

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS –
CÂMPUS GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS IV
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

DESENVOLVIMENTO DE QUADRO DE TRANSFERÊNCIA
AUTOMÁTICA PARA SUPRIMENTO DE SERVIÇOS AUXILIARES E
EMERGENCIAIS DE SUBESTAÇÕES DE ALTA TENSÃO

NATHAN RIBEIRO MALAQUIAS

ORIENTADOR: PROF. ME. LEOVIR CARDOSO A. JUNIOR

GOIÂNIA
2023



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Nathan Ribeiro Malaquias

Matrícula: 20181011060281

Título do Trabalho: Desenvolvimento de Quadro de Transferência Automática para Suprimento de Serviços Auxiliares e Emergenciais de Subestações de Alta Tensão

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia - Goiás, 27/02/2024.

Nathan Ribeiro Malaquias

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

NATHAN RIBEIRO MALAQUIAS

DESENVOLVIMENTO DE QUADRO DE TRANSFERÊNCIA
AUTOMÁTICA PARA SUPRIMENTO DE SERVIÇOS AUXILIARES E
EMERGENCIAIS DE SUBESTAÇÕES DE ALTA TENSÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Departamento de Áreas Acadêmicas IV do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Goiânia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica. Orientador: Prof. Me. Leovir Cardoso A. Junior.

GOIÂNIA

2023

M237d Malaquias, Nathan Ribeiro.

Desenvolvimento de quadro de transferência automática para suprimento de serviços auxiliares e emergenciais de subestações de alta tensão / Nathan Ribeiro Malaquias. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2023.
[111]f.

Orientação: Prof. Me. Leovir Cardoso A. Junior.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Departamento de Áreas Acadêmicas IV, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Inclui anexo.

1. Painéis elétricos. 2. Distribuição de energia elétrica. I. A. Junior, Leovir Cardoso (orientação). II. Silveira, Michel Henrique da (coorientação). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. IV. Título.

CDD 621.319

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Lana Cristina Dias Oliveira CRB1/ 2.631
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

ATA DE REALIZAÇÃO DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC) DO CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA DAS ÁREAS ACADÊMICAS IV DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS, CÂMPUS GOIÂNIA.

Aos 29 dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte três, às 19 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca avaliadora, via webconferência, composta pelos seguintes membros: **Prof. Me. Leovir Cardoso Aleluia Júnior** (Orientador e Presidente da Banca Avaliadora), **Prof. Me. Paulo Sérgio Zanin Júnior** (Membro Interno da Banca Avaliadora) e **Prof. Dr. Marcos Antônio Cardoso de Lima** (Membro Interno da Banca Avaliadora) para a realização da sessão pública de apresentação e defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), intitulado **DESENVOLVIMENTO DE QUADRO DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA PARA SUPRIMENTO DE SERVIÇOS AUXILIARES E EMERGENCIAS NAS SUBESTAÇÕES DE ALTA TENSÃO**, de autoria do graduando **NATHAN RIBEIRO MALAQUIAS (Matrícula: 20181011060281)**, do **CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**, como requisito final para obtenção, do título de **ENGENHEIRO ELETRICISTA**. **PARECER:** Após as arguições dos membros da banca examinadora, por decisão unânime, o trabalho foi **APROVADO COM CORREÇÕES**, a Nota Final atribuída foi **8,0 (oito vírgula zero)**. O trabalho corrigido deverá ser apresentado ao Professor Orientador no prazo máximo de 30 dias a partir da data de defesa. **FECHAMENTO:** Nada mais havendo a tratar, o presidente da banca avaliadora, Professor **Leovir Cardoso Aleluia Júnior**, agradeceu a participação de todos e encerrou a sessão pública de apresentação e defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) às 21 (vinte e uma) horas e 15 (quinze) minutos. Eu, **Marcos Antônio Cardoso de Lima**, Coordenador do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, (assinatura digital), lavrei a presente Ata assinada digitalmente pela banca avaliadora. Goiânia, 29 de dezembro de 2023. Nada mais a constar, encerro a presente Ata.

BANCA AVALIADORA

Prof. Me. Leovir Cardoso Aleluia Júnior	Orientador e Presidente - IFG
Prof. Me. Paulo Sérgio Zanin Júnior	Membro Interno - IFG
Prof. Dr. Marcos Antônio Cardoso de Lima	Membro Interno - IFG

Prof. Marcos Antônio Cardoso de Lima
Coordenador do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica
Portaria N.º 461 de 19/03/2021

Documento assinado eletronicamente por:

- **Paulo Sergio Zanin Junior**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/12/2023 22:19:30.
- **Marcos Antonio Cardoso de Lima**, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - GYN-CCBEE, em 29/12/2023 22:16:06.
- **Leovir Cardoso Aleluia Junior**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/12/2023 22:15:18.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 29/12/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 496207
Código de Autenticação: 67b5a5460b



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e saúde, sendo possível a realização deste trabalho, e da conclusão de mais uma etapa em minha vida acadêmica.

Sou grato à minha família pelo apoio incondicional, mesmo nos momentos em que me abstive de seu convívio mais próximo devido aos compromissos acadêmicos.

Também agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás e ao qualificado corpo docente do nosso curso pela elevada qualidade do ensino oferecido e sua dedicação em me tornar um profissional digno.

Agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Me. Leovir Cardoso A. Junior por conduzir e dedicar seu tempo ao meu trabalho de pesquisa.

RESUMO

Neste trabalho foi desenvolvido projeto executivo completo de proposta de solução para fabricação de um quadro de transferência automática, capaz de controlar e comutar três diferentes fontes redundantes de energia para suprimento de serviços auxiliares e emergenciais de subestações de alta tensão. Objetivando atender o disposto no módulo 3 do PRODIST (Procedimentos de Distribuição), estabelecido pela ANEEL, além do disposto no Módulo 2 dos Procedimentos de Rede da ONS, que estabelecem a necessidade da redundância de fontes para suprimento de serviços auxiliares de subestações, além da maneira que devem ser atendidos estes requisitos. Soluções tradicionais resultam em gastos expressivos de materiais para implantação, além de manutenção e tempo de trabalho. Buscando otimização, realizou-se revisão bibliográfica buscando obter soluções mais robustas e eficazes, justificando a implantação de sistema com módulo automatizado. O resultado foi o projeto para construção de um quadro otimizado quanto à custo, dimensões e funcionalidades, reduzindo consideravelmente os gastos com materiais, e número de componentes, além de horas de trabalho. O QTA apresentado é capaz de controlar e comutar três diferentes fontes de energia para suprimento de serviços auxiliares e emergenciais de subestações de alta tensão.

Palavras-Chave: Quadro de Transferência Automática. Projeto. Procedimentos de Rede. PRODIST.

ABSTRACT

A solution project was developed to manufacture an automatic transfer board capable of controlling and switching three different energy sources to supply auxiliary and emergency services for high voltage substations. Aiming to meet the provisions of Module 3 of the PRODIST (Network Procedures), established by ANEEL, in addition to the provisions of Module 2 of the ONS network procedures, which establish the need for redundant sources for auxiliary substation services and the way in which these requirements must be met. Traditional solutions result in significant expenses with materials for implementation, as well as maintenance and working time. A literature review was carried out seeking to obtain more robust and effective solutions. Justifying the implementation of a system with an automated module. The result was the project to build a frame optimized in terms of cost, dimensions and functionalities, considerably reducing spending on materials, number of components, as well as working hours. The QTA presented is capable of controlling and switching three different energy sources to supply auxiliary and emergency services to high voltage substations.

Keywords: Automatic Transfer Board. Project. Network Procedures. PRODIST.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama Unifilar de Serviços Auxiliares.....	10
Figura 2 - Quadro de Transferência Automática (QTA).....	25
Figura 3 - Forma 1: Não há separação entre os componentes e o barramento.....	29
Figura 4 - Forma 2a: Terminais não separados do barramento.....	30
Figura 5 - Forma 2b: Terminais separados do barramento	30
Figura 6 - Forma 3a: Terminais não separados do barramento.....	31
Figura 7 - Forma 3b: Terminais separados do barramento	31
Figura 8 - Forma 4a: Terminais no mesmo compartimento que a unidade funcional associada	32
Figura 9 - Forma 4b: Terminais que não estão no mesmo compartimento que a unidade funcional associada	32
Figura 10 - Fonte (1) de energia da concessionária: Transformador de 75 kVA com tensão de linha no secundário de 380 Vca e proteção à jusante de 125 A	36
Figura 11 - Fonte (2) de energia do gerador: Gerador de 81 kVA com tensão de linha de 380 Vca e proteção à jusante de 125 A	37
Figura 12 - Fonte (3) de energia da geração solar fotovoltaica: Gerador fotovoltaico com tensão de linha de 380 Vca, potência e proteção à jusante indefinidos.....	37
Figura 13 - Previsão de Quadro de Transferência Automática (QTA) para duas fontes de energia, gerador carenado e gerador fotovoltaico, com proteção geral de 250 A	37
Figura 14 - Pannel de serviços auxiliares com os circuitos distribuídos, proteção geral de 125 A, corrente de curto-circuito de 10 kA, com três fontes de energia, concessionária, gerador carenado e gerador fotovoltaico	38
Figura 15 - Diagrama unifilar: Solução técnica	40
Figura 16 – Representação elétrica de força do disjuntor geral da fonte (1) de energia da concessionária	41
Figura 17 - Representação elétrica de comando do disjuntor geral da fonte (1) de energia da concessionária	41
Figura 18 - Representação mecânica do disjuntor geral da fonte (1) de energia da concessionária	41
Figura 19 - Representação elétrica do controlador AGC 150 Híbrido.....	43
Figura 20 - Diagrama unifilar do Quadro de Transferência Automática (QTA).....	43
Figura 21 - Representação mecânica do controlador AGC 150 híbrido	43
Figura 22 - Representação elétrica do DPS.....	45
Figura 23 - Representação mecânica do DPS	45
Figura 24 – Diagrama do sinal de tensão indicado pelo manual do controlador AGC 150 Híbrido.....	46

Figura 25 - Características técnicas dos transformadores de corrente indicado pelo manual do controlador AGC 150 Híbrido.....	47
Figura 26 - Representação elétrica do transformador de corrente, com bloco de aferição para proteção e manutenção	47
Figura 27 - Representação mecânica do transformador de corrente	47
Figura 28 - Características técnicas do sinal de tensão indicado pelo manual do controlador AGC 150 Híbrido	48
Figura 29 - Representação elétrica do sinal de tensão.....	49
Figura 30 - Comando elétrico do carregador de baterias paralelo as baterias do gerador.....	50
Figura 31 - Representação elétrica do botão de emergência	51
Figura 32 - Representação mecânica do botão de emergência.....	51
Figura 33 - Layout do painel.....	52
Figura 34 - Seleção de ventilador.....	55
Figura 35 – Representação elétrica da ventilação	56
Figura 36 - Representação mecânica da ventilação.....	56
Figura 37 – Representação elétrica da tomada do quadro	57
Figura 38 - Representação mecânica da tomada e iluminação do quadro.....	58
Figura 39 - Tabela de barramentos de cobre - Copper Barras.....	59
Figura 40 - Barramentos.....	59
Figura 41 - Maneira de instalar condutores.....	60
Figura 42 - Capacidade de condução dos condutores	61
Figura 43 - Cabeamento	61
Figura 44 - Representação elétrica do disjuntor de proteção da tomada.....	64
Figura 45 - Representação mecânica do disjuntor de proteção da tomada.....	64
Figura 46 - Dados construtivos dos condutores elétricos.....	65
Figura 47 - Simulação de passagem de condutores do trajeto com maior quantidade.....	65
Figura 48 - Canaletas	66
Figura 49 - Diagrama unifilar: Solução existente	67
Figura 50 - Diagrama unifilar: Nova solução.....	68
Figura 51 - Lista de materiais.....	69
Figura 52 - Exemplo de painel elétrico contendo apenas a parte de comando elétrico do Quadro de Transferência Automática (QTA)	70
Figura 53 - Representação gráfica do Quadro de Transferência Automática (QTA) resultado do anexo 01 deste trabalho	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ART - Anotação de Responsabilidade Técnica

I - Corrente Elétrica

Imp - Unidade da Corrente em Máxima Potência

Icc - Unidade da Corrente de Curto-Circuito

kVA - Quilo Volt Ampere

kW – Kilowatts

kWp - Kilowatt pico

NT - Norma Técnica

PL - Projeto de Lei

Pmáx - Potência Máxima

PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional

REN - Resolução Normativa ANEEL

SIN - Sistema Interligado Nacional

V - Tensão Elétrica

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	4
1.1.	OBJETIVOS.....	6
1.1.1.	Objetivo Geral	6
1.1.2.	Objetivos Específicos	6
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
2.1.	SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN).....	8
2.2.	SISTEMA DE SERVIÇOS AUXILIARES	9
2.3.	NORMAS APLICÁVEIS A FABRICAÇÃO DE PAINÉIS ELÉTRICOS.....	11
2.3.1.	NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão.....	11
2.3.2.	NR 10:1978 Segurança em instalações e serviços em eletricidade	12
2.3.3.	NBR 61439:2016 Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão.....	13
2.4.	PAINÉIS ELÉTRICOS	13
2.4.1.	Função dos painéis elétricos.....	13
2.4.2.	Aplicação dos painéis elétricos	14
2.4.3.	Soluções para painéis elétricos.....	15
2.4.4.	Mão-de-obra para fabricação de painéis elétricos	16
2.4.5.	Comercialização de painéis elétricos.....	17
2.4.6.	Matéria-prima para fabricação de painéis elétricos.....	18
2.4.7.	Instalação, montagem e fabricação de painéis elétricos	20
2.4.8.	Vida útil de painéis elétricos	21
2.4.9.	Segurança envolvendo painéis elétricos.....	22
2.4.10.	Painéis elétricos normatizados	23
2.4.11.	Quadro de Transferência Automática (QTA).....	24
3.	METODOLOGIA.....	27
3.1.	ESTUDO DE CASO	27
3.2.	FABRICAÇÃO DE PAINÉIS ELÉTRICOS - QTA.....	27
3.2.1.	Procedimento para construção de painéis elétricos – QTA.....	28
3.2.2.	Material elétrico para fabricação - QTA	33
3.2.2.1.	Controlador AGC 150 Híbrido.....	33
3.2.3.	Estrutura de painéis elétricos - QTA	34
3.2.4.	Materiais periféricos de painéis elétricos - QTA.....	34
3.2.5.	Projeto de painéis elétricos - QTA	34
3.2.6.	Fabricação de painéis elétricos.....	36

3.2.7.	Testes de aceitação em fábrica de painéis elétricos.....	36
4.	RESULTADOS	36
4.1.	MEMÓRIA DE CÁLCULO - PRIMEIRA ETAPA: CORRENTE ELÉTRICA NOMINAL – QTA	39
4.2.	MEMÓRIA DE CÁLCULO - SEGUNDA ETAPA: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES ELÉTRICOS - QTA	40
4.2.1.	Disjuntores de potência	40
4.2.2.	Controlador.....	42
4.2.3.	Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS)	44
4.2.4.	Sinal de corrente.....	46
4.2.5.	Sinal de Tensão	48
4.2.6.	Carregador de bateria	49
4.2.7.	Botão de Emergência.....	51
4.3.	MEMÓRIA DE CÁLCULO - TERCEIRA ETAPA: ESPECIFICAÇÃO DA ESTRUTURA MECÂNICA DO PAINEL - QTA	52
4.4.	MEMÓRIA DE CÁLCULO - QUARTA ETAPA: ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS PERIFÉRICOS - QTA	53
4.4.1.	Ventilação.....	53
4.4.2.	Tomada e Iluminação	57
4.4.3.	Barramentos	58
4.4.4.	Cabeamento	59
4.4.5.	Disjuntores de comando	62
4.4.6.	Canaletas	64
4.5.	MEMÓRIA DE CÁLCULO - QUINTA ETAPA: PROJETANDO O PAINEL – QTA	66
4.6.	MEMÓRIA DE CÁLCULO - SEXTA ETAPA: LISTA DE MATERIAIS – QTA.....	68
4.7.	MEMÓRIA DE CÁLCULO - SÉTIMA ETAPA: MONTANDO O PAINEL – QTA.	69
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

1. INTRODUÇÃO

Desde quando o ser humano busca meios de gerar energia e controlá-la, se faz necessário a utilização de componentes e materiais elétricos. São eles que permitem que a energia chegue até os consumidores finais. Sendo este um mercado essencial para a população e para a evolução tecnológica, os investimentos no setor no decorrer dos próximos anos deverão ser ampliados (MAESTRO, 2019).

Sendo assim, com a necessidade cada vez maior do controle e manuseio da energia elétrica, os painéis elétricos são, sem dúvida, um dos principais equipamentos para o e a supervisão da entrega de energia. Fazendo parte de um mercado que cresce e evolui todos os anos, com constantes investimentos por parte das empresas que lideram este mercado. Inevitavelmente as normas necessitam ser criadas e evoluir no mesmo ritmo da evolução tecnológica destes equipamentos, principalmente para trazer segurança e garantias de funcionalidade (ROCHA, 2021).

Os painéis elétricos são essenciais e necessários para fazer a distribuição e controle da energia nas indústrias, comércios e residências. Ele possui como finalidade garantir segurança das pessoas, das edificações e dos bens materiais existentes ali. Para lidar com a energia de forma mais segura, acessórios foram criados e até mesmo roupas especiais. Desde 2003 existe uma norma que rege este equipamento e orienta as pessoas há lidar melhor, com mais segurança e garantia de funcionalidade, por meio de testes, ensaios em fábrica ou laboratório (ADEQUADA, 2021).

A Norma Brasileira (NBR) 60439-1:2003 (Conjuntos de Manobra e Controle de Baixa Tensão) regulamenta os ensaios aos quais os painéis devam passar para garantir a segurança e os modos de montar os painéis. Os ensaios são feitos considerando o pior dos cenários aos quais o painel elétrico será submetido. A NBR 60439-1 é a norma que define o que são painéis elétricos TTA e PTTA e, ao mesmo tempo, especifica quais são os testes que precisam ser feitos. Entre esses itens obrigatórios, deve-se verificar os limites de elevação de temperatura, analisar as propriedades elétricas, avaliar a corrente tida como suportável de curto-circuito e a eficácia do circuito de proteção. É necessário checar as distâncias de isolamento e isolamento, assim como conferir o funcionamento mecânico e verificar o grau de proteção. Esta norma foi atualizada e atualmente a norma que vigora é a NBR 61439-1:2016 - Versão Corrigida:2017 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003).

As siglas Totalmente Testados (TTA) e Parcialmente Testados (PTTA) carregam o conceito de painéis totalmente testados e parcialmente testados, sendo estes testes obrigatórios e abrangidos pela norma descontinuada NBR 60439-1:2003. É importante dizer que, apesar da sigla PTTA significar que o painel foi “parcialmente testado”, ele passou por todos os testes, porém alguns deles puderam ser somente por meio de cálculo, sem a necessidade de testes práticos. Estes conceitos ainda bastante usados pelo mercado até a data deste trabalho, foram incorporados na norma em vigor NBR 61439-1:2016 e passaram a denominação de Conjunto Verificado (MOTARELLI, 2014).

Desta maneira, evidenciamos a importância dos painéis elétricos nas instalações elétricas, que possuem aplicações diversas em cada parte do sistema de distribuição de energia. Em especial, dirigindo o texto para a aplicação fim deste projeto, existem aplicações diversas de quadros no sistema elétrico interligado nacional (SIN). Sistema este que é dividido principalmente entre Geração, Transmissão e Distribuição de energia elétrica (ARCANJO; PAMPLONA, 2021).

Na Geração ocorre a captação de energia primária, advinda dos diferentes tipos de fontes, águas de reservatórios, gás, vapor, biomassa, eólica, etc., que será transformada em energia elétrica. Com essa energia produzida, a Transmissão se encarrega de levar esta energia para a Distribuição aos consumidores finais. Neste processo as Subestações são parte essencial, formada por um conjunto de equipamentos responsáveis pela transmissão e distribuição da energia elétrica, além de equipamentos de proteção e controle (SOUSA, 2023).

A partir das subestações, a energia produzida nas usinas (hídricas, térmicas, nucleares etc) é transformada para tensões compatíveis com uso dos consumidores e disponibilizada na rede de distribuição para consumo nas residências, indústrias e hospitais, entre outros. Elas se classificam em níveis de tensão, sendo baixa tensão até 1 kV, média tensão entre 1 kV e 34,5kV (6,6kV, 13,8kV), alta tensão entre 34,5kV e 230kV (69kV, 138kV e 230kV) e extra-alta tensão com níveis maiores do que 230kV (345 kV, 440 kV, 500 kV e 750 kV) (ALUGAGERA, 2022).

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é a entidade que é responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica e define no Submódulo 2.3 - Requisitos mínimos para subestações e seus equipamentos, os requisitos para os serviços auxiliares das subestações (ONS, 2021). O serviço auxiliar de uma subestação é composto por painéis que garantem o suprimento das cargas em corrente alternada e contínua para os dispositivos que constituem todo o sistema

de proteção, controle e supervisão da subestação. Estas cargas são divididas em essenciais, que possuem prioridade de ser alimentadas, e não essenciais, que admitem interrupções do fornecimento de energia. Os serviços auxiliares de corrente alternada podem ser alimentados por três fontes diferentes, pela concessionária, pelo grupo motor gerador (GMG), ou pela geração solar fotovoltaica. O sistema de alimentação CA supre as cargas genéricas da subestação, por exemplo, circuitos de iluminação, tomadas e aquecimento das casas de comando e pátio (BARROS, 2017).

Um Quadro de Transferência Automático (QTA) é um equipamento elétrico que permite a transferência automática e segura de energia elétrica comumente utilizado para comutação entre duas fontes de energia, geralmente entre a rede elétrica e um gerador elétrico. O quadro de transferência automática de que trata este trabalho deverá ser capaz de comutar as três diferentes fontes de energia, concessionária, grupo motor gerador e geração solar fotovoltaica (ALUGAGERA, 2022).

1.1. OBJETIVOS

A seguir, apresentam-se os objetivos geral e específicos do projeto.

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto consiste no desenvolvimento do projeto de um Quadro de Transferência Automática (QTA) para controle das fontes redundantes dos serviços auxiliares de uma subestação de transmissão.

1.1.2. Objetivos Específicos

Para este trabalho, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Realizar revisão bibliográfica acerca das normas aplicáveis ao fornecimento redundante dos serviços auxiliares de subestações da rede básica;
- Realizar revisão bibliográfica acerca das normatizações para o projeto, execução e comissionamento de quadros elétricos, em especial, quadros de transferência automática;
- Realizar o dimensionamento dos componentes do QTA, baseados em uma subestação real, a saber: Subestação Trindade 500 kV, localizada em Trindade, Goiás;

- Identificar os componentes necessários de modo a dimensionar o quadro de maneira otimizada, tendo em vista custo, dimensões e funcionalidades;
- Elaborar projeto executivo completo de solução que atenda a redundância estabelecida nos procedimentos de rede.

Faz-se necessário, ainda, estabelecer a hipótese primária deste trabalho, a saber: se é necessário a utilização de, ao menos, três fontes emergenciais para o suprimento dos serviços auxiliares de uma subestação da rede básica, é possível utilizar, para comutação entre elas, um Quadro de Transferência Automático (QTA) para realizar a comutação entre elas. Em especial, de forma que esta comutação ocorra com informação em tempo real para o Sistema de Gerenciamento de Energia (SAGE) local e remoto da subestação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentada uma revisão teórica conceitual das principais definições acerca dos serviços auxiliares de subestações, em especial, subestações de rede básica, resoluções vigentes no que tange ao suprimento destes sistemas auxiliares, além das normas que regem a área de montagem, fabricação e utilização de painéis elétricos. Além disto, também são apresentadas informações importantes e conceituais quanto a função, aplicação e as diversas soluções existentes. Em especial, será dado enfoque nas especificidades do Quadro de Transferência Automática e na solução proposta no trabalho.

2.1. SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN)

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil, responsável por interligar a produção de energia ao consumo de energia através da rede de transmissão. É um sistema diversificado, com uma matriz energética variada composta por usinas hidro-termo-eólico de grande porte, com a maior parte da produção advindo de usinas hidrelétricas. O sistema é composto pelos subsistemas: sul, sudeste/centro-oeste, nordeste e a grande parte da região norte (ONS, 2023).

As concessionárias de energia, prestadoras de serviço público, se encarregam de operar as instalações de transmissão de energia elétrica. A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) é responsável por definir (Resolução Normativa Aneel nº 67, de junho de 2004) os critérios para composição da Rede Básica de energia (MEGAWHAT, 2022).

A licitação que começa com a publicação dos editais de licitação de concessões de instalações de transmissão da Rede Básica do SIN, produzidos pela Aneel, é realizada pelas empresas que receberam outorga da União para prestar o serviço público. O cronograma de implantação de obras que faz parte do Contrato de Concessão estabelece as atividades de projeto, construção e testes, incluindo o comissionamento dos equipamentos e instalações de transmissão, e são a responsabilidade do concessionário de transmissão. O projeto executivo pode começar com a aprovação do projeto básico (ONS, 2023).

A Rede Básica do SIN é composta pelas instalações de transmissão que atendem aos critérios, tais como linhas de transmissão, barramentos, transformadores de potência e equipamentos de subestação em tensão igual ou superior a 230 kV, e transformadores de potência com tensão primária igual ou superior a 230 kV e tensão secundária e terciária

inferiores a 230 kV, além das conexões e demais equipamentos ligados ao terciário (ONS, 2023).

2.2. SISTEMA DE SERVIÇOS AUXILIARES

Por força da Lei nº 9.427/1996 e do Decreto nº 2.335/1997, foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, para regular o setor elétrico brasileiro. Os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica do Sistema Elétrico Nacional - Prodist são estabelecidos pela Resolução Normativa ANEEL nº 956/2021. Estes procedimentos normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e ao desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica, aonde, estabelece no Módulo 3 - Conexão ao Sistema de Distribuição de Energia Elétrica - Seção 3.3 - Requisitos de Projeto das Instalações de Conexão do Usuário – Subestações – Item 67, que a subestação deve ser composta de serviços auxiliares de corrente alternada e de corrente contínua, com adequado dimensionamento para funcionamento dos dispositivos de comando, proteção, medição e comunicação instalados na subestação, com a tensão de operação atendendo aos padrões da distribuidora (ANEEL, 2021).

Para garantir que as instalações de transmissão tenham o desempenho adequado, faz-se necessário estabelecer um conjunto de requisitos técnicos para assegurar o desempenho de cada um dos elementos funcionais de transmissão. Os requisitos técnicos mínimos são estabelecidos pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), descritos no Procedimento de Rede - módulo 2 - Submódulo 2.6 – Requisitos mínimos para subestações e seus equipamentos – Item 4.10 – Serviços Auxiliares das Subestações. Neste submódulo aplicam-se às instalações de transmissão integrantes ou que venham a integrar a Rede Básica ou as instalações de transmissão de energia elétrica destinadas a interligações internacionais conectadas à Rede Básica (ONS, 2022).

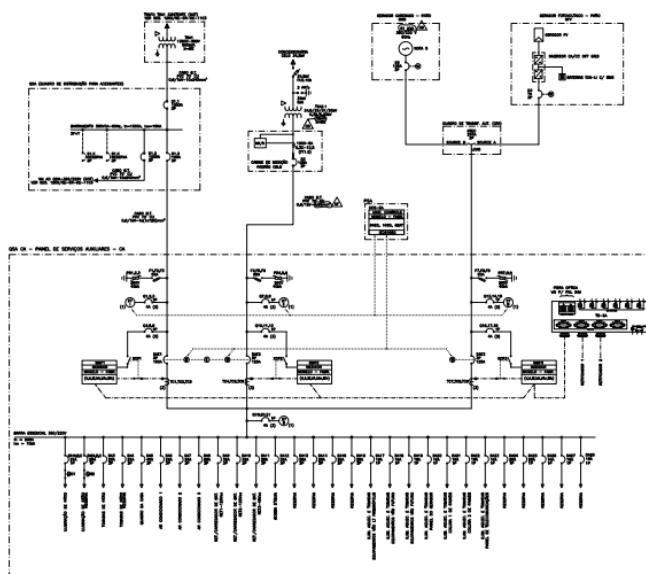
O serviço auxiliar de uma instalação é responsável pelo suprimento das cargas em corrente alternada e corrente contínua dos dispositivos que constitui todo o sistema de proteção, controle e supervisão de uma subestação. As cargas são divididas em cargas essenciais (circuitos de iluminação exterior e dos edifícios técnicos, circuitos de força motriz de disjuntores e seccionadores, dispositivos de carga das baterias (retificadores), etc), que admitem um tempo de corte reduzido, mas cuja falha prolongada é susceptível de provocar perturbações na exploração da instalação, aquelas necessárias para iniciar o processo de

recomposição da subestação, em caso de seu desligamento total ou parcial, as quais prioritariamente devem ser alimentadas, e não essenciais (circuitos de equipamentos de aquecimento, ventilação e ar condicionado dos edifícios técnicos, alimentação de aparelhos das oficinas e tratamento de óleos, circuitos de aquecimento dos equipamentos e dos quadros eléctricos), as quais admitem interrupções de longa duração (ESC, 2023).

Os serviços auxiliares de corrente alternada (SACA) destinam-se à alimentação em corrente alternada das seguintes instalações das subestações: serviços relativos à alimentação da aparelhagem auxiliar do equipamento de alta tensão; serviços relativos à alimentação de equipamentos gerais; serviços relativos à alimentação dos circuitos eléctricos dos edifícios técnicos. São constituídos e podem ser alimentados pela concessionária, pelo grupo motor gerador (GMG), pela geração de energia solar fotovoltaica ou pelo transformador de serviço auxiliar (TSA).

Os serviços auxiliares de corrente contínua (SACC) destinam-se à alimentação em corrente contínua dos circuitos que devem ficar alimentados em qualquer circunstância, de forma a assegurar as funções essenciais para a segurança da instalação: equipamentos dos sistemas de comando, controle e proteção; equipamentos de telecomando e telecontrole; equipamentos de telecomunicações. São constituídos e podem ser alimentados pelo conjunto baterias estacionárias (retificadores) e o(s) Quadro dos Serviços Auxiliares de Corrente Alternada (QSACC) (BOLOTINHA, 2017). A Figura 1 apresenta um exemplo de diagrama de serviços auxiliares de uma subestação de alta tensão.

Figura 1 - Diagrama Unifilar de Serviços Auxiliares



Fonte: Subestação Trindade 500/230-13,7 kV (2017)

O retificador e o banco de baterias são responsáveis por alimentar os serviços auxiliares de corrente contínua. Cargas que possuem prioridade de alimentação, portanto essenciais, que precisam de uma fonte de alimentação permanente, são alimentadas pelo sistema de CC. Faz parte dessas cargas todo o sistema de automação e proteção (SPCS/MPCC), servidores e IHM's do sistema SCADA, bastidores de rede e painéis de telecomunicações, dentre outros (ESC, 2023).

Desta forma fica clara a importância dos serviços auxiliares para o correto funcionamento e alimentação dos equipamentos, dispositivos e todo o conjunto de equipamentos e painéis necessários na operação contínua dos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia operante (ESC, 2023).

2.3. NORMAS APLICÁVEIS A FABRICAÇÃO DE PAINÉIS ELÉTRICOS

Para dar desenvolvimento neste trabalho serão abordadas as principais normas que se aplicam a fabricação de painéis elétricos. Essas normas são responsáveis por regulamentar e definir todo o padrão de eficiência no desenvolvimento e confecção, visando a melhor qualidade e a maior segurança nas instalações. As principais normas aplicáveis são: a NBR 5410 de 2004 (Instalações elétricas de baixa tensão), a NR 10 de 1978 (Segurança em instalações e serviços em eletricidade) e a NBR 61439 de 2016 (Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão).

