40°C</p>	<p><b>G</b></p> <p><b>CONDICÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p> <p>01 Instalação ABRELIGADO</p> <p>02 Temperatura Ambiente Mínima -5°C</p> <p>03 Temperatura Ambiente Média 30°C</p> <p>04 Temperatura Ambiente Máxima 40°C</p>	<p><b>H</b></p> <p><b>CONDICÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p> <p>01 Instalação ABRELIGADO</p> <p>02 Temperatura Ambiente Mínima -5°C</p> <p>03 Temperatura Ambiente Média 30°C</p> <p>04 Temperatura Ambiente Máxima 40°C</p>
<p><b>3</b></p> <p><b>CONDIÇÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p> <p>05 Altitude &lt; 1000 m</p> <p>06 Características Ambientais Normal</p> <p>07 Ambiente Industrial Normal</p> <p>08 Atmosfera do Ambiente Normal</p>	<p><b>4</b></p> <p><b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS</b></p> <p>01 Tipo do Painel Cor do Painel X SM6-17,5kV X RAL-9003 --- SM6-24kV --- RAL-9002</p> <p>02 Compartimentação LSC2A-PI-IAC-A-FL (IAC: 12,5kV/1s) X LSC2A-PI-IAC-A-FLR (IAC: 16kV/1s) --- ---</p> <p>03 Grau de Proteção IP3X</p> <p>04 Caixa de Baixa Tensão SIM</p> <p>05 Fecho KNOB S/CHAVE</p> <p>06 Tampa Laterais APARAFUSADAS</p> <p>07 Tampa Traseiras REBITADAS</p> <p>08 Divisões para Transporte 06</p> <p>09 Dimensões Totais (AxLxP) 2050 2750+150 1220</p> <p>10 Peso Aproximado 1080kg</p> <p>11 Tipos de Colunas GANZ / GBC-L / DM1-A / IM</p> <p>12 Conexões Externas</p> <p>13 Circuitos de Força - Entrada BAIXO</p> <p>14 Circuitos de Força - Saída BAIXO</p> <p>15 Circuitos de Comando BAIXO</p>	<p><b>5</b></p> <p><b>INFORMAÇÕES DE FIXAÇÃO</b></p> <p>01 X Avenaria com Chumbador UR-10</p> <p>02 --- Avenaria com Sistema de Perfis</p> <p>03 --- Avenaria com Base Médica para Elevação</p> <p>04 X Afastado 140mm da Parede (OBRIGATORIO)</p>	<p><b>6</b></p> <p><b>BARRAIMENTOS</b></p> <p>01 Material COBRE</p> <p>02 Tratamento NATURAL</p> <p>03 Isolamento TERMOINCOULIVEL</p> <p>04 Identificação</p> <p>05 Fase R VERMELHO</p> <p>06 Fase S BRANCO</p> <p>07 Fase T MARROM</p> <p>08 Neutro ---</p> <p>09 PE COM FITA VERDE</p> <p>09 Elevação de Temp. nas Juntas das Barras 65°C</p>	<p><b>7</b></p> <p><b>PRODUTO gama SM6</b> Sob licença Schneider Electric. Código Concessionária: XXXXXXX</p>	<p><b>8</b></p> <p><b>PRODUTO gama SM6</b> Sob licença Schneider Electric. Código Concessionária: XXXXXXX</p>	<p><b>9</b></p> <p><b>PRODUTO gama SM6</b> Sob licença Schneider Electric. Código Concessionária: XXXXXXX</p>	<p><b>10</b></p> <p><b>PRODUTO gama SM6</b> Sob licença Schneider Electric. Código Concessionária: XXXXXXX</p>
<p><b>1</b></p> <p><b>NORMAS APLICADAS</b></p>	<p><b>B</b></p> <p><b>CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS NOMINAIS</b></p>	<p><b>C</b></p> <p><b>CIRCUITOS AUXILIARES</b></p>	<p><b>D</b></p> <p><b>CONDIÇÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p>	<p><b>E</b></p> <p><b>CONDIÇÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p>	<p><b>F</b></p> <p><b>CONDICÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p>	<p><b>G</b></p> <p><b>CONDICÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p>	<p><b>H</b></p> <p><b>CONDICÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p>
<p><b>1</b></p> <p><b>NORMAS APLICADAS</b></p>	<p><b>B</b></p> <p><b>CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS NOMINAIS</b></p>	<p><b>C</b></p> <p><b>CIRCUITOS AUXILIARES</b></p>	<p><b>D</b></p> <p><b>CONDIÇÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p>	<p><b>E</b></p> <p><b>CONDIÇÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p>	<p><b>F</b></p> <p><b>CONDICÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p>	<p><b>G</b></p> <p><b>CONDICÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p>	<p><b>H</b></p> <p><b>CONDICÕES NOMINAIS DE SERVIÇO</b></p>

FOLHA DE DADOS

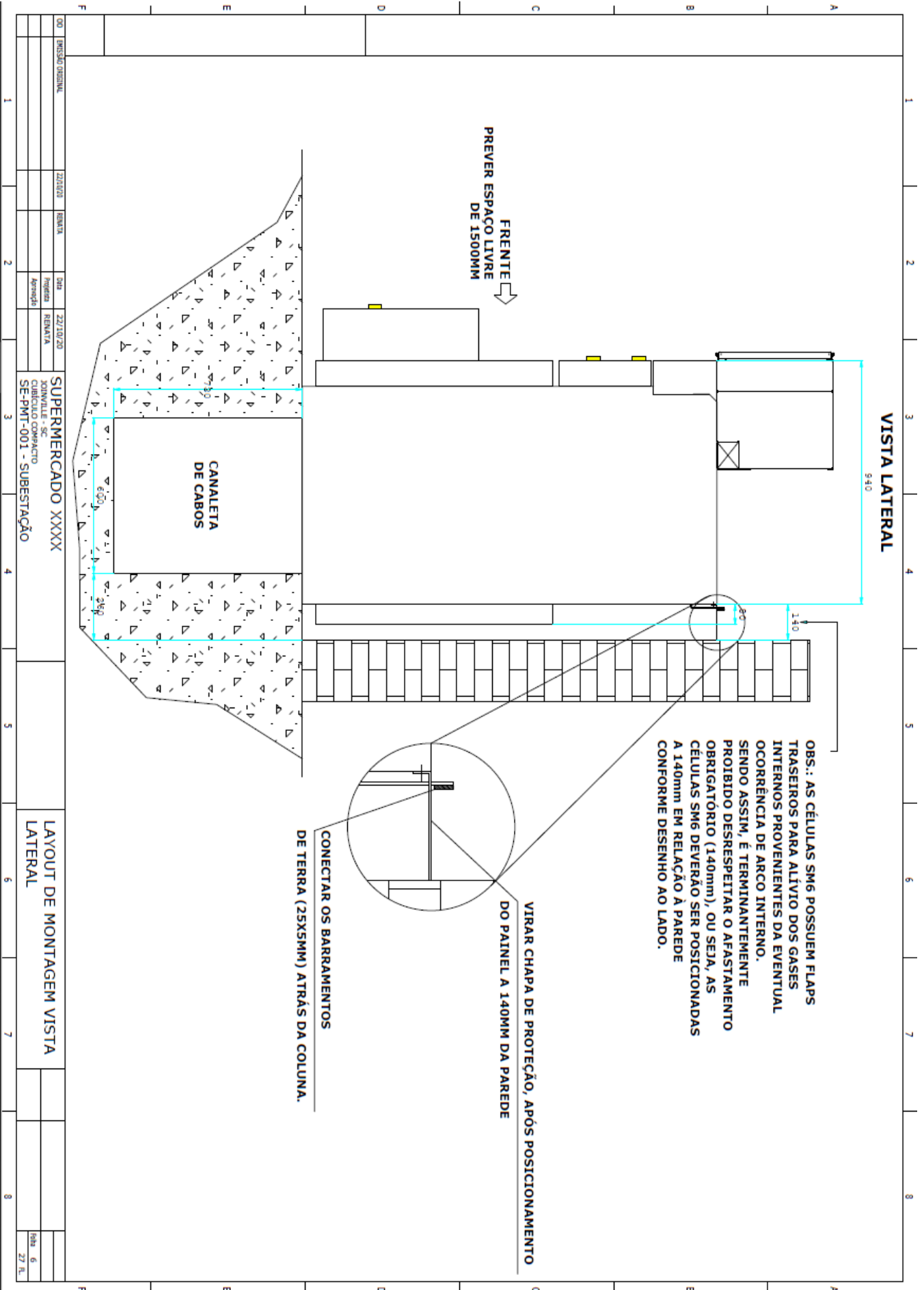
<p>01</p>	<p>02</p>	<p>03</p>	<p>04</p>	<p>05</p>	<p>06</p>	<p>07</p>	<p>08</p>
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