2.3.1. NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão

A norma NBR 5410 foi publicada em 1941 e durante os anos 1960, 1980 e 1990 sofreu diversas alterações, sendo que em 2018 houve a última atualização até a data deste trabalho. Todas essas edições foram elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A NBR 5410:2004 é a norma que define as condições que as instalações elétricas de baixa tensão devem atender. Visa trazer segurança para pessoas, animais e instalações, não somente tratando as características das instalações, como também fornece cálculos e tabelas para dimensionamentos. Esta norma é o norte para todas as instalações de baixa tensão e não exclui qualquer outra norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

1.2 Esta Norma aplica-se principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, hortigranjeiro, etc.), incluindo as pré-fabricadas.

1.2.1 Esta Norma aplica-se também às instalações elétricas: a) em áreas descobertas das propriedades, externas às edificações; b) de reboques de acampamento (trailers), locais de acampamento (campings), marinas e instalações análogas; e c) de canteiros de obra, feiras, exposições e outras instalações temporárias.

1.2.2 Esta Norma aplica-se: a) aos circuitos elétricos alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1 000 V em corrente alternada, com frequências inferiores a 400 Hz, ou a 1 500 V em corrente contínua; b) aos circuitos elétricos, que não os internos aos equipamentos, funcionando sob uma tensão superior a 1 000 V e alimentados através de uma instalação de tensão igual ou inferior a 1 000 V em corrente alternada (por exemplo, circuitos de lâmpadas a descarga, precipitadores eletrostáticos etc.); c) a toda fiação e a toda linha elétrica que não sejam cobertas pelas normas relativas aos equipamentos de utilização; e d) às linhas elétricas fixas de sinal (com exceção dos circuitos internos dos equipamentos).

1.2.3 Esta Norma aplica-se às instalações novas e a reformas em instalações existentes.

1.3 Esta Norma não se aplica a: a) instalações de tração elétrica; b) instalações elétricas de veículos automotores; c) instalações elétricas de embarcações e aeronaves; d) equipamentos para supressão de perturbações radioelétricas, na medida que não comprometam a segurança das instalações; e) instalações de iluminação pública; f) redes públicas de distribuição de energia elétrica; g) instalações de proteção contra quedas diretas de raios. No entanto, esta Norma considera as consequências dos fenômenos atmosféricos sobre as instalações (por exemplo, seleção dos dispositivos de proteção contra sobretensões); h) instalações em minas; i) instalações de cercas eletrificadas (ver IEC 60335-2-76). (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p.1-2)

2.3.2. NR 10:1978 Segurança em instalações e serviços em eletricidade

Essa norma visa a segurança do profissional de instalações e serviços elétricos, especificando as condições mínimas e as recomendações para profissionais que interagem direta ou indiretamente com instalações elétricas, de tal forma a garantir a prevenção de acidentes a todos que trabalham na área. Por meio desta norma são inseridas medidas de controle de acidentes a todos que exercem profissões em um ambiente que interaja com instalações elétricas, de baixa ou alta tensão.

Essa norma também é aplicável para quem desenvolve os projetos e para aqueles que fazem manutenção, montagem, construção e tudo que envolva eletricidade de baixa ou alta tensão. Ela sofreu uma atualização em 2004 buscando melhoria no ambiente de trabalho de profissionais que ficam expostos a eletricidade, tendo em vista a chance de graves acidentes. É importante evidenciar que toda a empresa da área elétrica tem por obrigação adotar e treinar seus funcionários sobre a NR-10 para que haja segurança na instalação dos equipamentos (MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 1978).

2.3.3. NBR 61439:2016 Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão

A montagem dos quadros e painéis de baixa tensão é regida pela norma NBR 61439, publicada em 2016, que substitui a NBR 60439 de 2003. A montagem e fabricação de painéis elétricos é regida por essa norma, que define os requisitos mínimos para a fabricação de painéis elétricos.

A norma é dividida em 6 partes, sendo a parte 1, regras gerais, a parte 2, conjuntos de manobra e comando de potência, a parte 3, quadros de distribuição, a parte 4, conjuntos para canteiro de obra, a parte 5, conjuntos para distribuição de energia elétrica e a parte 6, linhas elétricas pré-fabricadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016).

2.4. PAINÉIS ELÉTRICOS

Os painéis elétricos são compartimentos, caixas em aço ou plástico, utilizados para alocar componentes elétricos em geral, bem como inversores de frequência, contadores, chaves eletrônicas, dispositivos de entrada de sinais (como sensores, medidores, etc.), bornes, sinalizados, etc. Após fabricado, este se torna um equipamento elétrico com o objetivo de conduzir e controlar a energia elétrica da melhor e mais segura forma aos pontos de consumo.

2.4.1. Função dos painéis elétricos

Em qualquer edificação, seja ela comercial, industrial ou residencial, haverá a necessidade do controle de energia e consequente especificação da parte elétrica, o que inclui o painel elétrico. É ele que faz a distribuição da energia corretamente para alimentar todas as cargas. Este equipamento recebe energia elétrica de diversos tipos de fontes de alimentação e a distribui para a instalação. O painel elétrico é parte indispensável de qualquer ambiente que precisa de energia elétrica para funcionar.

A distribuição da energia elétrica é feita pelos painéis elétricos através do consumo exigidos pelas diversas cargas de uma instalação, seja ela industrial, comercial ou residencial. Dentro deste equipamento é possível encontrar disjuntores, fusíveis, barramento elétrico e outros componentes. Para realizar a tarefa de distribuir a energia, deve ser construído seguindo as regulamentações técnicas exigidas pelas normas, tais como a NBR

5410, regulamentação para instalações elétricas em baixa tensão e a NR 10, regulamentação para instalações e serviços em eletricidade. Como se trata de um tipo de equipamento que atende toda e qualquer tipo de instalação, se faz muitas vezes necessárias outras diversas normas que se aplicam a determinados componentes e ou tipos de instalação.

Apesar de não existir um documento que fale sobre a diferença, tem quem diferencia painel e quadro elétrico, dizendo que os quadros elétricos possuem as mesmas funções de um painel, recebendo e distribuindo energia elétrica, mas com a diferença de dimensão, sendo os quadros elétricos menores e mais sujeitos as instalações residenciais. Mas como até mesmo uma residência pode receber um painel elétrico maior do que uma painel instalado em uma indústria, são apenas nomenclaturas convencionalizadas. Chamá-los de quadros elétricos ou painéis elétricos está correto (ADEQUADA, 2021).

2.4.2. Aplicação dos painéis elétricos

Os painéis podem ser usados para controlar processos e instalações industriais, comerciais e residenciais, esteiras, robôs, motores diversos, escadas rolantes, iluminação, tomadas, piscinas, bombas, caixas d'água. Podem controlar temperatura dos ambientes, saunas, piscinas, câmaras frigoríficas, ar condicionado, automatização das instalações. São inúmeras aplicações.

O painel elétrico é constituído de diversos componentes e acessórios, como exemplo: os acessórios de amarração e fixação de cabos, o de isolamento de barramentos, terminais de conexão, os componentes de proteção, as anilhas de identificação, cartões de memória para controladores programáveis, etc.

Existem hoje soluções que carregam o conceito de “Smart”, soluções inteligentes que tem como função o controle remoto dos painéis através de aplicativos e assim permitindo diversas análises. É possível analisar dados em tempo real para tomar decisões importantes, por exemplo, nível de tensão, componentes que estejam ligados, desligados ou com defeito, relatórios e coleta de leituras dos sistemas de água, ar, gás, eletricidade e vapor, sem precisar acompanhar fisicamente e manualmente.

Os painéis elétricos permitem que comandos elétricos e a execução de tarefas complexas sejam automatizadas, aperfeiçoando o controle e a distribuição de energia elétrica.

A distribuição de fases pode ser feita por meio de barramentos, conectores, acessórios de distribuição, conexão direta por cabo. O barramento elétrico se torna muitas vezes

essencial pelo fato de permitir maior quantidade e tipos de conexões, distribuindo fases, neutro e terra. Já quanto ao seu material ele pode ser de dois tipos, em cobre (isolados e não isolados), em metal (ADEQUADA, 2021).

2.4.3. Soluções para painéis elétricos

Existem diversos tipos de soluções de painéis elétricos, cada uma possui particularidades e funções específicas dentro das instalações. Não é a nomenclatura que define quais equipamentos serão instalados, mas sim os equipamentos instalados que atribuem a nomenclatura, a solução atribuída. As soluções inclusive podem ser combinadas em um mesmo quadro elétrico. Dentre as diversas soluções, as mais comuns são (ADEQUADA, 2021):

- **Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT)**

O QGBT é um dos painéis mais usados e normalmente o principal de uma instalação, pois ele recebe a alimentação de até mais de uma fonte e distribui a energia de modo geral para as cargas e quadros terminais. É nele que geralmente dispositivos como relé para detecção de falta de fase, dispositivo de proteção contra surtos (DPS), são instalados.

- **Painel elétrico de distribuição**

Os painéis elétricos de distribuição são responsáveis pela distribuição de energia para outros painéis ou responsáveis por alimentar as cargas diretamente, como por exemplo, iluminação e tomadas. Esta solução geralmente tem uma fonte de alimentação e é composta por disjuntor principal, disjuntores terminais, dispositivos de fuga de corrente residual e dispositivo de proteção contra surtos. A maioria das instalações são realizadas em edificações comerciais, residenciais ou industriais. Sua principal função é distribuir a energia de forma a ligar equipamentos elétricos e seccionar a passagem de energia elétrica protegendo essas edificações, instalações, pessoas e animais.

- **Centro de Controle de Motores (CCM)**

O Centro de Controle de Motores, como o próprio nome diz, reúne diversos equipamentos que combinados fazem a distribuição e controle dos circuitos de motores monofásicos e trifásicos. Neste painel encontraremos proteções (disjuntores e fusíveis), dispositivos de acionamento (contatores, inversores de frequência, soft-starter),

acionamentos remotos (CLP, sensores), acionamentos manuais (botoeiras, seletoras). As tensões de alimentação são diversas, variam por região e tipo de instalação. Estes quadros também são um dos que mais geram aquecimento e geralmente necessitam de climatização adequada, alcançada por exemplo, por meio de ar condicionado ou ventiladores.

- Painel elétrico de comando e controle

O painel elétrico de comando e controle coordena, controla, monitora, uma máquina, um equipamento ou um circuito. É composto por chaves eletrônicas, botoeiras, controladores programáveis, contadores, dispositivos de entrada de sinais, como sensores e medidores.

2.4.4. Mão-de-obra para fabricação de painéis elétricos

O sucesso, a agilidade e a qualidade dos serviços oferecidos por uma empresa ou profissional autônomo estão diretamente ligados ao conhecimento. Sendo assim, é muito importante que o investimento em capacitação seja constante, até mesmo em função do ritmo da evolução tecnológica que faz novas soluções surgirem com frequência. A mão de obra qualificada especializada está cada vez mais escassa no mercado, por isso muitas das empresas escolhem contratar profissionais sem experiência e ensiná-los, além de terceirizar quando possível aos profissionais autônomos.

Faltam profissionais que sejam realmente especializados, que tenham condição de executar um trabalho sem supervisão constante, aptos para desenvolver funções mais específicas. Isso se dá devido a muitos fatores, mas principalmente por haver um descompasso entre a evolução tecnológica, a formação de profissionais e as necessidades do mercado.

Esta é uma área do mercado que exige profissionais para atuar no processo de fabricação e montagem de painéis, na manutenção corretiva, preventiva e preditiva.

- Processo de fabricação e montagem: geralmente empresas executam este tipo de serviço, pois exige grande espaço físico, estoque, ferramentas, equipe, até mesmo empilhadeiras para locomoção dos painéis, dependendo do porte.
- Manutenção preventiva: reduz falhas em máquinas e equipamentos. Exige programação e inspeções, ajustes, conservação e eliminação de defeitos;
- Manutenção corretiva: avaliação de defeito, ajustes e substituição de peças e componentes que estão danificados, desgastados, que falham durante a operação;

- Manutenção preditiva: sinaliza as condições reais de funcionamento das máquinas. É um processo que informa o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo seja bem aproveitado;

Para todos os serviços descritos acima, bem como para o processo natural de fabricação de painéis elétricos, se faz necessário profissionais capacitados no âmbito da eletricidade, são eles: engenheiros (eletricistas, de produção, mecânicos), técnicos (em eletrotécnica, em mecatrônica), profissionais eletricistas, estagiários, etc (SUPORTE INDUSTRIAL, 2022).

2.4.5. Comercialização de painéis elétricos

A comercialização de painéis elétricos leva em consideração diversos fatores. Geralmente as empresas negociam parcerias com fabricantes, pois dessa maneira conseguem obter suporte técnico, preços melhores na compra de material elétrico, além do fato de se tornarem autoridade quando se tratar dos materiais daquele fabricante específico. Quanto mais se compra de um fabricante, melhores condições comerciais conseguem, mais competitivos se tornam. Adotar um fabricante como padrão trará agilidade ao processo de definição de material, precificação e consequente proposta comercial mais precisa.

Existem empresas que são montadoras e existem empresas que são fabricantes de painéis elétricos. As montadoras compram os componentes elétricos, disjuntores, botoeiras, cabos, barramentos, chaparia, todo o material necessário e montam no próprio espaço. Posteriormente elas testam seus painéis e somente após validação técnica desmontam e remontam nas instalações de seus clientes. As empresas que são fabricantes seguem o mesmo processo, com a diferença de que alguns materiais, como a chaparia dos quadros, elas mesmas fabricam com maquinário próprio e autorização do fabricante parceiro.

Os preços são extremamente voláteis e variados, até mesmo por ser um nicho de mercado em que cada solução é em partes ou completamente diferente das demais. De modo geral, é possível encontrar painel elétrico na faixa de R\$ 700,00 até R\$ 1.000.000,00 ou mais, valores inimagináveis a depender da solução, porte da edificação/processo, tipo de material utilizado. É válido reforçar que precisa ser considerado qual painel é o ideal para o investimento (ADEQUADA, 2021).

2.4.6. Matéria-prima para fabricação de painéis elétricos

O material elétrico é majoritariamente o que faz um painel elétrico ser um painel elétrico. Um painel elétrico não pode ser confeccionado sem o material elétrico. É essa matéria-prima que vai definir se o equipamento possuirá alta qualidade. A escolha do material na elaboração do projeto de fabricação deve seguir uma série de determinações e dentre elas, existem três destaques (SOPRANO, 2020):

- Resistência a diferentes esforços: a fabricação exige que o material seja resistente a choques mecânicos, esforços elétricos e térmicos.
- Não sofrer com a umidade: dependendo do tipo de ambiente, uma escolha ruim das características de suportabilidade ao tipo de ambiente, pode deteriorar um painel com muito menos tempo do que deveria, gerando alto prejuízo por causa de manutenção, desligamentos inesperados, paradas dos processos de funcionamento.
- Não ser afetado pela corrosão, oxidação: que se dá por diversos fatores, começando pela definição errada de materiais, especificados sem a característica de serem anticorrosivos, não fazendo o tratamento adequado, por exemplo, banho dos barramentos de cobre.

Dentre os materiais elétricos inclui-se, conectores, fios, cabos, barramentos, eletrodutos, disjuntores, tomadas, interruptores, sensores, lâmpadas, painéis, entre outros incontáveis existentes no mercado. Portanto, é necessário investir em bons materiais, que proporcionem alta segurança e sejam confiáveis. Materiais de boa qualidade permitem aos consumidores obterem segurança para ligar seus aparelhos domésticos, as indústrias funcionarem com alta produtividade e precisão. Cada tipo de ambiente exige estudo, cálculo, conhecimento para especificação adequada.

Conforme cada função, os materiais elétricos podem ser divididos em três grupos:

- Condutores: são aqueles com característica de elevada condutividade elétrica e que permite com que as cargas elétricas se movimentem. Geralmente estão presentes em ligas metálicas, filamentos de lâmpadas incandescentes ou materiais nobres, como o cobre.
- Isolantes: são os materiais que ao contrário dos condutores, possuem características que dificultam a passagem de cargas elétricas. Para que uma corrente elétrica os percorra, é necessário aplicar uma diferença de potencial bastante elevada. A ideia é especificar um isolante que não permite em qualquer hipótese alguma condução de

energia. São exemplos de isolante elétricos: borracha, madeira, plástico, vácuo, vidro.

- Semicondutores: estes materiais possuem características elétricas em que são parte condutores e parte isolantes. São empregados pela indústria na fabricação de componentes eletrônicos, circuitos integrados (CIs), diodos, transístores e sensores. Dentre os vários tipos de materiais, vale destacar:
- Quadro medidor: serve para medição do consumo de energia elétrica em kWh. No Brasil, existem dois tipos: o eletrônico e o eletromecânico, sendo que de acordo com a aplicação, temos a 2 fios, 3 fios ou 4 fios. O eletromecânico funciona por meio de indução eletromagnética. O eletrônico funciona digitalmente.
- Disjuntores: sendo o dispositivo elétrico mais importante de qualquer instalação elétrica, sua principal função é atuar na proteção das instalações elétricas de forma automática, abrindo o circuito, atuando por sobrecarga e curto-circuito basicamente, preservando os condutores. Cada fabricante possui uma ou mais linhas de produto deste tipo. Os níveis de tensões, curto-circuito e corrente nominal são diversos e variáveis.
- Quadros: são equipamentos com a função de distribuir energia elétrica a uma edificação através dos componentes instalados em seu interior. Portanto, o quadro de distribuição é o abrigo dos materiais elétricos, protegem contra chuva, contato direto e indireto de pessoas, animais e objetos, protegem contra umidade, chuva, ambientes sujeitos a agentes químicos.
- Fios e cabos: este são os materiais mais utilizados nas instalações elétricas, pelo fato de que são eles os responsáveis por interligar os componentes elétricos. Também conhecidos como condutores elétricos, os fios e cabos têm a função de conduzir a eletricidade. Fazem a conexão da rede de distribuição ao medidor, do medidor aos quadros, disjuntores, dispositivos internos e por fim, conectam as cargas.
- Eletrodutos: material elétrico responsável por permitir a passagem de fios. Com eles é possível proteger o cabeamento e a instalação contra incêndio, proteger os próprios cabos, permite passar os cabos por dentro de paredes, teto e pisos das instalações. Tubos feitos de plástico ou metal, rígidos ou flexíveis. Protegem os fios e cabos do contato com a umidade, substâncias químicas, choques mecânicos, ressecamento, entre outros tipos de danos. Estão disponíveis para venda nas cores amarelo (para alvenaria) ou laranja para laje. Os eletrodutos rígidos de PVC são resistentes,

duráveis e encontrados na cor preta. Possuem pontas roscáveis e por encaixe. Variam de ½” até 4”.

- Interruptores: dispositivo de acionamento manual, modificando a posição de comutação com o apertar dos dedos. Este dispositivo interrompe ou permite a passagem de energia de um ponto ao outro. Atua ligando ou desligando determinado circuito elétrico. Utilizado no acionamento de lâmpadas;
- Tomadas: produto que permite a ligação dos equipamentos elétricos e estão constantemente energizadas. Variam de acordo com a capacidade de corrente e tipo de circuito (monofásico ou trifásico). No Brasil, para circuitos monofásicos, o padrão é o tipo N, com três pinos redondos (fase, neutro e terra). As normas atuais definem o formato “em poço”, pois dificulta o contato dos dedos com a corrente elétrica e traz mais proteção ao consumidor.
- Lâmpadas: são dispositivos que transformam a energia elétrica em luz. Temperatura da cor, potência, tensão, formato, fluxo luminoso, são algumas das características mais importantes que devem ser analisadas na hora da compra, para se obter o melhor desempenho possível.
- Acessórios para quadros: os acessórios ajudam na proteção (obturadores, separadores de fase, policarbonato), nas conexões de fios e barramentos (pente, terminais, porcas, arruelas), no acabamento (abraçadeiras, anilhas/plaquetas), na isolamento (protetor de polos).

São diversos os materiais existentes, mas vale mencionar: quadros elétricos; disjuntores caixa moldada; minidisjuntores; dispositivo de proteção contra surtos (DPS); sensor de presença; lâmpadas LED; quadros de distribuição; chave boia; contator; relé térmico; botoeiras e sinalizadores; quadro VDI (voz, dados e imagem); interruptores e tomadas; dispositivo diferencial residual (DR); barramentos; pente fase; isoladores; terminais; conectores; obturadores; fitas isolantes; caixas.

2.4.7. Instalação, montagem e fabricação de painéis elétricos

Montagem de painéis exige conhecimento específico e prática. É primordial que sejam feitos por profissionais capacitados, habilitados e com experiência. É preciso ter conhecimento sobre as normas envolvidas, sobre projetos elétricos, sobre os componentes, o manuseio de ferramentas, o processo de montagem. É necessário considerar as diversas

formas de montagem dependendo do projeto, aplicação e local. Quatro se destacam (ADEQUADA, 2021):

- Montagem armário: estrutura do tipo coluna fechada, com bases soleiras para contato com o piso. Conhecidos como painel autoportante, que não necessita de apoio para ser posicionado no ambiente. Em seu interior podem ser incluídas várias seções, subseções, placas de montagem ou compartimentos.
- Montagem multicolunas: o painel elétrico com multicolunas é a conexão, junção, acoplamento de diversos armários entre si, tantos quanto for necessário para atender a solução especificada, levando em consideração fatores técnicos e normas.
- Montagem mesa: pensado para acionamento e controle de máquinas como púlpitos de operação. Mesa de operação.
- Montagem fixada: pensado para espaços pequenos, assim, sua estrutura é fixada em paredes, sobreposto ou embutido.

Como etapas de fabricação de um painel elétrico: podemos levantar a necessidade do cliente; definição do escopo; memorial técnico; projeto elétrico; compra/separação do material; confecção das anilhas/plaquetas do painel; fabricação do painel elétrico; testes em fábrica; as built do projeto elétrico.

2.4.8. Vida útil de painéis elétricos

Todo equipamento necessita manutenções periódicas, sejam elas preventivas, preditivas ou corretivas, portanto, com painel elétrico não é diferente. Para conservar o estado inicial do painel após fabricação é necessário que sejam realizadas manutenções periódicas. Naturalmente irá prolongar a vida útil do equipamento e trará economia.

As condições de operação dos painéis devem ser checadas, faz parte das manutenções, identificação das possíveis falhas que possam gerar desligamentos, curtos, incêndios. Dependendo do local de instalação e o modo como foi instalado, alguns painéis ficam sujeitos a invasão de animais e estes podem gerar diversos danos. No longo prazo, conexões podem afrouxar e gerar pontos de aquecimento. São diversas as possibilidades de danos em painéis que não possuem uma rotina de manutenção e monitoramento.

Uma outra grande vantagem que a manutenção oferece é que, com o tempo cargas são ampliadas, consomem mais e com isso poderá haver o dimensionamento do painel mediante necessidade, principalmente se o painel tiver sido projetado levando em consideração essas possíveis ampliações. Será possível fazer o que é chamado de “Retrofit”, que além de adequar a realidade da instalação, adequará a possíveis atualizações de normas que acontecem no decorrer do tempo.

Além do já citado, o processo de manutenção envolve medições de corrente dos circuitos, que valida a condição dos cabos e disjuntores, se estão adequados a potência instalada. Verifica-se também a temperatura por meio de termografia e se faz o reaperto dos parafusos.

Os componentes também se desgastam por excesso de manobras. Isso é evidenciado pelos próprios fabricantes. Existem inclusive componentes que contabilizam manobras, justamente para identificar a necessidade de manutenção. Com o passar do tempo, o desgaste dos componentes faz com que a capacidade de condução seja reduzida, aumentando o consumo de energia. Conservar um painel elétrico está diretamente ligado com a realização de manutenções periódicas. Devem ser desenvolvidas conforme as recomendações das normas (ELE PAINEIS, 2022).

2.4.9. Segurança envolvendo painéis elétricos

Até aqui muito já foi falado sobre os painéis, componentes elétricos, manutenções, tipos de painéis, tipos de instalação, tipos de soluções e tudo se deriva das normas, legislações que visam constantemente a segurança. São atualizadas periodicamente para garantir a máxima segurança das edificações, instalações, pessoas e animais.

A instalação de painéis é benéfica e necessária devido exatamente à segurança. Evita diversos acidentes. Ajuda na operação de máquinas em empresas, indústrias ou outros locais que necessitam de energia elétrica.

É muito importante ressaltar que toda instalação de um painel elétrico exige seguir às normas e diretrizes do setor, por exemplo, a NBR 5410, que assegura o padrão e eficiência de todo o processo, em reforma ou obra. As NRs possuem força de lei e visam a segurança das pessoas principalmente. Este rigor tem a finalidade de assegurar o desempenho dos conjuntos e seus componentes, além de antecipar e prevenir riscos (ADEQUADA, 2021).

2.4.10. Painéis elétricos normatizados

Os painéis são chapas metálicas, dobradas, aparafusadas, formando uma caixa ou armário, compostos por um conjunto de componentes, acessórios e peças, aos quais possuem a condição de manobra e controle de energia elétrica. Estes painéis passam por diversos testes, elétricos e estruturais, visando segurança, garantias de funcionamento e qualidade deste tipo de equipamento. A principal norma que regia a fabricação de painéis era a NBR 60439-1:2003 - Conjuntos de Manobra e Controle de Baixa Tensão. Esta norma foi atualizada. Agora os painéis são regidos pela norma NBR 61439-1:2016 - Versão Corrigida:2017 - Conjuntos de Manobra e Controle de Baixa Tensão e com isso deu-se início a extinção do conceito TTA e PTTA (ADEQUADA, 2021):

- TTA: A sigla TTA possui uma definição que vem do termo em inglês “Type-Tested Assemblies”, que quer dizer “um tipo totalmente testado”. Estes painéis são regidos e testados conforme norma NBR 61439-1. Os protótipos destes quadros são submetidos aos diversos testes em laboratório que os validam conforme norma e assim são certificados e estabelece um padrão de montagem, ao qual todos os fabricantes devem seguir. Existem vários fabricantes como Siemens, Schneider, Rockwell, que comercializam. Cada empresa possui suas respectivas linhas. Portanto, essas empresas responsáveis pelos painéis e todos os seus parceiros certificados podem montar, basta seguir uma série de processos e instruções de montagem até obterem o resultado conforme protótipos validados por meio de certificação em laboratório.
- PTTA: A sigla PTTA possui uma definição que vem do termo em inglês “Partially Type-Tested Assemblies”, que quer dizer “um tipo parcialmente testado”. Estes painéis são regidos e testados conforme norma NBR 61439-1. Mas com a diferença de que alguns testes puderam ser feitos somente por meio de cálculo, como os testes de curto-circuito e elevação de temperatura.
- Convencionais: todo e qualquer painel que for comercializado, consciente ou inconscientemente, sem os devidos testes exigidos por norma, são caracterizados como painéis convencionais e assim, estão inaptos ao funcionamento. Estes não oferecerão garantia de segurança e funcionalidade em situações adversas.

A obrigatoriedade de atender aos requisitos da norma se dá principalmente em função das Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho – NR10, que possuem força de lei, de acordo com os itens 10.1.2 e 10.3.8, que fala sobre os projetos e montagens e o dever de atender as regulamentações técnicas oficiais, portanto, observando-se e seguindo o definido pelas normas técnicas. Temos também o Código de Defesa do Consumidor Lei n. 8.078 Art. 39 Parágrafo VIII, que fala sobre ser uma prática abusiva inserir no mercado produtos ou serviços em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais, que no Brasil, a ABNT.

As siglas TTA e PTTA, conceitos importantes que foram descontinuados e passaram a denominação de Conjunto Verificado conforme a norma NBR 61439-1, mas foram e permanecerão sendo utilizados neste trabalho para explicar sobre o mercado, soluções técnicas e história que fora construída em cima destes termos vigorados por tanto tempo. O mercado ainda está se adaptando a nova versão da norma. A versão da norma atualizada NBR 61439-1 está em vigor e ela exclui estes termos. Anteriormente, não apenas no Brasil, mas mundialmente, os conceitos davam margem para alguns montadores e fabricantes não compreender o conceito de PTTA, achando que a construção deste tipo de painel só se faz necessária a realização de parte dos testes. Os painéis PTTA deveriam ser baseados em um painel TTA, com todos os testes feitos. Se existiam fabricantes que não submetiam os painéis a todos os testes por má interpretação da norma, automaticamente se estes painéis foram comercializados, foram comercializados como painéis Convencionais por desconhecimento (CSW SOLUCOES, 2014).

2.4.11. Quadro de Transferência Automática (QTA)

Quando ocorre uma queda de energia, a duração desta queda pode resultar em diversos prejuízos. O Quadro de Transferência Automática (QTA) é um equipamento elétrico que foi projetado para mudar de forma automática a fonte de alimentação entre a fonte principal de energia e uma fonte de backup (geralmente um gerador) durante uma queda de energia. O QTA identifica a perda de energia da fonte principal e faz a transferência para a fonte de backup. No momento em que a energia da fonte principal é reestabelecida, o QTA reconecta a fonte principal e desconecta a fonte de backup, fazendo com que não haja interrupção em qualquer atividade sendo executada no momento de uma eventualidade, que faz dele um dos equipamentos mais necessários e cruciais por garantir o fornecimento de

energia confiável durante uma queda de energia, impedimento que sistema que não podem, deixem de funcionar. (ESSENCIAL ENERGIA, 2023). A Figura 2 apresenta um Quadro de Transferência Automática (QTA).

Figura 2 - Quadro de Transferência Automática (QTA)



Fonte: Deif (2023)

Existem dois tipos de quadros de transferência automática, o quadro de transição aberta (OA) e o quadro de transição fechada (CF). Sendo que o primeiro (transição aberta) é o tipo mais comum e geralmente utilizado em residências e pequenos comércios. Diante de uma queda de energia, o QTA retira a carga da fonte de alimentação principal e conecta a fonte backup. Isso causa uma curta interrupção no fornecimento de energia, o que pode gerar problemas para equipamentos eletrônicos sensíveis (ESSENCIAL ENERGIA, 2023).

Por outro perspectiva, um QTA de transição fechada permite uma transição perfeita entre a fonte de alimentação principal e a fonte backup, assim o tornando adequado para aplicações críticas, como em subestações, hospitais, data centers, ambientes industriais etc. Este QTA usa um sistema make-before-break, que significa que estabelece uma conexão com a fonte de backup antes de desconectar a fonte de alimentação principal. Garante desta forma que não haverá interrupção no fornecimento de energia durante o processo de transferência de fontes (ESSENCIAL ENERGIA, 2023).

Os benefícios de usar um quadro de transferência automática são inúmeros, inclui-se: fornecimento de energia confiável, conveniência por descartar a necessidade de alternar de forma manual entre a fonte de alimentação principal e a fonte backup, economizando tempo e esforço; segurança, por isolar a fonte de alimentação principal durante o processo de transferência, evita o retorno de energia e protege o sistema elétrico contra danos;

economicamente viável, já que previne danos aos equipamentos e sistemas elétricos, economizando dinheiro no longo prazo; permite aplicações diversas, por poder ser utilizado para comutação de fontes em geral, garantindo o fornecimento de energia aos locais que não podem ficar sem, aplicações para redução de custos com energia, como a utilização de geradores em horário de pico e produção de energia através de geração solar fotovoltaica.

3. METODOLOGIA

Inicialmente, convém situar o presente trabalho, sob perspectiva metodológica, quanto à sua natureza e seus objetivos. Trabalhos científicos de pesquisa aplicada se definem pela geração de conhecimentos práticos para problemas específicos. Isto é exatamente o que se propôs neste projeto. Quanto aos objetivos, classifica-se esta como exploratória, uma vez que buscou-se proporcionar familiaridade com o tema em questão, a saber: Serviços Auxiliares de Subestações de Rede Básica, bem como, Quadros de Transferência Automática.

Faz-se necessário, também, explicitar que a abordagem do trabalho se deu de forma quali-quantitativa. Por fim, quanto aos procedimentos de pesquisa, pode-se afirmar que foram utilizados: i) Pesquisa Bibliográfica, para o levantamento de informações e estado da arte e ii) Pesquisa experimental aliada à um estudo de caso. A seguir, segue-se com a apresentação da metodologia proposta.

3.1. ESTUDO DE CASO

A entidade Operador Nacional do Sistema Elétrica (ONS) define através do procedimento de rede Submódulo 2.3 - Requisitos mínimos para subestações e seus equipamentos, os requisitos para os serviços auxiliares das subestações e assim, a necessidade de três fontes redundantes para garantir o suprimento das cargas em corrente alternada e contínua para os dispositivos que constituem todo o sistema de proteção, controle e supervisão da subestação. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma solução, um projeto para construção de um quadro de transferência automática (QTA) e segura de energia elétrica, capaz de comutar as três diferentes fontes de energia (concessionária, grupo motor gerador e geração solar fotovoltaica), aplicado ao serviço auxiliar da Subestação Trindade-Firminópolis 500 kV, localizada em Trindade, Goiás.

3.2. FABRICAÇÃO DE PAINÉIS ELÉTRICOS - QTA

Os painéis elétricos devem atender primordialmente os critérios da norma técnica NBR 61439-1:2016 - Versão Corrigida:2017, bem como todas as normas técnicas nacionais e internacionais vigentes que envolvem a eletricidade. Para tanto, o quadro de transferência automática (QTA), assim como todo painel elétrico, são estruturas metálicas ou plásticas que

compreendem um conjunto de componentes elétricos, que juntos desempenham funções de modo que sejam adequadas às aplicações requeridas, exigindo desta maneira, um processo da fabricação adequado, veja a seguir.

3.2.1. Procedimento para construção de painéis elétricos – QTA

Tendo a finalidade de comutar as fontes de alimentação separando-as sem a possibilidade de ligação simultânea, toda instalação onde é utilizada uma fonte alternativa de energia como reserva de uma fonte principal, se utiliza de um controle de transferência para sistema rede/fonte reserva, esses equipamentos que podem ser utilizados tanto em aplicações simples, como ligar a carga e desligar, quanto em mais complexas, como controle de paralelismo, sincronismo e divisão de carga.

O Quadro de Transferência Automática (QTA) é usado principalmente no sistema de alimentação de emergência, automaticamente mudando o circuito de carga de uma fonte de alimentação para outra e assegurando o funcionamento contínuo e confiável dos pontos de consumo. O principal equipamento desse quadro é a chave de transferência automática, a base para o entendimento desse equipamento é o uso de um par de contadores ou disjuntores montados lado a lado juntamente com um controlador programável.

No quadro de transferência automática (QTA) as comutações podem ser de duas formas: transferência automática aberta ou em rampa. Os quadros de transferência automática aberta são com os dois contadores ou disjuntores intertravados mecânica e eletricamente, sendo acionados pelo controlador, onde a transferência e re-transferência da carga é realizada com uma interrupção momentânea do fornecimento de energia. Os quadros de transferência automática se diferem no quesito de serem acionados por um controlador onde a transferência e re-transferência da carga é realizada sem interrupção do fornecimento de energia.

A não utilização destas chaves de transferência pode causar sérios riscos às instalações algumas delas são: queima de equipamentos, no momento do retorno da energia fornecida pela concessionária; riscos para pessoas e possibilidade de incêndios, provocados por descargas elétricas; energização indevida da rede elétrica da concessionária, podendo vitimar eletricitas que estejam trabalhando na rede ou no quadro de medição.

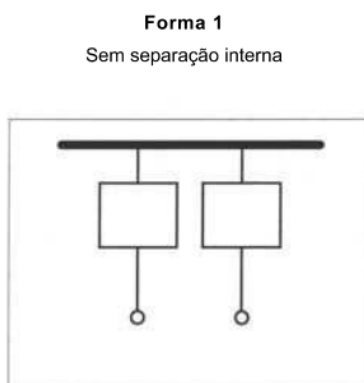
Os painéis elétricos conforme norma NBR 61439-1:2016 - Versão Corrigida:2017, passam por ensaios elétricos que os submetem aos piores cenários, para verificar qual a resposta em termos físicos, estruturais e elétricos diante destes cenários, que poderiam causar

danos a estrutura, ao funcionamento do equipamento e as pessoas. É desse modo que se estabelece o nível de segurança do painel elétrico, definindo quais seus limites de suportabilidade em situações adversas. A responsabilidade de atendimento as normas são das empresas que optam por comercializar as peças estruturais que formam um painel elétrico, sendo que, fabricar as peças não impede que estes fabricantes comercializem não somente as peças, mas os painéis elétricos prontos também.

A norma NBR 61439-1 define as formas de compartimentação dos painéis. São opções de montagem para estabelecer uma lógica e promover o comportamento do painel em situações normais e adversas sob o ponto de vista de segurança das pessoas e do equipamento, são elas:

- Forma 1: Não há separação entre os componentes e o barramento

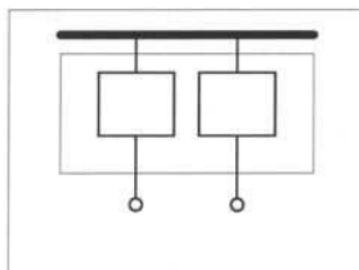
Figura 3 - Forma 1: Não há separação entre os componentes e o barramento



Fonte: NBR 60439-1:2003 (ADAPTADA A PESQUISA).

- Forma 2a: O compartimento dos componentes está fisicamente separado do barramento, porém os componentes podem estar juntos e os terminais de conexão não precisam estar separados entre eles e o barramento;

Figura 4 - Forma 2a: Terminais não separados do barramento

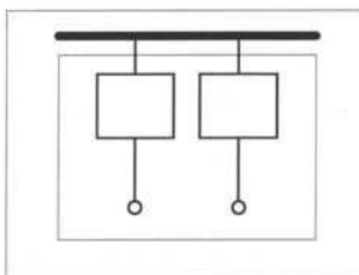


Forma 2a:
Terminais não separados do barramento

Fonte: NBR 60439-1:2003 (ADAPTADA A PESQUISA).

- Forma 2b: O compartimento dos componentes está fisicamente separado do barramento, porém os componentes podem estar juntos e os terminais de conexão externos precisam estar separados do barramento;

Figura 5 - Forma 2b: Terminais separados do barramento

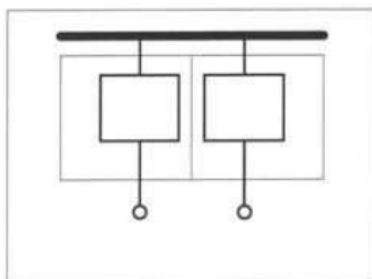


Forma 2b:
Terminais separados do barramento

Fonte: NBR 60439-1:2003 (ADAPTADA A PESQUISA).

- Forma 3a: O compartimento dos componentes está fisicamente separado do barramento, os componentes devem estar separados entre si e os terminais de conexão externos não precisam estar separados nem entre eles e nem do barramento;

Figura 6 - Forma 3a: Terminais não separados do barramento

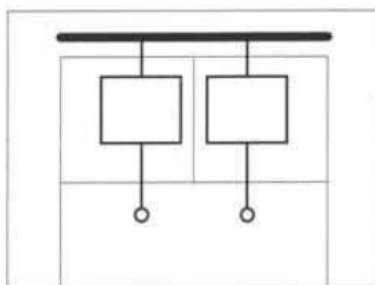


Forma 3a:
Terminais não separados do barramento

Fonte: NBR 60439-1:2003 (ADAPTADA A PESQUISA).

- Forma 3b: O compartimento dos componentes está fisicamente separado do barramento, os componentes devem estar separados entre si e os terminais de conexão externos precisam estar separados do barramento, mas podem estar juntos entre si;

Figura 7 - Forma 3b: Terminais separados do barramento

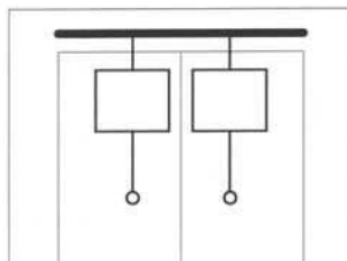


Forma 3b:
Terminais separados do barramento

Fonte: NBR 60439-1:2003 (ADAPTADA A PESQUISA).

- Forma 4a: O compartimento dos componentes está fisicamente separado do barramento, os componentes devem estar separados entre si e os terminais de conexão externos estão no interior do mesmo compartimento do componente;

Figura 8 - Forma 4a: Terminais no mesmo compartimento que a unidade funcional associada

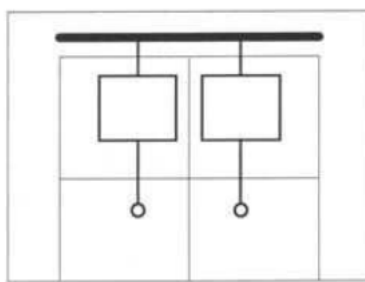


Forma 4a:
Terminais no mesmo compartimento
que a unidade funcional associada

Fonte: NBR 60439-1:2003 (ADAPTADA A PESQUISA).

- Forma 4b: O compartimento dos componentes está fisicamente separado do barramento, os componentes devem estar separados entre si e os terminais de conexão externos não estão no interior do mesmo compartimento do componente, devendo também estar separados entre si.

Figura 9 - Forma 4b: Terminais que não estão no mesmo compartimento que a unidade funcional associada



Forma 4b:
Terminais que não estão no mesmo
compartimento que a unidade funcional
associada

Fonte: NBR 60439-1:2003 (ADAPTADA A PESQUISA).

A solução técnica para fabricação de um quadro de transferência automática (QTA) é dividida basicamente em sete etapas e a primeira corresponde as cargas que serão alimentadas por este painel e as fontes de energia que compreenderá a alimentação deste painel, ou seja, os pontos de consumo que necessitam energia elétrica para funcionamento e quantas e quais tipos de fonte de energia alimentará o painel. Esta etapa será responsável por

permitir a definição da potência elétrica deste painel elétrico, portanto, se faz necessário o levantamento dos pontos de consumo da instalação, para somente a partir desta etapa iniciar as especificações de materiais com cálculos dimensionais, normas e documentos técnicos disponibilizados pelos fabricantes.

3.2.2. Material elétrico para fabricação - QTA

Em posse dos pontos de consumo da instalação, das quantidades e tipos de fontes de energia que alimentará este painel, a segunda etapa consiste nos cálculos dimensionais elétricos e na escolha dos componentes adequados a fabricação do quadro de transferência automática (QTA). Com o resultado dos cálculos e posterior especificação dos componentes elétricos, esta etapa dará condições de especificar a melhor estrutura de painel para comportar estes componentes elétricos. Esta etapa leva em consideração as soluções e o apoio técnico disponibilizados pelos fabricantes. Definem, por exemplo, que determinado disjuntor pode ser instalado em determinada estrutura de painel, pois foi testado e ensaiado sob determinadas condições de funcionamento, que dentro dos cálculos dimensionais, são compatíveis com a solução atribuída as instalações. Dentre os materiais elétricos que compõem o quadro de transferência automática (QTA), o maior destaque é do controlador, cérebro de toda a solução, veja a seguir.

3.2.2.1. Controlador AGC 150 Híbrido

O presente trabalho faz uso do controlador híbrido AGC 150 para a solução do quadro de transferência automática (QTA), um componente elétrico criado por uma das maiores líderes de mercado em soluções de controle energético, a fabricante DEIF, empresa fundada em 1933 em Copenhague, Dinamarca. O controlador pode controlar uma planta com até dois geradores, um sistema de geração solar fotovoltaico e a rede elétrica da concessionária.

3.2.3. Estrutura de painéis elétricos - QTA

As instalações elétricas em baixa tensão obrigatoriamente devem seguir as orientações de normas específicas que tratam do assunto e vigoram no local e região de instalação, dentre elas, a norma NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão e a norma NR 10:1978 Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Atendendo aos requisitos normativos de eletricidade e instalação, seguimos para o atendimento normativo especificado pelos próprios fabricantes das peças estruturais que formam um painel elétrico, aonde definem as condições sob as quais devemos especificar as peças. Deste modo, tendo o material elétrico definido, a terceira etapa trata da especificação das peças estruturais, que já foram previamente analisadas na segunda etapa, pois são etapas dependentes uma da outra.

3.2.4. Materiais periféricos de painéis elétricos - QTA

A quarta etapa, de certo modo e em determinadas situações, afetam a etapa dois e três, pois estabelece os materiais periféricos, como canaletas, cabos, pentes de distribuição, terminais de conexão, barramentos e etc. Apesar de serem periféricos, ocupam considerável espaço físico dentro dos painéis e por isso podem condicionar a uma solução mais robusta.

3.2.5. Projeto de painéis elétricos - QTA

Engenharia é criação, construção, correção e, projetar é a etapa principal para um resultado preciso. A quinta etapa envolve a junção de todas as especificações e permite o desenvolvimento do projeto do quadro de transferência automática (QTA), responsável por orientar os profissionais envolvidos na montagem dos painéis elétricos. A projeção do painel elétrico se dá no projeto. Esta etapa interliga todas as outras, desenha o que foi especificado, pensado, identifica erros, melhorias, equaliza todo o processo e produto.

O desenvolvimento do projeto do quadro de transferência automática (QTA) de que trata este trabalho se deu através do diagrama unifilar da subestação, que permitiu o levantamento dos pontos de consumo e assim a definição da potência elétrica do painel. Com a potência definida, o número e tipo de fonte que compõe a subestação, também identificado no diagrama unifilar, se estabeleceu os disjuntores e o controlador capaz de gerir as fontes compreendidas neste projeto de quadro de transferência automática (QTA).

O material elétrico principal definido possibilitou a reunião dos catálogos, manuais e o contato com os fornecedores. Esta documentação técnica necessária levantada para saber como deverá ser feita a instalação dos componentes é a última etapa que antecede o desenho de projeto. Com ela foi possível saber quais as proteções precisaríamos para proteger os componentes de curto-circuito e sobrecarga, qual a espessura de cabos suportável em seus terminais, quais as dimensões físicas, quais as configurações possíveis, quais componentes periféricos complementam a solução, quais os esquemáticos elétricos sugeridos pelos fabricantes, etc.

Em posse de todas essas informações e após planejar o processo de desenvolvimento de projeto e fabricação do quadro de transferência automática (QTA), o desenho de projeto se iniciou com a utilização do software EPLAN Electric P8, cedido por empresa parceira detentora da licença de uso privado. Se trata de um software de engenharia rápido, consistente e integrado para planejar e projetar a engenharia elétrica de máquinas e sistemas de planta. O software suporta uma ampla variedade de métodos de engenharia: da criação manual até abordagens padronizadas e baseadas em modelos. Os dados do projeto, uma vez inseridos no esquema, tornam-se a base para a conclusão automatizada da documentação do sistema de máquinas e instalações. O EPLAN Electric P8 emite automaticamente relatórios detalhados como lista de materiais.

Com o projeto em mãos, este que é composto primordialmente pela lista de materiais, tem-se a condição de efetuar a compra dos materiais. Apesar de estar definido como sexta etapa, é preciso ficar claro que todas as etapas direta ou indiretamente são levadas em consideração simultaneamente. Por isso a sexta etapa já foi previamente considerada nas etapas dois e três. O custo e a compra dos materiais ditam a competitividade das empresas no mercado, a qualidade e até mesmo a agilidade, pois materiais possuem prazos para serem fabricados e entregues para as empresas fabricantes ou montadoras de painéis elétricos. É bom ressaltar que no mercado existem aquelas empresas que deixam de ser montadoras (aquelas que compram as peças de estrutura do fabricante para montar) e se tornam fabricantes, após passarem por um processo de certificação por parte dos detentores da marca, deste modo, compram a matéria-prima (chaparia crua), tratam, pintam, dobram as chapas e constroem as mesmas peças estruturais, assim conseguindo uma grande economia com a fabricação própria, redução de impostos, prazos, margens dos revendedores e etc.

3.2.6. Fabricação de painéis elétricos

Após a solução definida, material elétrico e estrutural de qualidade comprados ou fabricados, projeto em mãos, a sétima etapa é a de montagem do painel elétrico, envolvendo profissionais treinados, habilitados e com as ferramentas ideais. Os painéis seguem um rigoroso processo hierárquico de montagem, para obter um resultado preciso, simétrico, com cabos sem sobras, torque nas conexões, fiel ao projeto, ventilação adequada, espaços para ampliação e manutenção bem definidos, acabamento impecável, etc.

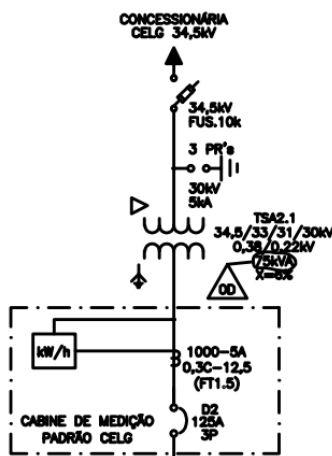
3.2.7. Testes de aceitação em fábrica de painéis elétricos

A última etapa corresponde aos testes de aceitação em fábrica, etapa essa que vai justificar todas as outras, aonde o painel elétrico vai ser colocado a prova quanto aos motivos pelos quais foi fabricado. Será energizado e cumprirá todos os testes elétricos necessários para garantir que está em acordo com todas as normas que o envolve. Cumprido todos os testes e aprovado para envio a instalação, este painel passa por limpeza e embalagem.

4. RESULTADOS

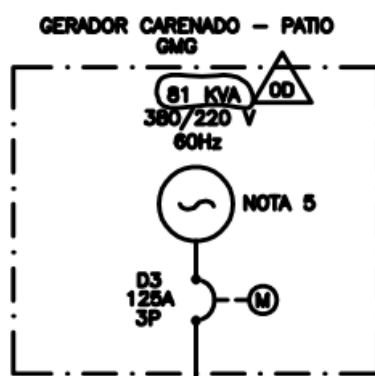
Analizando tecnicamente e recortando as partes interessantes do diagrama unifilar de serviços auxiliares da subestação para os cálculos, serão mostrados e listados a seguir os dados técnicos utilizados no dimensionamento do Quadro de Transferência Automática (QTA).

Figura 10 - Fonte (1) de energia da concessionária: Transformador de 75 kVA com tensão de linha no secundário de 380 Vca e proteção à jusante de 125 A



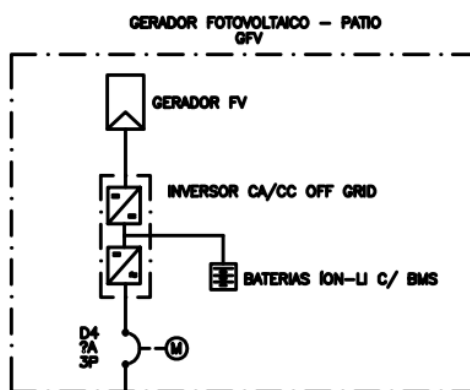
Fonte: Subestação Trindade 500/230-13,7 kV (2017)

Figura 11 - Fonte (2) de energia do gerador: Gerador de 81 kVA com tensão de linha de 380 Vca e proteção à jusante de 125 A



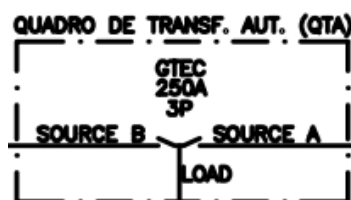
Fonte: Subestação Trindade 500/230-13,7 kV (2017)

Figura 12 - Fonte (3) de energia da geração solar fotovoltaica: Gerador fotovoltaico com tensão de linha de 380 Vca, potência e proteção à jusante indefinidos



Fonte: Subestação Trindade 500/230-13,7 kV (2017)

Figura 13 - Previsão de Quadro de Transferência Automática (QTA) para duas fontes de energia, gerador carenado e gerador fotovoltaico, com proteção geral de 250 A



Fonte: Subestação Trindade 500/230-13,7 kV (2017)



- Fonte de energia 1: Concessionária de energia/Transformador;
- Fonte de energia 2: Gerador carenado;
- Fonte de energia 3: Geração solar fotovoltaica;
- Potência do transformador: 75 kVA;
- Potência do Gerador: 81 kVA;
- Tensão de linha: 380/220 Vca;
- Disjuntor proteção das fontes de energia (In): 125 A;
- Quadro de Transferência Automática (QTA) previsto para duas fontes de energia (In): 250 A;
- Disjuntor de proteção do painel de serviços auxiliares (In): 125 A;
- Corrente de curto-circuito (I_{cc}): 10 kA.

O dimensionamento do Quadro de Transferência Automática (QTA) é feito com base em definições normativas, leis matemáticas/físicas e com base nos dados técnicos coletados do local de aplicação/instalação. Em alguns casos haverá divergência entre dados que são referência para um mesmo ponto de dimensionamento do quadro. Neste momento, escolhas

técnicas serão feitas dentre as opções levando em consideração o pior caso, que garante a abrangência de todas as possíveis situações as quais o quadro estará sujeito durante sua vida útil.

4.1. MEMÓRIA DE CÁLCULO - PRIMEIRA ETAPA: CORRENTE ELÉTRICA NOMINAL – QTA

Para o dimensionamento da corrente elétrica nominal do Quadro de Transferência Automática (QTA), temos os seguintes dados:

- Dado técnico 1: Transformador de 75 kVA;
- Dado técnico 2: Gerador de 81 kVA;
- Dado técnico 3: Proteção à jusante as fontes de energia de 125 A;
- Dado técnico 4: QTA previsto de 250 A;
- Dado técnico 5: Proteção do painel de serviços auxiliares de 125 A;
- Dado técnico 6: Tensão de linha de 380 Vca.

Utilizando os conceitos do sistema de corrente alternada trifásica e calculando a corrente nominal correspondente a potência do Gerador, temos:

$$I = \frac{kVA \times 1000}{\sqrt{3} \times E}$$

$$I = \frac{81 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$I = 124 \text{ A}$$

kVA = Potência elétrica

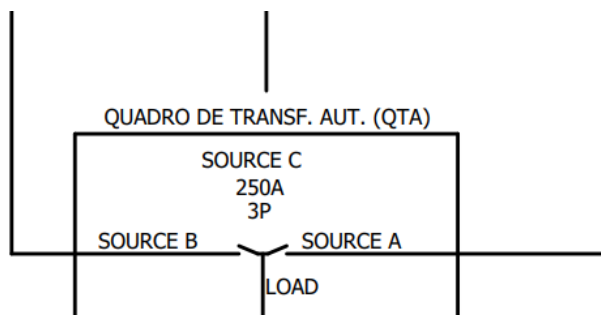
E = Tensão de linha

I = Corrente elétrica

Conforme os cálculos e dados coletados, o critério de dimensionamento utilizado foi a escolha pela maior corrente nominal, desta maneira, a corrente nominal do Quadro de

Transferência Automática (QTA) deste trabalho se estabeleceu em 250 A, veja na figura a seguir.

Figura 15 - Diagrama unifilar: Solução técnica



Fonte: Anexo 01 (2023).

4.2. MEMÓRIA DE CÁLCULO - SEGUNDA ETAPA: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES ELÉTRICOS - QTA

4.2.1. Disjuntores de potência

Para o dimensionamento dos disjuntores de potência do Quadro de Transferência Automática (QTA), temos:

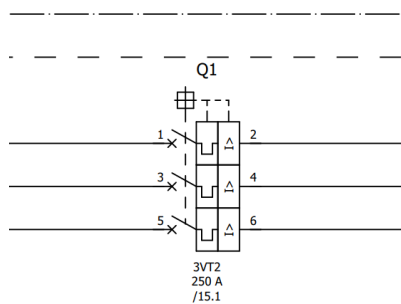
- Dado técnico 1: Corrente nominal (I_n) de 250 A;
- Dado técnico 2: Corrente de curto-circuito (I_{cc}) de 10 kA;
- Dado técnico 3: Tensão de linha de 380 Vca.

Conforme dados coletados e sabendo que a norma NBR5410/04, estabelece nos itens 5.3.4.2.1 (sobrecarga) e 5.3.5.2.1 (curto-circuito), a necessidade que os dispositivos de proteção possuem de proteger a linha contra sobrecarga e curto-circuito, os disjuntores escolhidos possuem as características a seguir:

- Fabricante: Siemens;
- Modelo: 3VT2;
- Tensão de linha: 380Vca
- Corrente nominal de sobrecarga (I_n): 250 A;
- Corrente de curto-circuito (I_{cc}): 36 kA.

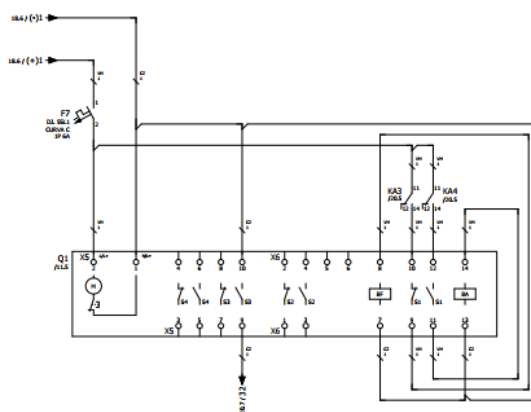
A representação elétrica de força, comando e mecânica dos disjuntores são mostradas nas figuras a seguir.

Figura 16 – Representação elétrica de força do disjuntor geral da fonte (1) de energia da concessionária



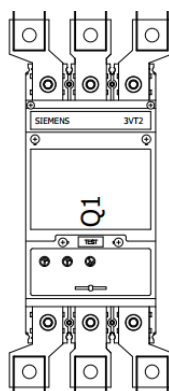
Fonte: Anexo 01 (2023).

Figura 17 - Representação elétrica de comando do disjuntor geral da fonte (1) de energia da concessionária



Fonte: Anexo 01 (2023).

Figura 18 - Representação mecânica do disjuntor geral da fonte (1) de energia da concessionária



Fonte: Anexo 01 (2023).

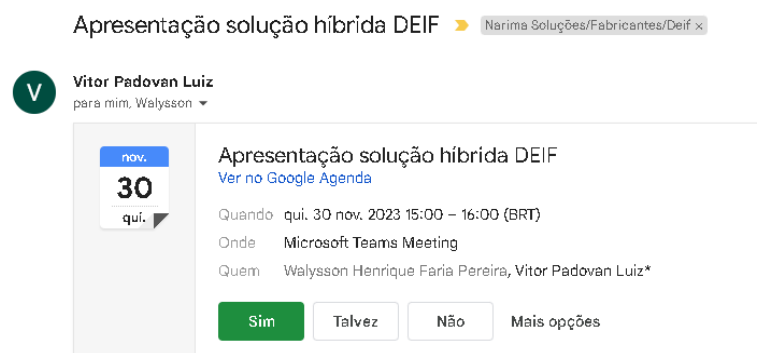
4.2.2. Controlador

Considerando a possibilidade de desenvolver o controlador capaz de cumprir o objetivo da solução de Quadro de Transferência Automática (QTA) deste trabalho e após uma pesquisa profunda das tecnologias disponíveis no mercado, foi identificado o controlador fabricado pela DEIF, modelo AGC 150 Híbrido, capaz de sozinho gerir três diferentes fontes de energia distintas e de comunicar com todos os componentes existentes na subestação em questão.

A capacidade deste controlador de cumprir o papel estabelecido foi validada em contato com o fabricante, que após tomar conhecimento do objetivo deste trabalho, ofereceu um treinamento virtual (cumprido em 30 de novembro de 2023) e presencial (que será agendado) em sua sede no Brasil.

A instalação do controlador, as ligações elétricas e montagem deste componente elétrico é estabelecido pelo manual do fabricante, representado em projeto (Anexo 01) e mostrados nas figuras a seguir.

Figura 19 - Treinamento para aplicação do controlador AGC 150 híbrido



Fonte: autoria própria (2023).

4.2.3. Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS)

Para o dimensionamento do Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) do Quadro de Transferência Automática (QTA), temos:

- Dado técnico 1: Corrente de curto-circuito (I_{cc}) de 10 kA;
- Dado técnico 2: Tensão de fase de 220 Vca.

A norma NBR5410/04 estabelece:

5.4.2.1.1 Deve ser provida proteção contra sobretensões transitórias, com o uso dos meios indicados em 5.4.2.1.2, nos seguintes casos: a) quando a instalação for alimentada por linha total ou parcialmente aérea, ou incluir ela própria linha aérea, e se situar em região sob condições de influências externas AQ2 (mais de 25 dias de trovoadas por ano); b) quando a instalação se situar em região sob condições de influências externas AQ3.

5.4.2.1.2 A proteção contra sobretensões requerida em 5.4.2.1.1 deve ser provida: a) por dispositivos de proteção contra surtos (DPSs), conforme 6.3.5.2.

6.3.5.2.1 Uso e localização dos DPSs nos casos em que for necessário o uso de DPS, como previsto em 5.4.2.1.1, e nos casos em que esse uso for especificado, independentemente das considerações de 5.4.2.1.1, a disposição dos DPS deve respeitar os seguintes critérios: a) quando o objetivo for a proteção contra sobretensões de origem atmosférica transmitidas pela linha externa de alimentação, bem como a proteção contra sobretensões de manobra, os DPS devem ser instalados junto ao ponto de entrada da linha na edificação ou no quadro de distribuição principal, localizado o mais próximo possível do ponto de entrada.

6.3.5.2.2 Instalação dos DPS no ponto de entrada ou no quadro de distribuição principal quando os DPS forem instalados, conforme indicado em 6.3.5.2.1, junto ao ponto de entrada da linha elétrica na edificação ou no quadro de distribuição principal, o mais próximo possível do ponto de entrada, eles serão dispostos no mínimo como mostra a figura 13.

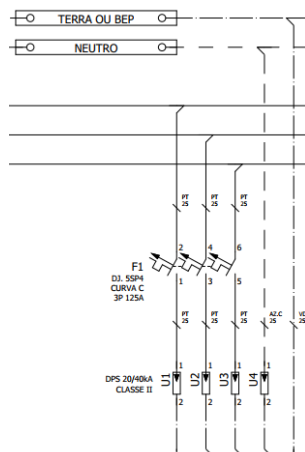
6.3.5.2.4 Seleção dos DPS devem atender à IEC 61643-1 e ser selecionados com base no mínimo nas seguintes características: nível de proteção, máxima tensão de operação contínua, suportabilidade a sobretensões temporárias, corrente nominal de descarga e/ou corrente de impulso e suportabilidade à corrente de curto-circuito: a) nível de proteção (U_p) – O nível de proteção do DPS deve ser compatível com a categoria II de suportabilidade a impulsos indicada na tabela 31. 1 - A exigência de que o nível de proteção seja compatível com a categoria II de suportabilidade a impulsos significa que numa instalação com tensão nominal de, por exemplo, 220/380 V, o nível de proteção U_p do DPS não deve ser superior a 2,5 kV; b) máxima tensão de operação contínua (U_c) – A tensão máxima de operação contínua (U_c) do DPS deve ser igual ou superior aos valores indicados na tabela 49; d) todavia, I_n não deve ser inferior a 20 kA (8/20 μ s) em redes trifásicas; e) deve ser igual ou superior à corrente de curto-circuito presumida no ponto em que vier a ser instalado. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

Conforme dados coletados e conforme definições normativas da NBR5410/04, o Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) escolhido possuem as características a seguir:

- Fabricante: Siemens;
- Modelo: 5SD7;
- Tensão de fase: 220Vca
- Corrente nominal de descarga (I_n): 20 kA (onda 8/ 20 μ s);
- Corrente nominal de descarga (I_{max}): 40 kA (onda 8/ 20 μ s);
- Classe: II.

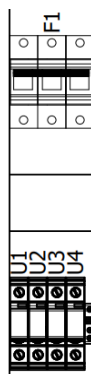
A representação elétrica e mecânica do Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) são mostradas nas figuras a seguir.

Figura 22 - Representação elétrica do DPS



Fonte: Anexo 01 (2023).

Figura 23 - Representação mecânica do DPS



Fonte: Anexo 01 (2023).