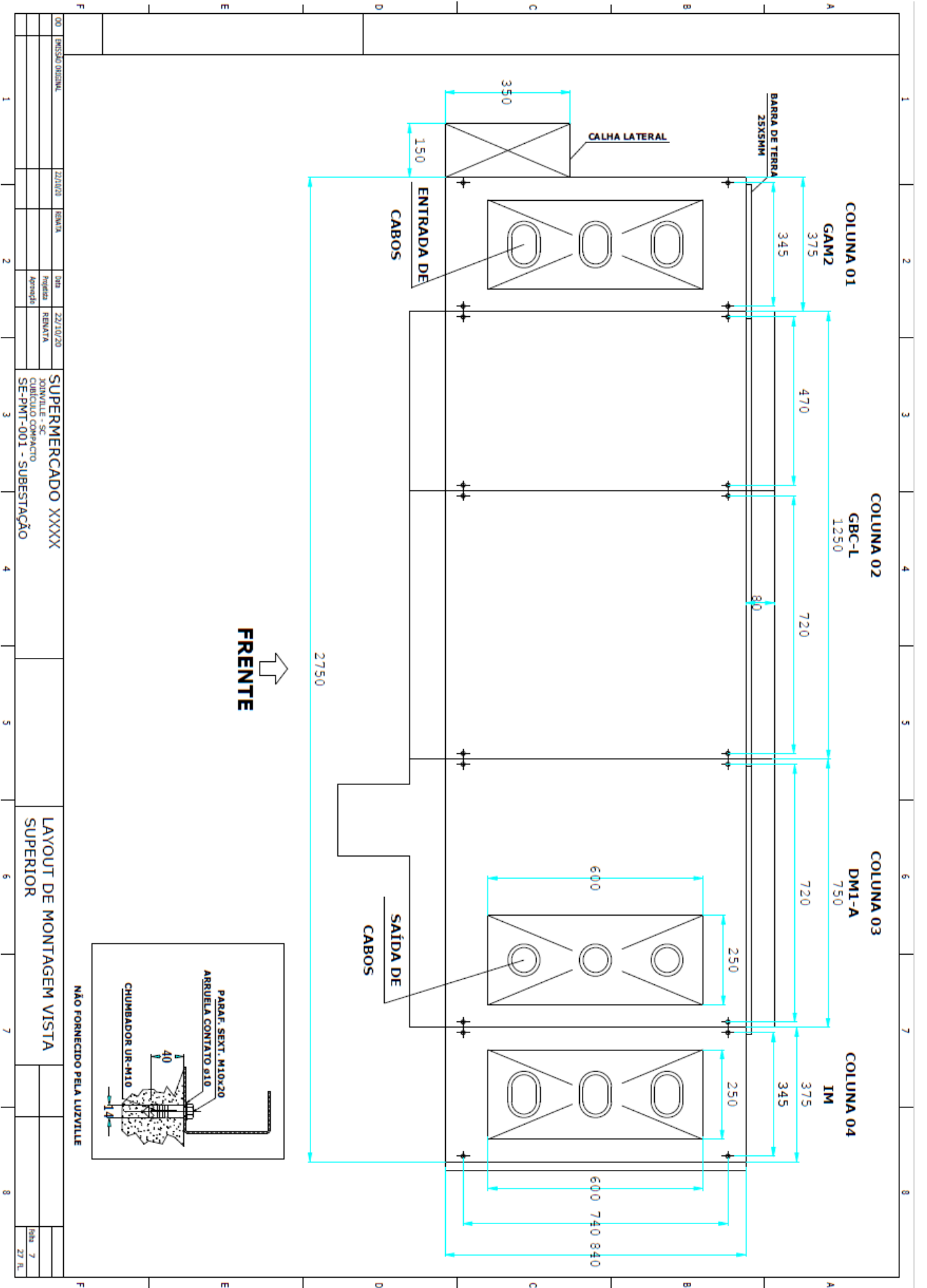




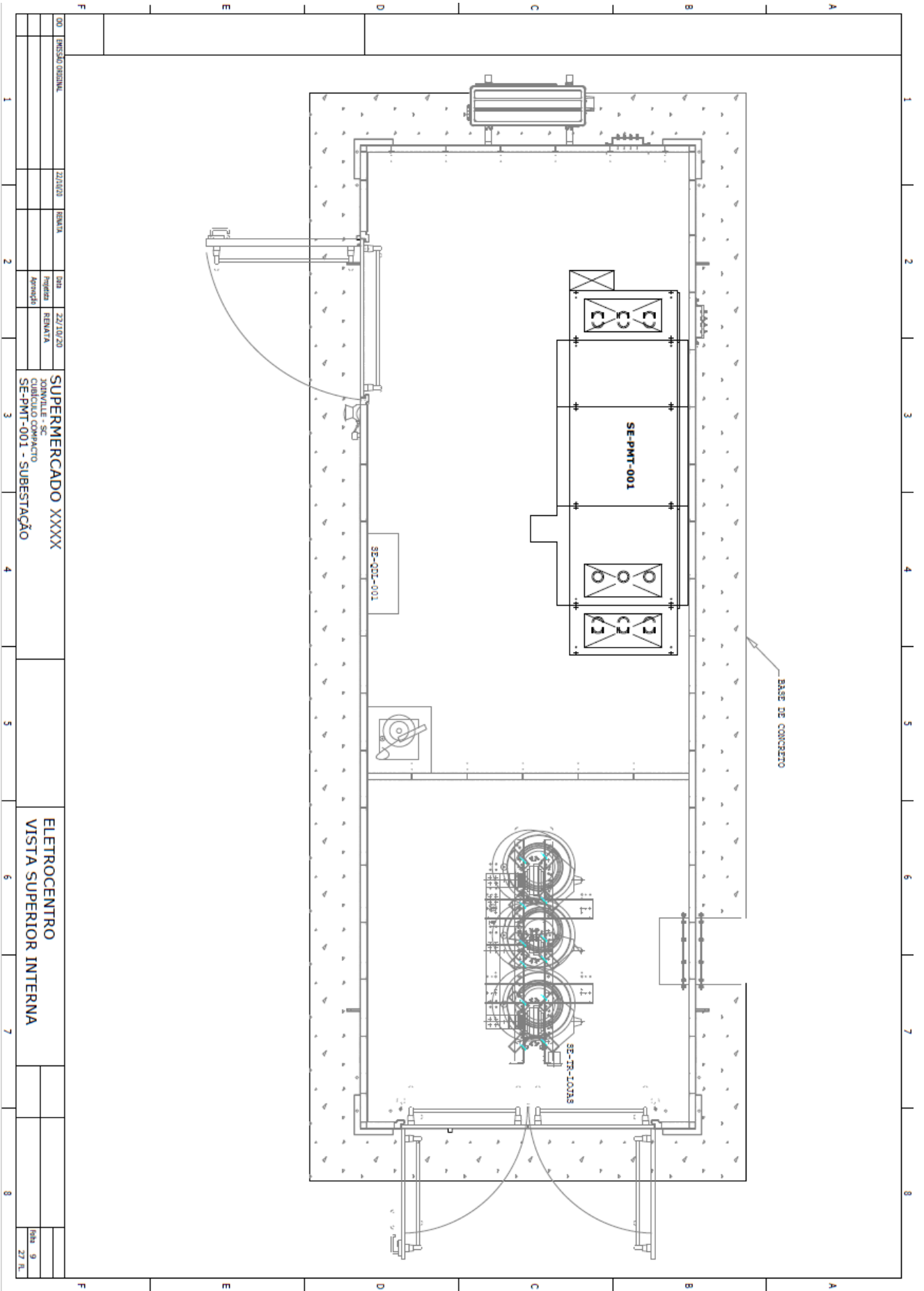


00	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
01	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
<p>(*) - FORNECIMENTO CONCESSIONÁRIA</p> <p>ENTRADA REDE CELESC</p> <p>SUPERMERCADO XXXX</p> <p>JOINVILLE - SC</p> <p>CUBÍCULO COMPACTO</p> <p>SE-PMT-001 - SUBESTAÇÃO</p> <p>LAYOUT DE MONTAGEM CORTE FRONTAL</p>											
02	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
03	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
04	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
05	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
06	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
07	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
08	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
09	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
10	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
11	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
12	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
13	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
14	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
15	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
16	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
17	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
18	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
19	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
20	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
21	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
22	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
23	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
24	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
25	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
26	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA
27	IMPRESSÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA	22/10/20	RENATA





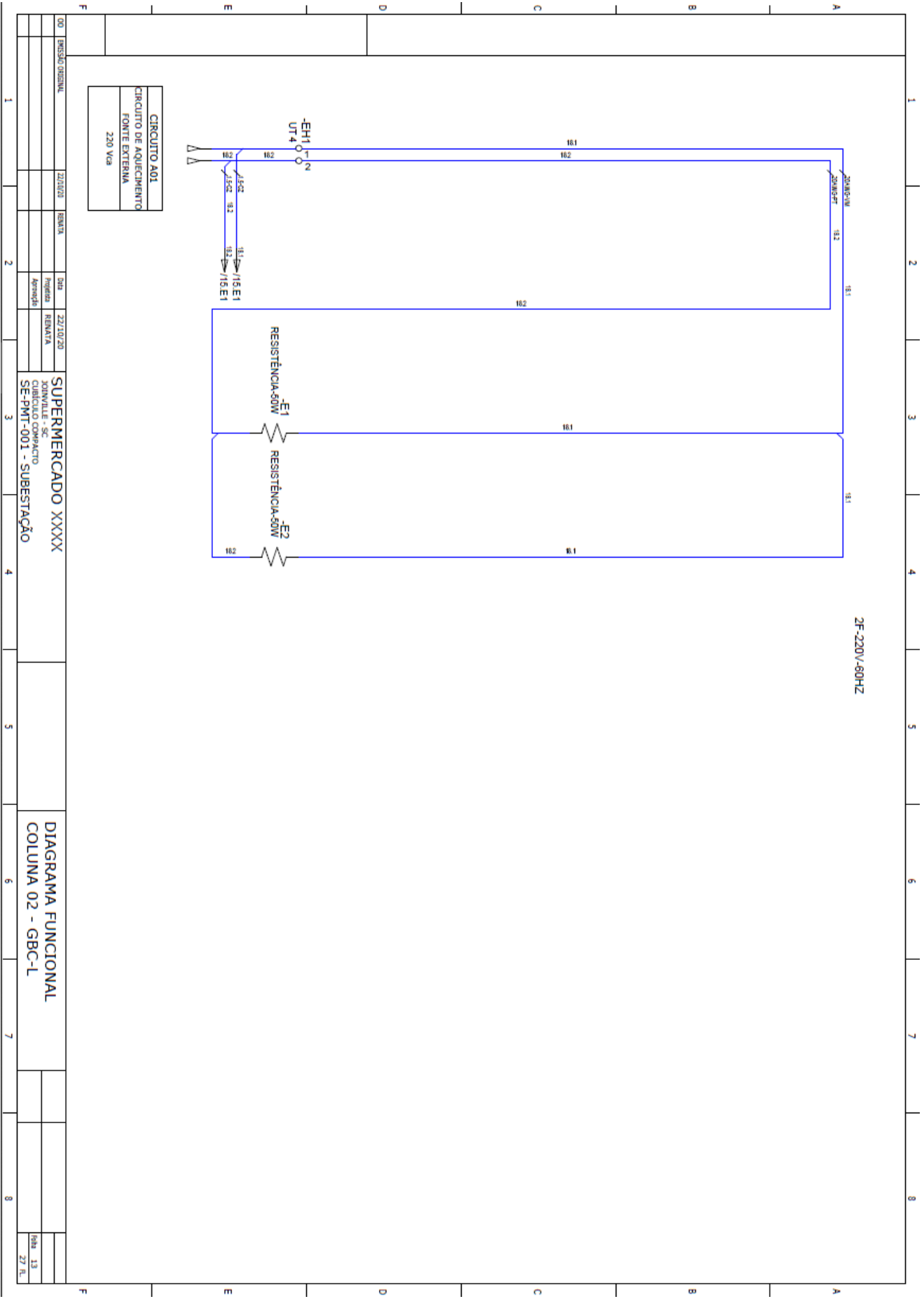
FRENTE



00	PROJETO ORIGINAL	Z21/02/20	RENATA	001	Z21/10/20	SUPERMERCADO XXXX						
				Projeto	RENATA	300V/480V - SC	ELETROCENTRO					
				Arquiteto		CUBICULO COMPACTO	VISTA SUPERIOR INTERNA					8/21
						SE-PMT-001 - SUBESTAÇÃO						27 fl.







00	PROJETO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	300	22/10/20	RENATA	Proj. de	SUPERMERCADO XXXX JOINVILLE - SC CUBICULO COMPACTO SE-PM1-001 - SUBESTAÇÃO		DIAGRAMA FUNCIONAL COLUMNA 02 - GBC-L	27 fl.
							Aprova				