4.2.4. Sinal de corrente

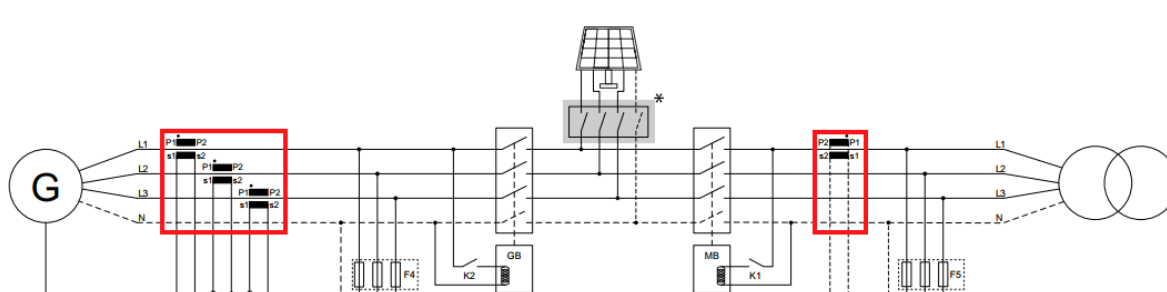
Um dos pré-requisitos para que a solução funcione está na exigência do controlador AGC 150 híbrido que para cumprir seu papel de gerir as fontes de energia, se faz necessária a medição de corrente elétrica.

De acordo com o manual do controlador, três transformadores de corrente são necessários para medir o sinal de corrente do gerador, um transformador de corrente é necessário para medir o sinal de corrente da rede da concessionária e a corrente do gerador fotovoltaico será medida através da comunicação entre o controlador e os inversores fotovoltaicos.

O transformador de corrente especificado com base nas exigências técnicas do manual do controlador é da fabricante SIEMENS, modelo 4NC, com relação de transformação de 250 A para 5 A, tipo janela, carga nominal suportável de 5 VA, tensão máxima de 720 V e classe de exatidão de 1 %.

Os requisitos técnicos do manual, a representação elétrica e mecânica dos transformadores de corrente são mostradas nas figuras a seguir.

Figura 24 – Diagrama do sinal de tensão indicado pelo manual do controlador AGC 150 Híbrido



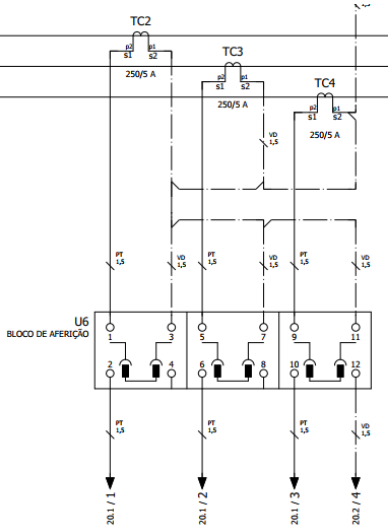
Fonte: folha de dados AGC 150 Híbrido (2023).

Figura 25 - Características técnicas dos transformadores de corrente indicado pelo manual do controlador AGC 150 Híbrido

Medição da corrente	
Intervalo de corrente	Nominal: -/1 A e -/5 A Intervalo: 2 a 300 %
Número de entrada CT	4
Corrente máxima medida	3 A (-/1 A) 15 A (-/5 A)
Corrente suportada	Contínuo 7 A 20 A por 10 segundos 40 A por 1 segundo
Precisão da corrente	De 10 a 75 Hz: • ±1 % de nominal de 2 a 100% de corrente • ±1 % de corrente medida de 100 a 300% de corrente De 3,5 a 10 Hz: • +1/-4 % de nominal de 2 a 100% de corrente • +1/-4 % de corrente medida de 100 a 300% de corrente
Sobrecarga	Máx. 0,5 VA

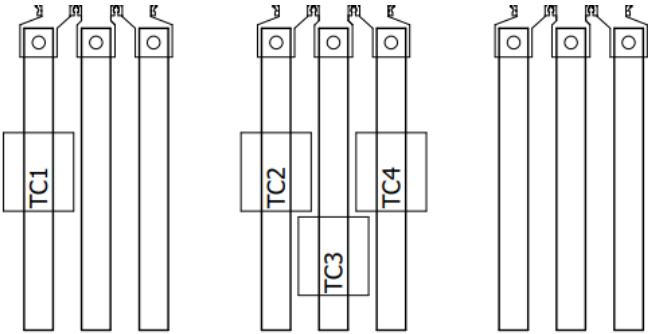
Fonte: folha de dados AGC 150 Híbrido (2023).

Figura 26 - Representação elétrica do transformador de corrente, com bloco de aferição para proteção e manutenção



Fonte: Anexo 01 (2023).

Figura 27 - Representação mecânica do transformador de corrente



Fonte: Anexo 01 (2023).

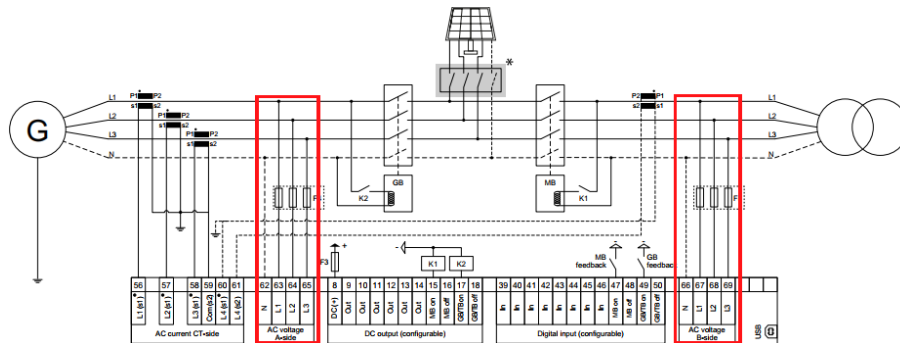
4.2.5. Sinal de Tensão

Outro pré-requisito para que a solução funcione está na exigência do controlador AGC 150 híbrido que para cumprir seu papel de gerir as fontes de energia, se faz necessária a medição de tensão elétrica. De acordo com o manual do controlador, o sinal de tensão do gerador e da rede são medidos de forma direta dentro do painel elétrico e o sinal de tensão do gerador fotovoltaico medido através da comunicação entre controlador e inversores fotovoltaicos.

O sinal de tensão se dá através da interligação entre as fases e o controlador, com uma capacidade de medição de 100 a 690 V, sendo a tensão de linha do painel elétrico de 380 Vca, seccionada por uma proteção de 16 A visando manutenção e proteção por curto-circuito, uma vez que a proteção por sobrecarga não se aplica em função do consumo excessivamente baixo.

Os requisitos técnicos do manual, a representação elétrica e mecânica dos transformadores de corrente são mostradas nas figuras a seguir.

Figura 29 - Diagrama para sinal de tensão indicado pelo manual do controlador AGC 150 Híbrido



Fonte: folha de dados AGC 150 Híbrido (2023).

Figura 28 - Características técnicas do sinal de tensão indicado pelo manual do controlador AGC 150 Híbrido

Medição de tensão	
Intervalo de tensão	Intervalo nominal: 100 a 690 V fase a fase (acima de 2000 m reduzir para máx. 480 V)
Tensão suportada	$U_n + 35\%$ continuamente, $U_n + 45\%$ por 10 segundos Intervalo de medição de nominal: 10 a 135 % Intervalo baixo, nominal 100 a 260 V: 10 a 351 V CA fase a fase Intervalo alto, nominal 261 a 690 V: 26 a 932 V CA fase a fase
Precisão da tensão	$\pm 1\%$ de nominal dentro de 10 a 75 Hz $\pm 1\text{--}4\%$ de nominal dentro de 3,5 a 10 Hz
Intervalo de frequência	3,5 a 75 Hz
Precisão da frequência	$\pm 0,01$ Hz dentro de 60 a 135 % de tensão nominal $\pm 0,05$ Hz dentro de 10 a 60 % de tensão nominal
Impedância de entrada	4 M Ω /fase ao aterramento, e 600 k Ω fase/neutro

Fonte: folha de dados AGC 150 Híbrido (2023).

4.10.1.4. Além disso, os serviços auxiliares de CC devem atender aos critérios para alimentação dos sistemas de proteção estabelecidos no Submódulo 2.11 e suprir os circuitos de iluminação de emergência das subestações.

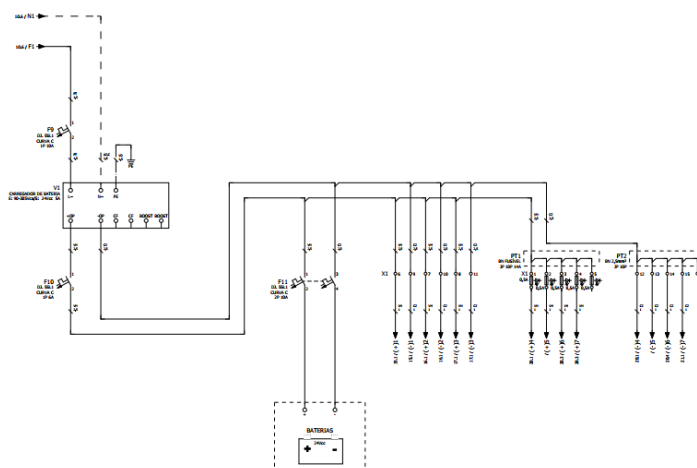
O carregador de bateria trabalha em paralelo com as baterias do gerador para suprir todo o comando elétrico do painel em caso de falta de energia. O carregador de bateria e as baterias trabalham sob a tensão de 24 Vcc, deste modo, todos os componentes elétricos que fazem parte do comando do painel foram especificados levando em consideração a necessidade de trabalhar em 24 Vcc para garantir suas respectivas alimentações em caso de falta de energia.

Conforme dados coletados e conforme definições normativas, o Carregador de Bateria escolhido possui as características a seguir:

- Fabricante: Deep Sea;
- Modelo: 9701;
- Tensão de fase: 220Vca;
- Tensão de saída: 24Vcc;
- Corrente nominal (I_n): 5A.

A representação elétrica do carregador de bateria é mostrada na figura a seguir.

Figura 30 - Comando elétrico do carregador de baterias paralelo as baterias do gerador



Fonte: Anexo 01 (2023).

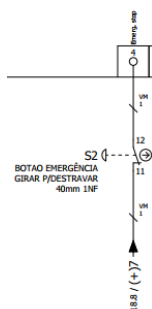
4.2.7. Botão de Emergência

Visando proteção das pessoas e dos equipamentos, além de atender a indicação do manual do controlador AGC 150 Híbrido, se faz necessário um botão de emergência local.

Conforme definições do manual técnico do controlador AGC 150 Híbrido, o Botão de Emergência escolhido possui as características a seguir:

- Fabricante: Siemens;
- Modelo: 3SB6;
- Tipo: Cogumelo 40 mm, com 1 contato normalmente fechado e de girar para destravar;
- Tensão de fase: 220Vca.

Figura 31 - Representação elétrica do botão de emergência



Fonte: Anexo 01 (2023).

Figura 32 - Representação mecânica do botão de emergência



Fonte: Anexo 01 (2023).

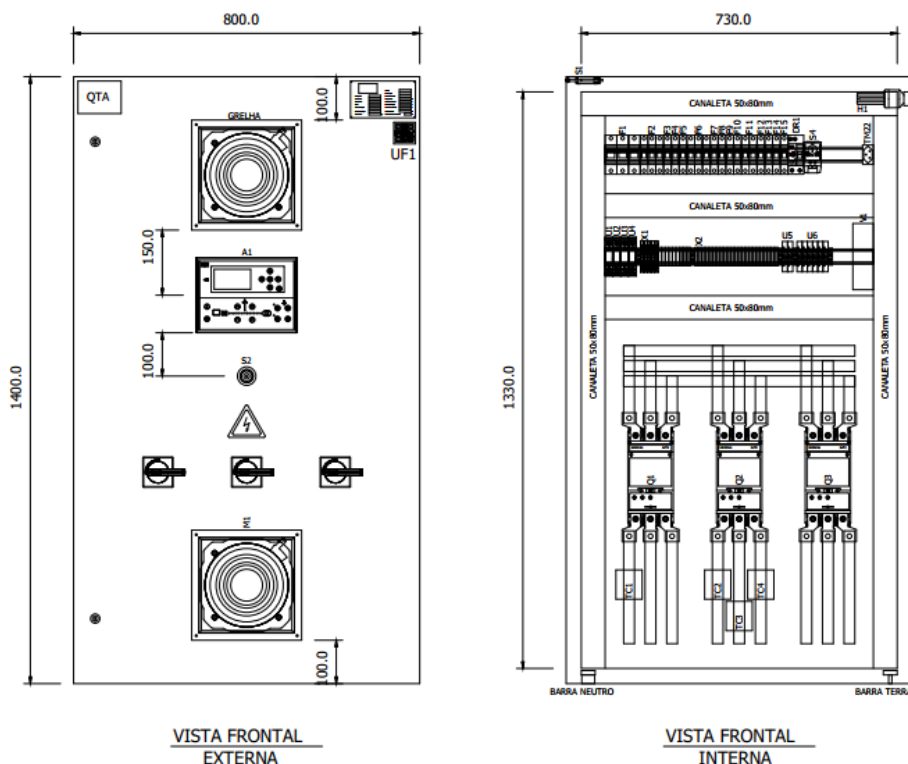
4.3. MEMÓRIA DE CÁLCULO - TERCEIRA ETAPA: ESPECIFICAÇÃO DA ESTRUTURA MECÂNICA DO PAINEL - QTA

A estrutura é dimensionada levando em consideração as dimensões físicas de todos os componentes que deverão ser instalados no painel, o local de instalação (porta ou placa de montagem), bem como a lógica de força e comando elétrico. Desse modo, cada componente possui seu manual técnico que disponibiliza as características físicas, altura, largura e profundidade ou comprimento e a suportabilidade de espessura de condutores elétricos. Posteriormente são desenhados com suas dimensões reais e seguindo a lógica de força e comando, o caminho que cada condutor fará para interligar as conexões dos dispositivos, dimensiona-se a estrutura capaz de comportar toda a solução. Além destas questões, também é levado em consideração as condições de instalação, pois assim identifica-se o grau de proteção do painel.

O resultado foi uma estrutura metálica IP 54 (protegido contra poeira e projeções de água de todas as direções), com dimensões físicas de 1400 mm de altura por 800 mm de largura, por 300 mm de profundidade, da fabricante RITTAL.

A figura a seguir representa o resultado obtido.

Figura 33 - Layout do painel



Fonte: Anexo 01 (2023).

4.4. MEMÓRIA DE CÁLCULO - QUARTA ETAPA: ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS PERIFÉRICOS - QTA

4.4.1. Ventilação

Os componentes elétricos funcionam dentro de uma faixa de temperatura especificada pelos fabricantes. Com o aumento da temperatura nos componentes, começam a perder eficiência e podem danificar. Um exemplo é o disjuntor, que diminui a sua corrente de disparo com o aumento da temperatura.

Os componentes instalados no interior de quadros elétricos geram mais calor por estarem em ambientes geralmente mais quentes, como os industriais ou mesmo por estarem dentro de uma caixa fechada (quadro elétrico) de espaço apenas suficiente para instalação dos componentes. Deste modo, se faz necessário o cálculo térmico dos painéis para verificar a quantidade de potência térmica dissipada e, com isso identificar a necessidade de ventilação e quando sim, uma ventilação capaz de estabelecer uma temperatura de trabalho, que se enquadre nas temperaturas de regime de funcionamento especificado pelos fabricantes de cada componente em seus respectivos manuais.

Para o dimensionamento da ventilação, dispositivo de resfriamento utilizado, temos:

- Dado técnico 1: Estrutura metálica em aço com dimensões físicas de 1400 mm de altura por 800 mm de largura, por 300 mm de profundidade;
- Dimensão do quadro de Corrente de curto-circuito (I_{cc}) de 10 kA;
- Dado técnico 2: A carga térmica dos componentes foram identificadas em seus respectivos manuais e a soma não ultrapassou o valor de 400 W;
- Dado técnico 3: Instalação com a parte traseira encostada na parede e laterais livres;
- Dado técnico 4: Temperatura ambiente de 25°C;
- Dado técnico 5: Temperatura desejada interna ao painel de 30°C.

Para quadros elétricos com a parte traseira encostada na parede e laterais livres, temos:

$$A_e = 1,4 \times L \times (A + P) + 1,8 \times P \times A$$

$A_e = \text{Área do quadro (m}^2\text{)}$

$L = \text{Largura}$

$A = \text{Altura}$

$P = \text{Profundidade}$

Convertendo as medidas da estrutura para metros, temos:

$A = 1,4 \text{ m}$

$L = 0,8 \text{ m}$

$P = 0,3 \text{ m}$

Aplicando à fórmula, temos:

$$A_e = 1,4 \times 0,8 \times (1,4 + 0,3) + 1,8 \times 0,3 \times 1,4$$

$$A_e = 2,66 \text{ m}^2$$

Para calcular a carga total de calor dentro do quadro, temos:

$$P_e = P_v - (K \times A_e \times \Delta t)$$

$$P_e = 400 - (5,5 \times 2,66 \times (30 - 25))$$

$$P_e = 327 \text{ W}$$

$P_e = \text{Carga total (W)};$

$P_v = \text{Carga térmica dos componentes};$

$K = \text{Coeficiente de transmissão de calor (K para o Aço} = 5,5 \text{ W/m}^2\text{)};$

$A_e = \text{Área do quadro (m}^2\text{)};$

$\Delta t = \text{Diferença de temperatura.}$

Para calcular a temperatura interna do quadro sem ventilação, temos:

$$T_{int} = \frac{P_v}{K \times A_e} + T_{amb}$$

$$T_{int} = \frac{327}{5,5 \times 2,66} + 40$$

$$T_{int} = 48 \text{ } ^\circ\text{C}$$

T_{int} = Temperatura interna ($^\circ\text{C}$);

T_{amb} = Temperatura ambiente ($^\circ\text{C}$);

P_v = Carga térmica dos componentes (W);

K = Coeficiente de transmissão de calor (K para o Aço = $5,5 \text{ W/m}^2$);

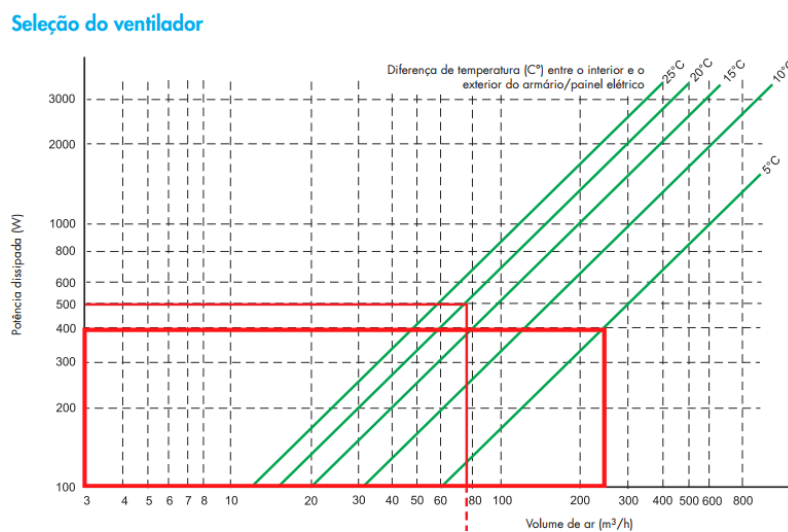
A_e = Área do quadro (m^2).

A temperatura encontrada mostra que sem ventilação não atingimos a temperatura interna desejada de 30°C . Para solucionar, temos:

$$\text{Volume de Ar} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = \frac{\text{Potência dissipada dentro do painel (W)}}{\text{Diferença de temperatura (K)}} \times \text{Constante do Ar}$$

O gráfico a seguir ilustra os resultados encontrados:

Figura 34 - Seleção de ventilador



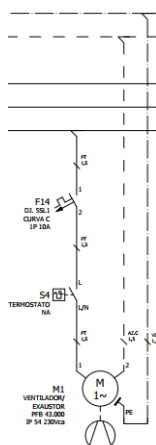
Fonte: Finder (2013)

Analisando o gráfico, com uma diferença de temperatura de 10°C e potência dissipada total interna ao quadro de 400 W, um ventilador com vazão de 250 m³/h será capaz de manter a temperatura interna do quadro em 30°C, assim, o ventilador escolhido possui as características a seguir:

- Fabricante: Pfannenberger;
- Modelo: PFB 43.000;
- Fluxo de ar livre IP 54: 277 m³/h;
- Tensão de fase: 220Vca.

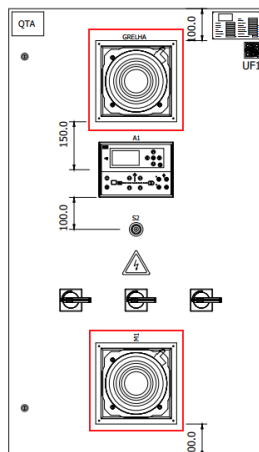
A representação elétrica e mecânica do sistema de ventilação do quadro é mostrada na figura a seguir.

Figura 35 – Representação elétrica da ventilação



Fonte: Anexo 01 (2023).

Figura 36 - Representação mecânica da ventilação



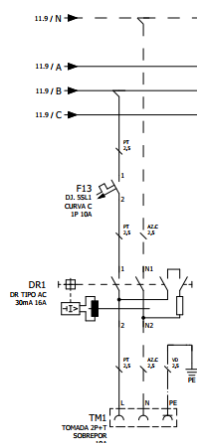
Fonte: Anexo 01 (2023).

4.4.2. Tomada e Iluminação

O quadro elétrico é um equipamento que como todos eventualmente necessita de manutenções, sejam elas manutenções preventiva, preditiva ou corretiva. Deste modo, foi implementado ao quadro boas práticas para auxiliar estas manutenções, bem como intervenções que se façam necessárias durante a vida útil do quadro. Uma destas boas práticas é a instalação de uma tomada de 2P+T de 20 A e uma luminária, com tensão de fase de 220Vca, sendo a tomada para uso diverso e a luminária para garantir luminosidade durante as manutenções e intervenções.

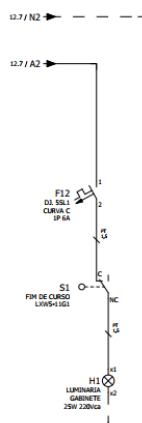
A representação elétrica e mecânica da tomada e da luminária do quadro são mostradas nas figuras a seguir.

Figura 37 – Representação elétrica da tomada do quadro



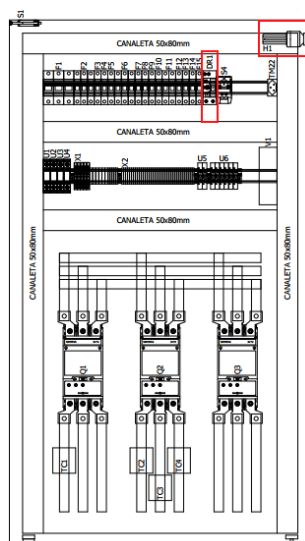
Fonte: Anexo 01 (2023).

Figura 38 – Representação elétrica da iluminação do quadro



Fonte: Anexo 01 (2023).

Figura 38 - Representação mecânica da tomada e iluminação do quadro



Fonte: Anexo 01 (2023).

4.4.3. Barramentos

Para o dimensionamento dos barramentos, temos:

- Dado técnico 1: Corrente nominal do quadro (I_n) de 250 A;
- Dado técnico 2: Temperatura ambiente de 30°C.

O barramento de cobre utilizado é de cobre eletrolítico de 25 mm (1") de largura, por 10 mm (1/8") de espessura. O dimensionamento é feito levando em consideração as dimensões existentes no mercado que são disponibilizadas pelos fabricantes, a temperatura ambiente em que o barramento está sujeito, bem como suas respectivas capacidades de condução de corrente elétrica. Além disso, também levou em consideração os dados dos manuais dos dispositivos que especificam a medida suportável de condutores elétricos, assim permitindo saber se o terminal dos equipamentos são capazes de receberem a conexão dos barramentos.

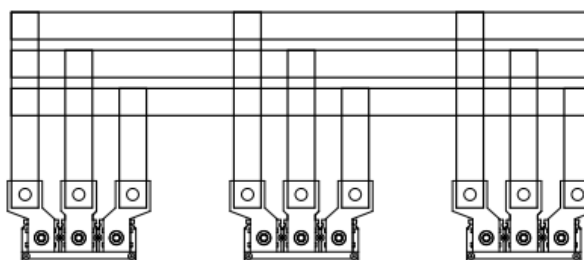
Com os dados coletados e consultando a tabela de disponibilidade do fabricante, o barramento escolhido está circulado na figura a seguir, com capacidade de condução elétrica de 516 A.

Figura 39 - Tabela de barramentos de cobre - Copper Barras

TABELA DE BARRAMENTOS DE COBRE - COPPERBARRAS INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE METAIS																	
		1/8" = 3,17mm			3/16" = 4,76mm			1/4" = 6,35mm			5/16" = 7,93mm			3/8" = 9,52mm			1/2"
Largura		2,50 A/mm ²			2,40 A/mm ²			2,40 A/mm ²			2,25 A/mm ²			2,20 A/mm ²			2,
"	mm	Peso	Área	A	Peso	Área	A	Peso	Área	A	Peso	Área	A	Peso	Área	A	Peso
1/4"	6,35	0,179	19,53	48	0,269	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3/8"	9,52	0,269	29,27	73	0,403	43,96	105	0,538	58,64	134	0,673	--	--	--	--	--	--
1/2"	12,70	0,358	39,05	97	0,538	58,64	140	0,718	78,23	179	0,897	--	--	1,080	--	--	--
5/8"	15,87	0,448	48,80	122	0,673	73,27	175	0,897	97,75	224	1,120	122,07	274	1,350	--	--	1,790
3/4"	19,05	0,537	58,58	146	0,807	87,96	211	1,080	117,34	269	1,350	146,53	329	1,610	175,92	387	2,150
7/8"	22,22	0,627	68,32	170	0,941	102,59	246	1,260	136,86	314	1,570	170,92	384	1,880	205,19	451	2,510
1"	25,40	0,717	78,10	195	1,080	117,28	281	1,440	156,45	359	1,790	195,38	439	2,150	234,55	516	2,870
1 1/4"	31,75	0,869	97,63	244	1,350	146,60	351	1,719	195,56	449	2,240	244,22	549	2,690	293,19	645	3,590
1 1/2"	38,10	1,070	117,15	292	1,610	175,92	422	2,150	234,68	539	2,690	293,07	659	3,230	351,83	774	4,310

Fonte: Copper Barras Indústria e Comércio de Metais (2013).

A representação mecânica do barramento é mostrada na figura a seguir.

Figura 40 - Barramentos

Fonte: Anexo 01 (2023).

4.4.4. Cabeamento

Para o dimensionamento dos cabos do Quadro de Transferência Automática (QTA), temos:

- Dado técnico 1: Tensão de linha de 380 Vca;
- Dado técnico 2: Tensão de fase de 220 Vca;
- Dado técnico 3: Temperatura ambiente de 30°C;
- Dado técnico 4: Temperatura do condutor de 70°C;
- Dado técnico 5: Condutor em cobre;
- Dado técnico 6: Tipo de isolamento em PVC.

A norma NBR5410/04 estabelece:

6.2.6.1.2 A seção dos condutores deve ser determinada de forma a que sejam atendidos, no mínimo, todos os seguintes critérios: a) a capacidade de condução de corrente dos condutores deve ser igual ou superior à corrente de projeto do circuito, incluindo as componentes harmônicas, afetada dos fatores de correção aplicáveis (ver 6.2.5); b) a proteção contra sobrecargas, conforme 5.3.4 e 6.3.4.2; c) a proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas, conforme 5.3.5 e 6.3.4.3; d) a proteção contra choques elétricos por seccionamento automático da alimentação em esquemas TN e IT, quando pertinente (5.1.2.2.4); e) os limites de queda de tensão, conforme 6.2.7; e f) as seções mínimas indicadas em 6.2.6.1.1.

O cabeamento foi dimensionado com base na norma NBR 5410/04, dados técnicos identificados, catálogos disponibilizados pelos fabricantes e com base nas correntes elétricas de cada disjuntor e dispositivo de proteção interno ao quadro. O procedimento de dimensionamento de cada cabo utilizado no Anexo 01 deste trabalho e os critérios utilizados são mostrados e circulados nas figuras a seguir:

- Critério 1: Maneira de instalar;

Figura 41 - Maneira de instalar condutores

Tabela 05 - Maneiras de Instalar

Tipo da Instalação	Método de Instalação (número)	Maneira de Instalar	Cabos Nus	Condutor Isolado	Cabo Unipolar	Cabo Multipolar
Embutida	1 e 2	Eletroduto em parede termicamente isolante	-	A1	A1	A2
	7 e 8	Eletroduto (seção circular) embutido em alvenaria	-	B1	B1	B2
	26	Eletroduto (seção não-circular) - $1,5 \text{ De} \leq V < 5 \text{ De}$	-	B2	-	-
	26	Eletroduto (seção não-circular) - $5 \text{ De} \leq V < 50 \text{ De}$	-	B1	-	-
	27	Eletroduto (seção não-circular) embutido em alvenaria	-	-	B2	B2
	41	Eletroduto em canaleta fechada - $1,5 \text{ De} \leq V < 20 \text{ De}$	-	B2	B2	-
	41	Eletroduto em canaleta fechada - $V \geq 20 \text{ De}$	-	B1	B1	-
	42 e 43	Eletroduto em canaleta embutida no piso	-	B1	B1	B1
	33 e 34	Canaleta fechada embutida no piso	-	B1	B1	B2
	75 e 75A	Canaleta fechada embutida na parede	-	B1	B1	B2
	51	Parede isolante (condutor/cabo diretamente embutido)	-	-	-	A1
	52 e 53	Alvenaria com ou sem proteção mecânica	-	-	C	C
	73	Caixilho de porta ou janela	-	A1	A1	A1

Fonte: Condumax (2023).

- Critério 2: Temperatura ambiente, temperatura do condutor, condutor em cobre, tipo de isolamento, maneira de instalar, circuito monofásico ou trifásico.

Figura 42 - Capacidade de condução dos condutores

Tabela 06 - Capacidades de condução de corrente, em Ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

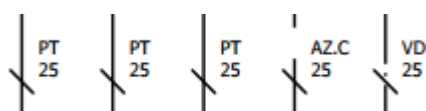
Condutores: Cobre Isolação: PVC Temperatura no condutor: 70 °C
Temperaturas de Referência do Ambiente: 30 °C (ar), 20 °C (solo)

Seção Nominal (mm²)	Métodos de Referência Indicados na Tabela 05											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
					Número de Condutores Carregados							
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
					Cobre							
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86

Fonte: Condumax (2023).

A representação elétrica dos cabos é mostrada na figura a seguir.

Figura 43 - Cabeamento



Fonte: Anexo 01 (2023).

4.4.5. Disjuntores de comando

Os disjuntores devem ser escolhidos em função da corrente prevista para o circuito que ele estiver protegendo. Atuam desligando o circuito de forma automaticamente em caso de curtos-circuitos e sobrecargas.

Para a correta especificação/seleção deve-se considerar a corrente nominal do circuito de aplicação, o nível de curto-circuito, a tensão de operação, a curva de disparo e a quantidade de polos, bem como os dados disponibilizados pelo diagrama unifilar de serviços auxiliares da subestação, assim temos:

- Dado técnico 1: Disjuntores 3P, tensão de operação de 380 Vca;
- Dado técnico 2: Disjuntores 1P, tensão de operação de 220 Vca;
- Dado técnico 3: Nível de curto-circuito de 10 kA;
- Dado técnico 4: Curva C de disparo.

A norma NBR5410/04 estabelece:

5.3.4.1 Coordenação entre condutores e dispositivos de proteção. Para que a proteção dos condutores contra sobrecargas fique assegurada, as características de atuação do dispositivo destinado a provê-la devem ser tais que: a) $I_b \leq I_n \leq I_z$; e b) $I_2 \leq 1,45 I_z$.

5.3.5.2.1 Devem ser providos dispositivos que assegurem proteção contra curtos-circuitos em todos os pontos onde uma mudança (por exemplo, redução de seção) resulte em alteração do valor da capacidade de condução de corrente dos condutores.

Os disjuntores de comando foram dimensionados com base no estabelecido pela norma NBR 5410/04 e conforme dados técnicos coletados no diagrama unifilar de serviços auxiliares da subestação e identificados nos manuais disponibilizados pelos fabricantes.

O procedimento de dimensionamento de cada disjuntor de comando utilizado no Anexo 01 deste trabalho são mostrados e circulados nas figuras a seguir:

Para calcular a corrente elétrica de cada circuito trifásico, temos:

$$I_n = \frac{kVA \times 1000}{1,73 \times E}$$

I_n = Corrente nominal (A);

kVA = Potência elétrica (VA);

E = Tensão de linha (V).

Para calcular a corrente elétrica de cada circuito monofásico, temos:

$$I_n = \frac{kVA \times 1000}{E}$$

I_n = Corrente nominal (A);

kVA = Potência elétrica (VA);

E = Tensão de linha (V).

Como exemplo, a potência prevista para a tomada do quadro foi de 2000 VA, sendo assim, o cálculo exercido para especificação do disjuntor de proteção da tomada do quadro é mostrado a seguir:

$$I_n = \frac{kVA \times 1000}{E}$$

$$I_n = \frac{2000 \times 1000}{220}$$

$$I_n = 9,1 A$$

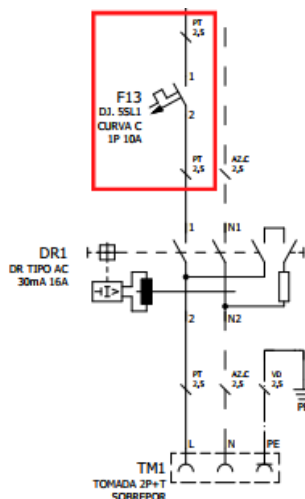
O disjuntor escolhido possui as características a seguir:

- Fabricante: Siemens;
- Modelo: 5SL1;
- Tensão de operação: 220Vca;
- Nível de curto-circuito: 10 kA;

- Curva: C;
- Corrente nominal: 10 A.

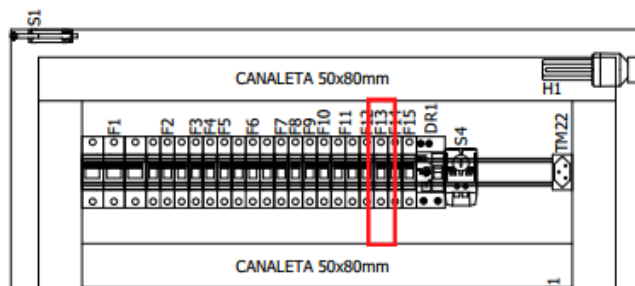
A representação elétrica e mecânica do disjuntor da tomada do quadro são mostradas nas figuras a seguir.

Figura 44 - Representação elétrica do disjuntor de proteção da tomada



Fonte: Anexo 01 (2023).

Figura 45 - Representação mecânica do disjuntor de proteção da tomada



Fonte: Anexo 01 (2023).

4.4.6. Canaletas

Para o dimensionamento das canaletas, itens no quadro responsáveis por comportar os condutores elétricos, se faz necessária uma simulação no software AutoCAD considerando o pior caso. Identifica-se de acordo com o layout desenvolvido, que representa a montagem do quadro, qual trajeto passa a maior quantidade de cabos e suas respectivas

espessuras externa. Deste modo, desenha-se os condutores em vista de corte lateral deste trajeto e verifica-se qual espaço é necessário para comportar o conjunto de cabos.

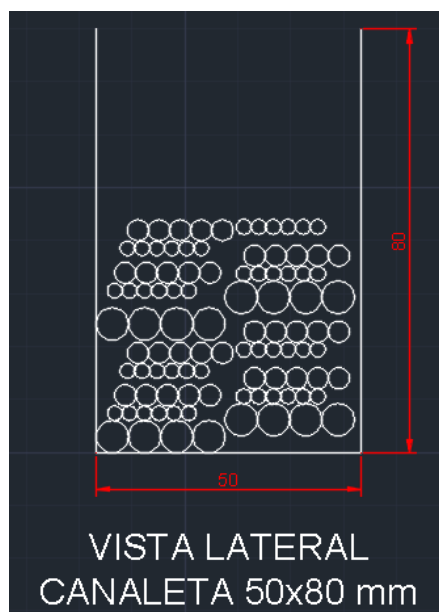
O procedimento de dimensionamento das canaletas utilizado no Anexo 01 deste trabalho são mostrados nas figuras a seguir:

Figura 46 - Dados construtivos dos condutores elétricos

Dados Construtivos*					Acondicionamento			
Seção Nominal (mm²)	Diâmetro Condutor (mm)	Espessura Isolação (mm)	Diâmetro Externo (mm)	Massa (kg/km)	Caixa (m)	Rolo (m)	Carretel (m)	Bobina (m)
0,50	0,9	0,6	2,1	8,7	100	----	2700	----
0,75	1,1	0,6	2,3	10,9	100	----	2500	----
1,00	1,2	0,6	2,4	13,5	100	----	2100	----
1,50	1,5	0,7	2,8	19,0	100	----	1500	----
2,50	1,9	0,8	3,5	30,0	100	----	1000	----
4,00	2,4	0,8	4,0	43,7	100	----	700	----
6,00	3,0	0,8	4,5	61,5	100	----	600	----
10,00	4,1	1,0	6,1	105,2	----	100	----	1000
16,00	5,1	1,0	7,1	164,5	----	100	----	1000
25,00	6,5	1,2	8,8	256,1	----	100	----	1000
35,00	7,7	1,2	10,1	346,0	----	100	----	1000
50,00	9,2	1,4	12,0	495,2	----	----	----	500
70,00	11,0	1,4	13,8	676,4	----	----	----	500
95,00	12,6	1,6	15,8	887,2	----	----	----	500
120,00	14,4	1,6	17,6	1137,8	----	----	----	500
150,00	16,0	1,8	19,6	1400,5	----	----	----	500
185,00	17,7	2,0	21,7	1704,9	----	----	----	500
240,00	20,3	2,2	24,7	2260,6	----	----	----	500
300,00	22,6	2,4	27,4	2754,8	----	----	----	250

Fonte: Condumax (2023).

Figura 47 - Simulação de passagem de condutores do trajeto com maior quantidade



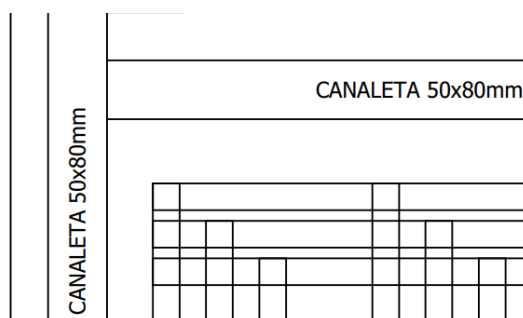
Fonte: autoria própria (2023).

A canaleta escolhida possui as características a seguir:

- Fabricante: HellermannTyton;
- Dimensões: 50x80 mm;
- Material: PVC;
- Tipo: Recorte aberto.

A representação mecânica das canaletas, são mostradas na figura a seguir.

Figura 48 - Canaletas



Fonte: Anexo 01 (2023).

4.5. MEMÓRIA DE CÁLCULO - QUINTA ETAPA: PROJETANDO O PAINEL – QTA

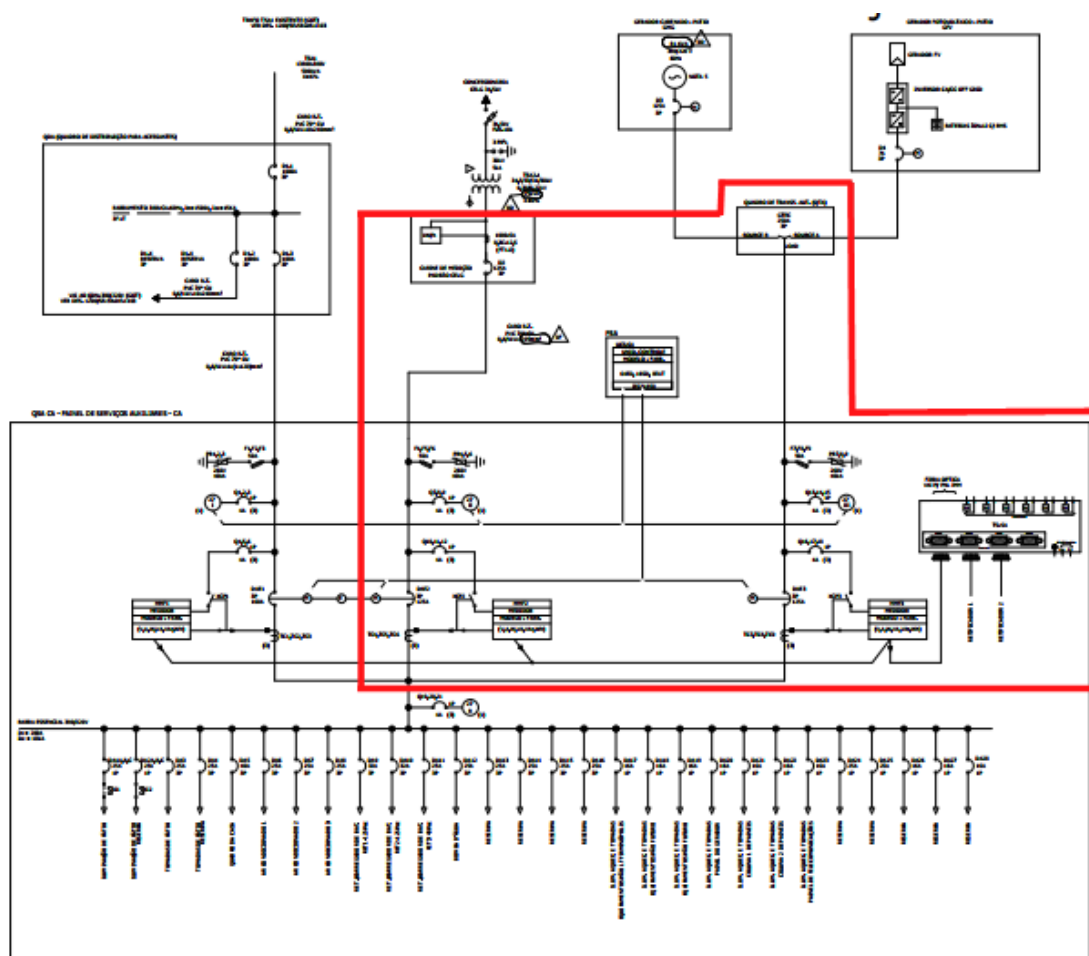
Fazendo uso das normas que regem a eletricidade e montagem de painéis elétricos, além das boas práticas adquiridas com a experiência de mercado, o projeto é o resultado de todos os cálculos feitos, manuais estudados, fornecedores contatados e treinamentos feitos.

O resultado desta etapa é o projeto desenvolvido, anexo 01 deste trabalho, desenhado utilizando o software EPLAN Electric P8.

A solução atribuída é mais enxuta que a existente e é possível enxergar através das figuras a seguir, que mostram redução de custos de diversas formas, com materiais elétricos, com material estrutural, com infraestrutura, com tempo e manutenção.

A solução existente foi circulada no diagrama unifilar a seguir, que mostra a solução atribuída a Subestação para transferência automática de fontes redundantes para os serviços auxiliares da Subestação.

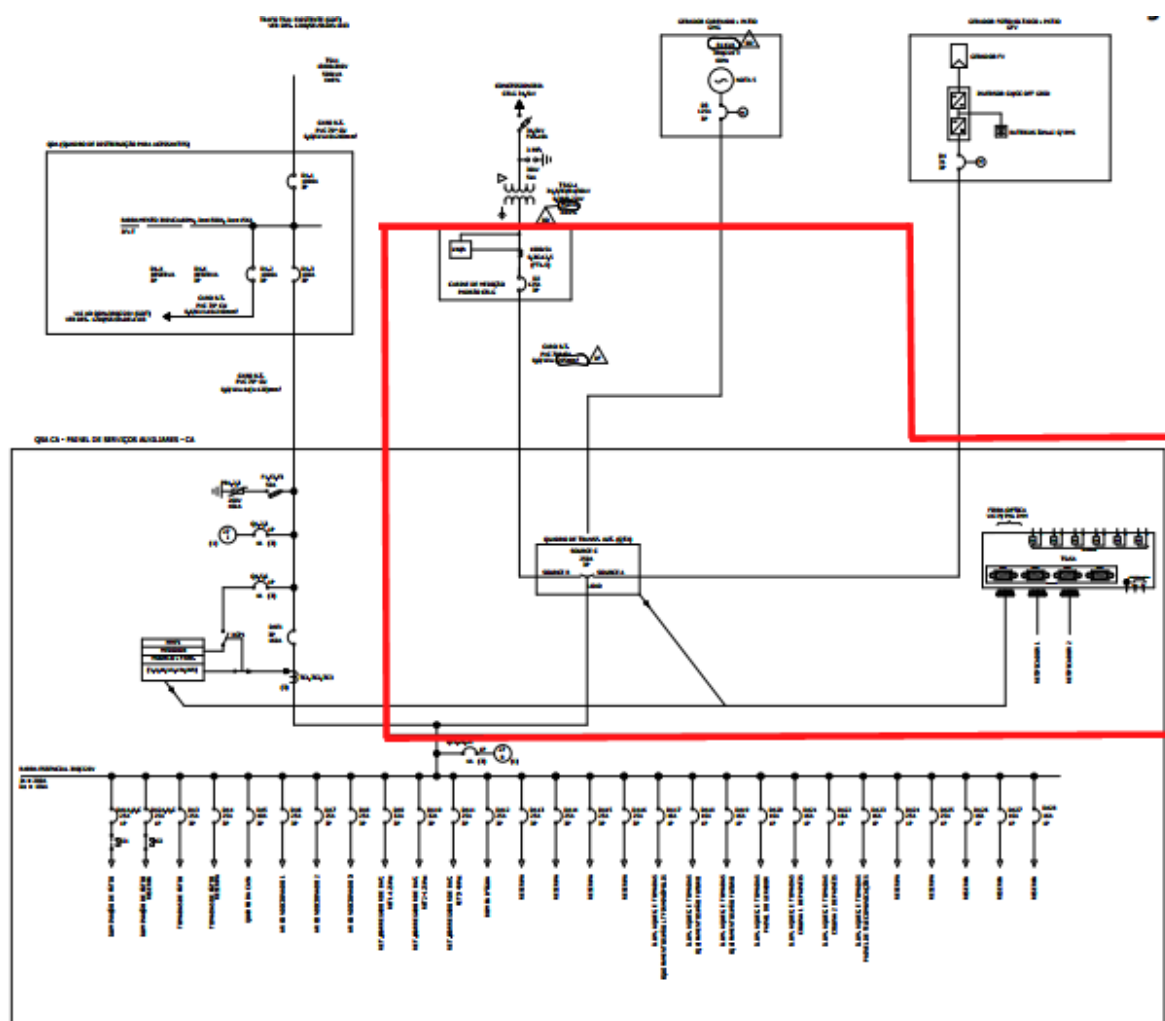
Figura 49 - Diagrama unifilar: Solução existente



Fonte: Anexo 01 (2023).

A nova solução foi circulada no diagrama unifilar a seguir, que mostra a solução atribuída, tendo como resultado o anexo 01 deste trabalho, para a transferência automática de fontes redundantes para os serviços auxiliares da Subestação.

Figura 50 - Diagrama unifilar: Nova solução



Fonte: Anexo 01 (2023).

4.6. MEMÓRIA DE CÁLCULO - SEXTA ETAPA: LISTA DE MATERIAIS – QTA

A lista de materiais oferece uma estrutura organizada que ajuda as equipes de engenharia, compras e comercial a visualizar de forma clara quais os componentes necessários, a quantidade, fabricante, até mesmo o código de produto e a localização do componente dentro do projeto (anexo 01). Desta maneira, facilita a comunicação entre departamentos e evita confusões ou erros no processo de produção. Permite uma visão clara dos materiais e dos custos associados. Ajuda a estimar com precisão os custos de produção, controlar o orçamento do projeto e identificar potenciais poupanças.

Uma lista de materiais bem estruturada e atualizada garante uma sequência de produção eficiente, indicando a ordem correta de montagem dos componentes. Além disso,

permite acompanhar os estoques, o que ajuda a evitar atrasos na produção devido à falta de materiais. Uma lista completa dos componentes usados facilita a identificação de peças de reposição e agiliza reparações e atualizações.

O resultado desta etapa é a própria lista de materiais final, que está representada na figura a seguir, onde mostra a lista de materiais do anexo 01 deste trabalho.

Figura 51 - Lista de materiais

ITEM	COLUMNA	UF	REFERÊNCIA DO PRODUTO	QTD.	TAG	DESCRIÇÃO	FABRICANTE	FORNECIMENTO
1	C1	UF1	SSV4 311-0	1	DR1	DISPOSITIVO DR TIPO AC 30mA 16A 2P 127/220Vca	SIEMENS	
2	C1	UF1	SSP4_392-7	1	F1	D1. SSP4 CURVA C 3P 125A	SIEMENS	
3	C1	UF1	SSL1_316-7MB	2	F2;F6	D1. SSL1 CURVA C 3P 16A	SIEMENS	
4	C1	UF1	SSL1_110-7MB	5	F3...F5;F13;F14	D1. SSL1 CURVA C 1P 10A	SIEMENS	
5	C1	UF1	SSL1_106-7MB	4	F7;F8;F10;F15	D1. SSL1 CURVA C 1P 6A	SIEMENS	
6	C1	UF1	SSL1_110-7MB	1	F9	D1. SSL1 CURVA C 1P 10A	SIEMENS	
7	C1	UF1	SSL1_210-7MB	1	F11	D1. SSL1 CURVA C 2P 10A	SIEMENS	
8	C1	UF1	SSL1067MB	1	F12	D1. SSL1 CURVA C 1P 6A	SIEMENS	
9	C1	UF1	96061	1	H1	LUMINARIA PARA GABINETE 25W 220Vca	TASCO	
10	C1	UF1	2966171	6	KAL...KA6	BORNE RELÉ COMPOSTO POR BLOCO DE BASE DO TERMINAL PLC-BSC.../21 COM LIGAÇÃO PARAFUSO, O RELÉ MINIATURA É CONECTÁVEL COM CONTATO DE ENERGIA, PARA MONTAGEM EM TRILHO DIN NS 35/7.5, TENSÃO DE ENTRADA 24Vcc 1NAF 6A	PHOENIX CONTACT	
11	C1	UF1	11643101955	1	M1	CONJUNTO VENTILADOR/EXAUSTOR PFB 43.000 IP 54, 230Vca (252x252)	PFANNENBERG	
12	C1	UF1	11740001055	1	M1	FILTRO PFA 40.000 (252x252)	PFANNENBERG	
13	C1	UF1	3118135	1	PT1	LINHA TB • JUMPER 10P 14A PJ BORNE FUSÍVEL	PHOENIX CONTACT	
14	C1	UF1	3246117	1	PT2	LINHA TB • JUMPER 10P PJ BORNE 2,5mm²	PHOENIX CONTACT	
15	C1	UF1	3VT2725-2AA36-0AA0	3	Q1...Q3	FRAME 3P 250A 36A • 3VT2	SIEMENS	
16	C1	UF1	3VT9225-6AC00	3	Q1...Q3	DISPARADOR 3VT2 100-120 A	SIEMENS	
17	C1	UF1	3VT9_300-3HA10	3	Q1...Q3	ACOPLAMENTO FRONTAL PARA ACIONAMENTO ROTATIVO 3VT2	SIEMENS	
18	C1	UF1	3VT9_300-3HE20	3	Q1...Q3	MANOPLA COM BLOQUEIO POR CADEADO PARA DISJUNTOR 3VT2 E 3VT3	SIEMENS	
19	C1	UF1	3VT9_300-3HG20	3	Q1...Q3	ACIONAMENTO EXTERNO PARA DISJUNTOR 3VT2 E 3VT3	SIEMENS	
20	C1	UF1	3VT9_300-3H100	3	Q1...Q3	EIXO PROLONGADOR PARA DISJUNTOR 3VT2 E 3VT3	SIEMENS	
21	C1	UF1	3VT9_300-2AC10	6	Q1...Q3	CONTATO AUXILIAR 1NA	SIEMENS	
22	C1	UF1	3VT9_300-2AD10	3	Q1...Q3	CONTATO AUXILIAR 1NF	SIEMENS	
23	C1	UF1	3VT9_300-1SE00	3	Q1...Q3	BOBINA DE ABERTURA PARA DISJUNTOR 3VT2 E 3VT3 220 / 380 VCA	SIEMENS	
24	C1	UF1	3VT9200-3M000	3	Q1...Q3	ACIONAMENTO MOTORIZADO PARA DISJUNTOR 3VT2 220 VCA/CC	SIEMENS	
25	C1	UF1	4410	1	S1	CHAVE FIM DE CURSO COM HASTE E ROLDANA LXW5-11G1 COM 1 CONTATO REVERSÍVEL E CORPO PLÁSTICO	SIEMENS	
26	C1	UF1	3SB6130-1HB20-1CA0	1	S2	BOTÃO EMERGÊNCIA 40mm 1NF GIRAR P/DESTRALAR	SIEMENS	
27	C1	UF1	TL2530	1	S4	TERMOSTATO NA	TASCO	
28	C1	UF1	4NCS223-2CE21	4	TC1...TC4	TRANSFORMADOR DE CORRENTE TIPO JANELA 4NCS2, 250/5 A, 5 VA, TAM 2, CLASSE EXATIDÃO 1%	SIEMENS	
29	C1	UF1	TAS.13E35	1	TM1	TOMADA 3P+T SOBREPOR 10A	TASCO	
30	C1	UF1	5SD7 461-0	4	U1...U4	DPS CLASSE II PLUG-IN 2000VA S/ SINALIZAÇÃO REMOTA	SIEMENS	
31	C1	UF1	C902587.6700	2	U5;U6	BLOCO AFERIÇÃO ST6 3TC S S/ NEUTRO	WEIDMÜLLER	
32	C1	UF1	DSE9701	1	V1	CARREGADOR DE BATERIA, ENTRADA 90-305Vca 50/60Hz, SAÍDA 24Vcc 5A	SIEMENS	
33	C1	UF1	3246434	5	X1	LINHA TB • BORNE FUSÍVEL 5x20 CINZA C/ LED 24Vcc 4mm²	PHOENIX CONTACT	
34	C1	UF1	FUSÍVEL_0,5A	5	X1	FUSÍVEL_0,5A	SANTOS DUMONT COMP. ELET.	
35	C1	UF1	3000486	6	X1	LINHA TB • BORNE CINZA 6mm²	PHOENIX CONTACT	

Fonte: Anexo 01 (2023).

4.7. MEMÓRIA DE CÁLCULO - SÉTIMA ETAPA: MONTANDO O PAINEL – QTA

A montagem requer uma equipe de profissionais altamente qualificados e experientes, que devem seguir as normas e regulamentações aplicáveis para garantir a segurança e a confiabilidade do equipamento.

Para montar um quadro elétrico, é necessário seguir etapas e possuir os materiais e equipamentos específicos. O local de instalação deve ser seco, ventilado e protegido contra intempéries, poeira e umidade. Os materiais e componentes devem ser adquiridos de acordo com as especificações do projeto. A instalação dos dispositivos de proteção, tais como disjuntores, fusíveis, chaves, entre outros, devem ser instalados de acordo com as especificações do projeto.

Após a montagem do quadro elétrico, é importante realizar testes e verificações para garantir que o sistema esteja funcionando corretamente e em conformidade com as normas e regulamentações aplicáveis.

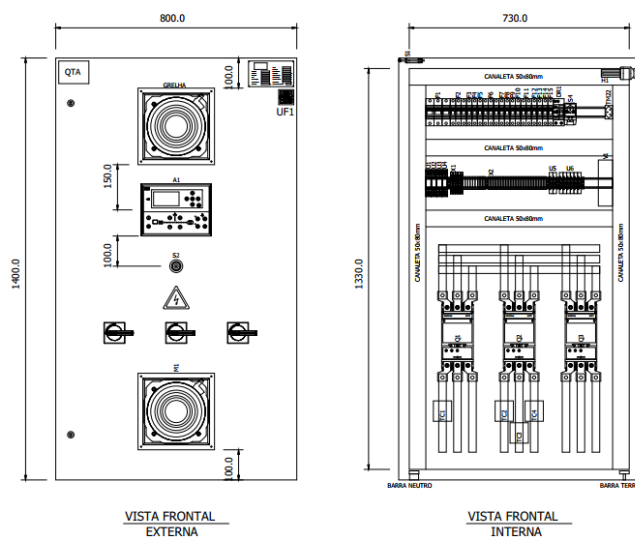
Um quadro elétrico bem projetado e construído pode trazer muitos benefícios para a indústria, como a redução de custos de manutenção e energia elétrica, aumento da eficiência e produtividade e redução do tempo de parada para manutenção e reparo. O resultado desta etapa é o próprio quadro elétrico, que será montado seguindo o projeto, anexo 01 deste trabalho. As figuras a seguir mostram o resultado que será obtido após montagem do Quadro de Transferência Automática (QTA).

Figura 52 - Exemplo de painel elétrico contendo apenas a parte de comando elétrico do Quadro de Transferência Automática (QTA)



Fonte: Treinamento DEIF (2023).

Figura 53 - Representação gráfica do Quadro de Transferência Automática (QTA) resultado do anexo 01 deste trabalho



Fonte: Anexo 01 (2023).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Subestações de potência, em especial as de transmissão (ou de rede básica) são componentes fundamentais no Sistema Interligado Nacional. O funcionamento pleno desta subestação depende de todo o sistema de Proteção, Controle e Supervisão, conhecido normalmente por SPCS. Este sistema, por sua vez, necessita de robusto e confiável suprimento, razão pela qual tantos estudos são necessários para garantir a correta alimentação dos Serviços Auxiliares.

Este projeto alcançou êxito em seus objetivos específicos, uma vez que realizou a revisão bibliográfica acerca do tema Serviços Auxiliares, especialmente no que tange à redundância obrigatória através dos Procedimentos de Rede. Também realizou a revisão bibliográfica das normas específicas para a construção de quadros e painéis elétricos, adequando-a à tecnologia necessária, Quadros de Transferência Automática.

Ademais, no que tange à solução proposta, dimensionou-se todos os componentes do quadro proposto, tomando como base uma situação real, baseado no Quadro de Serviços Auxiliares (QSACA) da Casa de Comando da Firminópolis Transmissora, na Subestação SE Trindade 500 kV. Além do dimensionamento dos componentes inerentes ao quadro, foi também escolhido módulo controlador DEIF, de modo a garantir a automação, operação e manutenção do quadro. Também foi realizada a disposição dos componentes dentro do quadro, de modo a otimizar o espaço interno, pensando também na ventilação deste.

A controladora escolhida também permite a comunicação com o SAGE, tanto local quanto remoto, o que era outro requisito de projeto, uma vez que o controle das fontes redundantes dos Serviços Auxiliares obrigatoriamente precisa ser comandado pelo sistema supervisório da subestação.

Como trabalhos futuros sugere-se a implementação física do quadro (o que depende de recursos), além da proposição de outras formas de realiza-lo, utilizando outros módulos ou outras tecnologias, por exemplo, a utilização de disjuntores motorizados com intertravamentos específicos. Solução que, em tese, é menos otimizada e menos confiável, porém, de custo substancialmente menor.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 60439-1: Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão: Parte 1 - Conjuntos com ensaio de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo parcialmente testados (PTTA)**. Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 61439-1: Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão: Parte 1 - Regras gerais**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 61439-2: Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão: Parte 2 - Conjuntos de manobra e comando de potência**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 61439-3: Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão: Parte 3 - Quadros de distribuição**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 61439-4: Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão: Parte 4 - Conjuntos para canteiro de obra**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 61439-5: Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão: Parte 5 - Conjuntos para distribuição de energia elétrica**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 61439-6: Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão: Parte 6 - Linhas elétricas pré-fabricadas**. Rio de Janeiro. 2016.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **NR 10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. Brasília. 1978.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro. 2004.

MAMEDE FILHO, João. **Manual de equipamentos elétricos – 4º Edição**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2013.

KAGAN, Nelson. **Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**. São Paulo: Blucher Editora, 2010.

EVOLUÇÃO DO USO DA ENERGIA AO LONGO DA HISTÓRIA. **Khan Academy**, 2019. Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/science/7-ano/desenvolvimento-tecnologico/as-maquinas-termicas/a/evolucao-do-uso-da-energia-ao-longo-da-historia#:~:text=Ao%20longo%20dos%20s%C3%A9culos%2C%20a,a%20ca%C3%A7a%20e%20a%20pesca.>>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

O PAPEL DOS COMPONENTES ELÉTRICOS NAS INDÚSTRIAS. **Maestro**, 2019. Disponível em: <<http://www.maestro.ind.br/o-papel-dos-componentes-eletricos-nas-industrias/#:~:text=Estes%20componentes%20oferecem%20seguran%C3%A7a%2C%20qualidade,panes%20el%C3%A9tricas%20e%20curto%2Dcircuitos.>>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

ROCHA, Carla. A importância dos painéis elétricos para a segurança da residência. **Mapa da Obra**, 2021. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/paineis-eletricos-seguranca-residencial/#:~:text=O%20painel%20el%C3%A9trico%20%C3%A9%20importante,n%C3%A3o%20recebe%20a%20aten%C3%A7%C3%A3o%20merecida.>>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

PAINEL ELÉTRICO: O QUE É, SEU OBJETIVO, E TIPOS DE FUNÇÃO E MONTAGEM. **Adequada**, 2021. Disponível em: <<https://adequada.eng.br/painel-eletrico/>>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

MOTARELLI, Expedito. Painéis TTA -Segurança e performance em painéis de baixa tensão. **Schneider Electric**, 2014. Disponível em: <<https://blog.se.com/br/gestao-de->>

energia/eficiencia-energetica/2014/02/04/paineis-tta-seguranca-e-performance-em-paineis-de-baixa-tensao/>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

MÃO DE OBRA QUALIFICADA ESPECIALIZADA. **Suporte Industrial**, 2022. Disponível em: <<https://www.suporteindustrial.com.br/mao-obra-qualificada-especializada>>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

MATERIAIS ELÉTRICOS: AJUDE SEU CLIENTE A CRIAR UMA LISTA DE PRODUTOS ESSENCIAIS. **Soprano**, 2020. Disponível em: <<https://www.soprano.com.br/blog/materiais-eletricos-ajude-seu-cliente-a-criar-uma-lista-de-produtos-essenciais#:~:text=Nessa%20lista%2C%20inclui%2Dse%20fios,de%20energia%20el%C3%A9trica%20do%20im%C3%B3vel.>>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

FABRICAÇÃO DE PAINÉIS ELÉTRICOS. **Auto Tec**, 2022. Disponível em: <<https://www.autotecrs.com.br/post/fabrica%C3%A7%C3%A3o-de-pain%C3%A9is-el%C3%A9tricos>>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

COMO CONSERVAR UM PAINEL ELÉTRICO POR MAIS TEMPO. **Ele Paineis**, 2022. Disponível em: <<https://elepaineis.com.br/como-conservar-um-painel-eletrico-por-mais-tempo/>>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - VIDA ÚTIL. **Universo Eletrotecnica**, 2017. Disponível em: <<http://universoeletrotecnica.blogspot.com/2017/03/instalacoes-eletricas-vida-util.html>>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

PAINÉIS ELÉTRICOS DE BAIXA TENSÃO. **Peteel**, 2022. Disponível em: <<https://peteel.ufsc.br/2020/06/22/paineis-eletricos-de-baixa-tensao/>>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

TTA X CONVENCIONAL. **CSW Solucoes**, 2014. Disponível em: <<http://www.cswsolucoes.com.br/noticias/tta-x-convencional/>>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

MOREIRA, Bruno. Nova norma prevê extinção dos conceitos TTA/PTTA. **O Setor Elétrico**, 2015. Disponível em: <<https://www.oseletrico.com.br/nova-norma-preve-extincao-dos-conceitos-ttappta/>>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

GOMES, Flavio Vanderson. Quadro de distribuição pode garantir a segurança do circuito elétrico. **AEC Web**, 2014. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/quadro-de-distribuicao-pode-garantir-a-seguranca-do-circuito-eletrico/9209>>. Acesso em: 18 de dez. de 2022.

ARCANJO, Daniela; PAMPLONA, Nicola. Entenda como funciona o sistema elétrico brasileiro. **Folha de São Paulo**. 21 de jun. de 2021. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2021/06/entenda-como-funciona-o-sistema-eletrico-brasileiro.shtml>. Acesso em: 27 de nov. de 2023.