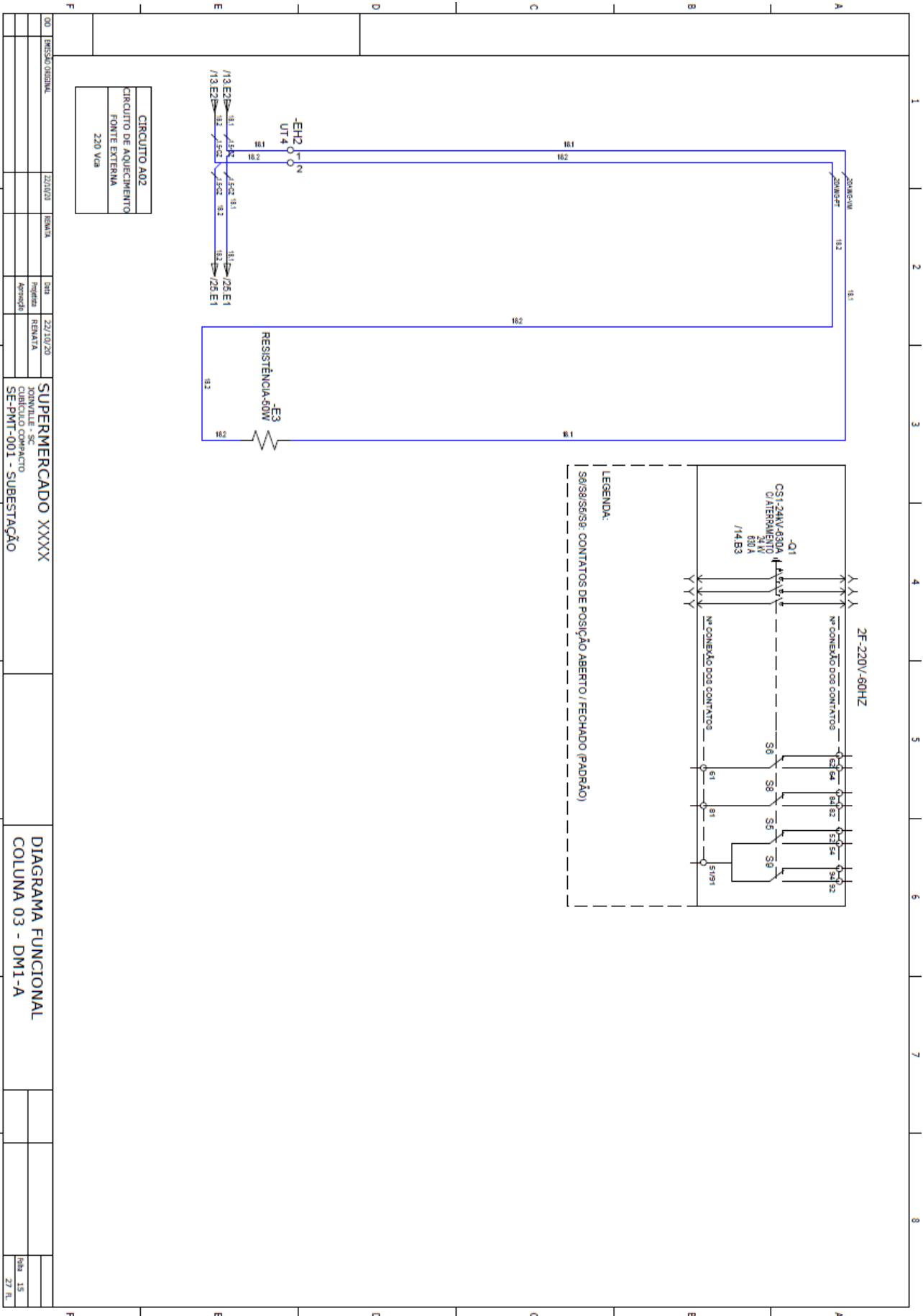
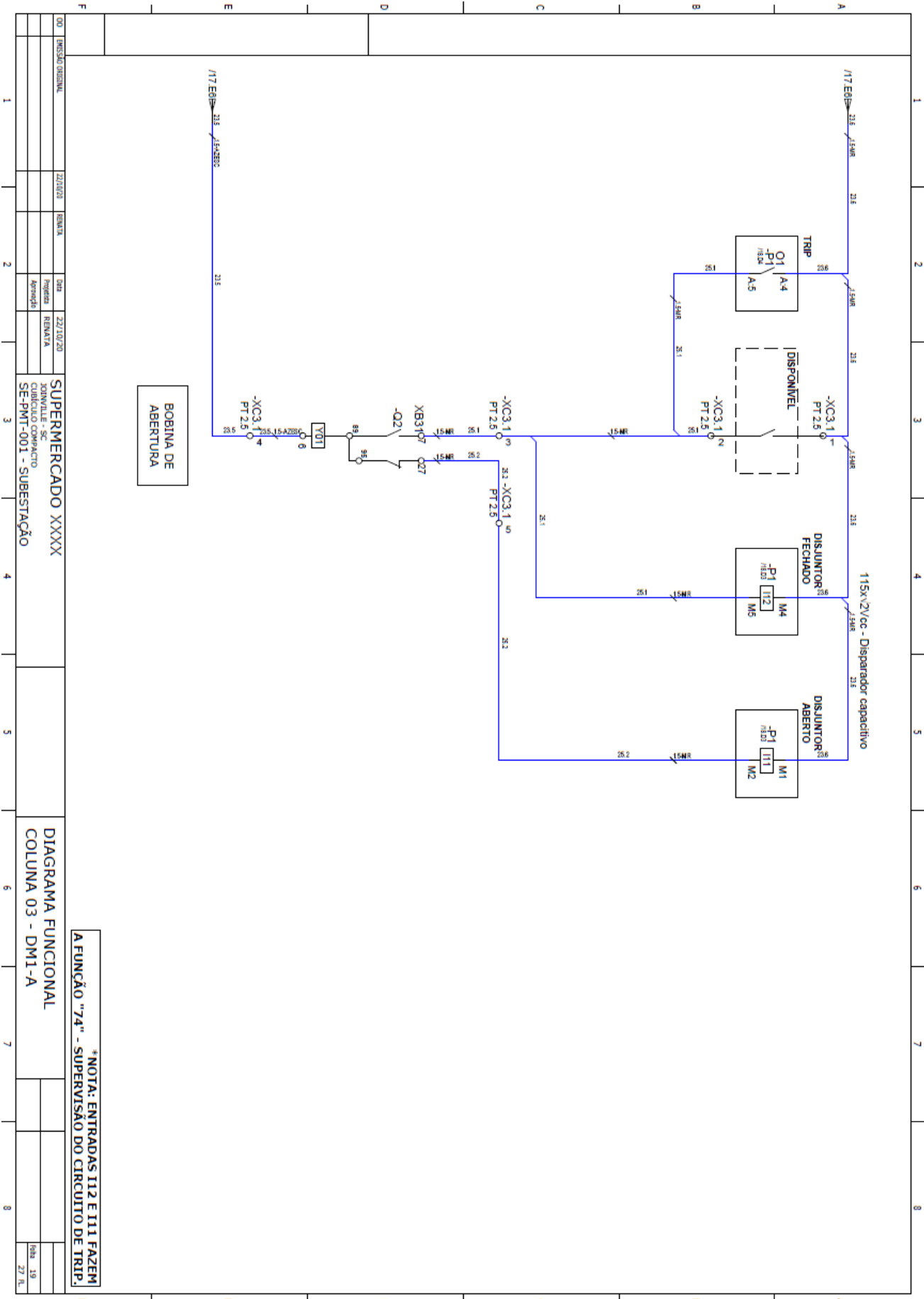


DIAGRAMA FUNCIONAL  
COLUNA 03 - DM1-A





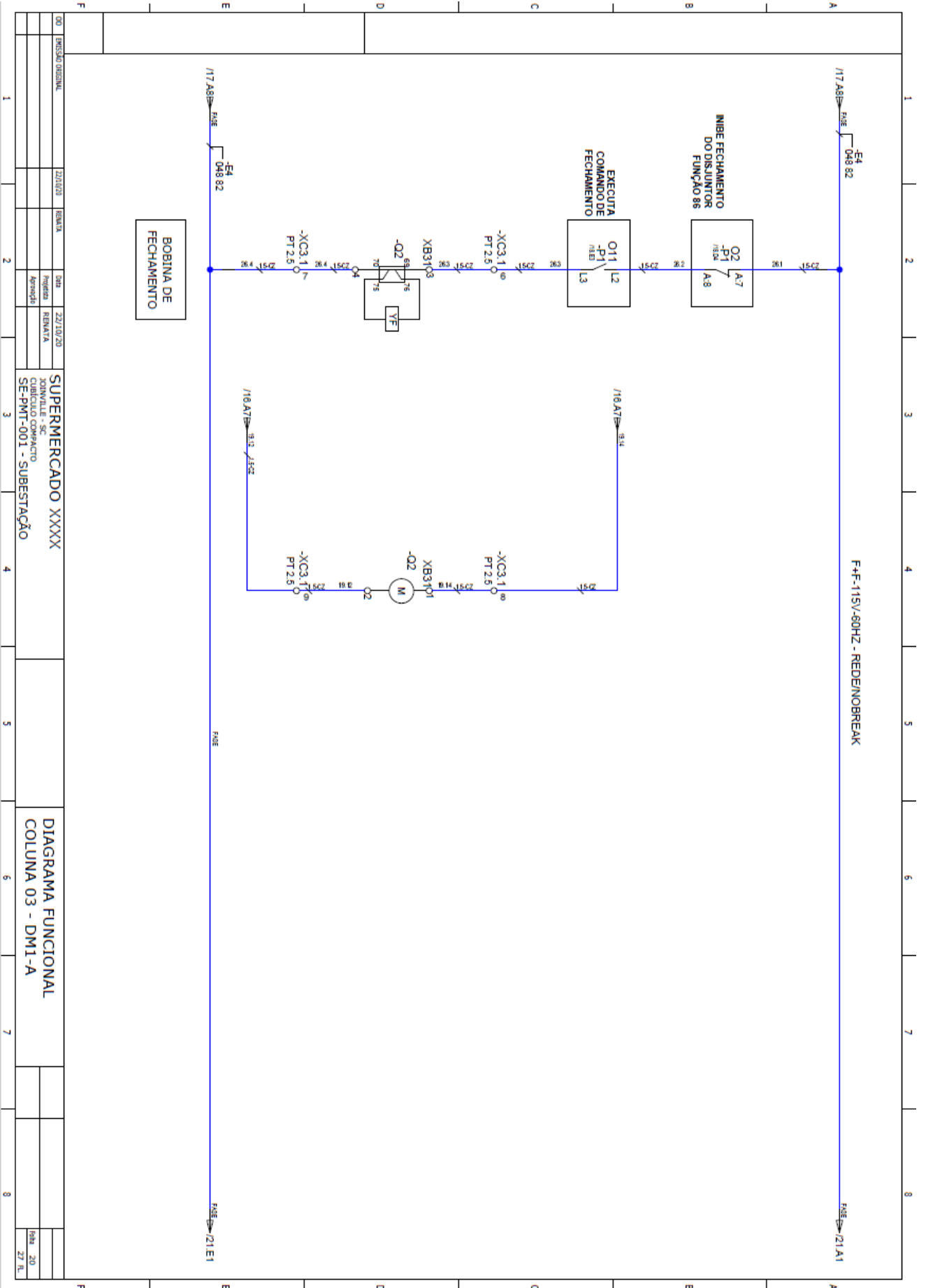




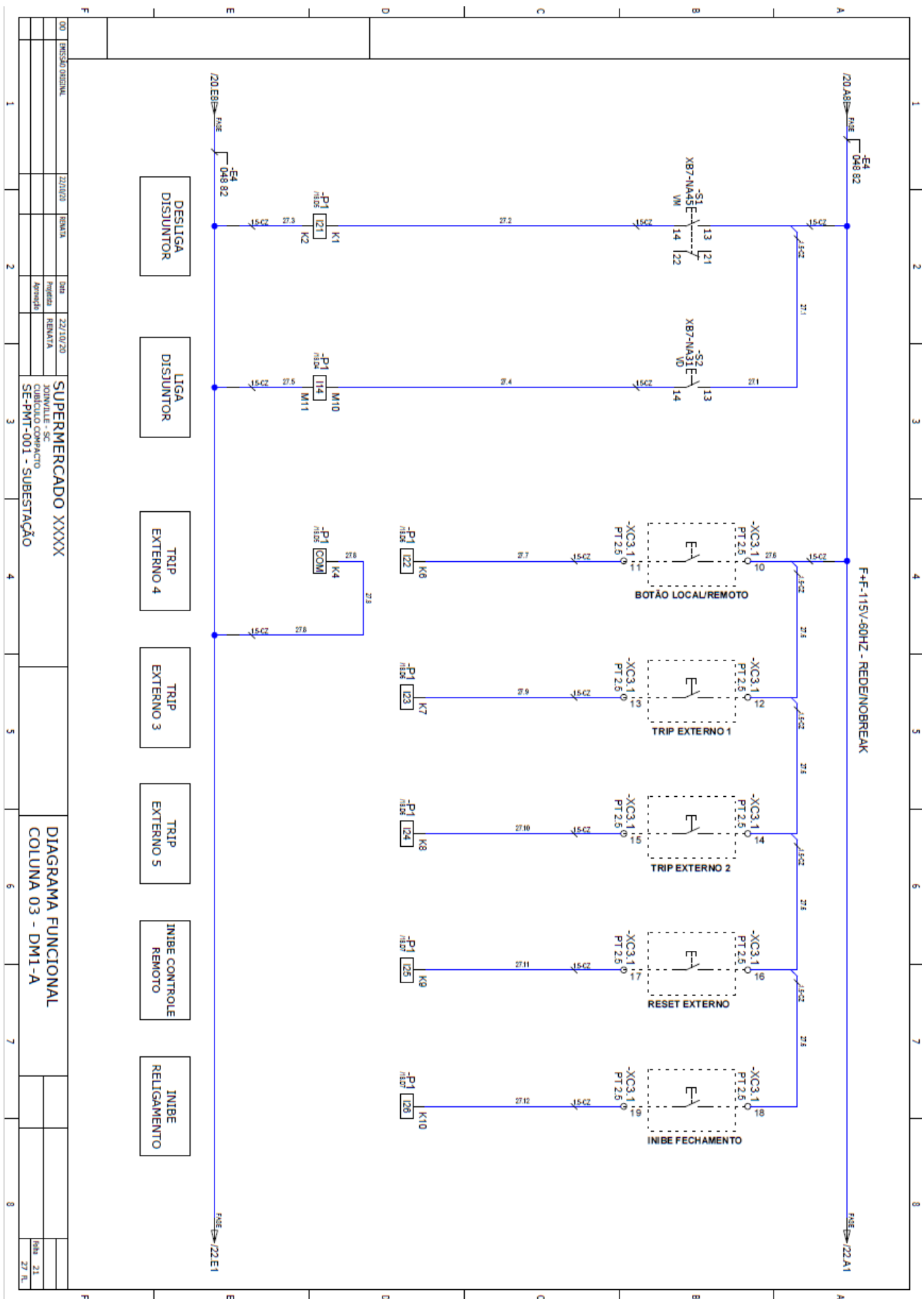
\*NOTA: ENTRADAS I12 E I11 FAZEM A FUNÇÃO "74" - SUPERVISÃO DO CIRCUITO DE TRIP.

00	REVISÃO ORIGINAL	22/10/20	RENATA	Projeteira	RENATA	SE-PMT-001 - SUBESTAÇÃO	DIAGRAMA FUNCIONAL	COLUNA 03 - DM1-A	19	27 fl.
				Aprovada						

1 2 3 4 5 6 7 8



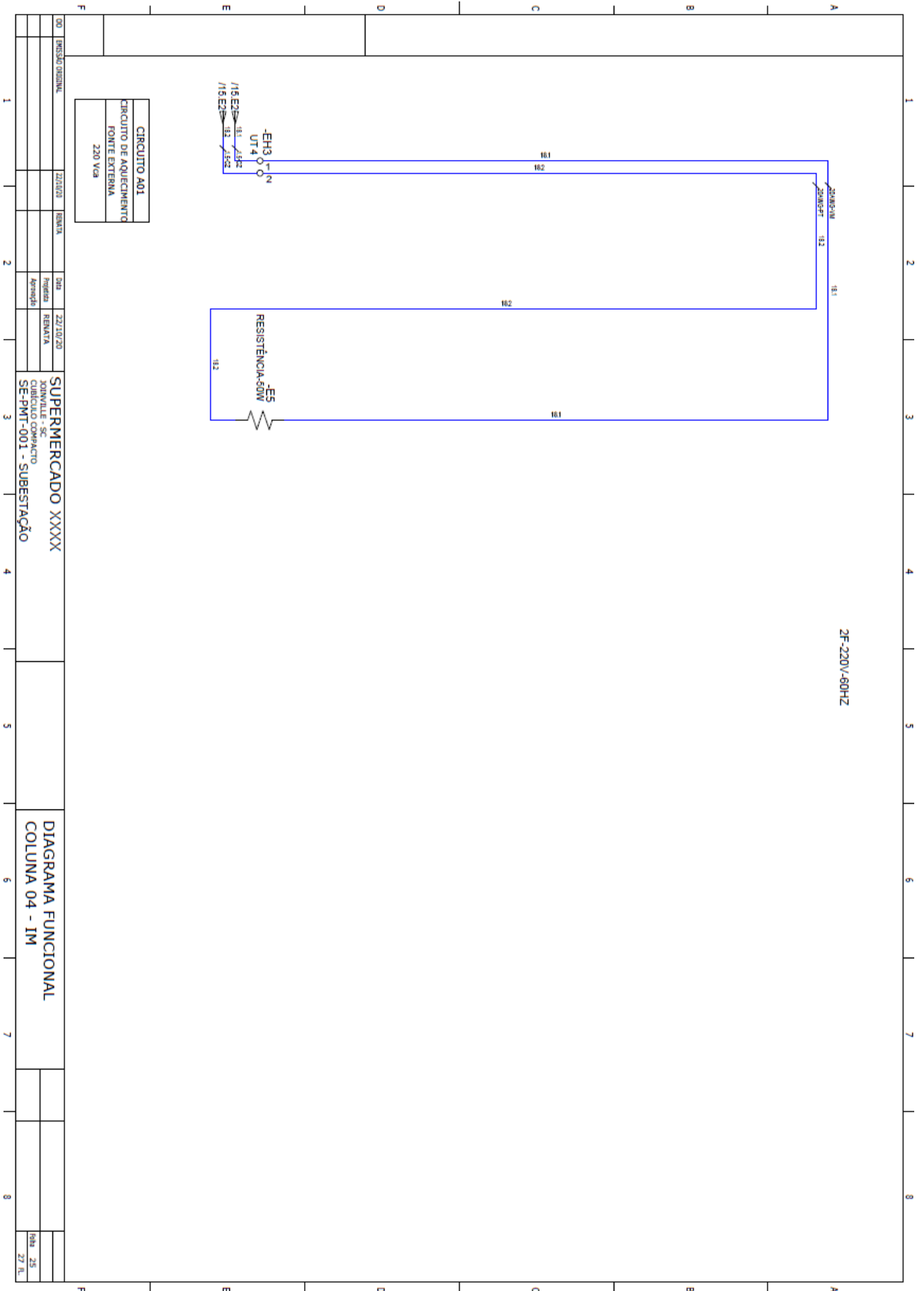
00	PROJETO ORIGINAL	REVISÃO	DATA	22/10/20	SUPERMERCADO XXXX JOINVILLE - SC CUBÍCULO COMPACTO SE-PMT-001 - SUBESTAÇÃO	DIAGRAMA FUNCIONAL COLUMNA 03 - DM1-A	Folha 20 27 FL.