SOUSA, Rafaela. Fontes de energia. **Brasil Escola**. 27 de nov. de 2023. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/fontes-energia.htm>. Acesso em: 27 de nov. de 2023.

Subestação de Energia Elétrica: Classificação e Funções. **Alugagera**. 18 de abr. de 2022. Disponível em: <https://alugagera.com.br/noticias/o-que-e-subestacao-energia>. Acesso em: 27 de nov. de 2023.

Módulo 2 - Critérios e Requisitos. **ONS**. 01 de jan. de 2021. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/vigentes>. Acesso em: 27 de nov. de 2023.

BARROS, Bruno. Sistema de controle de serviços auxiliares de uma subestação. **Repositório Científico do Instituto Politécnico do Porto**. Out. de 2017. Disponível em: https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/11462/1/DM_BrunoSoares_2017_MEEC.pdf. Acesso em: 27 de nov. de 2023.

Quadro de Transferência Automática | O que é? Como funciona?. **Alugagera**. 06 de jun. de 2022. Disponível em: <https://alugagera.com.br/noticias/o-que-e-qta-como-funciona>. Acesso em: 27 de nov. de 2023.

O Sistema Interligado Nacional. **ONS**. 2023. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>. Acesso em: 03 de dez. de 2023.

Rede Básica. **MegaWhat**. 2022. Disponível em: <https://megawhat.energy/verbetes/26377/rede-basica>. Acesso em: 03 de dez. de 2023.

Instalações de Transmissão. **ONS**. 2023. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/energia-no-futuro/transmissao/instalacoes>. Acesso em: 03 de dez. de 2023.

Procedimento de Rede - módulo 2 - Submódulo 2.6 – Requisitos mínimos para subestações e seus equipamentos. **ONS**. Ago de 2022. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/vigentes>. Acesso em: 03 de dez. de 2023.

Serviço Auxiliar. **ESC**. 2023. Disponível em: <http://esc.com.br/atuacao/servico-auxiliar>. Acesso em: 03 de dez. de 2023.

PROCEDIMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL – PRODIST - MÓDULO 3 - CONEXÃO AO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **ANEEL**. 07 de dez. de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/prodist>. Acesso em: 03 de dez. de 2023.

BOLOTINHA, Manuel. SUBESTAÇÕES - SERVIÇOS AUXILIARES. **Linkedin**. 25 de nov. de 2017. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/subesta%C3%A7%C3%B5es-servi%C3%A7os-auxiliares-manuel-bolotinha/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 03 de dez. de 2023.

Quadro de Transferência Automática (QTA). **Essencial Geradores**. 2023. Disponível em: [https://www.essencialgeradores.com.br/blog/quadro-de-transferencia-automatica-\(qta\)](https://www.essencialgeradores.com.br/blog/quadro-de-transferencia-automatica-(qta)). Acesso em: 03 de dez. de 2023.

Tabela de Barramentos de Cobre - CopperBarras Indústria e Comércio de Metais. **Copper Barras**. 2023. Disponível em: <https://copperbarras.com.br/tabela-de-barramento-de-cobre/>. Acesso em: 03 de dez. de 2023.

Catálogos. **Condumax**. 2023. Disponível em: <https://condumax.com.br/catalogos/>. Acesso em: 03 de dez. de 2023.

ANEXO 01 – PROJETO DO QUADRO DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA

CLIENTE

OBRA

CIDADE / ESTADO

TIPO DE QUADRO

NOME DO QUADRO

NÚMERO DE SÉRIE

TENSÃO DE OPERAÇÃO

TENSÃO DE COMANDO

ARQUIVO REFERÊNCIA

Firminópolis Transmissão S.A.

BR39584_WWTP NR

Trindade - GO

Quadro de Transferência Automática

QTA

NSEE2023-001

380Vca

24Vcc

-

FABRICANTE

ARQUIVO

RESPONSÁVEL PELO PROJETO

RESPONSÁVEL PELA MONTAGEM

PROJETO ELÉTRICO

PROJETO MECÂNICO

APROVAÇÃO

Instituto Federal de Goiás - Câmpus Goiânia

C:\Users\Nathan Ribeiro\Desktop\Temp2\INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS\23.108 - PJT PN ELE\PROJETO EXECUTIVO\EPLAN\23.108 - PJT PN ELE.elk

Prof. Me. Leovir Cardoso A. Junior.

Prof. Me. Leovir Cardoso A. Junior.

Téc. Nathan Ribeiro Malaquias

Téc. Nathan Ribeiro Malaquias

Prof. Me. Leovir Cardoso A. Junior.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

ÍNDICE

PÁGINA	DESCRIÇÃO DA PÁGINA	DATA	EDITOR
1	CAPA	21/11/2023	NATHAN RIBEIRO
2	ÍNDICE	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
3	FOLHA DE DADOS	21/11/2023	NATHAN RIBEIRO
4	IDENTIFICAÇÕES	21/11/2023	NATHAN RIBEIRO
5	DIAGRAMA MECÂNICO	21/11/2023	NATHAN RIBEIRO
6	DIAGRAMA UNIFILAR - SOLUÇÃO EXISTENTE	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
7	DIAGRAMA UNIFILAR - NOVA SOLUÇÃO	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
8	DIAGRAMA UNIFILAR - QTA	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
9	REDE	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
10	REDE	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
11	REDE	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
12	USFV	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
13	GMG	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
14	GMG	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
15	CMD. DJ. REDE	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
16	CMD. DJ. GMG	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
17	CMD. DJ. USFV	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
18	CARREGADOR DE BATERIA	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
19	ILUMINAÇÃO	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
20	CLP	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
21	GMG	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
22	LISTA DE COMPONENTES TOTALIZADOS	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
23	LISTA DE COMPONENTES TOTALIZADOS	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
24	VISÃO GERAL DA RÉGUA DE BORNES	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
25	DIAGRAMA DE BORNES	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO
26	INSTRUÇÃO PARA LEITURA DO PROJETO	23/11/2023	NATHAN RIBEIRO

O IFG CÂMPUS GOIÂNIA MANTÉM O DIREITO DE PROPRIEDADE DESTE DOCUMENTO, SENDO PROIBIDA SUA REPRODUÇÃO PARCIAL OU TOTAL SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO POR ESCRITO.		00	EMISSION INICIAL	21/11/2023	NRM	PAINEL: QTA	TÍTULO: ÍNDICE	COLUNA/UF: /	PÁGINA: 2 DE 26
		REV.	DESCRIÇÃO	DATA	EXEC.		ARQUIVO REFERÊNCIA: -	Nº DE ID.: NSEE2023-001	

1 CARÁTERISTICAS ELÉTRICAS		
1.1 CLASSE DE TENSÃO		0,6/1kV
1.2 TENSÃO DE OPERAÇÃO		380Vca
1.3 TENSÃO DE COMANDO		24Vcc
1.4 FREQUÊNCIA NOMINAL		60Hz
1.5 TENSÃO APLICADA 60Hz 1 SEG.		1kV
1.6 NÍVEL BÁSICO DE IMPULSO		12kV
1.7 CORRENTE NOMINAL		250A
1.8 Icc SIMÉTRICA EFICAZ		55kA
1.9 Icc PICO		121kA
1.10 FATOR DE ASSIMETRIA		2,2
1.11 NÍVEL DE ISOLAÇÃO		1kV
1.12 SISTEMA CA		3Ø-N-PE
1.13 SISTEMA DE ATERRAMENTO DA FONTE		TN-C-S
2 CIRCUITOS AUXILIARES		
2.1 TENSÃO DE COMANDO		FONTE EXTERNO - 24Vcc
2.2 MOTORIZAÇÃO		FONTE INTERNO - 24Vcc
2.3 BOBINA ABERTURA		FONTE INTERNO - 24Vcc
2.4 BOBINA FECHAMENTO		FONTE INTERNO - 24Vcc
2.5 DESUMIDIFICAÇÃO		N.A.
2.6 ILUMINAÇÃO INTERNA		FONTE INTERNO - 24Vcc
2.7 VENTILAÇÃO FORÇADA		N.A.
2.8 TOMADA		FONTE INTERNO - 220Vca - 60Hz
2.9 PRÉ-AQUECIMENTO		N.A.
3 CONSTRUÇÃO		
3.1 INSTALAÇÃO		ABRIGADA
3.2 GAMA		CONVENCIONAL
3.3 TIPO		OUTROS...
3.4 GRAU DE PROTEÇÃO		IP 54
3.5 NORMA		NBR 5410/NR 10
3.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
3.6.1 NÚMERO DE COLUNAS		0
3.6.2 Nº DE DIVISÕES PARA TRANSPORTE		0
3.6.3 DIMENSÕES	A: 1400mm L: 800mm P: 300mm	
3.7 COMPARTIMENTAÇÃO/FORMA		N.A.
3.8 COORDENAÇÃO TIPO		N.A.
3.9 TERMOGRAFIA		N.A.
3.10 ARCO INTERNO (IEC 61641)		N.A.
3.11 SOBRE-ELEVAÇÃO		N.A.
4 DETALHES CONSTRUTIVOS		
4.1 ACESSO		FRONTAL
4.1.1 FRONTAL		PORTA
4.1.2 LATERAL		N.A.
4.1.3 TRASEIRA		N.A.
4.2 FECHO DE ACESSO		
4.2.1 FECHO: COMPARTIMENTO DE BARRAS		N.A.
4.2.1 FECHO: GERAL		CREMONA MAÇ. ESCAMOTEÁVEL

4.3 PORTA DOCUMENTOS		SIM
4.4 VENTILAÇÃO NATURAL		NÃO
4.5 BASE SOLEIRA		NÃO
4.6 CONDUTOR DE ATERRAMENTO DA PORTA		SIM
4.7 TRILHO DIN E FIXAÇÃO COMPONENTES		SIM
4.8 AMPLIAÇÃO FUTURA		NÃO
4.9 MATERIAL DA ESTRUTURA		AÇO CARBONO
4.10 CONEXÕES EXTERNAS		
4.10.1 ENTRADA		CABOS - POR BAIXO
4.10.1 SAÍDA		CABOS - POR BAIXO
4.10.3 AUXILIARES		POR BAIXO
4.11 COORDENAÇÃO TIPO		N.A.
5 PINTURA		
5.1 COR DO ACABAMENTO		
5.1.1 SUPERFÍCIE EXTERNA		RAL 7035
5.1.2 SUPERFÍCIE INTERNA:		RAL 7035
5.2 PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE:		FOSFATIZAÇÃO
5.3 PINTURA ELETROESTÁTICA À PÓ:		À BASE DE POLIÉSTER
5.4 ESPESSURA DA TINTA		80 µm
6 IDENTIFICAÇÃO		
6.1 INTERNA		VER LISTA DE PLAQUETAS
6.2 EXTERNA		VER LISTA DE PLAQUETAS
6.3 IDENT. DE COMPONENTES (TAG)		LETRA IDENT./CONT.
6.4 IDENTIFICAÇÃO DE CABOS		DE/PARA
EX: "O MODELO DE/PARA CONSISTE EM AGRUPAR A IDENTIFICAÇÃO DE ONDE VEM COM A IDENTIFICAÇÃO PARA ONDE VAI. ESSA IDENTIFICAÇÃO SERIA O (UF+TAG:CONTATO) DO COMPONENTE RESULTANDO EM (UF+TAG:CONTATO/UF+TAG:CONTATO)"		
6.5 SINÓTICO		NÃO
6.5.1 MATERIAL		-
6.5.2 COR		-
7 FIAÇÃO		
7.1 FORÇA		
7.1.1 CLASSE DE ISOLAÇÃO		0,6/1kV
7.1.2 TEMP. MÁX. DE SERVIÇO		90°C
7.1.3 MATERIAL ISOLANTE		HEPR OU XLPE
7.1.4 JUNÇÕES		TERMINAL
7.1.5 PARAFUSOS PARA FIXAÇÃO		AÇO 8.8 BICROMATIZADO
7.1.6 COR		PRETO
7.1.6.1 FASE A/R		VERMELHO
7.1.6.2 FASE B/S		AZUL ESCURO
7.1.6.3 FASE C/T		BRANCO
7.1.6.4 NEUTRO		AZUL CLARO
7.1.6.5 TERRA		VERDE
7.1.7 IDENTIFICAÇÃO		FITA

7.2 COMANDO		
7.2.1 CLASSE DE ISOLAÇÃO		750V
7.2.2 TEMP. MÁX. DE SERVIÇO		70°C
7.2.3 MATERIAL ISOLANTE		PVC
7.2.4 JUNÇÕES		TERMINAL
7.2.5 BITOLA (mm²)		1
7.2.6 COR		
7.2.6.1 TENSÃO C.A.		
7.2.6.1.1 FASE		PRETO
7.2.6.1.2 NEUTRO		AZUL CLARO
7.2.6.2 TENSÃO C.C.		
7.2.6.2.1 POSITIVO (+)		VERMELHO
7.2.6.2.2 NEGATIVO (-)		CINZA
7.2.6.3 NOBREAK		
7.2.6.3.1 FASE		PRETO
7.2.6.3.2 NEUTRO		AZUL CLARO
7.2.6.4 SINAIS ANALÓGICOS		
7.2.6.4.1 POSITIVO (+)		VERMELHO
7.2.6.4.2 NEGATIVO (-)		CINZA
7.2.6.5 EMERGÊNCIA		C.A. (PT/AZ.C) / C.C. (VM/CZ)
7.2.6.6 MEDIÇÃO TENSÃO		PRETO/AZUL CLARO
7.2.6.7 MEDIÇÃO CORRENTE		PRETO/ VERDE E AMARELO
7.2.6.8 TERRA		VERDE
8 CONDIÇÕES DE SERVIÇO		
8.1 TEMPERATURA AMBIENTE (MÉDIA/MÁXIMA)		30°C/40°C
8.2 ALTITUDE MÁXIMA		1000m
8.3 CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS		NORMAIS
8.3.1 AMBIENTE INDUSTRIAL		NORMAL
8.3.2 ATMOSFERA AMBIENTE		NORMAL
8.3.3 UMIDADE AMBIENTE		NORMAL
8.4 ABALO SÍSMICO UBC-Z4		NÃO
9 BARRAMENTO		
9.1 MATERIAL		COBRE
9.2 TRATAMENTO		NATURAL
9.3 PARAFUSOS PARA FIXAÇÃO		AÇO 8.8 BICROMATIZADO
9.4 FURAÇÃO PARA AMPLIAÇÃO		NÃO
9.5 ISOLAÇÃO		NÃO
9.6 TENSÃO DE ISOLAMENTO		0,6/1kV
9.7 IDENTIFICAÇÃO		FITA
9.7.1 FASE A/R		VERMELHO
9.7.2 FASE B/S		AZUL ESCURO
9.7.3 FASE C/T		BRANCO
9.7.4 NEUTRO		AZUL CLARO
9.7.5 TERRA		VERDE

TIPO	DIMENSÕES (mm)				DÍGITOS POR LINHA			FONTE (mm)	MATERIAL DA PLAQUETA	COR DO MATERIAL	GRAVAÇÃO	FORNECEDOR
	A	B	C	Ø	1º	2º	3º					
A	150	85	N.A.	N.A.	PADRÃO	PADRÃO	PADRÃO	PADRÃO	ALUMÍNIO	NATURAL	PRETO	INDUSPLAC
B	100	70	N.A.	N.A.	PADRÃO	PADRÃO	PADRÃO	PADRÃO	ADESIVO	AMARELO	PRETO/VERMELHO	CRIE LIGHT
C	90	90	90	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	ADESIVO	AMARELO	PRETO	CRIE LIGHT
D	100	75	N.A.	N.A.	15	15	15	20	POLIÉSTER LAMINADO ESPOSSO	PRETO	BRANCO	HELLERMANNITYTON
E	40	15	N.A.	N.A.	10	10	10	12	POLIÉSTER LAMINADO ESPOSSO	PRETO	BRANCO	HELLERMANNITYTON
F	50	25	N.A.	N.A.	12	12	12	16	POLIÉSTER LAMINADO ESPOSSO	PRETO	BRANCO	HELLERMANNITYTON
G	300	150	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	ADESIVO	BRANCO	VERMELHO	CRIE LIGHT
H	100	75	N.A.	N.A.	PADRÃO	PADRÃO	PADRÃO	PADRÃO	ADESIVO	PRATEADO	PRETO	HELLERMANNITYTON
I	VARIÁVEL	VARIÁVEL	N.A.	N.A.	VARIÁVEL	VARIÁVEL	VARIÁVEL	1	ADESIVO	TRANSPARENTE	PRETO	PIMACO BIC
J	130	120	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	POLIÉSTER	BRANCO/AMARELO	PRETO/VERMELHO	CRIE LIGHT
K	50	50	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	ACRÍLICO	CINZA	PRETO	INDUSPLAC
L	75	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	ADESIVO	AMARELO	PRETO	SIEMENS

NOTAS:

1 - ESPAÇOS, PONTOS, APÓSTROFES, ETC., DEVEM SER CONSIDERADOS COMO UM DÍGITO;

2 - FIXAÇÃO DA ETIQUETA A:

☐	APARAFUSADA
☒	REBITADA
☐	COLADA

3 - FIXAÇÃO DAS ETIQUETAS B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L:

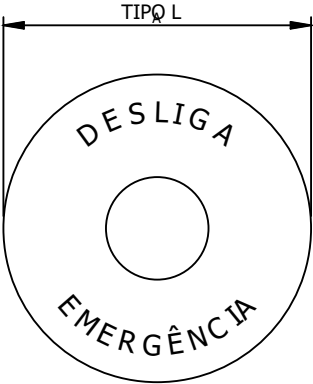
☐ APARAFUSADA

☐ REBITADA

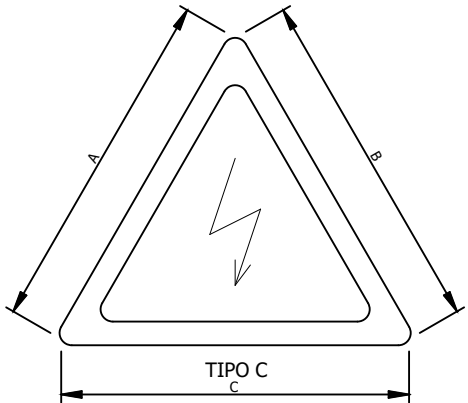
☒ COLADA

4 - O NÚMERO DE DÍGITOS POR LINHAS REFERE-SE A GRAVAÇÃO NA POSIÇÃO HORIZONTAL.

TIPO A		
	NORMA	
	INSTALAÇÃO	
	TENSÃO AUXILIAR	
	FREQUÊNCIA	Hz
	CLASSE DE TENSÃO	V
	TENSÃO SERVIÇO	V
	CORRENTE NOMINAL	A
	NÍVEL IMPULSO	kV
	NÍVEL DE CURTO CIRCUITO	kA
IDENT./TAG		
Nº DE SÉRIE		
Nº DESENHO		
GAMA		
GRAU PROTEÇÃO		
DATA FABRICAÇÃO		
PESO BRUTO	Kg	

[illegible]

TIPO H			
CLIENTE			
NOME DO EQUIPAMENTO			
Nº DE IDENT.	ANO	C.C.	C.A.
CLASSE DE SERVIÇO	CORRENTE NOMINAL		TENSÃO DE CORRENTE
TENSÃO DE SERVIÇO	INTERFLEXÃO	QUANT. DE INTERFLEX.	
VAL. DE REGULAÇÃO	VALOR CARACTERÍST.	RESQ.	

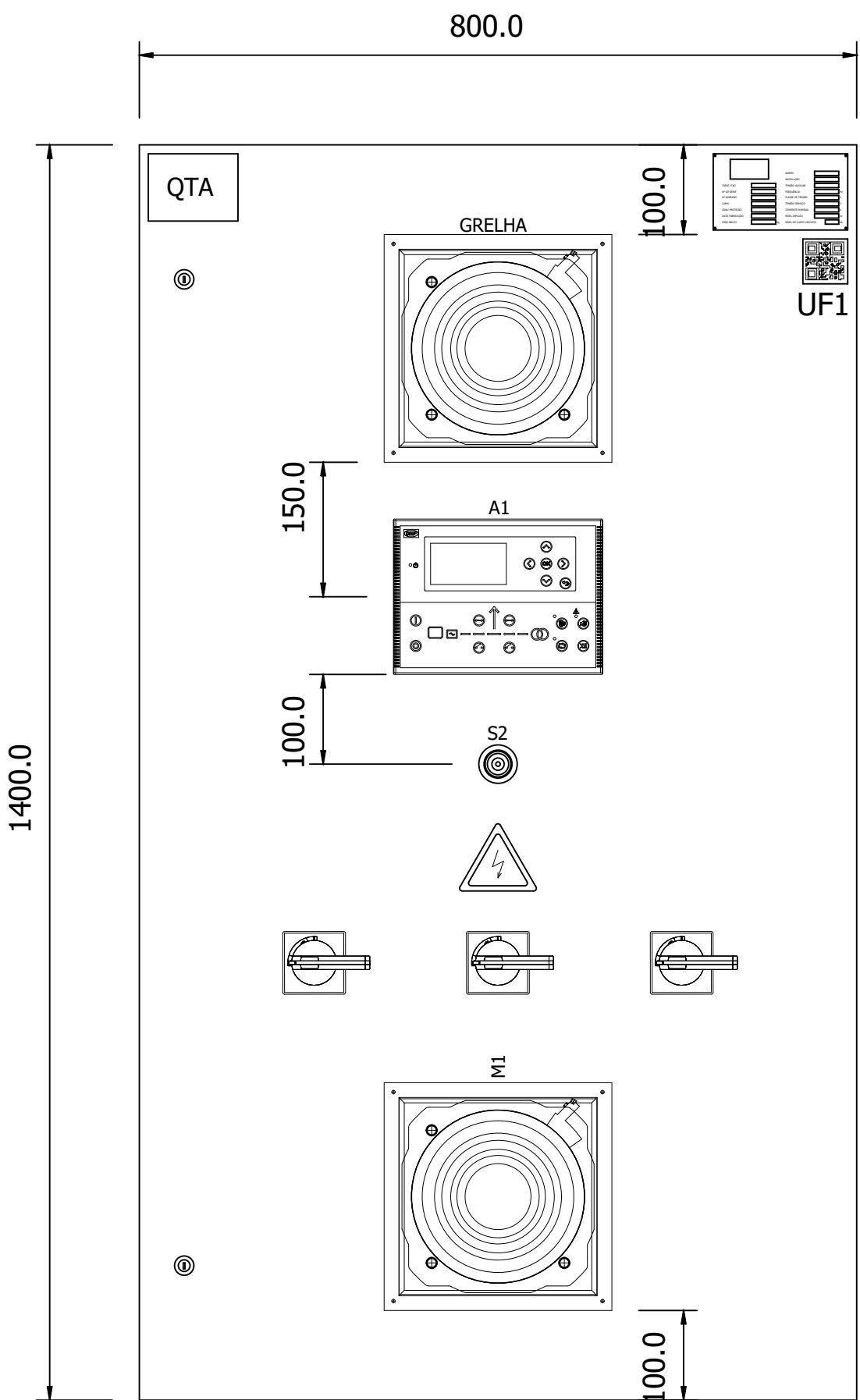


The diagram illustrates the layout of a 2x2 grid of square cells. The top-left cell is labeled 'TIPO G' and the top-right cell is labeled 'TIPO K'. Dimensions A and B are indicated for the grid and individual cells.

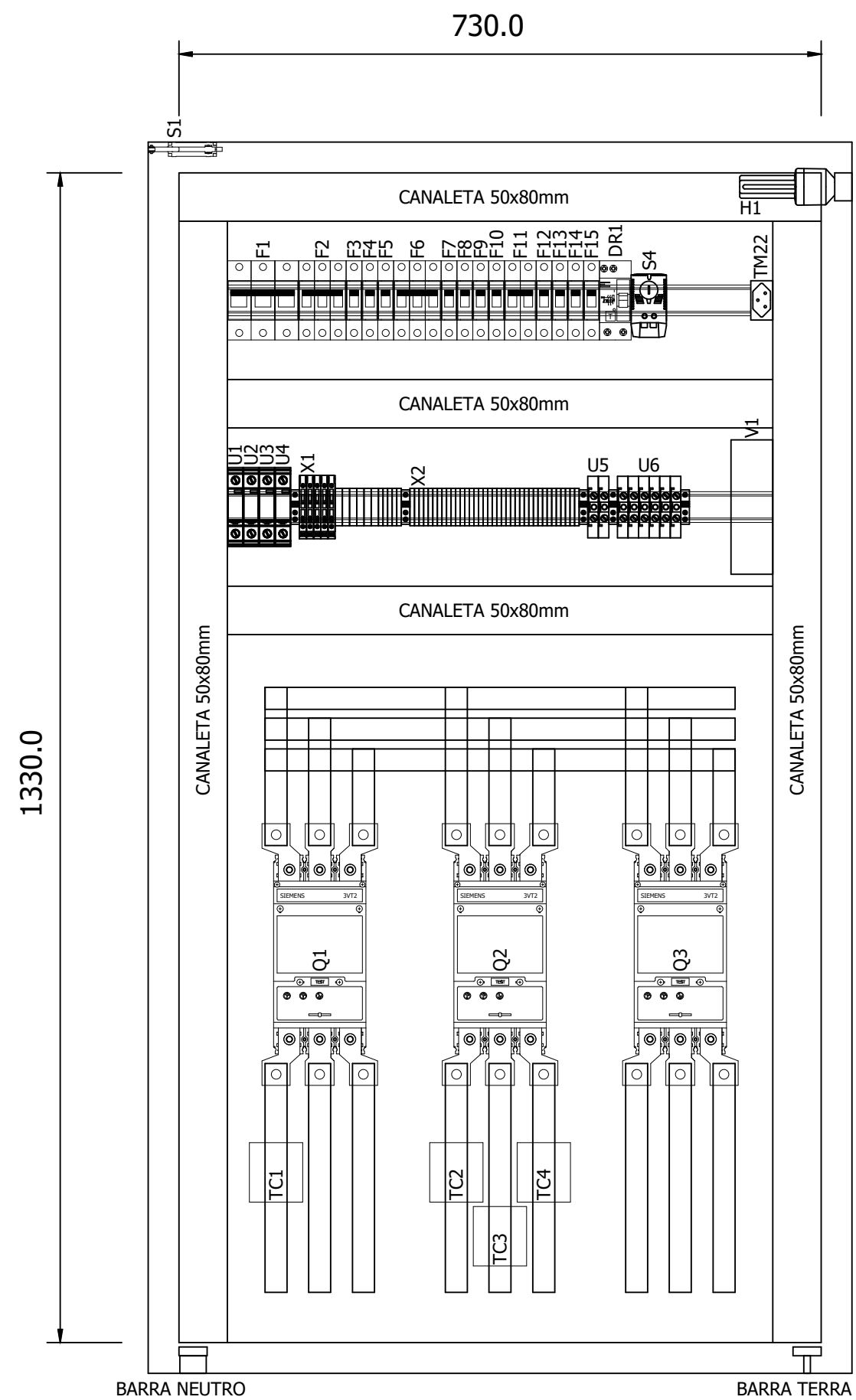
Diagram illustrating the dimensions of a rectangular box labeled TIPO D. The width of the box is indicated by a dimension line above it, labeled A.

Diagram of a rectangular box labeled "TIPO F". The horizontal dimension is labeled "A" and the vertical dimension is labeled "B".

Diagram of a rectangular box labeled "TIPO E". The width is labeled "A" and the height is labeled "B".



VISTA FRONTAL
EXTERNA



VISTA FRONTAL
INTERNA

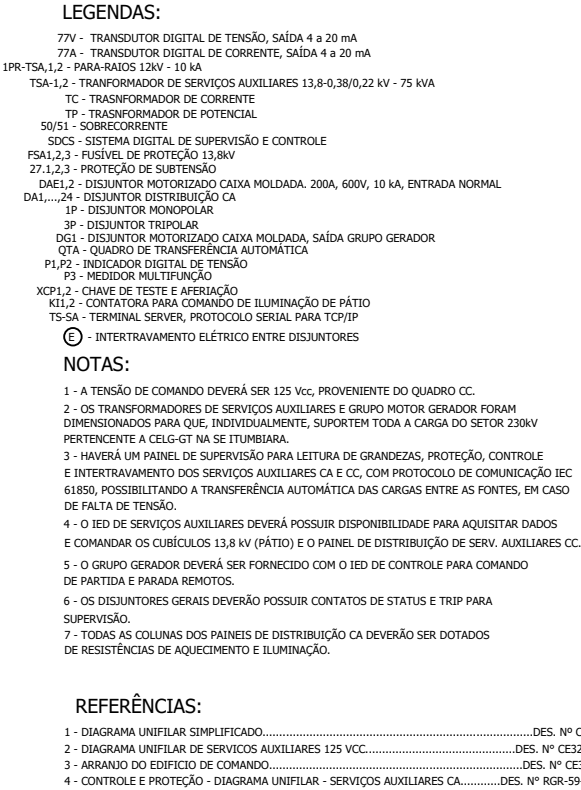
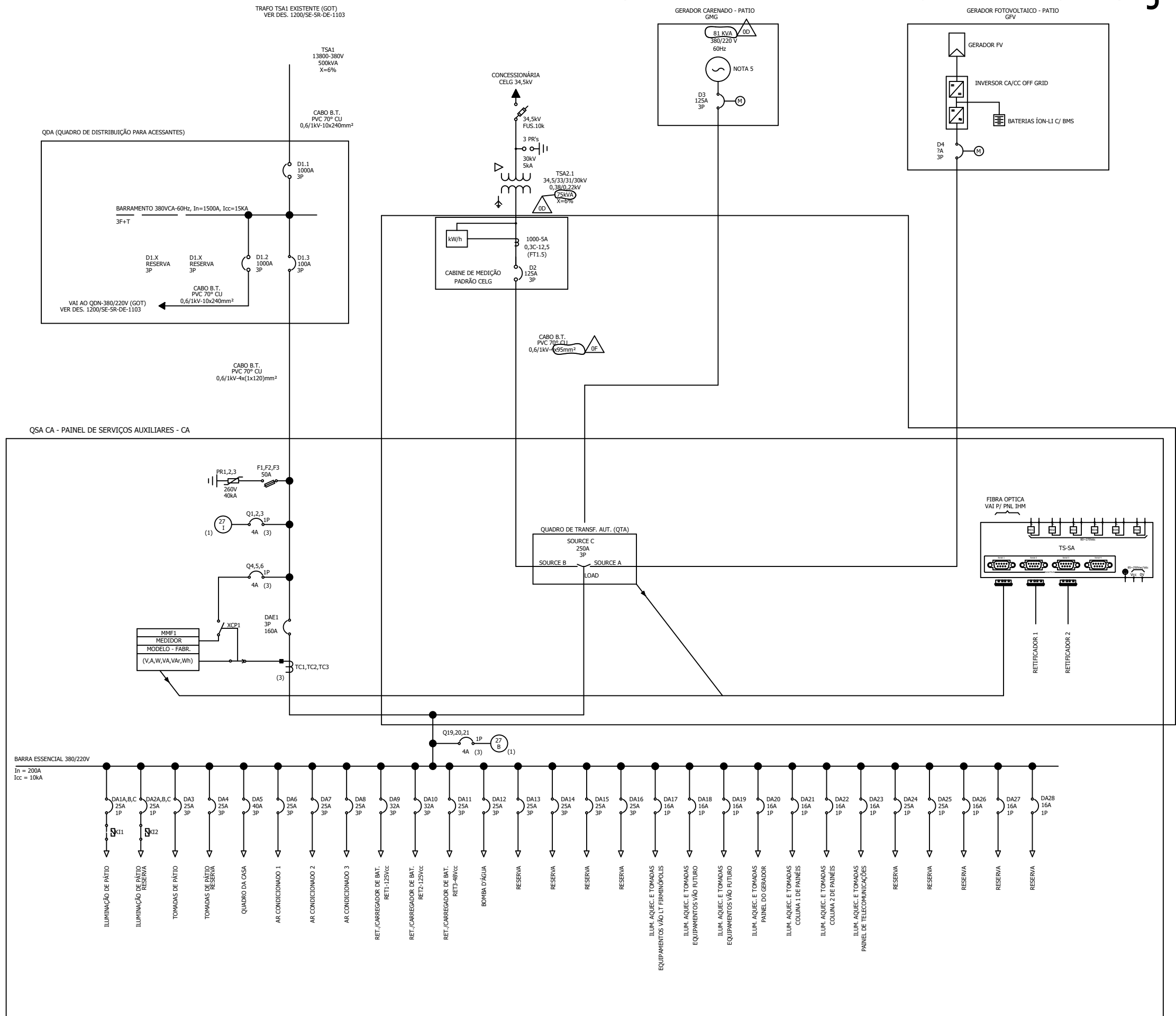


DIAGRAMA UNIFILAR - NOVA SOLUÇÃO



LEGENDAS:

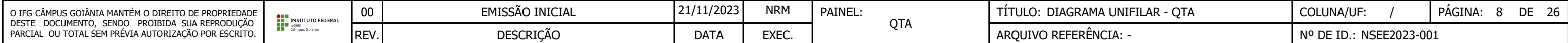
77V - TRANSDUTOR DIGITAL DE TENSÃO, SAÍDA 4 a 20 mA
77A - TRANSDUTOR DIGITAL DE CORRENTE, SAÍDA 4 a 20 mA
1PR-TSA,1,2 - PARA-RAIOS 12kV - 10 kA
TSA-1,2 - TRANSFORMADOR DE SERVIÇOS AUXILIARES 13,8-0,38/0,22 kV - 75 kVA
TC - TRANSFORMADOR DE CORRENTE
TP - TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
50/51 - SOBRECORRENTE
SDCS - SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISÃO E CONTROLE
FSA1,2,3 - FUSÍVEL DE PROTEÇÃO 13,8kV
27.1,2,3 - PROTEÇÃO DE SUBTENSÃO
DAE1,2 - DISJUNTOR MOTORIZADO CAIXA MOLDADA. 200A, 600V, 10 kA, ENTRADA NORMAL
DA1,...,24 - DISJUNTOR DISTRIBUIÇÃO CA
1P - DISJUNTOR MONOPOLAR
3P - DISJUNTOR TRIPOLAR
DG1 - DISJUNTOR MOTORIZADO CAIXA MOLDADA, SAÍDA GRUPO GERADOR
QTA - QUADRO DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA
P1,P2 - INDICADOR DIGITAL DE TENSÃO
P3 - MEDIDOR MULTIFUNÇÃO
XCP1,2 - CHAVE DE TESTE E AFERIÇÃO
K11,2 - CONTATOR PARA COMANDO DE ILUMINAÇÃO DE PÁTIO
TS-SA - TERMINAL SERVER, PROTOCOLO SERIAL PARA TCP/IP
⊕ - INTERTRAVAMENTO ELÉTRICO ENTRE DISJUNTORES

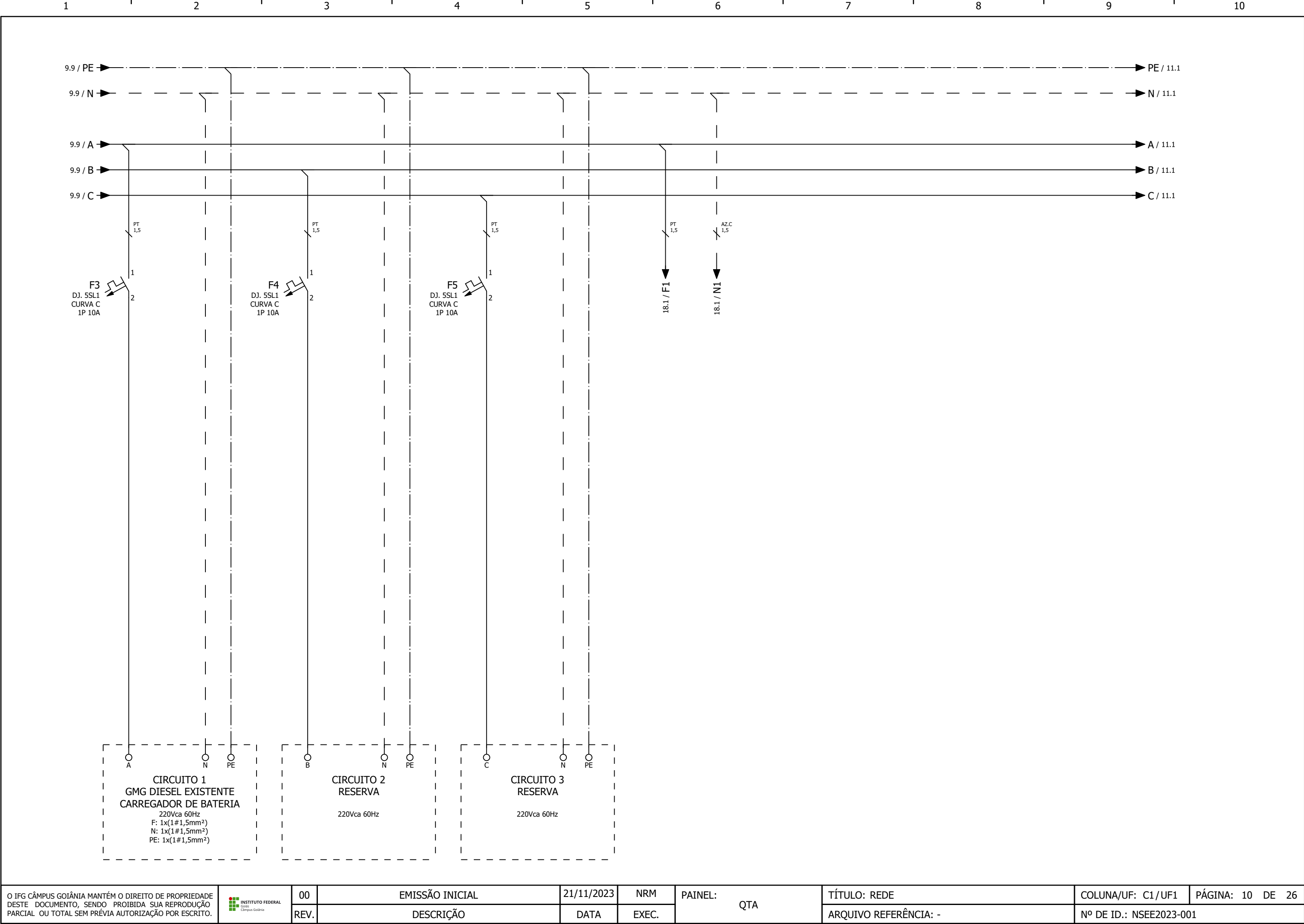
NOTAS:

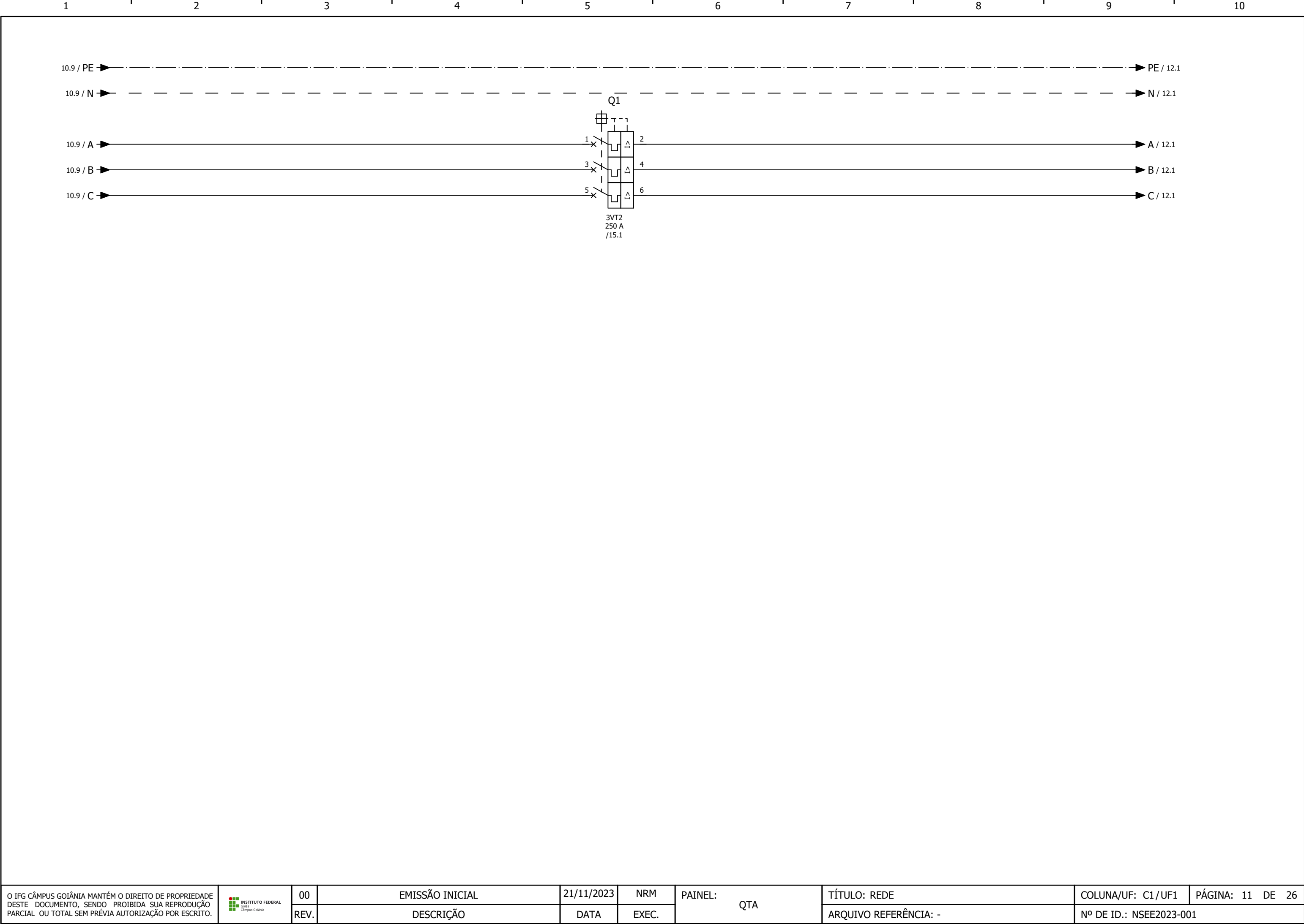
1 - A TENSÃO DE COMANDO DEVERÁ SER 125 Vcc, PROVENIENTE DO QUADRO CC.
2 - OS TRANSFORMADORES DE SERVIÇOS AUXILIARES E GRUPO MOTOR GERADOR FORAM DIMENSIONADOS PARA QUE, INDIVIDUALMENTE, SUPORTEM TODA A CARGA DO SETOR 230kV PERTENCENTE A CELG-GT NA SE ITUMBARA.
3 - HAVERÁ UM PAINEL DE SUPERVISÃO PARA LEITURA DE GRANDEZAS, PROTEÇÃO, CONTROLE E INTERTRAVAMENTO DOS SERVIÇOS AUXILIARES CA E CC, COM PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO IEC 61850, POSSIBILITANDO A TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA DAS CARGAS ENTRE AS FONTES, EM CASO DE FALTA DE TENSÃO.
4 - O IED DE SERVIÇOS AUXILIARES DEVERÁ POSSUIR DISPONIBILIDADE PARA AQUISITAR DADOS E COMANDAR OS CUBÍCULOS 13,8 kV (PÁTIO) E O PAINEL DE DISTRIBUIÇÃO DE SERV. AUXILIARES CC.
5 - O GRUPO GERADOR DEVERÁ SER FORNECIDO COM O IED DE CONTROLE PARA COMANDO DE PARTIDA E PARADA REMOTOS.
6 - OS DISJUNTORES GERAIS DEVERÃO POSSUIR CONTATOS DE STATUS E TRIP PARA SUPERVISÃO.
7 - TODAS AS COLUNAS DOS PAINÉIS DE DISTRIBUIÇÃO CA DEVERÃO SER DOTADOS DE RESISTÊNCIAS DE AQUECIMENTO E ILUMINAÇÃO.

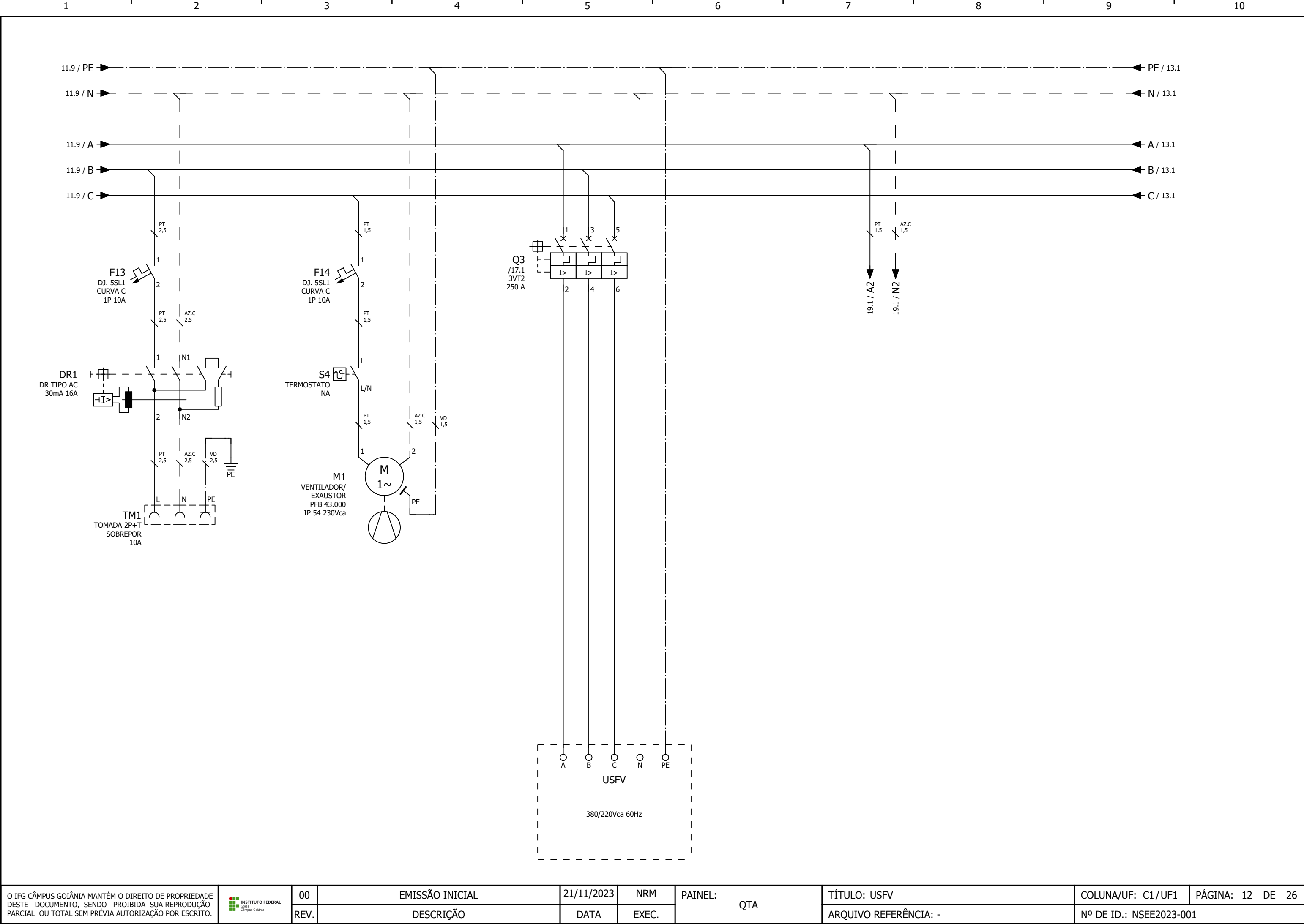
REFERÊNCIAS:

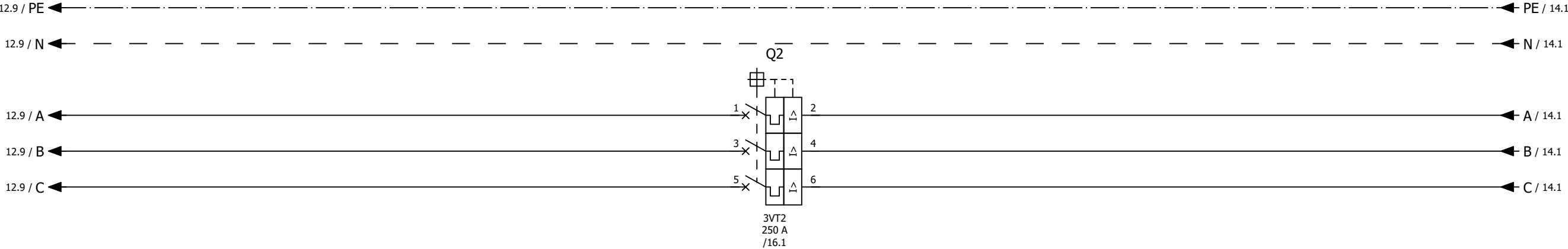
1 - DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO.....DES. Nº CE328-E-200
2 - DIAGRAMA UNIFILAR DE SERVIÇOS AUXILIARES 125 VCC.....DES. Nº CE328-E-402
3 - ARRANJO DO EDIFÍCIO DE COMANDO.....DES. Nº CE328-E-403
4 - CONTROLE E PROTEÇÃO - DIAGRAMA UNIFILAR - SERVIÇOS AUXILIARES CA.....DES. Nº RGR-59-503