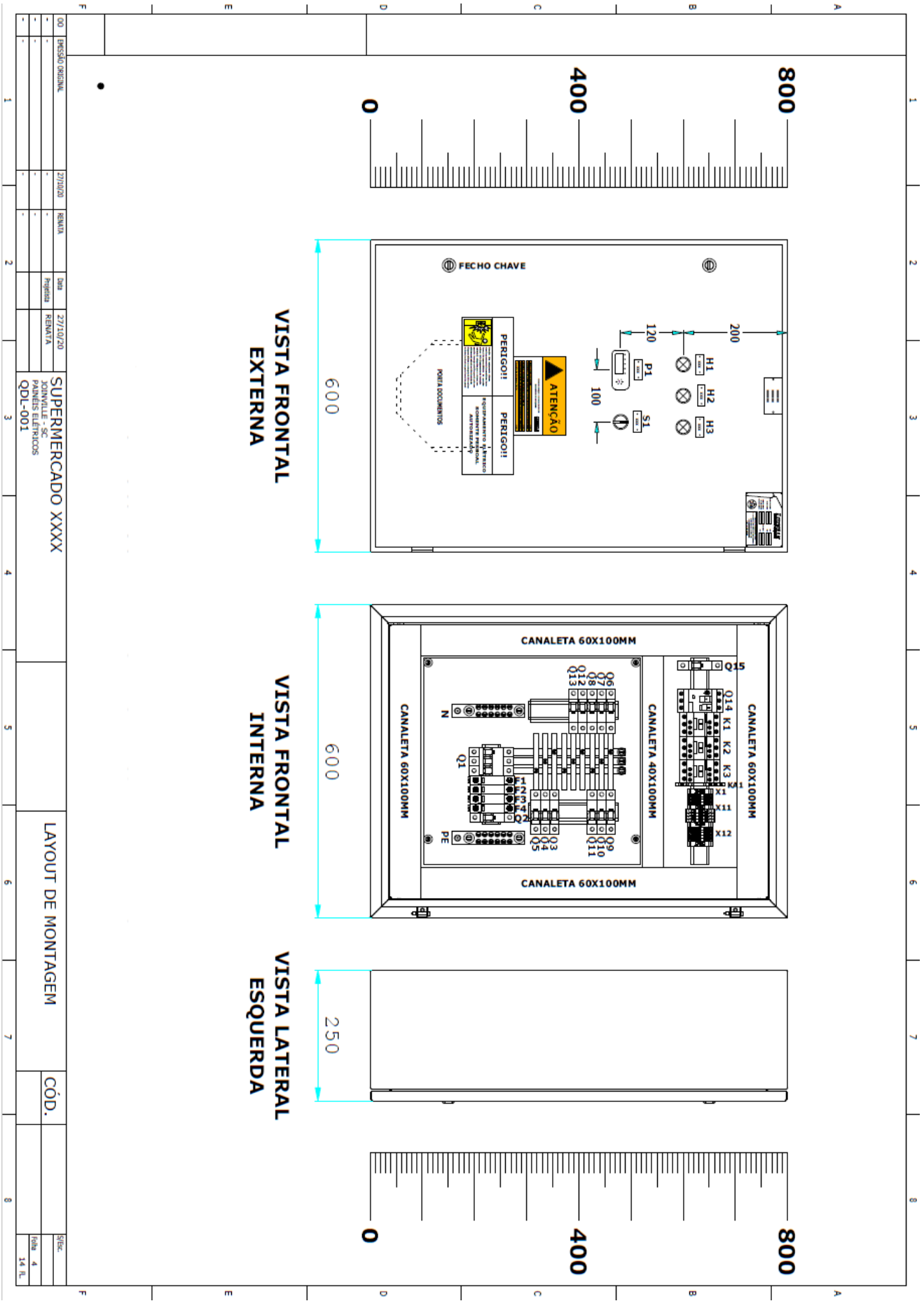


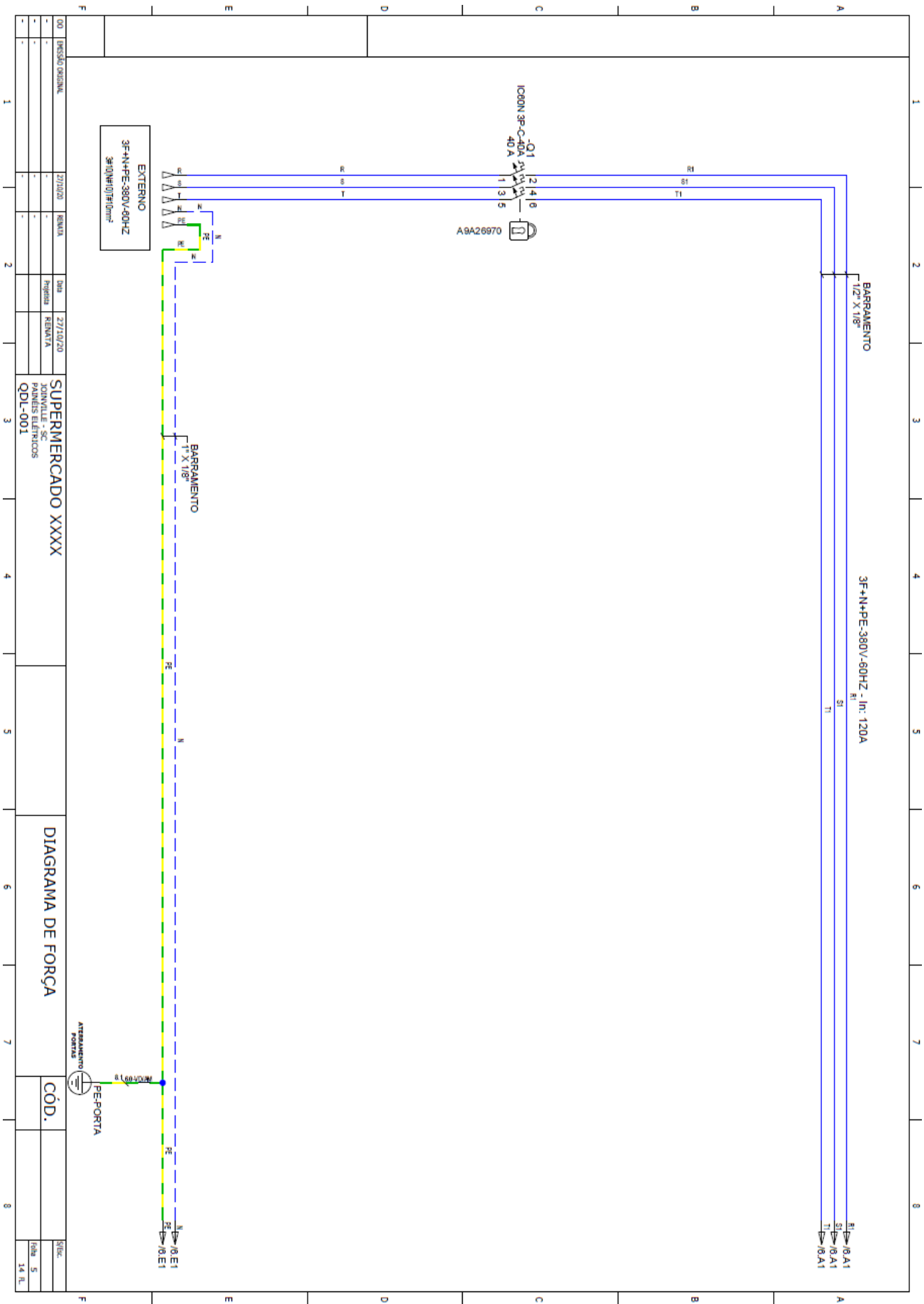




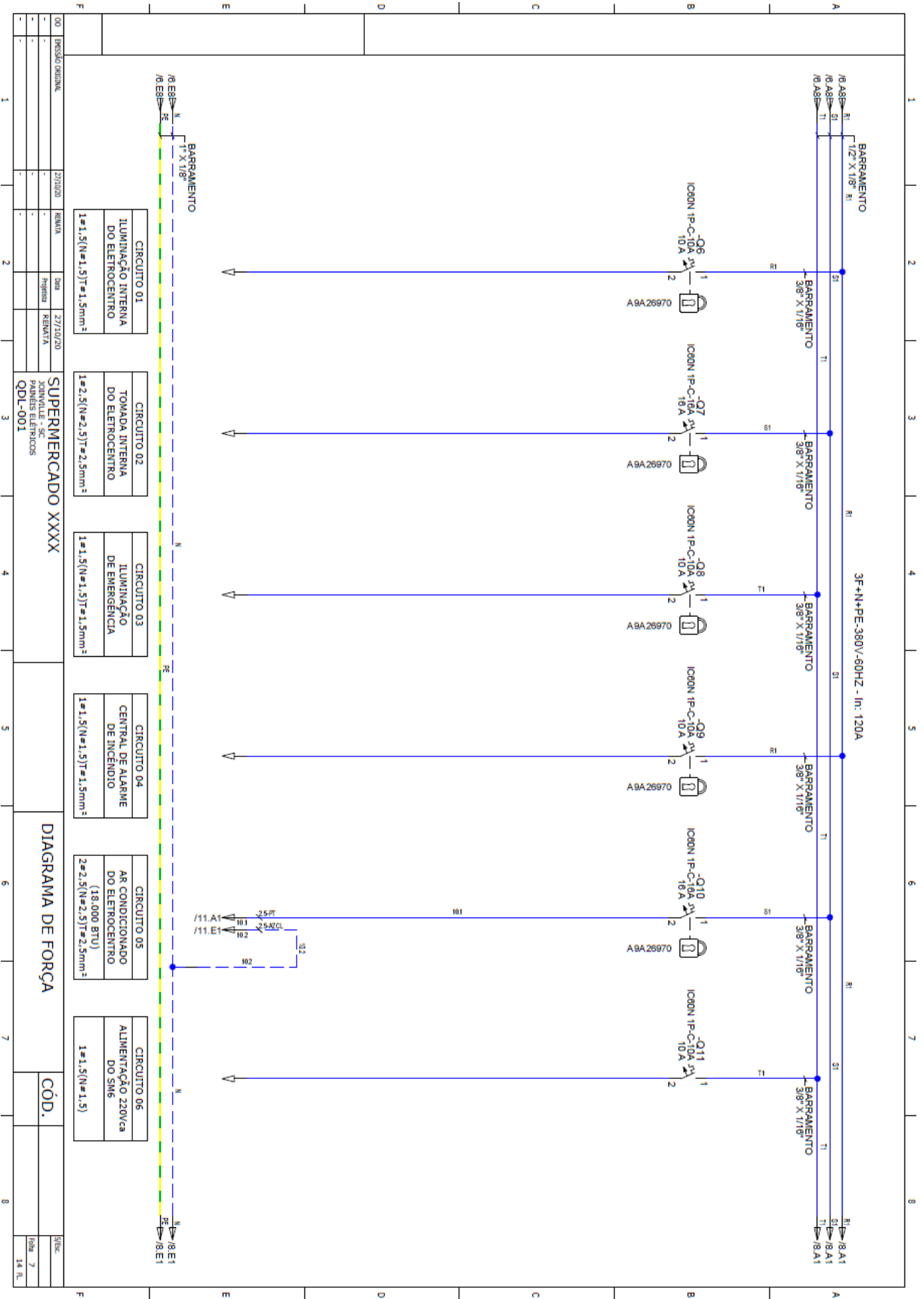




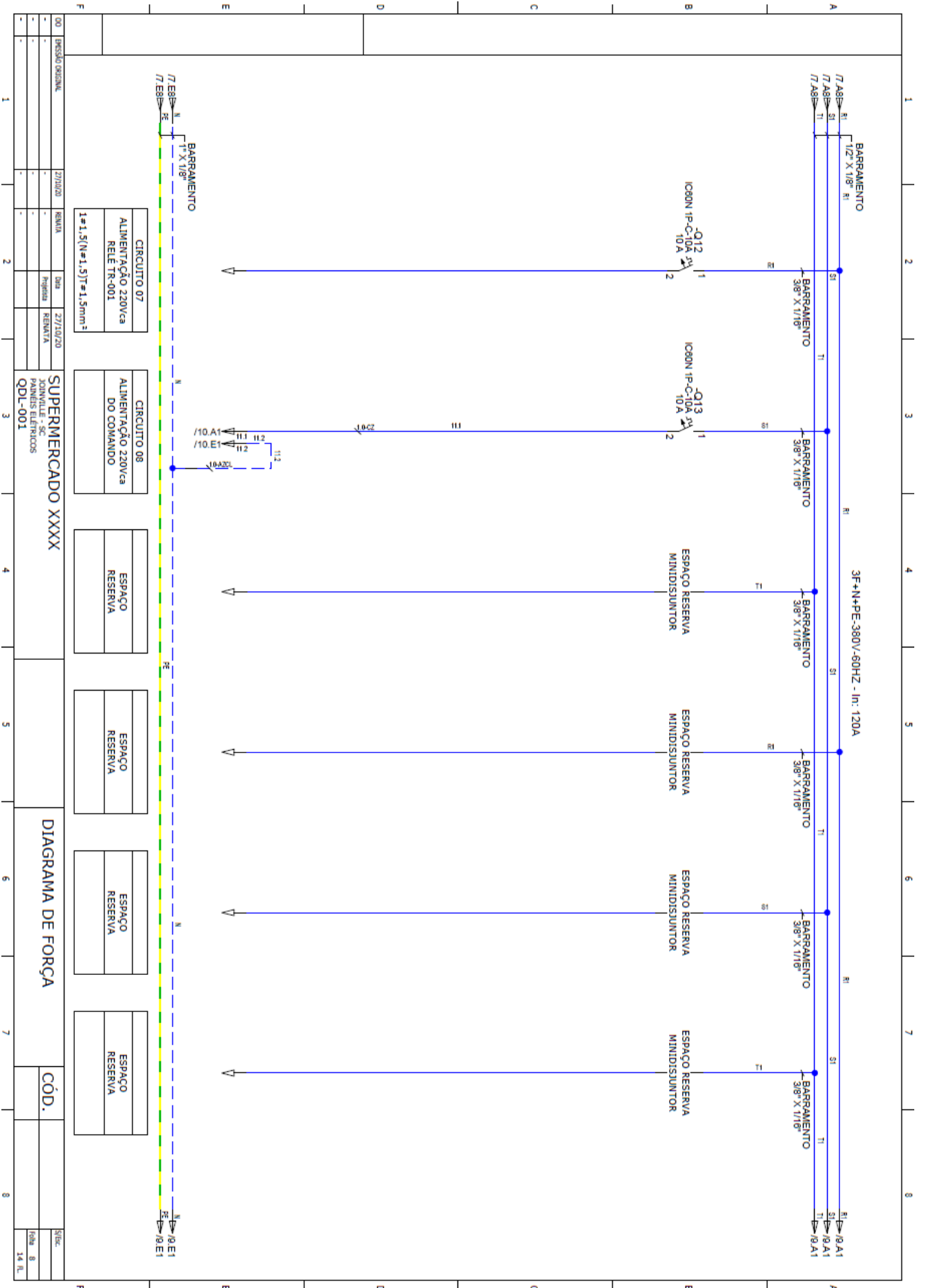








00	PREÇO ORIGINAL	27/10/20	RENTA	30x	27/10/20	JOHNWILL - SC	DIAGRAMA DE FORÇA	CÓD.	14 FL.
-	-	-	RENTA	30x	-	PAINÉIS ELÉTRICOS			
-	-	-	RENTA	30x	-				
-	-	-	RENTA	30x	-				



00	PROJETO ORIGINAL	27/10/20	RENATA	27/10/20	RENATA	<b>SUPERMERCADO XXXX</b> JOINVILLE - SC PAINÉIS ELÉTRICOS QDL-001	<b>DIAGRAMA DE FORÇA</b>	CÓD.	Série: Folha 8 14 de 14
-	-	-	Projeto	RENATA					
-	-	-	-	-					
-	-	-	-	-					

<b>CIRCUITO 07</b>
ALIMENTAÇÃO 220Vca
RELE TR-001
1=1,5(N=1,5)T=1,5mm²

<b>CIRCUITO 08</b>
ALIMENTAÇÃO 220Vca
DO COMANDO

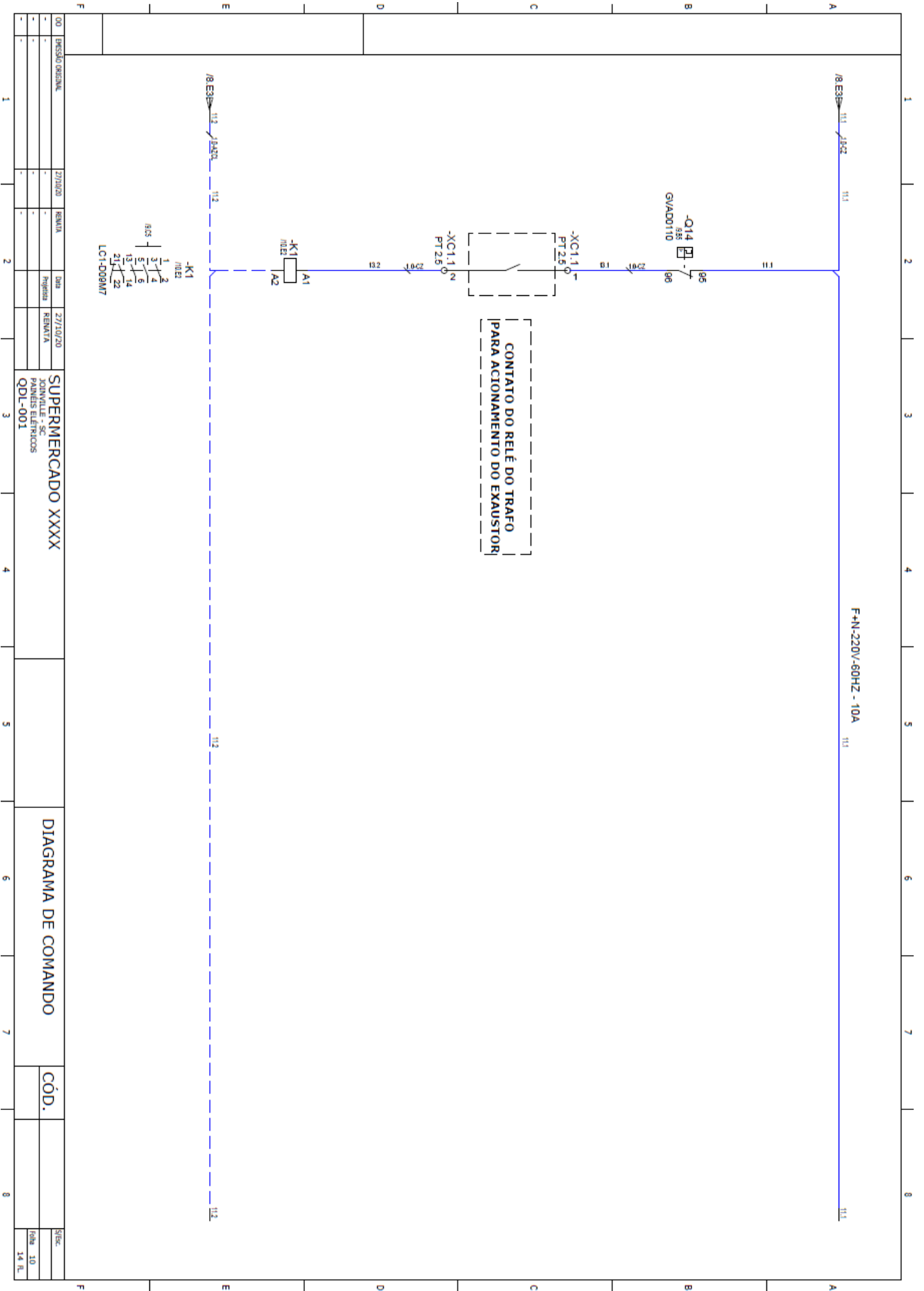
ESPAÇO RESERVA
----------------

ESPAÇO RESERVA
----------------

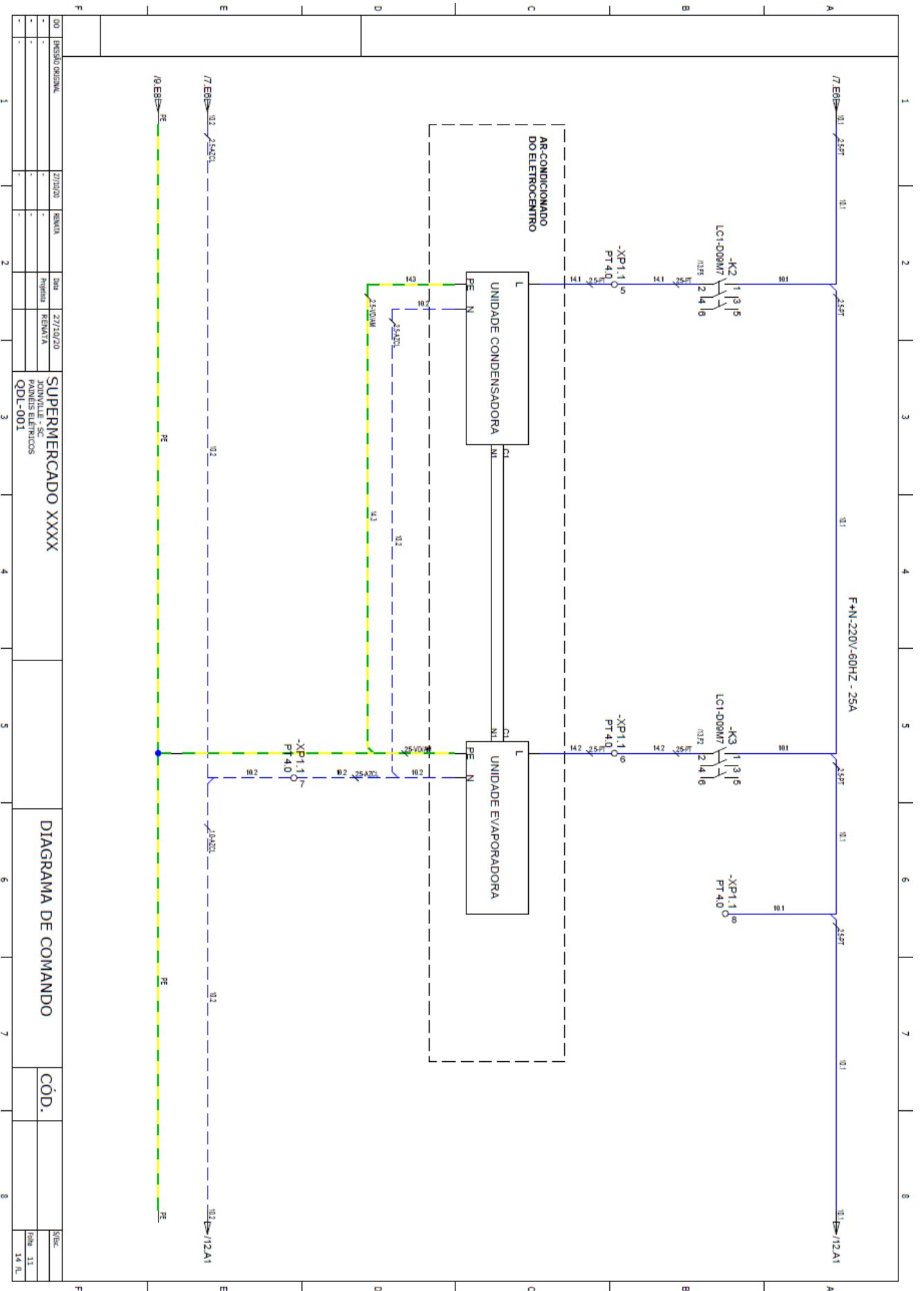
ESPAÇO RESERVA
----------------

ESPAÇO RESERVA
----------------





00	PROJETO ORIGINAL	27/10/20	RENATA	DBA	27/10/20	SUPERMERCADO XXXX JOINVILLE - SC PAINÉIS ELÉTRICOS QDL-001	DIAGRAMA DE COMANDO	CÓD.	Folha 10 de 14 fls.
-	-	-	-	Projeto	RENATA				
-	-	-	-	-	-				



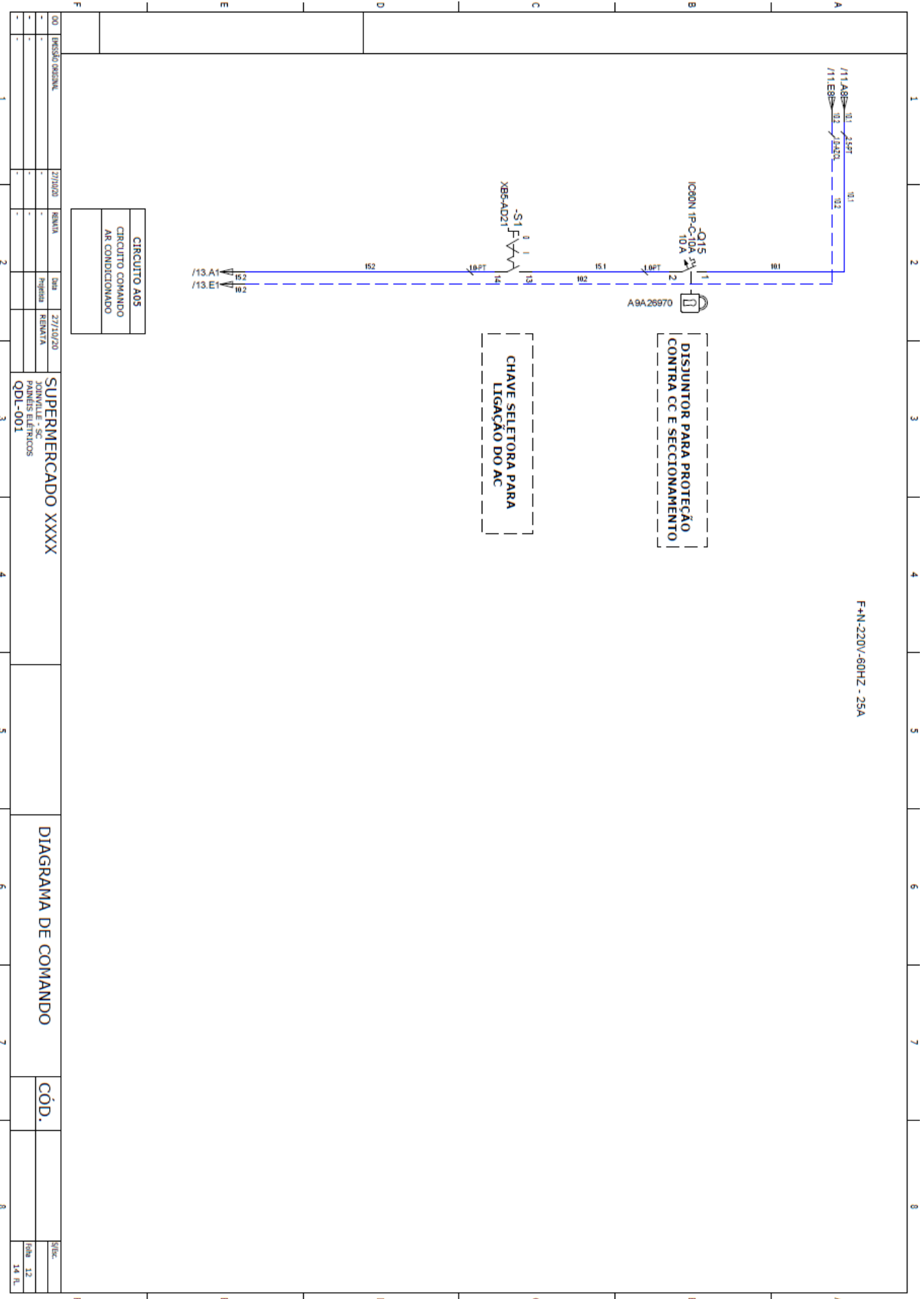
00	EMISSÃO ORIGINAL	27/10/20	RENATA	Bar	27/10/20	<b>SUPERMERCADO XXXX</b> DONNILE - S/C PAINÉIS ELÉTRICOS QDL-001	<b>DIAGRAMA DE COMANDO</b>	CÓD.	14 R.
-	-	-	-	Projetista	RENATA				
-	-	-	-						
-	-	-	-						