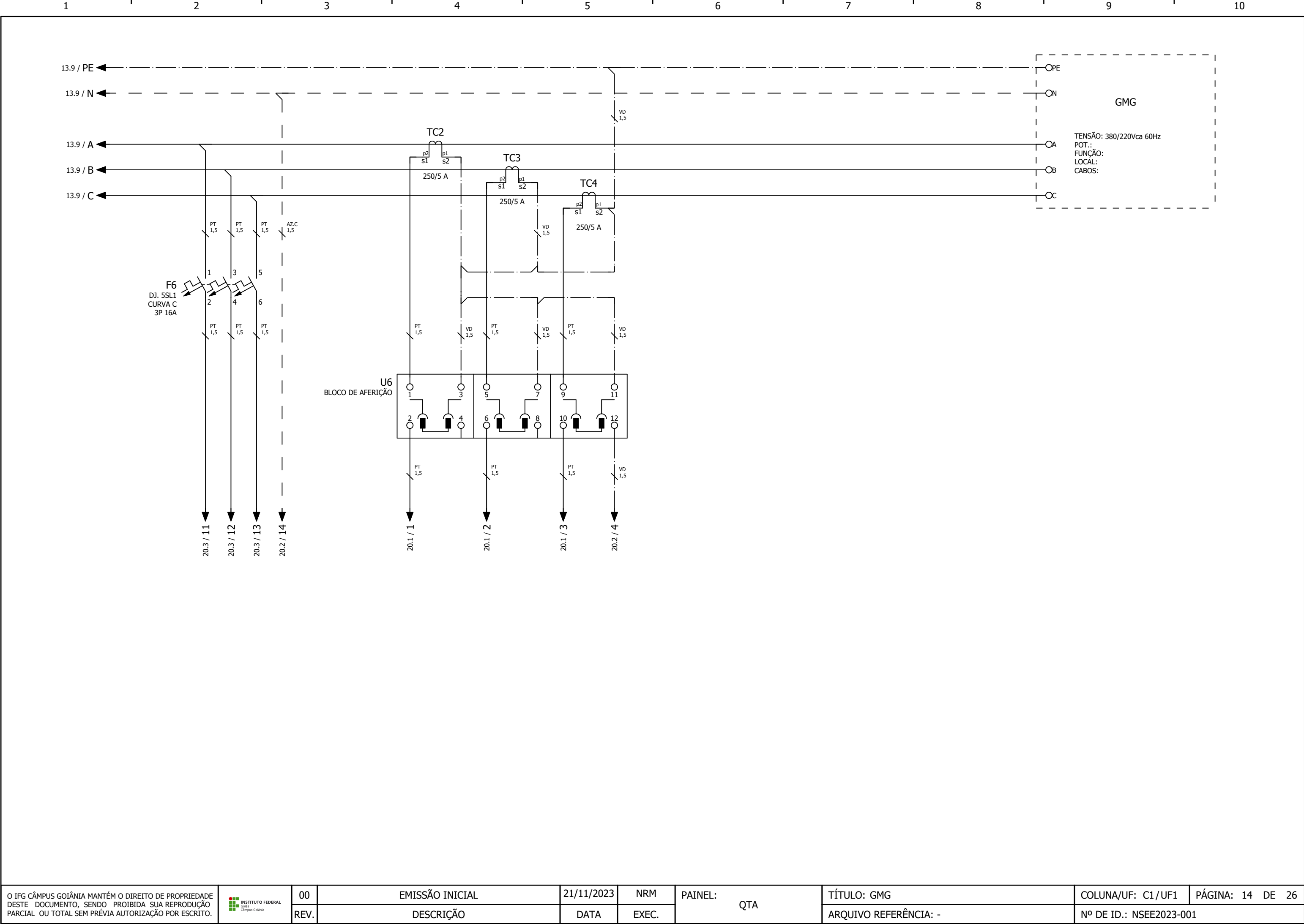


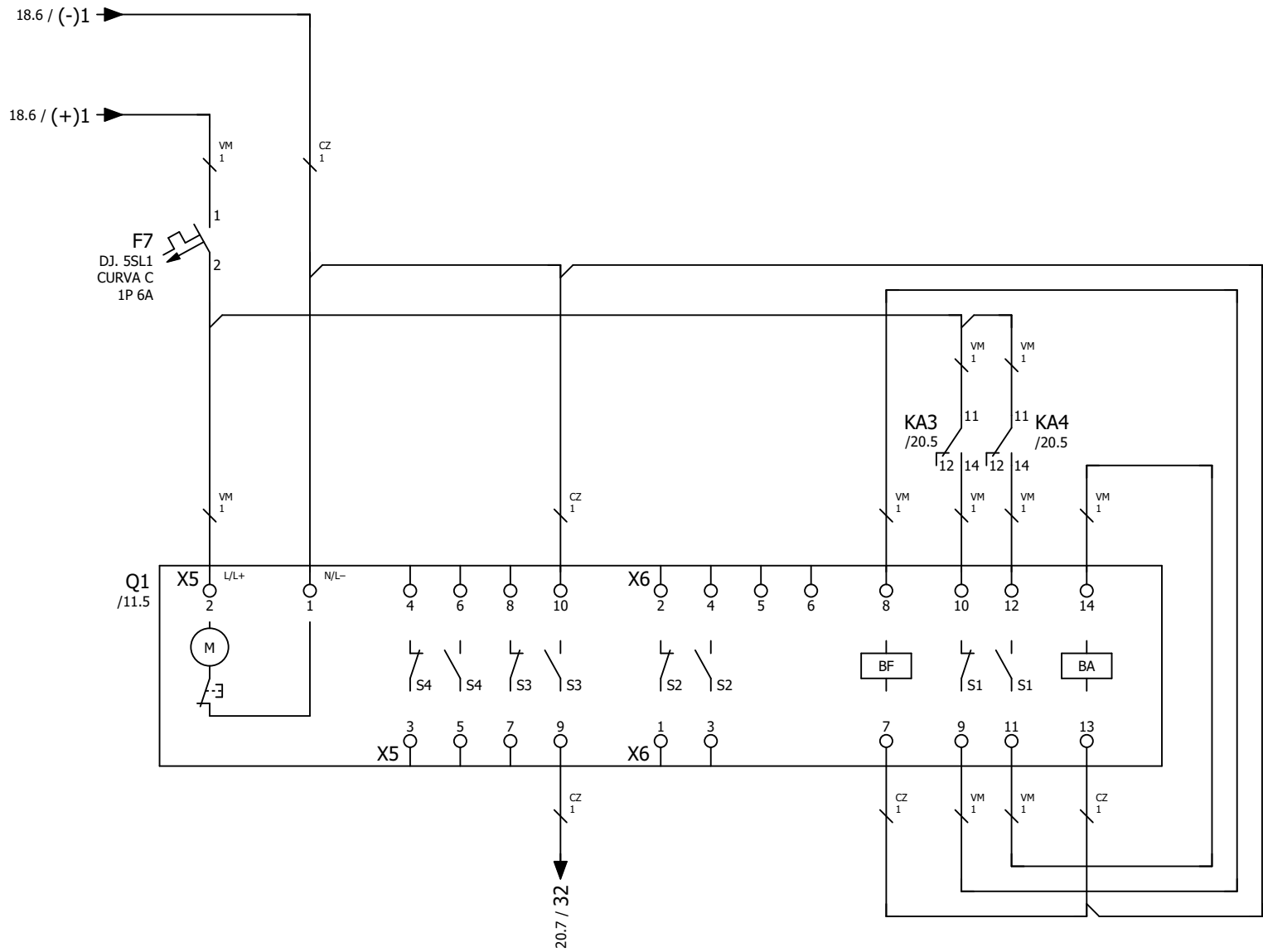


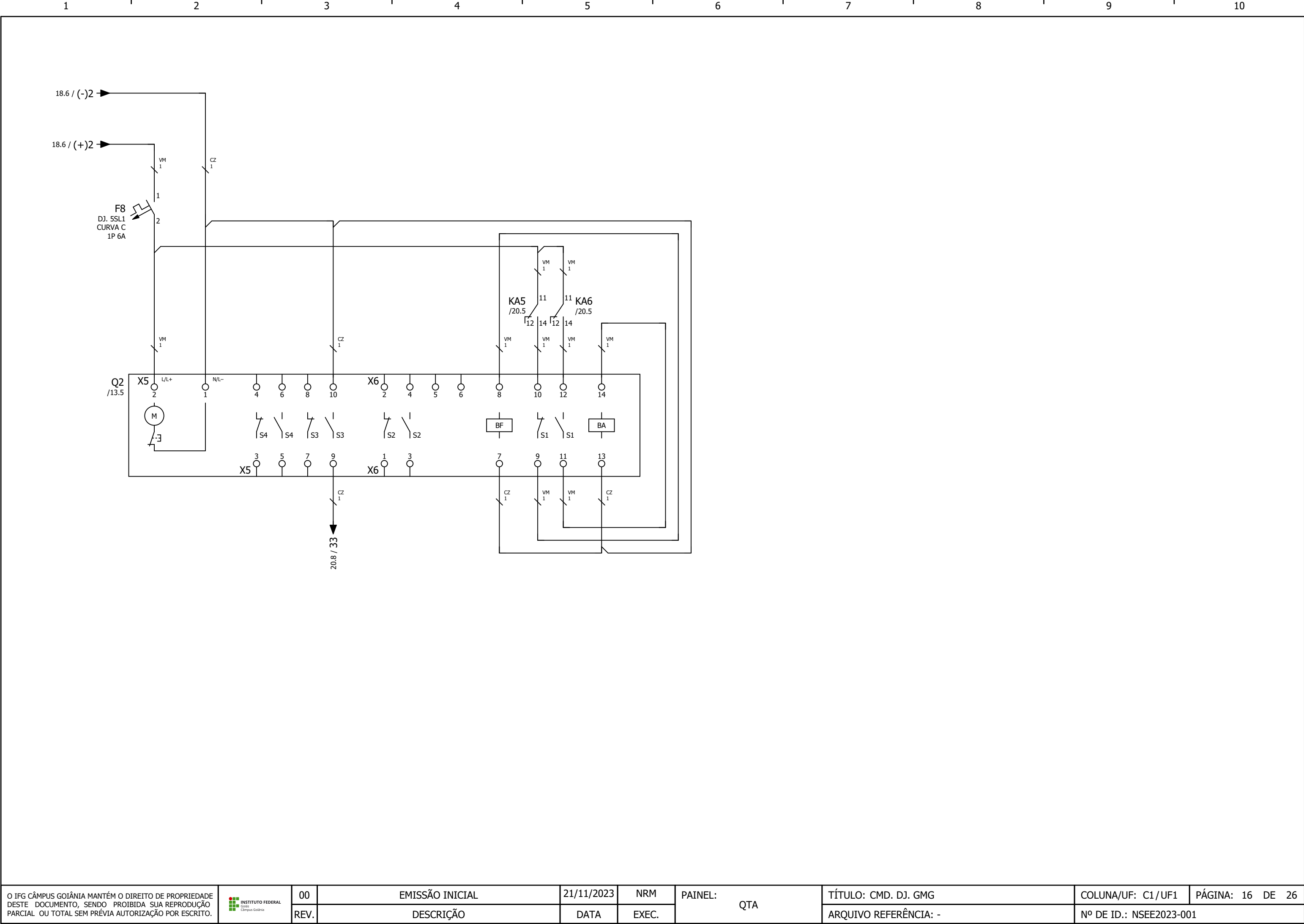


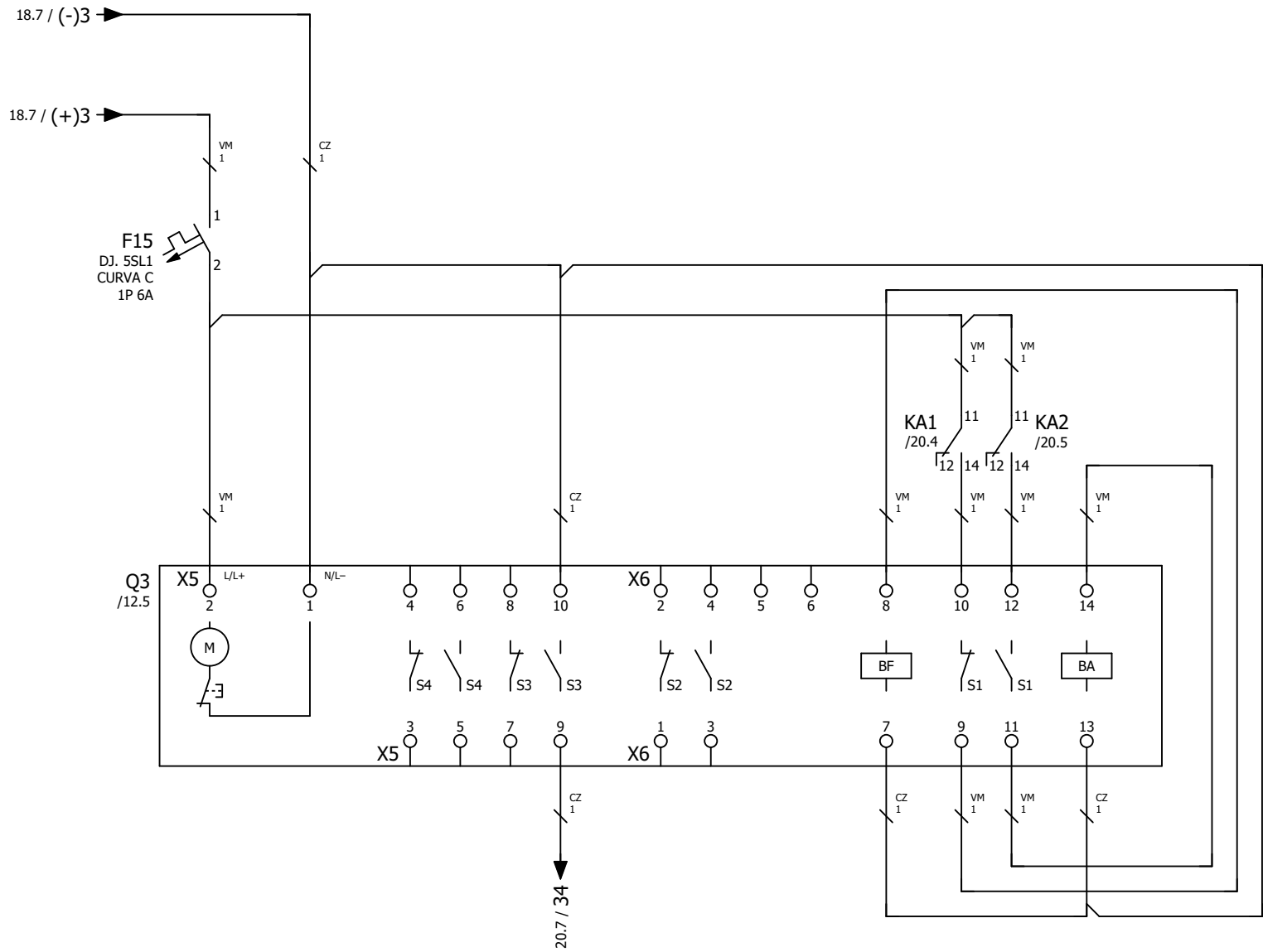




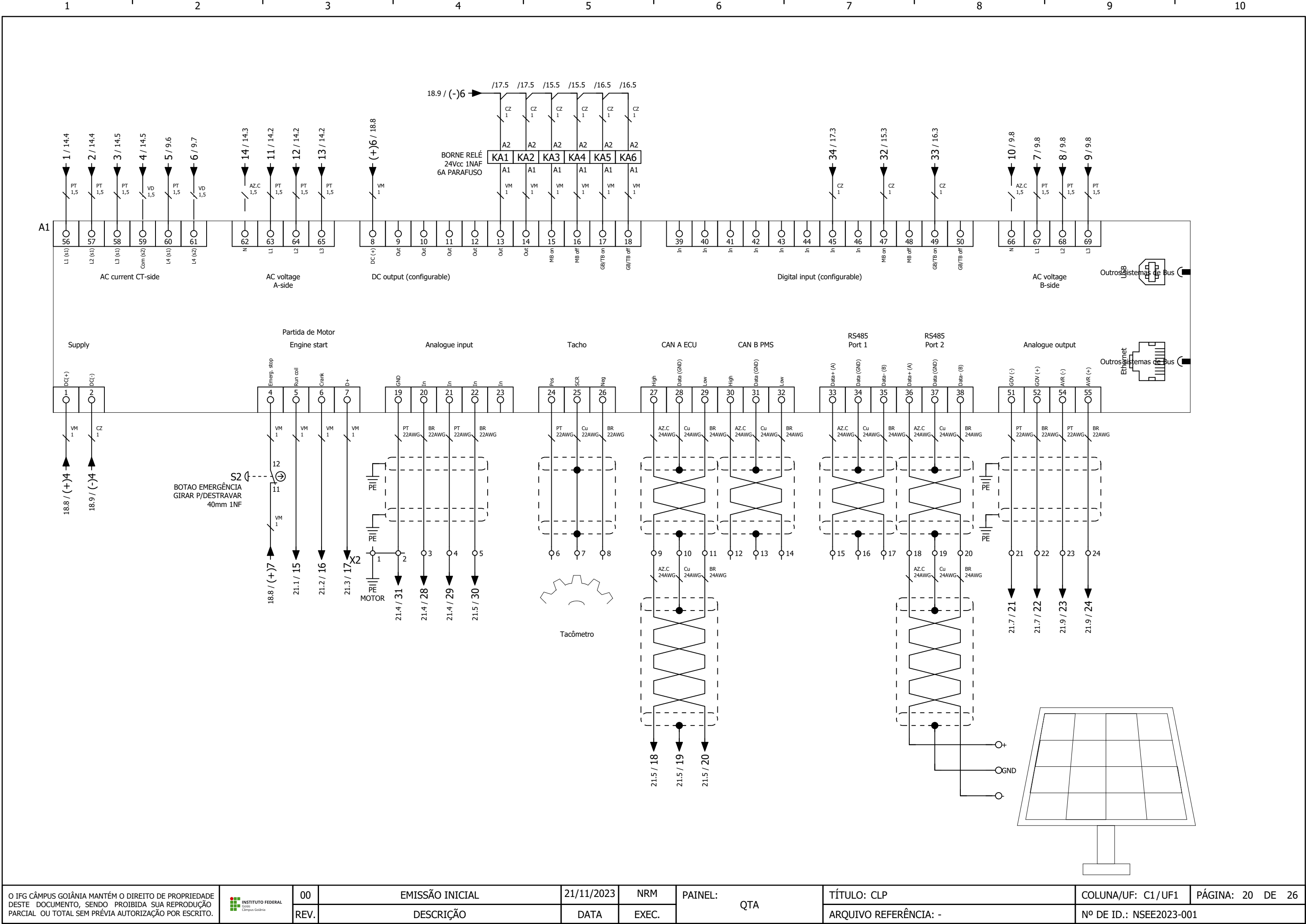


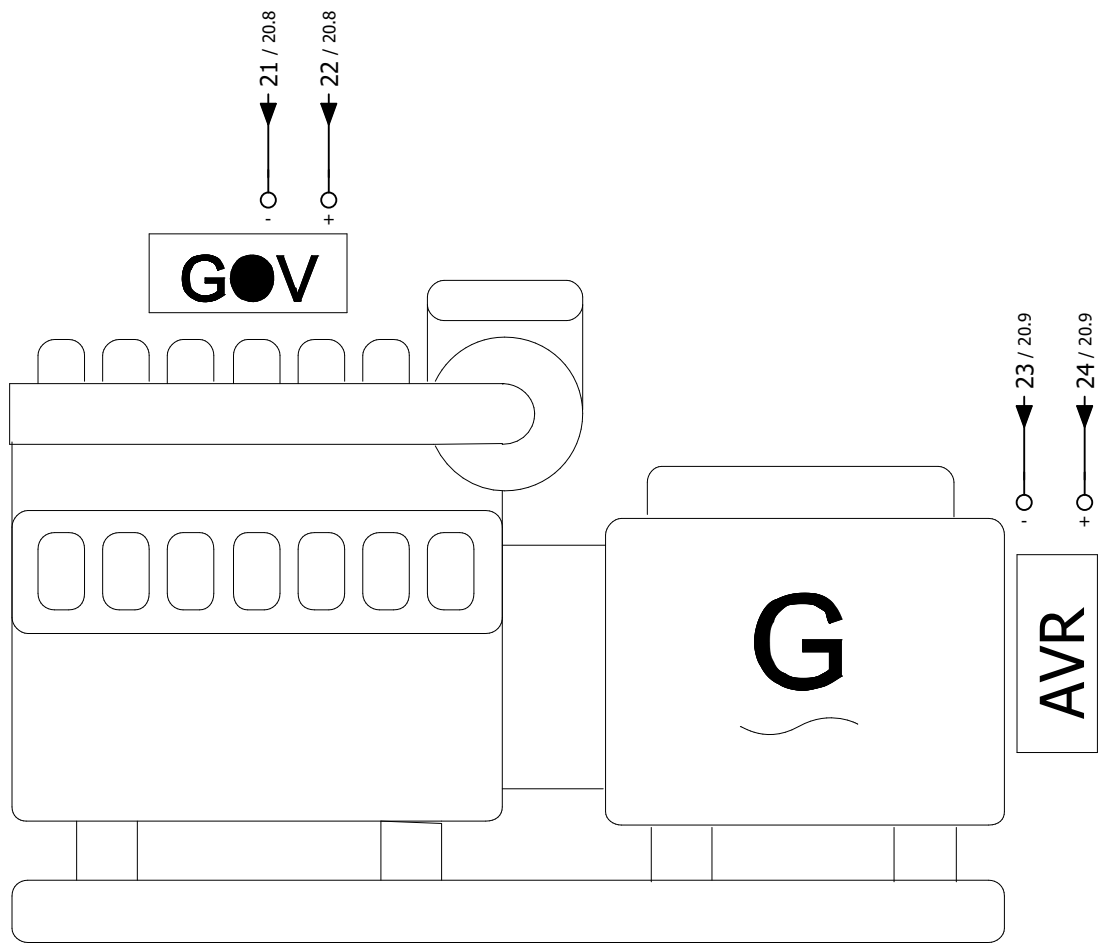
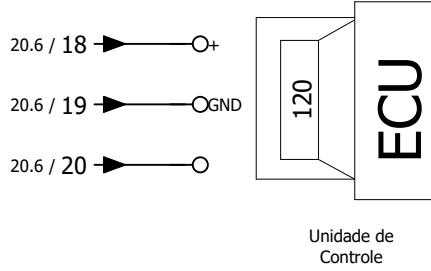
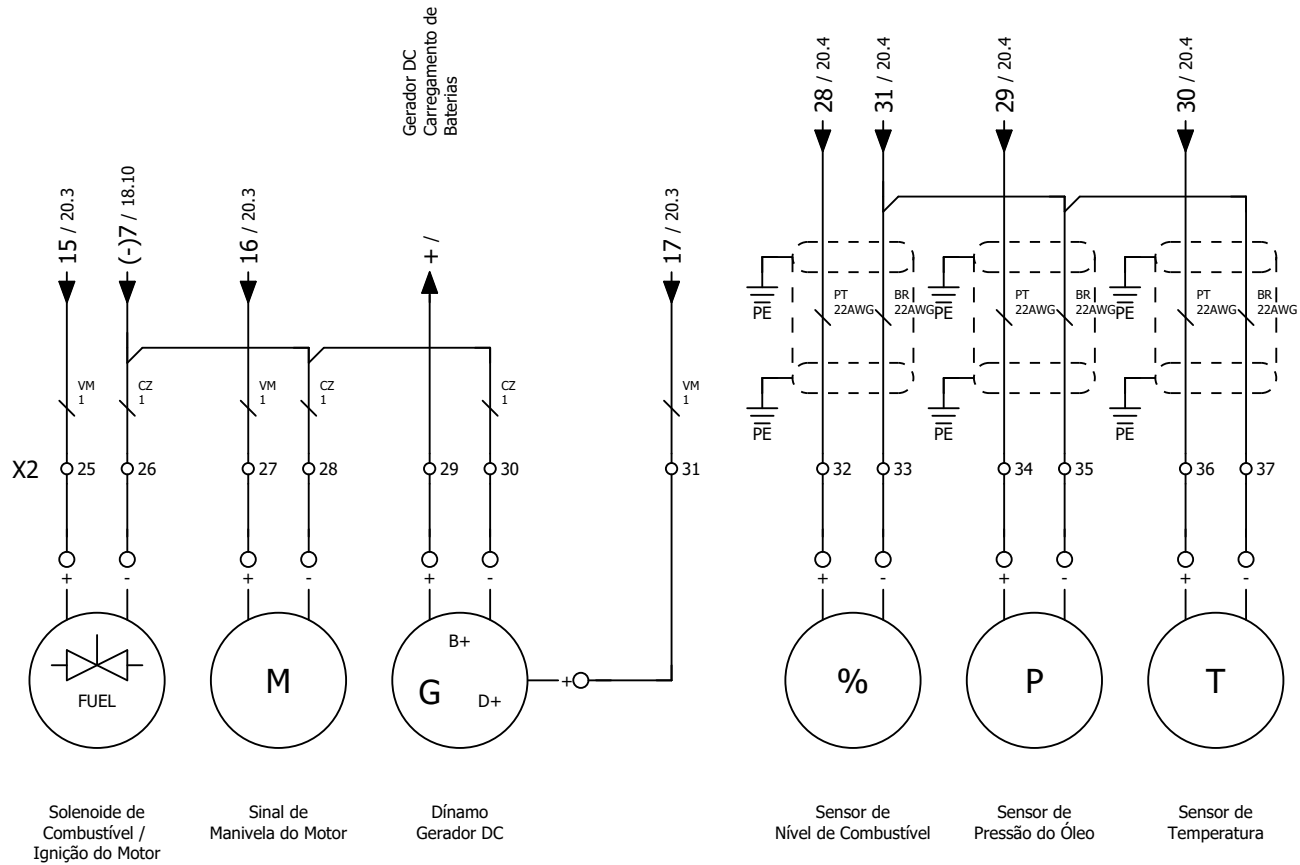












1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LISTA DE COMPONENTES TOTALIZADOS									
ITEM	COLUNA	UF	REFERÊNCIA DO PRODUTO	QTD.	TAG	DESCRIÇÃO	FABRICANTE	FORNECIMENTO	
1	C1	UF1	5SV4 311-0	1	DR1	DISPOSITIVO DR TIPO AC 30mA 16A 2P 127/220Vca	SIEMENS		
2	C1	UF1	5SP4_392-7	1	F1	DJ. 5SP4 CURVA C 3P 125A	SIEMENS		
3	C1	UF1	5SL1_316-7MB	2	F2;F6	DJ. 5SL1 CURVA C 3P 16A	SIEMENS		
4	C1	UF1	5SL1 110-7MB	5	F3...F5;F13;F14	DJ. 5SL1 CURVA C 1P 10A	SIEMENS		
5	C1	UF1	5SL1_106-7MB	4	F7;F8;F10;F15	DJ. 5SL1 CURVA C 1P 6A	SIEMENS		
6	C1	UF1	5SL1_110-7MB	1	F9	DJ. 5SL1 CURVA C 1P 10A	SIEMENS		
7	C1	UF1	5SL1_210-7MB	1	F11	DJ. 5SL1 CURVA C 2P 10A	SIEMENS		
8	C1	UF1	5SL11067MB	1	F12	DJ. 5SL1 CURVA C 1P 6A	SIEMENS		
9	C1	UF1	96061	1	H1	LUMINARIA PARA GABINETE 25W 220Vca	TASCO		
10	C1	UF1	2966171	6	KA1...KA6	BORNE RELÉ COMPOSTO POR BLOCO DE BASE DO TERMINAL PLC-BSC.../21 COM LIGAÇÃO PARAFUSO, O RELÉ MINIATURA É CONECTÁVEL COM CONTATO DE ENERGIA, PARA MONTAGEM EM TRILHO DIN NS 35/7.5, TENSÃO DE ENTRADA 24Vcc 1NAF 6A	PHOENIX CONTACT		
11	C1	UF1	11643101955	1	M1	CONJUNTO VENTILADOR/EXAUSTOR PFB 43.000 IP 54, 230Vca (252x252)	PFANNENBERG		
12	C1	UF1	11740001055	1	M1	FILTRO PFA 40.000 (252x252)	PFANNENBERG		
13	C1	UF1	3118135	1	PT1	LINHA TB - JUMPER 10P 14A P/ BORNE FUSÍVEL	PHOENIX CONTACT		
14	C1	UF1	3246117	1	PT2	LINHA TB - JUMPER 10P P/ BORNE 2,5mm²	PHOENIX CONTACT		
15	C1	UF1	3VT2725-2AA36-0AA0	3	Q1...Q3	FRAME 3P 250A 36kA - 3VT2	SIEMENS		
16	C1	UF1	3VT9225-6AC00	3	Q1...Q3	DISPARADOR 3VT2 100-250 A	SIEMENS		
17	C1	UF1	3VT9_200-3HA10	3	Q1...Q3	ACOPLAMENTO FRONTAL PARA ACIONAMENTO ROTATIVO 3VT2	SIEMENS		
18	C1	UF1	3VT9_300-3HE20	3	Q1...Q3	MANOPLA COM BLOQUEIO POR CADEADO PARA DISJUNTOR 3VT2 E 3VT3	SIEMENS		
19	C1	UF1	3VT9_300-3HG20	3	Q1...Q3	ACIONAMENTO EXTERNO PARA DISJUNTOR 3VT2 E 3VT3	SIEMENS		
20	C1	UF1	3VT9_300-3HJ10	3	Q1...Q3	EIXO PROLONGADOR PARA DISJUNTOR 3VT2 E 3VT3	SIEMENS		
21	C1	UF1	3VT9_300-2AC10	6	Q1...Q3	CONTATO AUXILIAR 1NA	SIEMENS		
22	C1	UF1	3VT9_300-2AD10	3	Q1...Q3	CONTATO AUXILIAR 1NF	SIEMENS		
23	C1	UF1	3VT9_300-1SE00	3	Q1...Q3	BOBINA DE ABERTURA PARA DISJUNTOR 3VT2 E 3VT3 220 / 380 VCA	SIEMENS		
24	C1	UF1	3VT9200-3MQ00	3	Q1...Q3	ACIONAMENTO MOTORIZADO PARA DISJUNTOR 3VT2 220 VCA/CC	SIEMENS		
25	C1	UF1	4410	1	S1	CHAVE FIM DE CURSO COM HASTE E ROLDANA LXW5-11G1 COM 1 CONTATO REVERSÍVEL E CORPO PLÁSTICO	SIBRATEC		
26	C1	UF1	3SB6130-1HB20-1CA0	1	S2	BOTAO EMERGÊNCIA 40mm 1NF GIRAR P/DESTRAVAR	SIEMENS		
27	C1	UF1	TLZ530	1	S4	TERMOSTATO NA	TASCO		
28	C1	UF1	4NC5223-2CE21	4	TC1...TC4	TRANSFORMADOR DE CORRENTE TIPO JANELA 4NC52, 250/5 A, 5 VA, TAM 2, CLASSE EXATIDÃO 1%	SIEMENS		
29	C1	UF1	TAS.13535	1	TM1	TOMADA 2P+T SOBREPOR 10A	TASCO		
30	C1	UF1	5SD7 461-0	4	U1...U4	DPS CLASSE II PLUG-IN 20/40kA S/ SINALIZAÇÃO REMOTA	SIEMENS		
31	C1	UF1	C902587.6700	2	U5;U6	BLOCO AFERIÇÃO ST6 3TC´S S/ NEUTRO	WEIDMÜLLER		
32	C1	UF1	DSE9701	1	V1	CARREGADOR DE BATERIA, ENTRADA 90-305Vca 50/60Hz, SAÍDA 24Vcc 5A	SIEMENS		
33	C1	UF1	3246434	5	X1	LINHA TB - BORNE FUSÍVEL 5x20 CINZA C/ LED 24Vcc 4mm²	PHOENIX CONTACT		
34	C1	UF1	FUSÍVEL_0,5A	5	X1	FUSÍVEL_0,5A	SANTOS DUMONT COMP. ELET.		
35	C1	UF1	3000486	6	X1	LINHA TB - BORNE CINZA 6mm²	PHOENIX CONTACT		
O IFG CÂMPUS GOIÂNIA MANTÉM O DIREITO DE PROPRIEDADE DESTE DOCUMENTO, SENDO PROIBIDA SUA REPRODUÇÃO PARCIAL OU TOTAL SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO POR ESCRITO.									
		00	EMISSÃO INICIAL	21/11/2023	NRM	PAINEL: QTA	TÍTULO: LISTA DE COMPONENTES TOTALIZADOS	COLUNA/UF: /	PÁGINA: 22 DE 26
		REV.	DESCRIÇÃO	DATA	EXEC.		ARQUIVO REFERÊNCIA: -	Nº DE ID.: NSEE2023-001	

LISTA DE COMPONENTES TOTALIZADOS

ITEM	COLUNA	UF	REFERÊNCIA DO PRODUTO	QTD.	TAG	DESCRIÇÃO	FABRICANTE	FORNECIMENTO
36	C1	UF1	3246311	42	X2	LINHA TB - BORNE CINZA 2,5mm²	PHOENIX CONTACT	

VISÃO GERAL DA RÉGUA DE BORNES

COLUNA	UF	RÉGUA	FUNÇÃO DA RÉGUA DE BORNES	BORNES					PÁGINA DO DIAGRAMA DE BORNES
				PRIMEIRO	ÚLTIMO	QTD. PE	QTD. N	QTD. TOTAL	
C1	UF1	X1		1	16	0	0	16	==NSEE2023-001&RELATÓRIOS/23
C1	UF1	X2		1	31	0	0	37	==NSEE2023-001&RELATÓRIOS/23

DIAGRAMA DE BORNES

CONEXÃO 1	RÉGUA	CONEXÃO 2	PÁG.	BORNE	FUNÇÃO
-----------	-------	-----------	------	-------	--------

==NSEE2023-001=C1+UF1-X1

		1		A1:1	16.8:	FUSÍVEL 4mm²
		2			16.8:	FUSÍVEL 4mm²
		3		A1:8	16.8:	FUSÍVEL 4mm²
		4		S2:11	16.8:	FUSÍVEL 4mm²
		5			16.8:	FUSÍVEL 4mm²
F11:1		6		F7:1	16.6:	CINZA 6mm²
		7		F8:1	16.6:	CINZA 6mm²
		8		F15:1	16.7:	CINZA 6mm²
F11:3		9		Q1-X5:1	16.6:	CINZA 6mm²
		10		Q2-X5:1	16.6:	CINZA 6mm²
		11		Q3-X5:1	16.7:	CINZA 6mm²
		12		A1:2	16.9:	CINZA 2,5mm²
		13			16.9:	CINZA 2,5mm²
		14		KA1:A2	16.9:	CINZA 2,5mm²
		15		X2:26:1	16.10:	CINZA 2,5mm²
		16			16.10:	CINZA 2,5mm²

==NSEE2023-001=C1+UF1-X2

		1		PEMOTOR	18.3:	CINZA 2,5mm²
A1:19		2			18.4:	CINZA 2,5mm²
A1:20		3			18.4:	CINZA 2,5mm²
A1:21		4			18.4:	CINZA 2,5mm²
A1:22		5			18.4:	CINZA 2,5mm²
A1:24		6			18.5:	CINZA 2,5mm²
A1:25		7			18.5:	CINZA 2,5mm²
A1:26		8			18.5:	CINZA 2,5mm²
A1:27		9		+	18.6:	CINZA 2,5mm²
2		10		2	18.6:	CINZA 2,5mm²
A1:29		11			18.6:	CINZA 2,5mm²
A1:30		12			18.6:	CINZA 2,5mm²
2		13			18.6:	CINZA 2,5mm²
A1:32		14			18.6:	CINZA 2,5mm²
A1:33		15			18.7:	CINZA 2,5mm²
2		16			18.7:	CINZA 2,5mm²

CONEXÃO 1	RÉGUA	CONEXÃO 2	PÁG.	BORNE	FUNÇÃO
-----------	-------	-----------	------	-------	--------

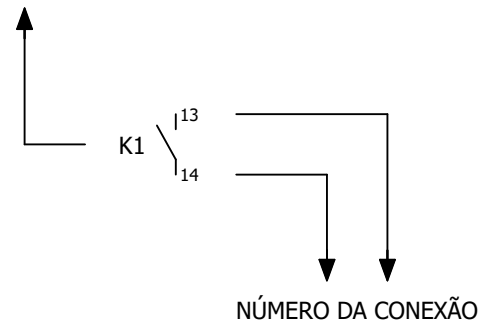
==NSEE2023-001=C1+UF1-X2

A1:35		17			18.7:	CINZA 2,5mm²
A1:36		18		+	18.7:	CINZA 2,5mm²
2		19		2	18.8:	CINZA 2,5mm²
A1:38		20		-	18.8:	CINZA 2,5mm²
A1:51		21		-	18.8:	CINZA 2,5mm²
A1:52		22		+	18.8:	CINZA 2,5mm²
A1:54		23		-	18.9:	CINZA 2,5mm²
A1:5		25		+	19.1:	CINZA 2,5mm²
X1:15:2		26		-	19.1:	CINZA 2,5mm²
A1:6		27		+	19.2:	CINZA 2,5mm²
		28		-	19.2:	CINZA 2,5mm²
		29		+	19.2:	CINZA 2,5mm²
		30		-	19.3:	CINZA 2,5mm²
		32		+	19.4:	CINZA 2,5mm²
		33		-	19.4:	CINZA 2,5mm²
		34		+	19.4:	CINZA 2,5mm²
		35		-	19.4:	CINZA 2,5mm²
		36		+	19.5:	CINZA 2,5mm²
		37		-	19.5:	CINZA 2,5mm²
A1:55		24		+	18.9:	CINZA 2,5mm²
A1:7		31		+	19.3:	CINZA 2,5mm²

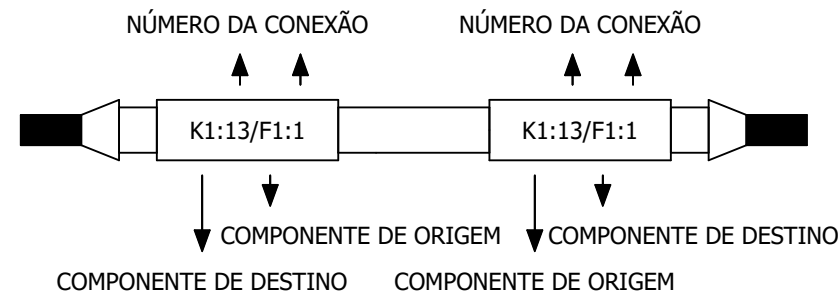
INSTRUÇÃO PARA LEITURA DE PROJETO

1) ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DOS COMPONENTES NO PROJETO;

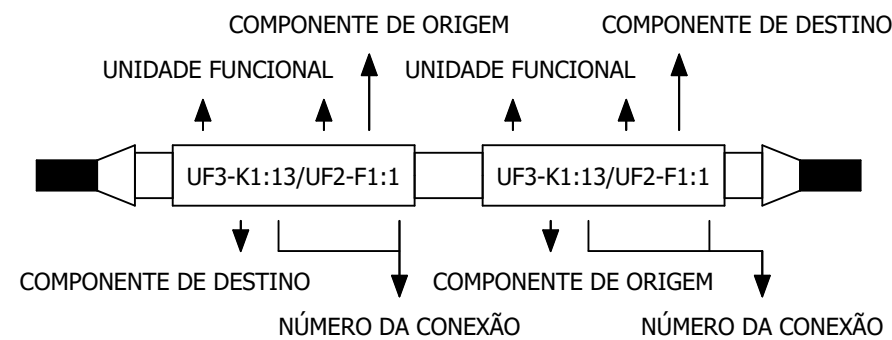
LETRA IDENTIFICADORA+CONTADOR



2) LÓGICA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ANILHAS ATRAVÉS DA DE/PARA EM MESMA UNIDADE FUNCIONAL;

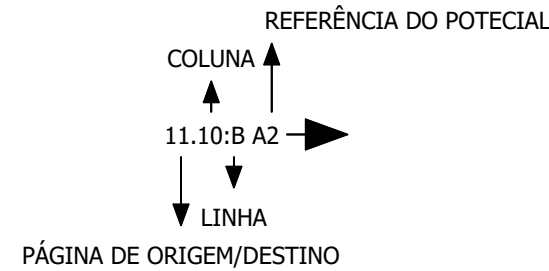


3) LÓGICA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ANILHAS ATRAVÉS DA DE/PARA EM UNIDADES FUNCIONAIS E/OU COLUMNA DIFERENTES;

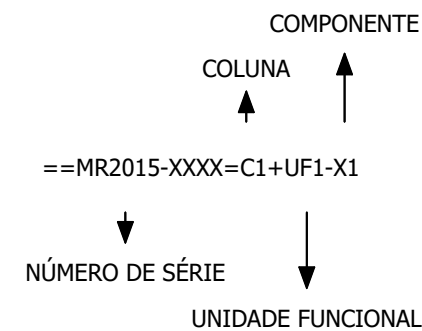


INSTRUÇÃO PARA NAVEGAÇÃO DE PROJETO

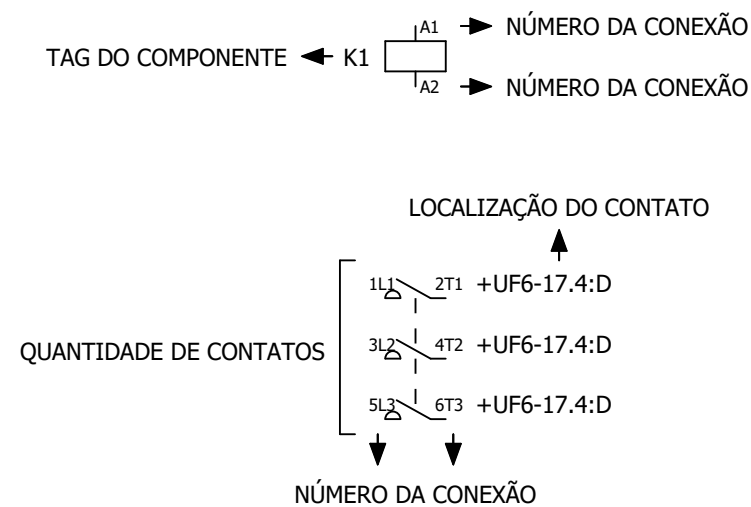
4) NAVEGAÇÃO POR MEIO DOS PONTOS DE INTERRUPÇÕES E REFERÊNCIAS ATRAVÉS DAS PÁGINAS;



5) ESTRUTURAÇÃO DE PROJETO;

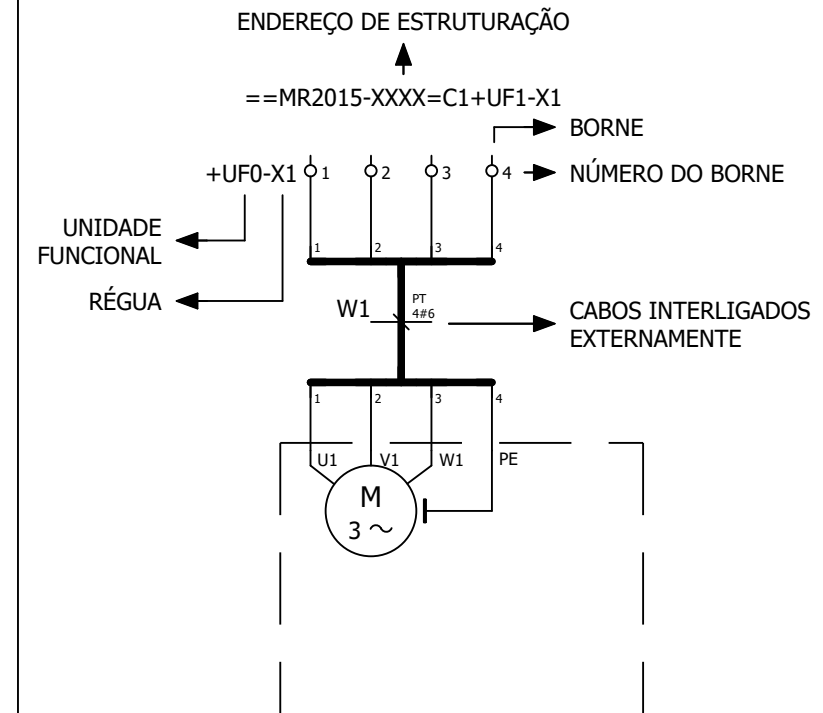


6) NAVEGAÇÃO ATRAVÉS DOS CONTATOS DE CONTADORES;

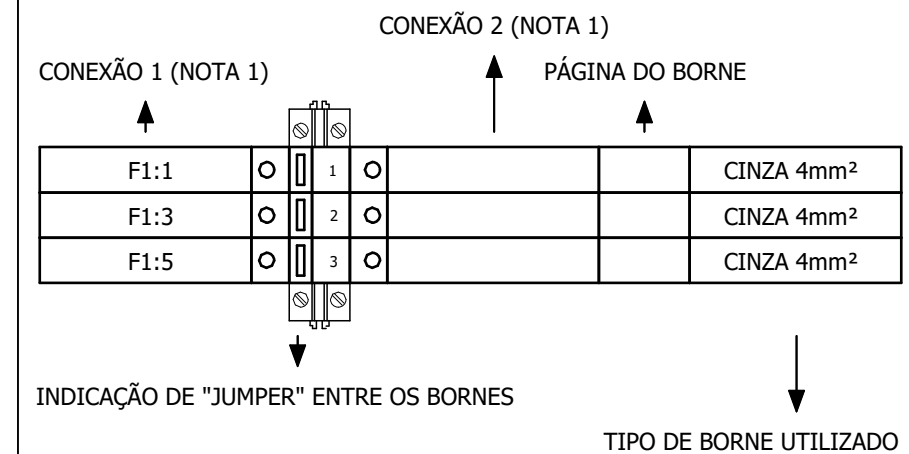


INSTRUÇÃO PARA CONEXÕES DE CABOS EXTERNOS

7) ORGANIZAÇÃO DAS RÉGUAS DE BORNE PARA CONEXÃO EXTERNA;



8) ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DO DIAGRAMA DE BORNES.



NOTAS:
1 - A CONEXÃO QUANDO PREENCHIDA INDICA A UTILIZAÇÃO DO BORNE. POR MEIO DISSO FACILITA VISUALIZAR OS BORNES DISPONÍVEIS PARA CONEXÃO EXTERNA.