1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F

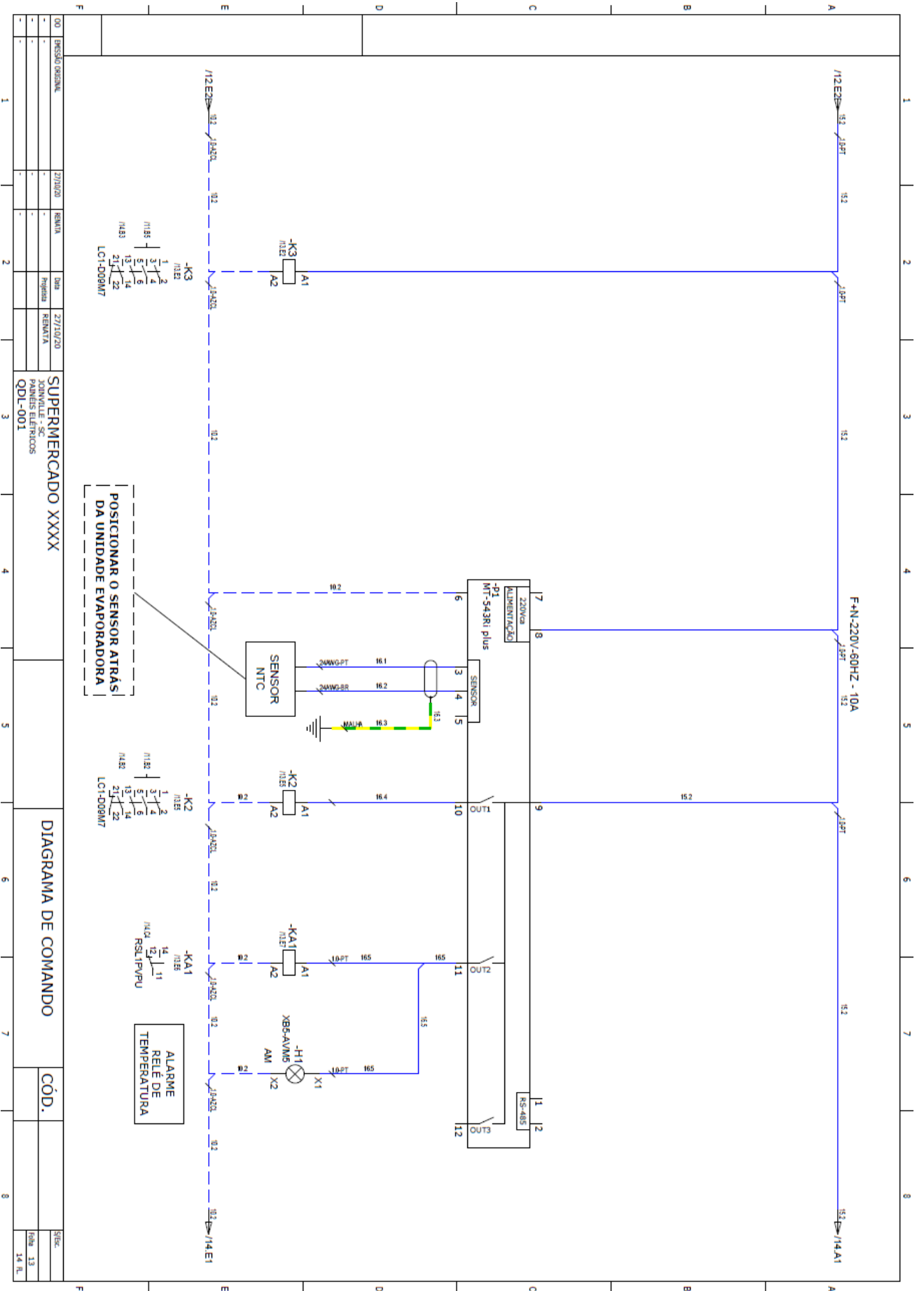
1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F



CIRCUITO AOS  
CIRCUITO COMANDO  
AR CONDICIONADO

00	IMPRESSÃO ORIGINAL	27/01/20	RENATA	22/11/20	SUPERMERCADO XXXX	DIAGRAMA DE COMANDO	CÓD.	14 fl.
-	-	-	-	-	JOINVILLE - SC	-	-	-
-	-	-	-	-	PAINÉIS ELÉTRICOS	-	-	-
-	-	-	-	-	QDL-001	-	-	-

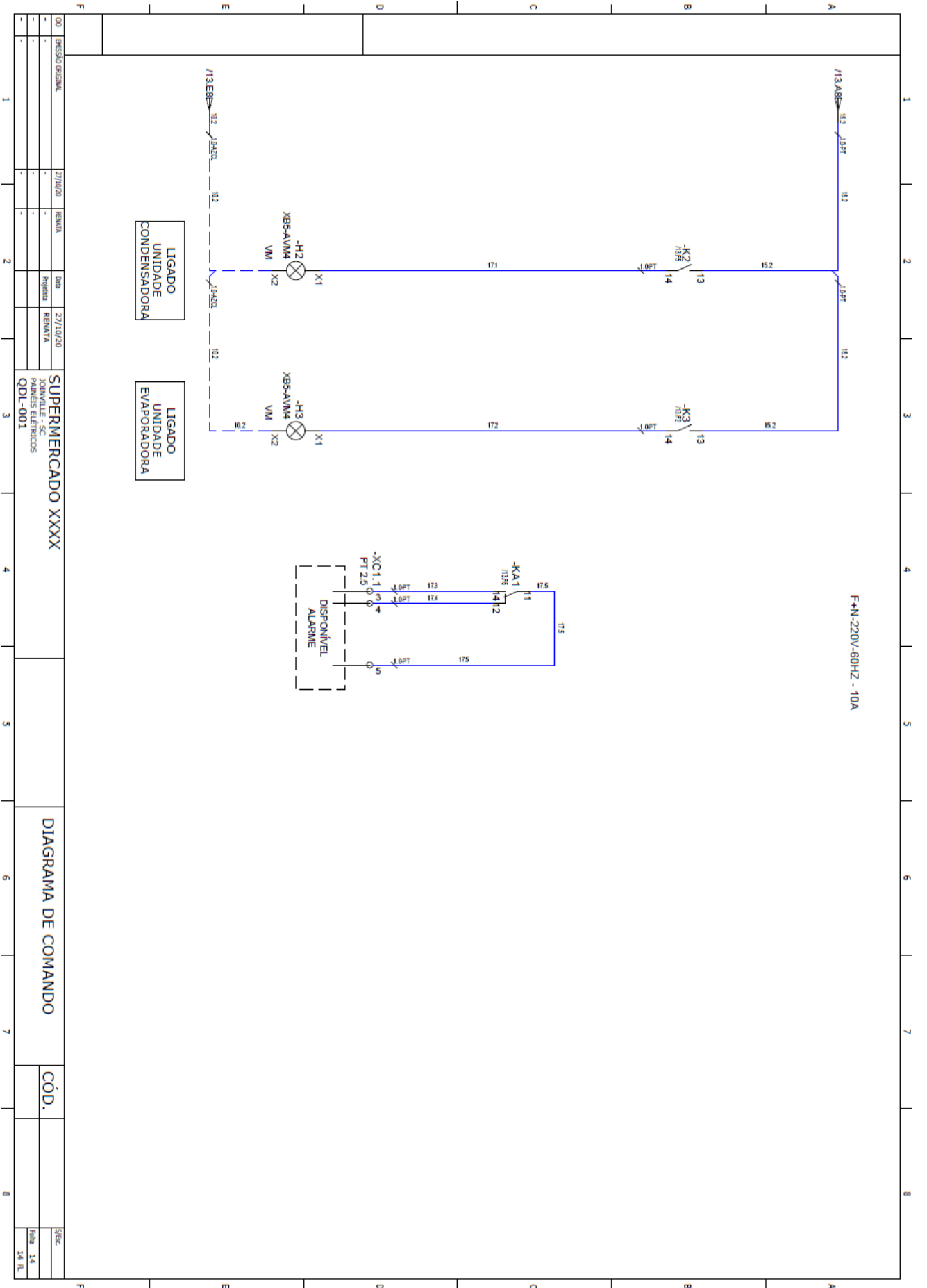


SUPERMERCADO XXXX

DIAGRAMA DE COMANDO

CÓD.

Rev. 1.3  
14 fl.



00	IMPRESÃO ORIGINAL	27/10/20	RENATA	000	27/10/20	SUPERMERCADO XXXX		CÓD.	Folha 14
-	-	-	-	Próxima	RENATA	JOINVILLE - SC			
-	-	-	-	-	-	PAINÉIS ELÉTRICOS			
-	-	-	-	-	-	QDL-001			

DIAGRAMA DE COMANDO



## APÊNDICE I – ESTUDO LUMINOTÉCNICO

### **SUPERMERCADO XXXX**

Projeto luminotécnico interno.

Cliente: SUPERMERCADO XXXX  
Obra: CABINE DE MEDIÇÃO E PROTEÇÃO  
Revisão: 00

Data: 23.03.2021  
Editor(a): Renata Rossi

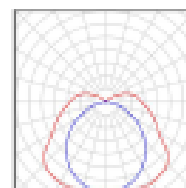
Editor(a) Renata Rossi  
Telefone  
Fax  
e-Mail rs.r@outlook.com

---

**SUPERMERCADO XXXX / Lista de luminárias**

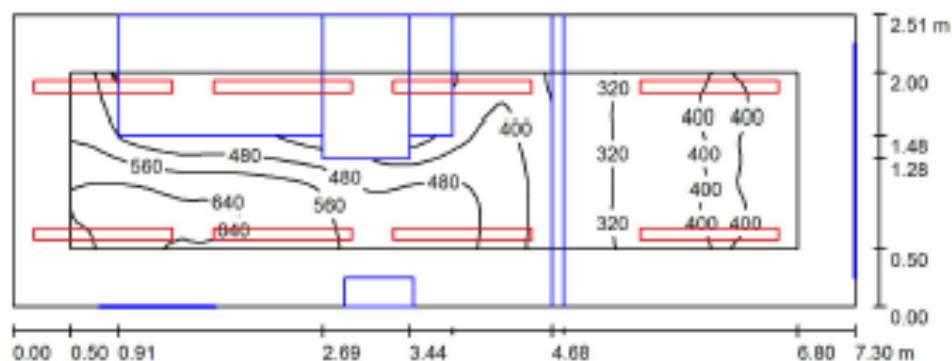
8 Unid. PHILIPS  
N° do artigo:  
Corrente luminosa (Luminária): 3152 lm  
Corrente luminosa (Lâmpadas): 4160 lm  
Potência luminosa: 67,1 W  
Classificação de luminárias conforme CIE: 67  
Código de Fluxo (CIE): 39 69 88 87 76  
Lâmpada (s): 1 x TCW062 2x36W (Factor de  
correção 1.000).

É favor escolher uma  
imagem de luminária em  
nosso catálogo de  
luminárias.



Editor(a) Renata Rossi  
 Telefone  
 Fax  
 e-Mail rs.r@outlook.com

## Subestação SU / Resumo



Altura da sala: 2.800 m, Altura de montagem: 2.800 m, Factor de manutenção: 0.70

Valores em Lux, Escala 1:53

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	453	270	667	0.597
Floor	31	261	8.26	478	0.032
Ceiling	70	348	90	617	0.258
Paredes (4)	85	345	4.13	679	/

## Workplane:

Altura: 0.750 m  
 Grelha: 128 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.929, Tecto / Plano de uso: 0.768.

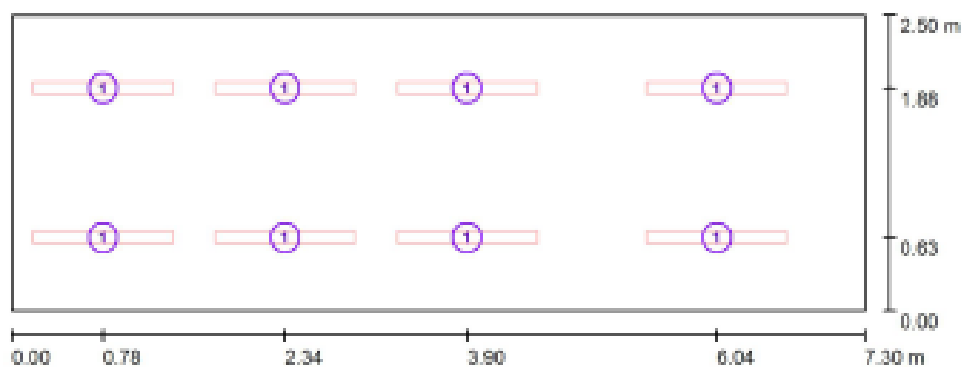
## Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS (1.000)	3152	4160	67.1
			Total: 25216	Total: 33278	536.8

Potência específica: 29.36 W/m<sup>2</sup> = 6.49 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Superfície básica: 18.28 m<sup>2</sup>)

Editor(a) Renata Rossi  
 Telefone  
 Fax  
 e-Mail rs.rm@outlook.com

### Subestação SU / Luminárias (Localização)



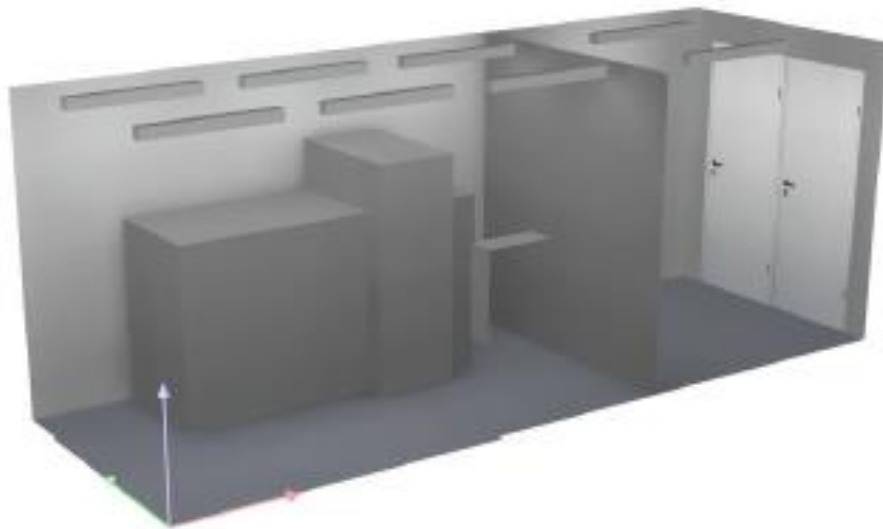
Escala 1 : 53

#### Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação
1	8	PHILIPS

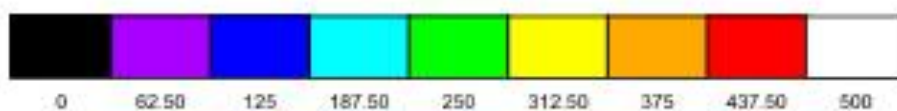
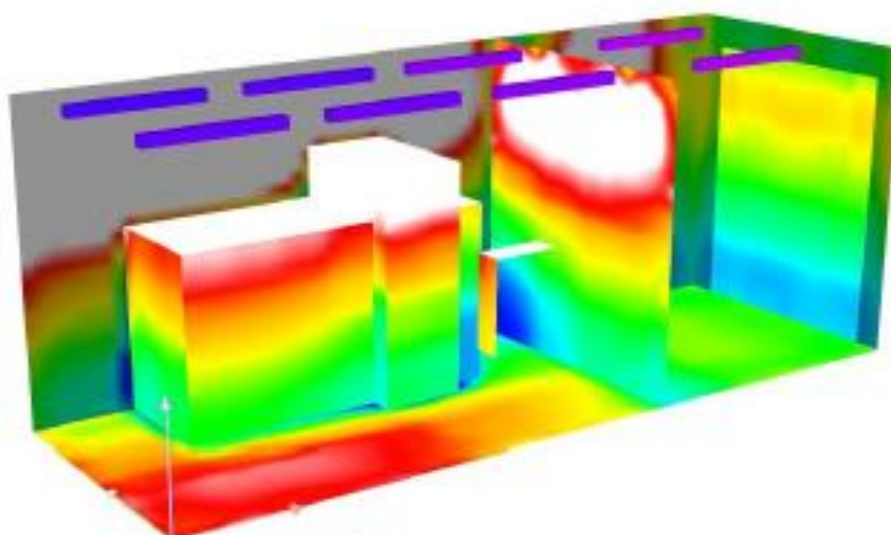
Editor(a) Renata Rossi  
Telefone  
Fax  
e-Mail re.rr@outlook.com

### Subestação SU / Representação 3D



Editor(a) Renata Rossi  
Telefone  
Fax  
e-Mail rs.r@outlook.com

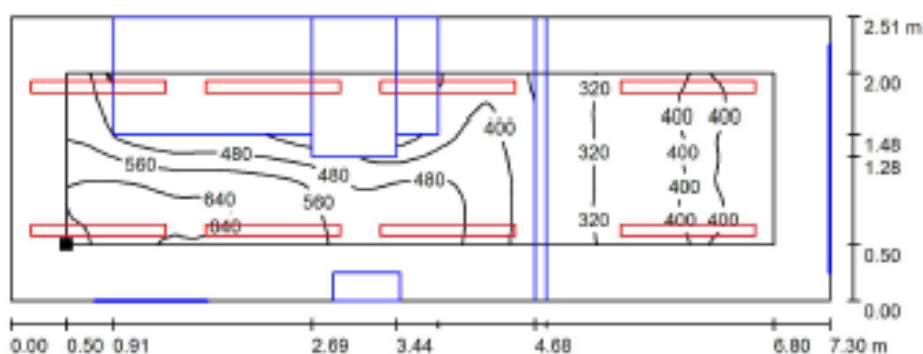
### Subestação SU / Representação de cores falsas



lx

Editor(a) Renata Rossi  
 Telefone  
 Fax  
 e-Mail re.rr@outlook.com

### Subestação SU / Workplane / Linhas isográficas (E)



Valores em Lux, Escala 1 : 53

Posição da superfície na sala:  
 Plano de uso com 0.500 m Zona  
 marginal  
 Ponto marcado:  
 (0.500 m, 0.500 m, 0.750 m)



Grade: 128 x 32 Pontos

$E_m$  [lx]  
453

$E_{min}$  [lx]  
270

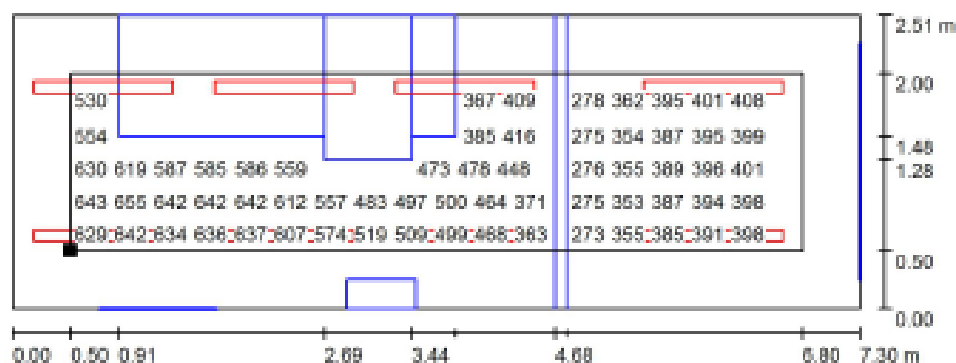
$E_{max}$  [lx]  
667

$E_{min} / E_m$   
0.597

$E_{min} / E_{max}$   
0.405

Editor(a) Renato Rossi  
 Telefone  
 Fax  
 e-Mail rs.rr@outlook.com

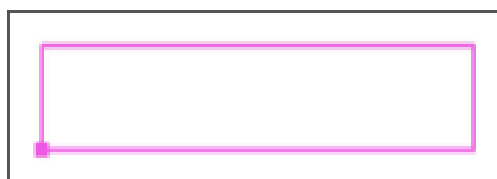
### Subestação SU / Workplane / Gráfico de valores (E)



Valores em Lux, Escala 1 : 53

Nem todos os valores calculados podem ser representados.

Posição da superfície na sala:  
 Plano de uso com 0.500 m Zona  
 marginal  
 Ponto marcado:  
 (0.500 m, 0.500 m, 0.750 m)



Grelha: 128 x 32 Pontos

$E_m$  [lx]  
453

$E_{min}$  [lx]  
270

$E_{max}$  [lx]  
667

$E_{min} / E_m$   
0.597

$E_{min} / E_{max}$   
0.405

## APÊNDICE J – DIMENSIONAMENTO DO CABO DE MT



### DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS 4.0

Página: 1  
23/03/2021

**Projeto :** Cálculo dos condutores e proteção N  
**Circuito :** SM6 - TRAF0

#### Dados de entrada

Maneira de instalar:	Em bandejas
Tensão de serviço:	13,8 kV
Classe de tensão:	8.7/15
Cabo:	CABO EPROTENAX COMPACT 105° CU
Material Condutor:	Cobre
Temperatura de Regime do Condutor :	105 °C
Temperatura ambiente:	35 °C
Queda de tensão máxima:	4,00 %
Corrente de projeto:	31,4 A
Fator de potência:	1,00
Resistividade térmica do solo:	1,0
Circuito comprimento:	9 m
Corrente curto circuito no condutor:	16,00 kA
Tempo corrente curto circuito no condutor:	0,2000 s
Tipo de conexão:	Prensada
Fator de correção de agrupamento :	Automático
Número de condutores por fase imposto :	1
Seção nominal do condutor :	Automática
Tipo de Cabo Selecionado	Cabo Unipolar
Disposição dos Cabos	Trifólio
Numero de Ternas ou Cabos	1
Numero de Bandejas	1
Disposição dos Circuitos	Instalação Horizontal

#### Valores calculados

Seção nominal dos condutores:	1 x 70 mm <sup>2</sup>
Critério de dimensionamento:	Curto circuito
Método de Referência da Instalação (Tabela 25 NBR 14039):	A
Capacidade de condução de corrente:	1 x 298 A
Fator de correção de agrupamento:	1,00
Fator de correção da temperatura:	0,97
Reatância capacitiva:	7139 ohm.km
Resistência máxima em corrente alternada:	0,3590 ohm/km
Reatância indutiva:	0,1340 ohm/km
Queda de tensão efetiva:	0,0013 %
Integ. de Joule condutor (regime adiabático):	8,80E+007 A²s
Terminal modular (TM) da PRYSMIAN recomendado:	TM - 20-C-120

Os resultados apresentados foram baseados nas características dos produtos fabricados pela Prysmian e NBR 14039:2005 - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV

## APÊNDICE K – DIMENSIONAMENTO DO SPDA DO ELETROCENTRO

